



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de  
la Recherche Scientifique



Université Chadli Bendjedid El-Tarf  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
En vue de l'obtention de diplôme de master académique

Filière : Sciences Agronomiques  
Spécialité : Système De Production Agro-Ecologie

Memoire de fin d'études

**Raisonnement De La Fertilisation Azotée Phospho-Potassique  
(NPK) De La Culture De Blé Dur (triticum durum desf) Dans La  
Région D'el Tarf**

Présente par : NOURI Aya

**Devant le jury :**

<b>Présidente</b>	: BOUCHLAGHEM Sabrina	(Pr)	Université Chadli Bendjedid, El -Tarf
<b>Examinatrice</b>	: HADDAD Leïla	(MCA)	Université Chadli Bendjedid, El-Tarf
<b>Promotrice</b>	: MOUISSI Samia	(MCA)	Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Anne universitaire : 2024 /2025



# **Remerciement :**

*Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à Dr. MOUSSI Samia , mon encadrante, pour sa disponibilité, son accompagnement constant, ses conseils précieux et sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son expertise et son exigence scientifique ont été déterminantes pour mener ce travail à bien.*

*Je remercie également Pr. BOUCLAGHEM Sabrina, présidente du jury, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'évaluer ce mémoire, ainsi que pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail. Mes sincères remerciements vont également à Dr. Haddad Leïla, examinatrice, pour ses remarques constructives et ses suggestions pertinentes qui ont permis d'enrichir ce travail.*

*À tous mes enseignants, qui ont su éveiller en moi la soif de savoir et m'ont guidé tout au long de ce parcours.*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.*

# Dédicace :

*Je dédie a ce travail :*

*A mes très chers parents **IBTISSEM** et **HILLEL**, sources de vie d'amour, d'affection et de soutien.*

*Dont le mérite, les sacrifices et le qualité humaines m'ont permis de vivre ce jour  
A mon frère et sœurs **AHMED**, **WIAM** et **WISSAL** sources de bonheur et motivation.*

*A mon partenaires d'étude **DOUAA** et **SAWSEN**.*

*A tout mes amis et les genres m'aiment*

***MARIEM, CHAIMA, AYA LINA, AYA BT, OUMAIMA, ASMA, BOUCHRA, RANIA***

*.....*

# Résumé :

Le blé dur est considéré comme l'une des sources de nourriture les plus importantes dans de nombreux pays du monde, et c'est pourquoi des études à son sujet sont toujours en cours dans le but d'améliorer la qualité et la quantité de la production. La fertilisation azotée phospho-potassique en est un facteur clé, car la pratique raisonnée, prenant en compte la fertilité des sols et le potentiel de la culture, en plus des diverses applications parallèles de désherbage et respectant les doses dans l'utilisation des pesticides chimiques, tout cela nous permet d'obtenir des résultats très satisfaisants. Les résultats montrent que les pratiques de fertilisation varient selon les communes, influencées par des facteurs tels que la structure des exploitations, le niveau de formation des agriculteurs, la disponibilité des intrants, et l'accompagnement technique reçu.

**Mots clés :** La fertilisation azotée phospho-potassique, Céréales, Blé dur, Vitron, el tarf

# Abstract :

Durum wheat is considered one of the most important food sources in many countries around the world, and therefore ongoing research is needed to improve the quality and quantity of production. Nitrogen-phosphorus-potassium fertilization is a key factor in this regard, as rational application, taking into account soil fertility and crop potential, in addition to various parallel weed control applications and respecting the dosages of chemical pesticides, all allow us to achieve very satisfactory results. The results show that fertilization practices vary by municipality, influenced by factors such as farm structure, farmers' level of training, input availability, and technical support received.

**Keywords:** Nitrogen-phosphorus-potassium fertilization, Cereals, Durum wheat, Vitron, el tarf

# الملخص

يُعتبر القمح الصلب من أهم مصادر الغذاء في العديد من دول العالم، ولذلك، ثمة حاجة إلى بحوث مستمرة لتحسين جودة وكمية الإنتاج. ويُعدّ التسميد بالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم عاملاً أساسياً في هذا الصدد، إذ إن التطبيق الرشيد، مع مراعاة خصوبة التربة وإمكانات المحاصيل، بالإضافة إلى مختلف تطبيقات مكافحة الأعشاب الضارة المتوازية، والالتزام بجرعات المبيدات الكيميائية، يُمكننا من تحقيق نتائج مرضية للغاية. وتُظهر النتائج أن ممارسات التسميد تختلف باختلاف البلدية، متأثرةً بعوامل مثل هيكل المزرعة، ومستوى تدريب المزارعين، وتوافر المخلات، والدعم الفني المُقدم.

# Sommaire :

<b>Résumé :</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract :</b> .....	<b>6</b>
<b>المخلص</b> .....	<b>7</b>
<b>Liste de figures :</b> .....	<b>10</b>
<b>Liste des tableaux :</b> .....	<b>11</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>12</b>
<b>Chapitre 1 Généralités sur le blé</b> .....	<b>12</b>
<b>Historique</b> .....	<b>13</b>
1\Apparence et caractères morphologiques du blé dur .....	13
1.1\L'appareil végétatif.....	13
1.2\Classification Botanique .....	20
2\La céréaliculture en Algérie .....	20
3\Les conditions de culture de blé dur .....	21
4\Les agents causals des maladies du blé dur .....	22
<b>Chapitre 2 Les fertilisants</b> .....	<b>27</b>
1\Définition de la fertilisation .....	28
2\La fertilisation raisonnée.....	28
3\Eléments minéraux indispensables à la croissance .....	29
4\Les engrais.....	30
5\Les différentes catégories de la fertilisation.....	33
6\ Les carences d'engrais NPK.....	40
7\ Excès et effets nocifs des engrais (NPK) .....	41
<b>Chapitre 3 Matériel et méthodes</b> .....	<b>43</b>
1\ L'objectif de l'essai .....	44
2\ Caractéristiques du site d'essai.....	44
2.1. Zone d'étude.....	44
2.2. Matériel utilisé.....	44
2.3. Échantillonnage .....	45
2.4. Méthodologie de collecte des données.....	45
2.5. Méthodes d'analyse .....	45
<b>Chapitre 4 Résultats et discussion</b> .....	<b>46</b>
1\ Types d'engrais les plus utilisés .....	47
1.1\ Types d'engrais les plus utilisés .....	48
<b>2\ Facteurs limitants signalés par les agriculteurs :</b> .....	<b>48</b>
3\ Problèmes rencontrés par les agriculteurs.....	50
2\ Superficie cultivée par commune .....	50
3\ Production de blé par commune .....	51
4\ Rendement par hectare.....	51
5\ Observations clés :.....	51



# Liste de figures :

<b>Figure 01</b> : les différentes étapes du stade tallage chez le blé	18
<b>Figure 02</b> : les talles de blé	19
<b>Figure 03</b> : feuille de blé	21
<b>Figure 04</b> : jonction graine et limbe du blé dur	21
<b>Figure 05</b> : système racinaire de blé dur	23
<b>Figure 06</b> : épillets du blé dur	25
<b>Figure 07</b> : le pistil du blé dur	25
<b>Figure 08</b> : les étamines du blé dur	26
<b>Figure 09</b> : structure du graine du blé dur	26
<b>Figure 10</b> : distribution des maladies fongique des céréales en Algérie	34
<b>Figure 11</b> : la profondeur d'enracinement des plantes avec et sans fertilisation	37
<b>Figure 12</b> : nutrition de la plant	39
<b>Figure 13</b> : les trois types des engrais gazeux, organique et minéraux	43
<b>Figure 14</b> : cycle d'azote dans l'atmosphère	47
<b>Figure 15</b> : courbe d'absorption de k <sub>2</sub> O chez les céréales	53
<b>Figure 16</b> : symptômes de carences en azotes	57
<b>Figure 17</b> : les différents symptômes de carence en phosphores chez le blé	59
<b>Figure 18</b> : carence en potassium chez le blé	59
<b>Figure 19</b> : les pourcentages d'utilisation des principaux types d'engrais	68
<b>Figure 20</b> : histogramme de l'utilisation des cinq principaux d'engrais	70
<b>Figure 21</b> : analyse problèmes agricoles et de la production de blé par commune	72

# Liste des tableaux :

<b>Tableau 01</b> : classification botanique de blé	22
<b>Tableau 02</b> : quelque maladies en blé dur en Algérie	26
<b>Tableau 03</b> : les principaux ravageurs de blé dur d'après 2015	28
<b>Tableau 04</b> : classification des cultures selon leur exigence en P	30
<b>Tableau 05</b> : tableau enquête	38
<b>Tableau 06</b> : résumé les pourcentages d'utilisation des principaux types d'engrais	40
<b>Tableau 07</b> : types d'engrais les plus utilisés	41
<b>Tableau 08</b> : problèmes rencontrés par les agriculteurs	42
<b>Tableau 09</b> : superficies cultivée et production de blé par commune	43

# Introduction

### Introduction

A travers le monde, les céréales ont une importance impérative pour les disponibilités alimentaires. Elles représentent l'aliment de base de toute l'humanité à travers la consommation des produits céréaliers et indirectement à travers la production animale. A cet égard, dans les pays de l'Afrique du nord, le régime alimentaire est composé de 206 Kg de céréale par tête d'habitant en Tunisie contre 200 Kg en Algérie et 175 Kg au Maroc (**Kamel et al., 2017**).

Vue leur importance économique, les céréales occupent une place de choix dans les échanges du commerce international. Néanmoins la production céréalière dans les pays en voie de développement est déficitaire, irrégulière et conjuguée à une population constamment croissant. Pour combler leurs besoins en céréales, ces pays disposent de deux alternatives : les importations, en croissance régulière et coûteuses, et/ou l'augmentation de leur production. En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière (**Abdelkader, 2009**).

Les éléments nécessaires à la plante viennent de l'aire et du sol. Si le sol est abondamment pourvu en éléments nutritifs, les plantes poussent bien et donnent des rendements élevés. Si le sol est pauvre en l'un seulement des éléments indispensables aux plantes, la croissance de celles-ci est limitée et leurs rendements réduits. Si nous voulons obtenir de bons rendements, nous devons fournir aux cultures les éléments dont le sol n'est pas suffisamment pourvu. Les engrais permettent souvent de doubler et même de tripler les rendements. Les résultats de plusieurs milliers d'essais et de démonstration effectués pendant plus de 25 ans chez les agriculteurs de 40 pays dans le cadre Programme Engrais de la FAO ont montré que la moyenne pondérée des rendements pour la culture du blé augmente de 60 % environ dans le cas du meilleur traitement. Cette augmentation varie évidemment d'une région à l'autre (due par exemple au manque d'eau), d'une culture à l'autre et d'un pays à l'autre (**FAO, 2003**). Par ailleurs, l'intégration de l'application des engrais dans un ensemble de bonnes agricoles permet de subvenir aux besoins des plantes en éléments nutritifs, en quantités suffisantes et dans des proportions équilibrées, sous des formes assimilables et au moment opportun quand les plantes en manifestent le besoin. Pour réaliser cet objectif, la méthode la plus convenable est d'utiliser les engrais

complexes NPK qui ont la formule/la composition centésimale garantissant la présence des éléments nutritifs majeurs dans chaque granule. Ces engrais permettent aussi une répartition uniforme des éléments nutritifs lors de chaque application grâce à la qualité stable et le calibre suffisamment uniforme de leurs granules (FAO, 2003).

Le blé a besoin d'éléments essentiels notamment l'azote, le phosphore, et le potassium, la fertilisation minérale, essentiellement la fertilisation azotée.

La fertilisation des céréales doit s'orienter d'après le niveau de rendement et la qualité à obtenir, en tenant compte des conditions de sol.

Ce travail est basé sur une enquête par questionnaire auprès de céréaliculteurs de la wilaya d'el tarf ). De point de vue méthodologique, ce travail est structuré en 03 chapitres :

**Chapitre 1** : Une synthèse bibliographique ;

**Chapitre 2** : Cadre méthodologique (cadre géographique de l'étude et le déroulement de l'enquête) ;

**Chapitre 3** : Présenter et discuter les résultats.

# Chapitre 1

## Généralités sur le blé

### Historique

L'histoire de l'homme et celle des plantes cultivées constituent un ensemble d'interactions continues dans le temps et l'espace (**Bonjean et Picard, 1990**).

Au Néolithique le passage des premiers groupements humains de l'état de chasseurs - cueilleurs d'une civilisation de nomades à celle d'agriculteurs sédentarisées est le résultat de la domestication progressive de graminées cultivées dont la plus ancienne semble être le blé dur (**Feillet, 2000**).

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (**Hervé, 1979**).

Des restes de blés, diploïde et tétraploïde, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient (**Harlan, 1975**), et on croit que le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (**Feldmen 2001**). Il est compté parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, il assure 15% de ses besoins énergétiques (**Melki et al., 2015**).

En Algérie, le blé dur (*Triticum durum* Desf.), est la première céréale cultivée dans le pays. Elle occupe annuellement plus d'un million d'hectares. Sur les hautes plaines orientales algériennes, la culture pluviale du blé dur représente, avec l'orge et l'élevage ovin, l'essentiel de l'activité agricole (**Abdelhamid et al., 2006**).

Le blé est une espèce annuelle autogame tétraploïde issue d'un croisement naturel entre un *Triticum* (génome A) et d'un *Aegilops* (génome B) et d'une phase de domestication. Aujourd'hui il est la première céréale cultivée et largement consommées en Algérie et dans le monde [1].

### 1\Apparence et caractères morphologiques du blé dur

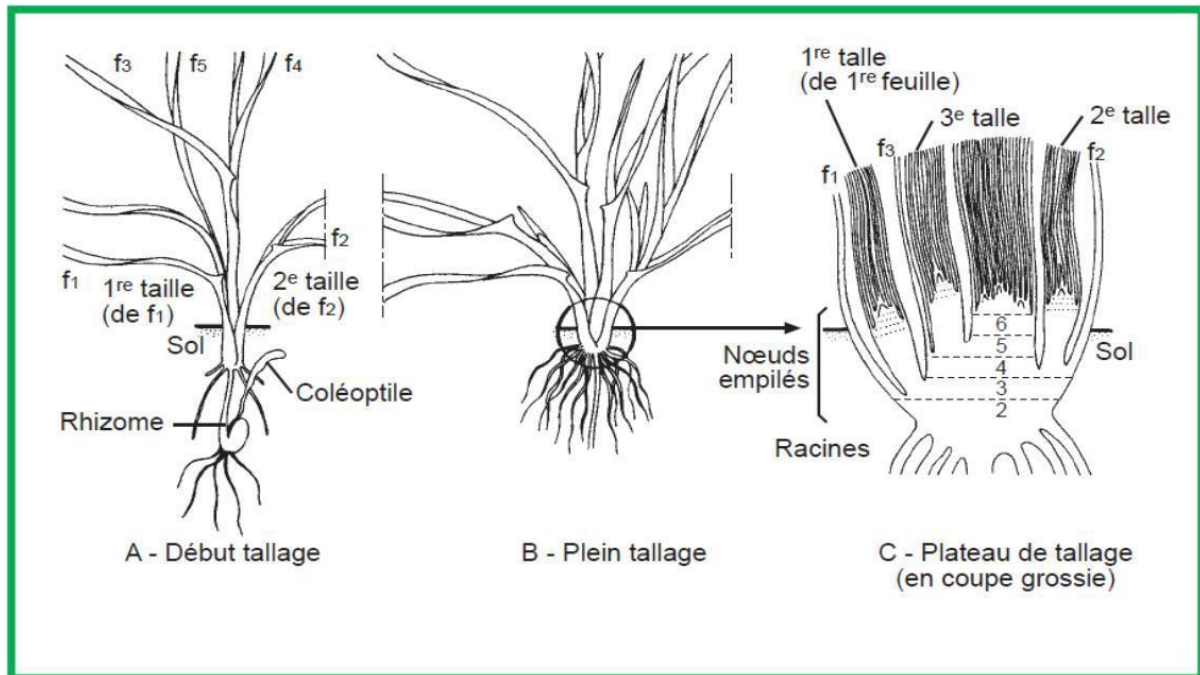
Le blé est une plante annuelle, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscents, appelé caryopse, constitue d'une graine et de tégument (Feillet, 2000) ; le caryopse est caractérisé par son amande ou encore dit albumen dure et vitreuse, riche en protéine et gluten [4].

#### 1.1\L'appareil végétatif

L'appareil végétatif se compose de talles chacun se développe à partir du bourgeon principal et des bourgeons axillaires ; Le nombre de brin dépend de la variété, des conditions de croissances et de la

densité de plantation. Dans des conditions normales une plante peut produire trois brins en plus de la tige principale (**Bozzini, 1988**) ; Chaque talle se compose de différents phytomères formés de tige, gaine, limbe foliaire et un bourgeon axillaire qui porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillet situés de part et d'autre du rachis (**Boyeldieu, 1999**).

Le plant idéal de blé est celui qui possède les caractéristiques suivantes (**Fig. 1**) : une paille courte, une seule tige forte, un épi long et large, des feuilles petites et peu nombreuses et un système racinaire (**Hamadache, 2001**).



**Figure 1** : les différentes étapes du stade tallage chez le blé (**Boyeldieu, 1999**)

### La tige du blé dur

La tige du blé dur est subdivisée en entre-nœuds, de forme cylindrique, dressé habituellement creuse par résorption de la moelle centrale (**Fig. 2**). L'ensemble des tiges se présentent comme des tubes cannelés avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève (**Mouellef, 2010**), il existe une autre variété du blé dur qui possède une tige plane (**Clarke, 2002**).



**Figure 2 : les talles du blé dur [5]**

### **Les nœuds**

Les nœuds sont des zones de croissance constituées de tissus méristématiques à partir desquels s'allongent les entre-nœuds. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille (**Hamadache, 2001**).

### **Feuille du blé dur**

Les feuilles du blé dur (**Fig. 3**) sont larges de 7-16 mm ; faiblement poilues [2]. Elles sont alternées ligulées et engainantes ; elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (**Clement et Prat, 1970**). Les feuilles se composent de 2 parties : la gaine et le limbe. La gaine est attachée au niveau des nœuds.

Le limbe possède à la base deux prolongements arqués qui embrassent plus ou moins complètement la tige : les oreillettes ou stipules ; La première feuille est attachée au premier nœud ; Elle donne naissance à un bourgeon à la base qui donnera naissance à la première talle primaire. La seconde feuille est attachée au second nœud et donne naissance à un bourgeon de base qui se transforme en deuxième talle primaire.

La vitesse d'apparition des feuilles ou le phyllochrone dépend surtout de la température. La somme de températures nécessaire à l'apparition d'une feuille varie entre 80 et 100° C. La vitesse d'apparition des feuilles peut être ralentie par l'excès d'eau, le déficit en azote et l'ombrage (semis dense).

Le nombre final de feuilles par plant dépend surtout de la date de semis et de la variété (paille haute, paille courte) (**Hamadache, 2001**).



**Figure 3 :** feuilles du blé [12]

### **Jonction gaine et limbe**

A la soudure du limbe et de la gaine comme elle représente la **figure 4**, se trouve la ligule, une petite membrane non vasculaire entourant en partie le chaume : la ligule. Les caractères morphologiques de la ligule permettent de distinguer les espèces de céréales (blé, orge, avoine, seigle) au stade herbacé (**Hamadache, 2001**).



**Figure 4 :** Jonction gaine et limbe du blé dur (**Hamadache, 2001**).

### **La racine**

L'appareil racinaire, chez le blé est formé de deux systèmes racinaires successifs, un système séminal ou primaire dont les racines fonctionnent au cours du cycle de la plante, entre 5 et 7, issues de la semence et utilisées pendant les premières phases de la croissance (levée -3-4 feuilles) et les racines adventives ou de tallage ou secondaires qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Elles sont émises par des différentes talles. Les racines secondaires (**Fig. 5**) assurent dès le second mois, la plus grande partie de la nutrition de la plante (**Hamadache, 2001**).



**Figure 5 : Système racinaire du blé dur [5]**

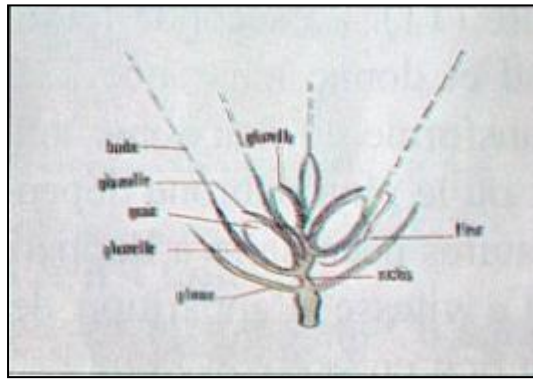
### **Organes reproducteurs**

L'unité morphologique de base de l'inflorescence chez le blé c'est l'épillet constitué de grappe de fleurs enveloppées de leurs glumelles et incluses dans deux bractées appelées les glumes (inférieure et supérieure) (Gate, 1995).

Les organes sexuels chez le blé se composent de 3 étamines, d'un pistil. Ces organes sont situés entre la glumelle supérieure (lemme) et la glumelle inférieure (palea) de l'épillet (Hamadache, 2001).

### **Epillets**

L'inflorescence du blé est un épi qui se compose d'un rachis sur lequel sont insérés les épillets (Fig. 6) ; chaque épillet est enveloppé par les glumes ou (bractées), la glume a une longueur de 10-12 mm, coriaces, à carène saillante, presque ailée, parfois velue à l'extrémité porte 5 à 7 petites fleurs hermaphrodites dont 3 à 4 seulement arrivent à maturité et donnent, une fois fécondées, des graines. Chaque fleur parfaite est enfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemme) et la glumelle supérieure (paléa) ; Chacune compte trois étamines à anthère biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. Le nombre potentiel d'épillets par épi est une caractéristique variétale mais elle dépend aussi des conditions de culture (Bozzini, 1988).



**Figure 6 : Epillets du blé dur (Hamadache, 2001)**

### **Le pistil**

C'est l'organe sexuel femelle (**Fig. 7**), Il se compose de stigmate et de l'ovaire ; Le stigmate est plumeux et reçoit le pollen et assure sa germination avant de pénétrer dans l'ovaire et assure la fécondation de l'œuf (**Hamadache, 2001**).



**Figure 7 : Le pistil du blé dur (Hamadache, 2001)**

### **Les étamines**

Ce sont les organes reproducteurs mâles (**Fig. 8**). Ils sont au nombre de 3. Chacun se compose d'une anthère qui condense le pollen (gamètes mâles) et de filet. Le grain de pollen est à la fois sensible aux basses et aux hautes températures (**Hamadache, 2001**).



Figure 8 : Les étamines du blé dur [12]

### Le grain du blé

Le grain du blé (Fig. 9) considéré comme un fruit sec indéhiscent. C'est un caryopse c'est à dire un akène dont l'enveloppe est intimement soudée au tégument de la graine ; le grain se compose de l'amande et l'endosperme (Dupont et Guignard, 2012). L'amande est formée de l'embryon à la base du grain et d'albumen qui sert de réserve utilisée au moment de la germination 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).

Les enveloppes sont riches en matières minérales en azote et en matières grasse. Ces enveloppes donneront au cours de la mouture le son (Hamadache, 2001).

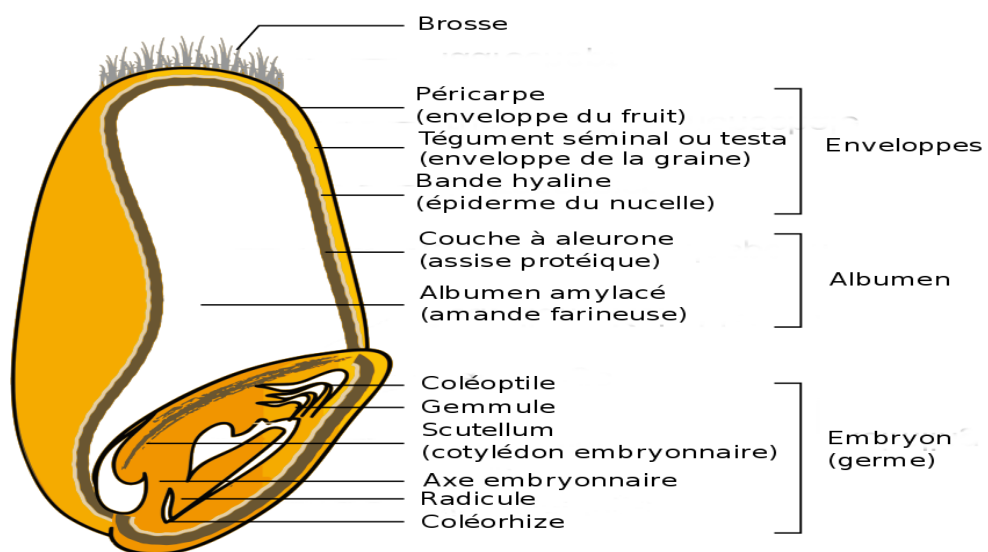


Figure 9 : Structure du grain du blé [3].

## 1.2\Classification Botanique

La plupart des céréales, herbacée, annuelle, monocotylédone, appartiennent à la famille des Graminées et/ou Poacées. Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet et le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées : blé, orge, avoine, et seigle et les autres à la sous-famille des Panicoïdées : maïs, riz, sorgho et millet.

Le blé dur est une céréale autogame appartenant à l'ordre des Graminales (Poales), famille des Graminae (Poaceae) (**Rudolphe, 2001**). Une classification (**Tab. 1**) détaillée est donnée par le tableau 1 (cité in **Nadjeh, 2014**).

**Tableau 1** : Classification botanique du blé (**Sanah, 2015**).

Embranchment	Spermaphytes
Sous embranchment	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Commélimiflorales
Sous ordre	Poales
Famille	Graminae ou Poaceae;
Genre et espèce	<i>Triticum durum</i>

## 2\La céréaliculture en Algérie

La filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie. En effet les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière ; cependant, la production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 millions d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparait donc comme une spéculation dominante.

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire ; c'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport

équivalent à 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,533g de protéine /personne/j et 5,43g de lipide/personne /J (Ceheam, 2007)

Cependant La production céréalière en Algérie ne couvre plus les besoins de la population depuis 1970 et de 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 4244903 tonnes de blés dont 70,44% de blé dur, soit 2990265 tonnes représentant une valeur de 858 millions de dollars, dont 60,36% de blé dur, soit 578 millions (Chehat, 2007).

### 3\Les conditions de culture de blé dur

#### La température

Pour une bonne germination, le blé dur a besoin d'un minimum de température de 3 à 5 °C. Sa température optimale de développement se situe entre 16 et 25 °C. En zone des Hauts-Plateaux, les basses températures qui coïncident avec le stade floraison (gelées printanières) sont à craindre, car elles provoquent la coulure des fleurs et affectent le rendement de la culture. Les hautes températures sèches (vents chauds), coïncidant avec le stade remplissage des grains, provoquent l'échaudage, affectant ainsi le rendement et la qualité du grain ((ITGC, 2020). Cependant les sélectionneurs ont créé des variétés qui s'adaptent aux situations climatiques différentes ; Certaines sont relativement résistantes au froid, d'autres murissant tôt sont cultivées dans les régions où la sécheresse est précoce (Gauthier, 1991).

#### L'Eau

La culture du blé dur convient dans les zones à pluviométrie comprise entre 400 et 600 mm. Les besoins en eau du blé dur sont plus importants entre les stades de développement montaison et remplissage des grains (ITGC, 2020)

#### La lumière

La lumière joue un rôle fondamental sur la vie et le comportement de l'espèce végétale, elle contrôle le processus de la floraison et intervienne au moment de la photosynthèse ; en effet pour avoir un bon tallage du blé nécessite un éclairage optimal (Soltner, 1990).

#### Le Sol

Selon Soltner (2005), les blés préfèrent des sols :

- Limono-argileux ; pour augmenter la surface de contact des racines afin d'avoir une bonne nutrition.
  - Profonds (plus de 40 cm de profondeur) ; aussi richesse et suffisante en colloïdes, pot le but d'assurer la bonne nutrition pour y avoir un niveau de rendement élevé.

- Riches en matière organique et minérale.
- A pH neutre à légèrement alcalin.
- Biens drainés.
- Ayant une bonne capacité de rétention.

#### 4\Les agents causals des maladies du blé dur

Les céréales peuvent être attaquées par de multiples maladies durant leur cycle de développement ; et subir des pertes de rendement importantes, surtout lorsque la variété utilisée est sensible et que les conditions de l'environnement sont favorables au développement des agents pathogènes et particulièrement les agents cryptogamiques qui causent des dégâts importants.

Ces maladies peuvent être contrôlées efficacement lorsqu'elles sont détectées à temps. Les symptômes sont pour la plupart spécifiques, donc il est important de les reconnaître pour pouvoir identifier les différentes maladies qui peuvent apparaître sur les cultures de céréales, ainsi que leurs conditions de développement afin de raisonner une lutte efficace (Aouali et Douici, 2020).

Les ennemis des cultures céréalières (blé dur) se répartissent en deux catégories : les maladies, les ravageurs qui sont résumés dans les (Tab. 2) et (Fig. 10).

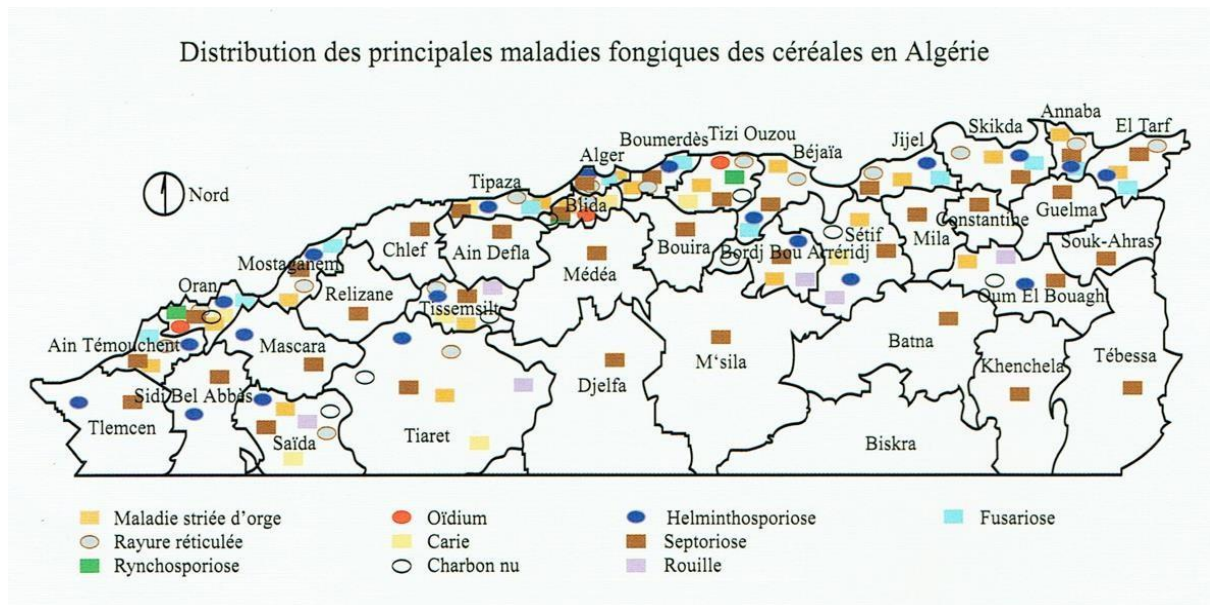
**Tableau 2 :** Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 ; ElYousfi, 2015)

Maladies			Agent causal)
Septoriose des feuilles	<i>Septoria tritici</i>	Ils commencent par de petites taches de couleur brin rougeâtres irrégulières sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol. Les taches sont d'abord délimitées par les nervures pour ensuite s'étendre longitudinalement et prendre une couleur gris clair, après l'apparition des nécroses sur le feuillage, on observe des ponctuations noires alignées parallèlement qu'on appelle pycnides	-La lutte se fait par l'utilisation de variétés tolérantes - Les rotations culturales - La fertilisation équilibrée et l'enfouissement ou la destruction des résidus de culture permettent de réduire le développement de cette maladie. -Les traitements fongiques en végétation, ainsi que le traitement de



**Tableau 2 : Quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 ; ElYousfi, 2015)**

La rouille brune	<i>Puccinia recondita f. sp. tritici</i>	Petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (urédospores). Apparaissent sur la face supérieure et parfois sur la face inférieure des feuilles, en fin de saison, ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores).	- La lutte doit être essentiellement préventive afin de minimiser ou de retarder les infections des feuilles basales, pour éviter l'infection des feuilles supérieures. - La rotation culturale - L'utilisation des variétés tolérantes. -La lutte chimique en préventif.	
La rouille jaune	<i>Puccinia striiformis.</i>	Les pustules sont sous forme globuleuse et de couleur jaune ou orange disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce Elles peuvent aussi se développer sur h face infeneure des feuilles et sur les épis et les grains		
La rouille noire	<i>Puccinia graminis f. sp. tritici</i>	Les pustules sont plus longues que celles de la rouille brune, elles sont de couleur rouge- brique à marron foncé, elles se développent sur les feuilles, les tiges et les épis.		
L'oïdium	<i>Erysiphe graminis f.sp. tritici</i>	Les premiers symptômes apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pale sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs en cas d'attaque sévère les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles et les glumes des épis.	- L'utilisation des variétés tolérantes - Les rotations culturales. - La fertilisation équilibrée. -La lutte chimique.	
Tache auréolée	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	La maladie apparaît sous formes de taches chlorotiques au niveau du limbe des feuilles et des nécroses sont aussi observées sous forme de losanges bordes par des zones chlorotiques.	- L'utilisation des variétés tolérantes. - Les rotations culturales. La lutte chimique.	:C har bo n nu



**Figure 10 :** Distribution des maladies fongiques des céréales en Algérie (Aouali -Douici ,2020)

On peut classifier les ravageurs en Algérie en fonction de leur période d’observation et les symptômes et dégâts (Tab. 3) ;

**Tableau 3 :** Les principaux ravageurs de blé dur d'après (Buisset, 2015)

Ravageurs	Période d’observation	Symptômes et dégâts			
Criocerés (Lémas) <i>Ouléma melanopa</i> et <i>Ouléma lichenis</i>	دسامبر printemps, sur les 3 dernières feuilles	Ils sont dus essentiellement aux larves qui rongent le parenchyme du limbe, mais respectent la face inférieure de la feuille. Les adultes perforent le limbe, entraînant de petites striations aux nervures. Les Lémas peuvent transmettre au blé deux viroses (mosaïques), en faisant passer les virus des rammées aux céréales	□C	Dès	le
			ica	feuille	
			del		
			le		
			Psa		
			mo		
			tett		
			ix		
			alié		
			nas		

## Chapitre 1 : Généralités sur le blé

et Arion hortensis (noire)		ces attaques Après La levée, les feuilles attaquées ont un aspect « effiloché », elles sont trouées et parfois sectionnées		
MOUCHE GRISE <i>Delia coarctata</i>	v~ [ Ÿ꺆 d'hiver.	La feuille centrale, sectionnée par les lames, flétnt puis jaunit. Celle-ci s'arrache alors aisément Une même lame peut s'attaquer successivement à plusieurs talles d'où des attaques parfois considérables en termes de perte de pieds, notamment en cas de dégel brutal	26 PU CE RO NS DE S EPI S Si to bi on av en ae	Dès le sta épiaison stade gran

# Chapitre 2

## Les fertilisants

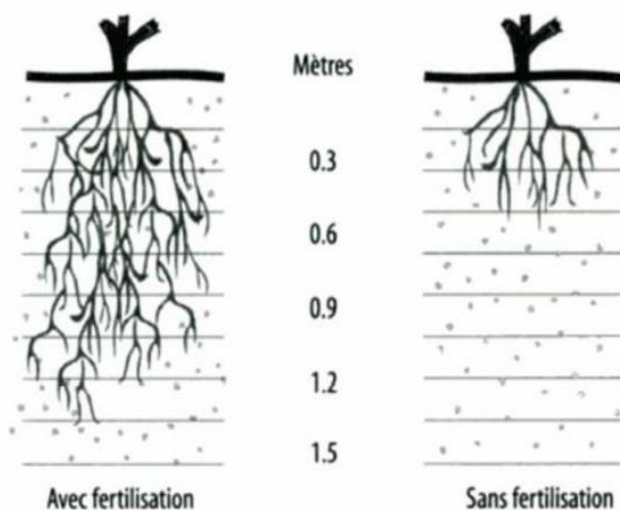
## 1\Définition de la fertilisation

La fertilisation consiste en une gestion des apports d'engrais et d'amendements ; globalement, elle s'entend comme l'action de fertiliser le sol, c'est à dire l'exploitation d'un ensemble des techniques de fumure visant à maintenir ou à augmenter la fertilité d'un sol pour placer les plantes cultivées dans les meilleures conditions d'alimentation. Les principaux fertilisants sont l'azote N, le phosphore P et le potassium K, ils sont parmi les principaux éléments nécessaires pour la plante, ceux dont la disponibilité dans les sols cultivés pose généralement problème. On abrège leur composition par le symbole NPK [1].

Les engrais assurent aussi une utilisation plus efficace de la terre et notamment de l'eau. Ce sont des facteurs importants dans les régions à faibles précipitations ou dans des situations où l'irrigation est nécessaire ; tel est le cas où le rendement par unité d'eau utilisée pourrait être plus que double (FAO, 2003)

## 2\La fertilisation raisonnée

La fertilisation raisonnée a pour objectif de mettre en œuvre des pratiques prenant en compte les données et contraintes techniques, économiques, environnementales et réglementaires actuelles pour répondre à une notion qui se veut nouvelle « d'Agriculture raisonnée ». Ceci ne signifie pas, qu'antérieurement, les agriculteurs ne raisonnaient pas leurs pratiques. Leur raisonnement intégrait les connaissances et les moyens matériels disponibles, les contraintes et les objectifs socioéconomiques ou environnementaux, implicites, liés à un contexte différent de celui que nous connaissons aujourd'hui (Schvartz et al., 2005).



**Figure 11** : la profondeur d'enracinement des plantes, avec et sans fertilisation (FAO, 2003).

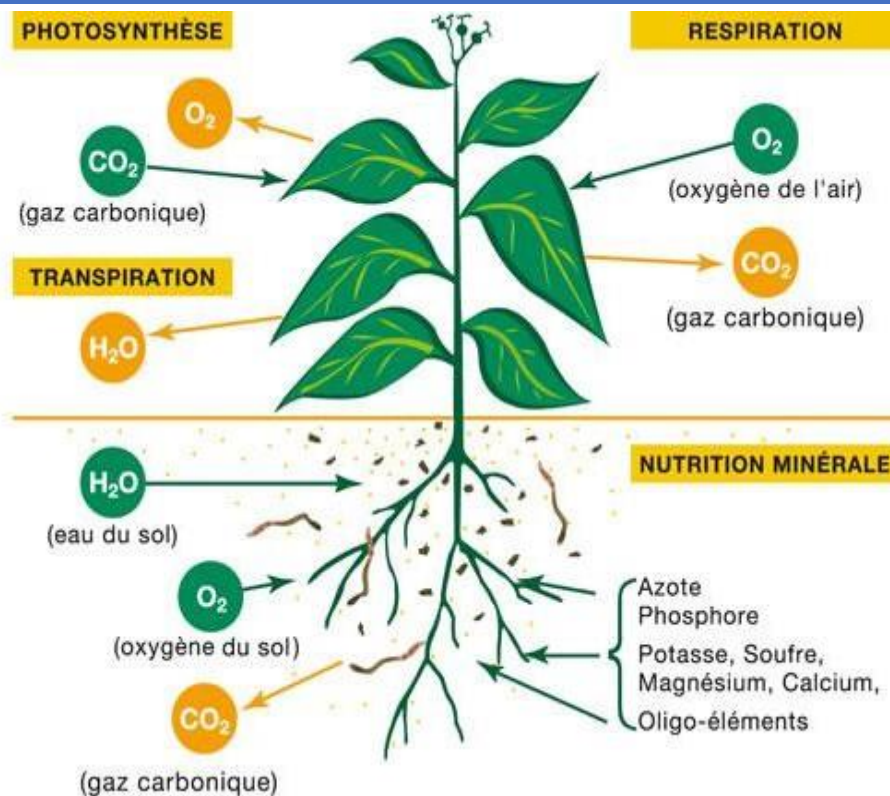
### 3\Eléments minéraux indispensables à la croissance

Pour assurer sa croissance et son développement, la plante sélectionne et prélève les éléments dont elle a besoin dans le milieu environnant (**Fig. 12**) : le carbone à partir du dioxyde de carbone

atmosphérique, l'oxygène dans l'air et dans le sol et enfin l'eau et les autres éléments nutritifs qu'elle contient principalement à partir du sol, et de la lumière. La grande majorité des plantes exigent 16 éléments nutritifs. Les éléments ci-après proviennent :

- **De l'air** : Le carbone (C) sous forme de  $\text{CO}_2$  (Anhydride carbonique) ;
- **De l'eau** : L'hydrogène (H) et l'oxygène (O) à l'état d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ;
- **Du sol et des engrais minéraux et organiques** :
- ❖ **Des éléments de Base (macro éléments)** : L'azote ( $\text{NO}_3^-$ ) ou ( $\text{NH}_4^+$ ), le phosphore ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le soufre ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).
- ❖ **Des micro éléments** : Le fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ou ( $\text{Fe}^{3+}$ ) selon les espèces, le manganèse ( $\text{Mn}^{2+}$ ), le zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ ), le cuivre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), le bore ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ ), le molybdène ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), et le chlore ( $\text{Cl}^-$ ) (**Morot-Gaudry et al., 2009**).

Les micro éléments se trouvent habituellement en quantité suffisante dans le sol, et ne devraient être ajoutés qu'en cas de constatation de carence (**anonyme, 2017**).



**Figure 12 : Nutrition de la plante (Anonyme, 2017)**

### 3.1\Les macro-éléments

Les macro-éléments (autre C, H et O), sont ceux qui sont requis en grande quantité par la plante afin d'assurer sa croissance et son développement. Les macro-éléments sont l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, magnésium, le soufre. Chacun d'entre eux représente au moins 0,1% de la matière sèche de la plante (Morot-Gaudry et al., 2009).

### 3.2\Les micro-éléments

Pour les micro éléments, comprennent le bore, le cuivre, le fer, le manganèse, le molybdène et le zinc. Les quantités d'oligo-éléments assimilées par les plantes sont infimes par rapport à celles des éléments fertilisants majeurs que sont l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium, mais leur rôle dans la nutrition globale de la plante est quand même crucial (Morot-Gaudry et al., 2009). En règle générale, les concentrations d'oligo-éléments dans le sol sont beaucoup moins élevées que celles des éléments nutritifs majeurs. Le pH du sol, sa matière organique, sa teneur en argile et sa minéralogie font varier les teneurs en oligo-éléments. L'estimation de la biodisponibilité des oligo-éléments est de ce fait plus aléatoire que celle des éléments majeurs [2].

## 4\Les engrais

Les cultivateurs, d'aujourd'hui, utilisent inévitablement des engrais afin de gérer au mieux la qualité

et la quantité des rendements et leurs exploitations. Ils peuvent être de natures chimiques ou organiques, avec un impact considérable sur l'environnement, s'ils ne sont pas utilisés de manière responsable. Les engrais ont été utilisés depuis l'antiquité lorsque des phosphates d'os (calcinés ou non), de l'azote provenant de déchets animaux et humains ou du potassium provenant des cendres ont été ajoutés au sol empiriquement [3].

### 4.1\Définition

Les engrais sont des substances dont la principale fonction est de fournir des éléments nutritifs aux plantes. La composition essentielle d'un engrais est indiquée sous la forme NPK, lequel donne les ratios de composition en azote, phosphore et potassium [1].

**Testud (2004)**, a défini les engrais comme l'ensemble des matières fertilisantes épandues à la surface des sols et destinées à apporter aux végétaux les éléments indispensables à la constitution de leurs tissus.

### 4.2\Types des engrais

Selon la forme de l'engrais (engrais solide et engrais liquide), leur effet (engrais à action rapide, engrais à libération lente, engrais de dépôt) et la manière dont il est lié, 3 grandes catégories d'engrais ont été distingués :

#### a) Engrais minéraux

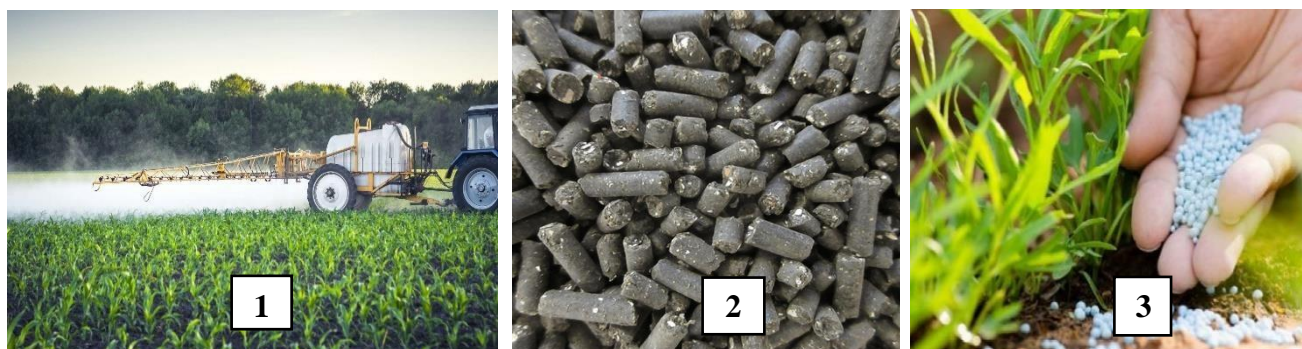
Les engrais minéraux à usage agricole se présentent en général sous forme de granulés sphériques de 2 à 3 mm de diamètre (**Fig. 13**) ; ils sont épandus de manière mécanique, soit par gravité, soit à l'aide d'appareils centrifuges ou pneumatiques générant des poussières. Il existe également des formes liquides pour pulvérisation ou injection dans le sol. Les engrais à usage domestique (pour plantes d'intérieur ou pour le jardinage) sont usuellement des concentrés liquides à diluer, parfois des granulés ou des bâtonnets imprégnés. Les engrais minéraux peuvent être des engrais simples (azoté [N], phosphaté [P] ou potassique [K]) ou des engrais composés, binaires (NP, NK, PK) ou bien ternaires (NPK) (**Testud, 2004**).

#### b) Engrais gazeux

Parmi les engrais gazeux les plus utilisés en agriculture particulièrement en culture en serre et en aquariophilie le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> comme fertilisant gazeux (**Fig. 13**) important pour ces cultures. La carence en CO<sub>2</sub> résultant de la consommation photosynthétique avec une alimentation insuffisante en air frais, surtout en hiver avec ventilation fermée. Les plantes ont besoin de carbone comme substance de base. L'augmentation potentielle du rendement dépend de l'importance de la présence de CO<sub>2</sub> et de l'importance de l'apport de lumière (photosynthèse) pour les plantes. En aquarium, le gaz carbonique est supplémenté par des kits CO<sub>2</sub> spécifiquement conçus pour l'injection dans l'eau [1].

#### c) Engrais organiques

Pour ce type d'engrais (**Fig. 13**), les éléments fertilisants sont principalement liés dans des composés organiques réduits contenant du carbone. Dans le cas où ces composés sont partiellement oxydés, comme dans le compost, les minéraux fertilisants sont adsorbés sur les produits de décomposition (acides humiques). En conséquence, ils ont un effet plus durable et sont généralement moins rapidement éliminés que les engrais minéraux. Les engrais organiques sont généralement d'origine animale ou végétale comme des déchets provenant de l'agriculture (fumier), mais peuvent également être synthétisés. Les engrais conduisent également à une teneur plus élevée en humus et à une meilleure qualité du sol. Des exemples d'engrais organiques sont : le jus d'algues, la farine animale, la farine de poisson, le guano, l'urée, les broyats d'os ou de cornes, les restes de plantes compostées (compostage), les boues d'épuration, la vinasse... [1].



**Figure 13 :** Les trois types des engrais, gazeux (1), organiques (2), et minéraux (3) [9].

### 5\Les différentes catégories de la fertilisation

#### 5.1\ Azote (N)

D'après **Pousset (2000)**, l'azote est le macro-élément indispensable à la croissance et au bon développement des végétaux. En effet, il entre dans la composition des protéines et participe au métabolisme spécifique des végétaux, il est à la base de la synthèse des acides aminés et des acides nucléiques dans le sol (**Boulal et al., 2007**).

#### L'origine dans le sol

Dans la nature, l'azote est présent sous deux états : à l'état libre ( $N_2$ ) dans l'atmosphère et à l'état combiné, sous forme minérale (ammoniacale et nitrique essentiellement, les nitrites très toxiques n'ont qu'une présence éphémère) ou organique. Les matières organiques du sol (MOS), constituent le troisième réservoir d'azote de la terre après l'atmosphère et les océans. La masse d'azote, presque exclusivement organique, contenue dans les sols cultivés, atteint souvent 3 à 5 tonnes par hectare. Elle est principalement localisée dans la couche labourée (0-30 cm environ). Dans les prairies naturelles, l'accumulation peut aller jusqu'à 10 tonnes d'azote par hectare. Dans le sol l'azote minérale peut être présent sous 3 formes : l'ion ammonium ( $NH_4^{4+}$ ) ou azote ammoniacal, l'ion nitrite ( $NO_2^{-}$ ) ou azote nitreux et l'ion nitrate ( $NO_3^{-}$ ) ou azote nitrique. En dehors des périodes suivants immédiatement les apports d'azote par les engrais et les amendements organiques, la quantité d'azote minéral présente dans le sol n'excède généralement pas quelques dizaines de kilogramme par hectare (**Schwartz et al., 2005**).

#### La forme absorbée par la plante

Les plantes absorbent l'azote à partir de la solution du sol et des films d'eau à la surface des feuilles (cas d'une pulvérisation foliaire). L'utilisation de l'azote par les végétaux supérieurs se fait généralement par l'absorption du nitrate au niveau des racines. L'apport combiné de nitrate et d'ammonium donne naissance à une croissance et à un développement optimum pour la plupart des plantes cultivées. De

nombreux essais scientifiques démontrent qu'il y a généralement des différences très peu significatives entre ses différentes sources d'azote. L'élément le plus souvent déterminant dans le choix d'une forme ou l'autre (apport de nitrate ou d'ammonium) reste souvent le coût, la manipulation et la vitesse de réponse recherchée. L'azote sous forme de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) produit un effet rapide sur la plante (la forme la plus absorbée), mais cette forme est facilement lessivée puisqu'il est faiblement retenu par le sol, tandis que L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) est mieux retenu par le sol mais la réponse de la culture à son apport reste relativement tentée [4].

### Rôle physiologique de l'azote

L'azote a de nombreuses fonctions physiologiques pour la plante dans les plus importantes sont :

- La synthèse de la matière vivante à partir de la matière minérale ;
- La multiplication des chloroplastes, puisque la chlorophylle est une substance azotée d'où la couleur vert foncé des plantes après un apport d'azote.
- La synthèse des glucides grâce à l'augmentation du nombre de chloroplastes.
- La constitution des réserves azotées dans les graines.
- C'est un facteur de rendement, et parfois de qualité, puisqu'il augmente la teneur en protéines des céréales.
- La multiplication cellulaire donc la croissance des tissus (**Soltner, 2003**).

### Exigences azotées chez le blé

Les besoins en azote des blés dur varient selon la variété et la région de production. La qualité du blé dur dépend étroitement de sa teneur en protéines. La conduite de la fertilisation azotée est primordiale pour obtenir des blés de qualité supérieure (choix de la dose, du mode de fractionnement et de la forme). Toutes les formes d'azote n'ont pas la même efficacité, en particulier sur la teneur en protéines. Les formes ammonitrate ou urée sont plus efficaces et sont à privilégier pour les apports tardifs. De même, il a été prouvé que l'azote apporté tardivement est plus absorbé par la plante ce qui augmente la teneur en protéines. Un report de 40 unités d'azote au stade dernière feuille étalée permet une augmentation d'au moins 0,5% de teneur en protéines. Ces mises en réserves peuvent être supérieures, notamment dans le cas de fortes doses totales ou dans des situations à faibles fournitures d'azote. Lorsque le report est supérieur ou égal à 60 unités, il peut être fractionné en deux. Dans ce cas, le dernier apport est spécifique de la qualité et sera efficace jusqu'au stade sortie des barbes [5].

### Les dynamiques de l'azote dans la plante

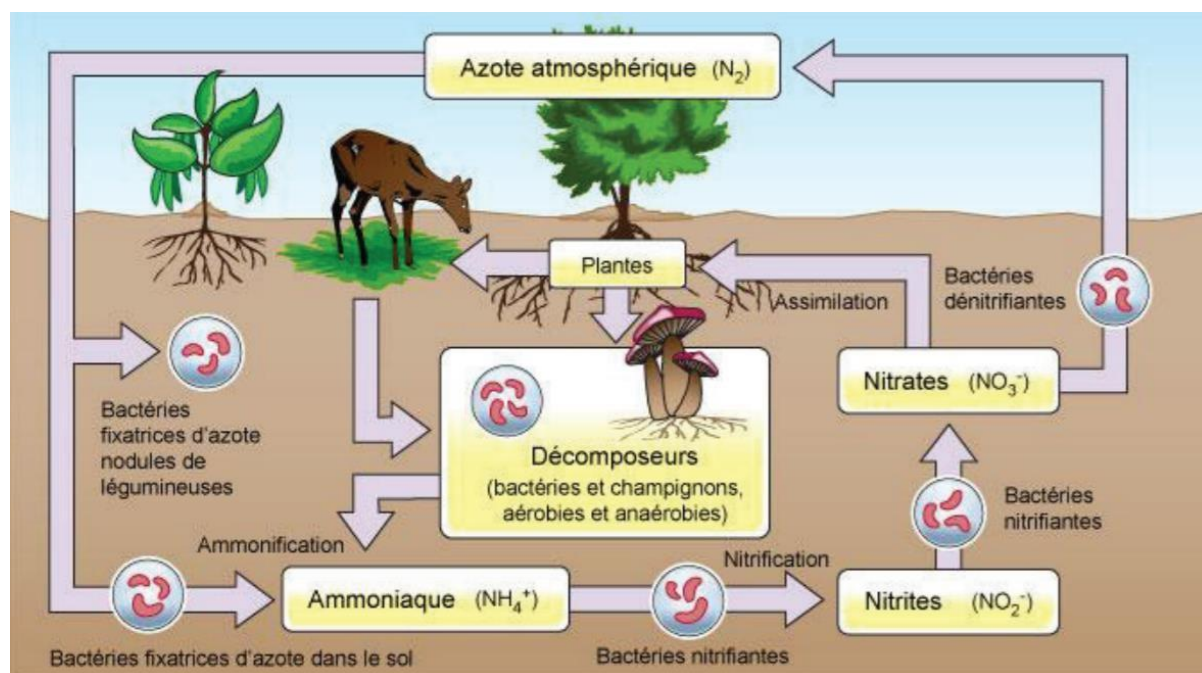
Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) et ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) sont les deux principales formes de N assimilées par les espèces non légumineuses. Le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) est la principale source de N pour des plantes cultivées sur des sols

agricoles bien aérés, tandis que le  $\text{NH}_4^+$  est la principale source de N dans le cas de sols acides ou imbibés d'eau (comme pour la culture inondée du riz), ou sous des climats froids dans lesquels la nitrification est inhibée. Dans le cas du blé, c'est donc le  $(\text{NO}_3^-)$  qui est absorbé majoritairement par les plantes ( **cité in Bertheloot, 2009**).

### Le cycle de l'azote dans la biosphère

L'azote total est généralement réparti dans trois ensembles principaux : l'ensemble constitué par l'atmosphère, le sol (et l'eau qui lui est associée) et l'azote contenu dans la biomasse. Les échanges complexes entre ces trois ensembles sont connus sous le terme de cycle de l'azote.

L'azote du sol pénètre dans la biomasse surtout sous la forme de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) qui est absorbé par les plantes et les microorganismes. Une fois assimilé, l'azote nitrique est converti en azote organique sous la forme d'acides aminés, et d'autres composés azotés qui constitueront les protéines ainsi que d'autres macromolécules. L'azote continue son chemin dans la chaîne alimentaire, lorsque les animaux mangent les plantes. Puis l'azote retourne au sol sous la forme de déchets animaux, ou lors de la mort et la décomposition des différents organismes (**Fig. 14**).



**Figure 14** : Cycle de l'azote dans la biosphère [9].

### 5.2) Phosphore (P)

Le phosphore est une composante importante de la membrane cellulaire des végétaux et intervient aussi dans le processus de transfert de l'énergie cellulaire (ATP). Une bonne fertilisation phosphatée stimule également l'enracinement et accélère la maturité (**Abdelmadjid, 2013**).

### Source de phosphore

Le phosphore se trouve dans le sol, dans compost, et dans les engrais chimiques ainsi qu'à l'état de phosphate naturel.

Dans le sol, le phosphore est disponible surtout sous la forme d'un acide : l'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ). Un polyacide contient plus d'un proton labile, chacun possédant une constante de dissociation différente. Le pH du sol joue par conséquent un rôle majeur dans la disponibilité du phosphore (**Hopkins, 2003**).

### La fertilisation phosphatée

La fertilisation phosphatée a pour objectif de satisfaire les besoins en phosphore de la plante selon les objectifs de rendement et de qualité, et donc de compléter l'offre du sol en maintenant son potentiel de production. La stratégie actuelle se fonde en premier lieu sur les besoins des plantes cultivées et ensuite sur la biodisponibilité en phosphore de la parcelle. Les critères principaux à prendre en compte sont : l'exigence en  $P_2O_5$  de la culture, l'analyse de terre, le passé récent de fertilisation et les exportations de la culture (**Anonyme, 2005**).

### La forme absorbée par la plante

Dans la plante, le phosphore se trouve surtout sous la forme de phosphoesters, comprenant les glucides phosphorylés qui jouent un rôle dextrement important dans la photosynthèse et le métabolisme intermédiaire (**Hopkins, 2003**).

Les racines des plantes absorbent le phosphore sous forme d'ions phosphoriques  $H_2PO_4^-$  ou  $HPO_4^{2-}$  dans la solution du sol. Ces ions minéraux proviennent de la solubilisation des phosphates et des ions minéraux adsorbés sur les différentes phases solides du sol. Le phosphore « organique » contenu dans des molécules des effluents organiques doit être minéralisé en ions phosphoriques pour devenir assimilable par les plantes [6].

### Rôle physiologique du phosphore

Le phosphore joue des rôles primordiaux dans le fonctionnement biologique des plantes puisqu'il participe à de nombreux processus physico-chimiques, biologiques et enzymatiques. Il est l'un des principaux constituants des acides nucléiques en joignant les nucléotides. Il est aussi un des constituants des phospholipides des membranes végétales (**Sanchez et al., 2009**). Le phosphore active la croissance des bourgeons et des racines et joue aussi le rôle d'activateur dans la mise en réserve des glucides. Le P est mis en réserve dans les grains/graines sous forme de phytate (**Leroy, 2006 cité in Gherairia et Zardoudi**).

### Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures

En générale l'absorption du phosphore par les plantes est à peu près terminée vers la fin de la période de croissance maximale. La production de 1 g de matière sèche par une plante requiert un prélèvement d'environ 3 mg de P (**Fardeau, 1993**).

Aussi, les cultures peuvent être classées selon leurs exigences en P (**Tab. 4**).

**Tableau 4** : Classification des cultures selon leur exigence en P (**Snoussi et Haltim, 1996**)

<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	
<b>Culture très exigeantes</b>	Colza, pomme de terre, betterave.
<b>Cultures exigeantes</b>	Blé sur blé, orge, chou, prairie, féverole, pois, maïs ensilage, sorgho.
<b>Cultures peu exigeantes</b>	37lé, maïs grain, lupin, soja, tournesol, triticale, avoine, seigle, épeautre.

### 5.3\ Le potassium (K)

Le potassium est indispensable à la vie : il participe directement à la formation et à la croissance des cellules (**Anonyme, 2005**).

#### Sources du potassium

Le potassium n'est présent dans le sol que sous forme minérale. En effet, le potassium des résidus végétaux est presque exclusivement du K<sup>+</sup>, libéré dans le sol dès la mort des cellules. La minéralisation de la matière organique.

Il se trouve dans le sol sous quatre formes :

- En solution dans l'eau du sol
- Adsorbé à la surface des particules d'argile et d'humus (complexe adsorbant) : il sert à compenser les prélèvements effectués par les racines dans la solution du sol. C'est donc l'ensemble du potassium de la solution du sol et du complexe adsorbant qui est utilisable par la plante.
- Inclus pour la plus grande partie entre les feuillets des argiles : cette forme non échangeable est très lentement libérée lorsque le sol s'appauvrit en potasse échangeable. Il est de l'intérêt de l'agriculture intensive de ne pas compter sur elle, ce qui nécessite le maintien du potassium échangeable à un bon niveau.

- Entrant dans la constitution des minéraux primaires (roche mère) : cette forme est très lentement libérée au cours des processus d'altération. **(Anonyme, 2005).**

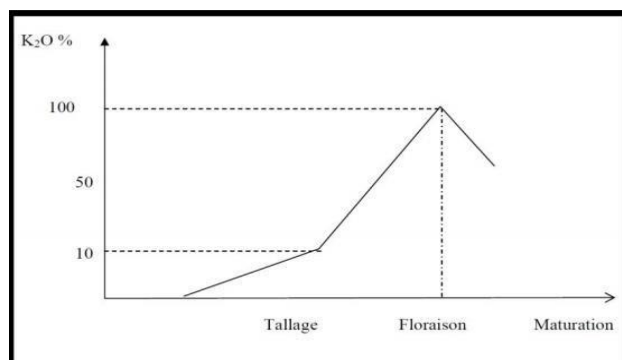
### Le cycle de potassium

Le recyclage d'éléments nutritifs contenus dans les matières organiques de toute nature : effluents d'élevage, résidus de culture (pailles, fanes, verts...) et autres sous-produits organiques issus des activités humaines, constitue une ressource importante pour la fertilisation.

1. Le potassium est extrait des mines sous forme principalement de mélange de sels de sodium, de potassium et parfois de magnésium. Il subit une purification pour être transformé en engrais utilisable en agriculture.
2. Le potassium évolue dans le sol sous sa forme minérale de cation  $K^+$ . Il est peut-être fixé aux argiles, adsorbé sur la capacité d'échange cationique (CEC) et soluble dans l'eau du sol.
3. La lixiviation du potassium soluble présent dans l'eau du sol (entraînement en profondeur par l'excès d'eau du sol) est un phénomène plus important dans les sols sableux à faible CEC.
4. L'entraînement du potassium hors de la parcelle se fait aussi par ruissellement (terrains en pente) et érosion (potassium lié aux particules solides).
5. L'absorption racinaire des végétaux se fait exclusivement à partir du potassium  $K^+$  dissous dans la solution du sol.
6. La récolte est transformée en nourriture (humaine ou animale), ce qui est l'objectif fondamental de l'agriculture. **(Anonyme, 2005)**

### Le potassium dans la plante

Le potassium est toujours abondant dans la matière sèche des végétaux : de 0,5 à 1,5 % dans le grain et les pailles de blé, de 2 à 4 % dans les tubercules et fanes de pommes de terre, et jusqu'à 6 à 7 % dans les épinards et les champignons **(Fig. 15).**



**Figure 15** : Courbe d'absorption de  $K_2O$  chez les céréales **(Duthil, 1973).**

### Rôle physiologique du potassium

Le potassium joue un rôle multiple dans la plante :

- Il intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules et régularise les échanges intra cellulaires.
- Il active la photosynthèse et favorise la formation des glucides (sucres, amidon) dans la feuille et leur accumulation dans les organes de réserve (racines des betteraves, tubercules des pommes de terre). C'est pourquoi les plantes racines et les tubercules répondent particulièrement bien aux engrais potassiques.
- Il participe à la formation des protéines, intervient dans les processus d'évolution des composés azotés dans la plante et favorise leur migration vers les organes de réserve. Les besoins en potassium sont d'autant plus grands que la fertilisation azotée est plus importante : l'effet de l'azote est renforcé par le potassium et réciproquement ; c'est le phénomène d'interaction positive.
- En réduisant la transpiration, le potassium diminue les besoins des plantes en eau, augmente leur résistance à la sécheresse et assure une meilleure efficacité de l'irrigation (**Anonyme, 2005**).

### Fertilisation potassique

Pour déterminer le niveau de la fumure potassique, il faut tenir compte :

#### a. La teneur du sol en Potassium

La teneur en potassium échangeable est donnée par l'analyse du sol. Si la terre est suffisamment pourvue, on appliquera une fumure d'entretien afin de maintenir l'équilibre, dans le cas contraire, on utilise une fumure de correction pour augmenter le niveau de réserve.

#### b. Exportation de potassium

Chaque fois qu'on effectue une récolte, on prélève dans le sol une partie de son stock alimentaire (**Bayens, 1967**). Le seul retour au sol de quantités d'éléments minéraux égales aux exportations d'une culture, sous forme de fumure organique et d'engrais minéraux, ne suffit pas à améliorer la fertilité, donc les rendements. Ainsi, on doit tenir compte des pertes en éléments fertilisants par lessivage, érosion. Par exemple les pertes en zones humides peuvent être les suivantes :

- 0 à 10 Kg/ha de K<sub>2</sub>O en terre argileuse ;
- 10 à 20 Kg/ha de K<sub>2</sub>O en terre limoneuse ;
- 20 à 30 Kg/ha de K<sub>2</sub>O en terre sableuse ( **cité in boumaaza,2019**).

## 6\ Les carences d'engrais NPK

### 6.1\ Carence en azote

L'azote est un constituant de nombreuses molécules importantes comme les protéines, les acides nucléiques, certaines hormones (par exemple l'acide -3-indole acétique, les cytokines) et la chlorophylle. Il n'est donc pas surprenant que la plupart des symptômes d'une carence en azote, se manifestent par une lente réduction de la croissance ainsi que par une chlorose générale des feuilles (**Fig. 16**). L'azote est fortement mobile dans la plante. Lorsque les feuilles les plus âgées jaunissent et meurent, l'azote essentiellement sous forme d'amines ou d'amides solubles, et mobilisé dans les feuilles le plus et exporté vers les feuilles les plus jeunes qui se développent le plus rapidement. Par conséquent les symptômes de carence en azote apparaissent dans les feuilles les plus âgées et n'apparaissent dans les feuilles les plus jeunes que lorsque la carence devient sévère. A ce moment, les feuilles les plus vieilles deviendront complètement jaune ou brunes et tombent (**Hopkins, 2003**).



**Figure 16** : Symptômes de carence en azote [5].

### 6.2\ Carence en phosphore

La manifestation la plus caractéristique d'une carence en phosphore est une intense coloration verte des feuilles. Dans des cas extrêmes, les feuilles subissent des malformations et présentent des taches nécrotiques (**Fig.17**). Dans certains cas, les anthocyanes s'accumulent également conférant aux feuilles une coloration qui varie du vert foncé ou pourpre. Comme l'azote, le phosphore est facilement mobilisé et redistribué dans la plante, provoquant une sénescence rapide puis la mort des feuilles les plus âgées. Les tiges sont généralement raccourcies et plus minces, de plus la production de fruits ou de semences est fortement réduite (**Hopkins, 2003**).

La pointe des vieilles feuilles rougit puis se nécrose. Un jaunissement de la pointe des vieilles feuilles peut également être observé, un tallage est réduit avec un rougissement des gaines [7].



**Figure 17** : Les différents symptômes de carence en phosphore chez le blé [5].

### 6.3\ Carence en potassium

Les symptômes de carence apparaissent d'abord dans les feuilles les plus âgées, qui présentent un aspect tacheté ou des signes de chlorose qui sont suivis de lésions nécrotiques (zones de tissu mort) sur le bord des feuilles (**Fig.18**). Chez les monocotylédones, et particulièrement chez le maïs et d'autres céréales, les lésions de nécrose débutent à la pointe de la feuille, constituée des cellules les plus vieilles, puis progressent graduellement le long des bords vers les cellules plus jeunes de la partie basale de la feuille. Les feuilles sont raccourcies et moins rigides et leur sensibilité aux champignons responsables de la pourriture des racines est accrue. Il en résulte que les plantes carencées en potassium versent facilement (**Hopkins,2003**).



**Figure 18** : Carence en potassium chez le blé (chlorose) [5].

## 7\ Excès et effets nocifs des engrais (NPK)

L'utilisation non raisonnée des engrais nuit à l'environnement et en particulier aux sources d'eau ainsi qu'à la santé de l'être humain à travers la nourriture.

### Sur l'environnement

En agriculture, les engrais chimiques sont administrés en vue d'augmenter le rendement des cultures. Ils sont responsables d'une pollution massive des sols, mais sont surtout la cause majeure de pollution des eaux souterraines, principaux réservoirs d'eau potable [7].

Les engrais minéraux, bien plus que les engrais organiques, peuvent être très néfaste pour l'environnement et ses différents écosystèmes. Si leur utilisation n'est pas effectuée dans un cadre mesuré, leur surconsommation apporte des transformations radicales des sols, mais aussi une surabondance néfaste dans les eaux. Par exemple les engrais azotés polluent en particulier les eaux souterraines et les nappes phréatiques, arrivant ainsi jusque dans les boissons des hommes. Un danger en particulier pour les nourrissons [3].

### **Sur la plante**

Un excès d'azote stimule une croissance exubérante de la partie aérienne, favorisant ainsi une augmentation du rapport tiges feuillées/racines et retardant la mise à fleur de nombreuses espèces cultivées. Pour le phosphore, il a des effets inverses de ceux de l'azote, en ce sens qu'il stimule préférentiellement la croissance des racines comparés à celle des tiges feuillées, diminuant ainsi le rapport tiges feuillées/racines. Des engrais à forte teneur en phosphore, comme la farine d'os, sont souvent appliqués lors de la transplantation d'espèces pérennes afin de favoriser la mise en place d'un système racinaire vigoureux (**Hopkins, 2003**). Un excès de potassium sature d'eau des feuilles et les récoltes. Il provoque également une carence en magnésium et en bore (**Van Schöll, 2005**).

### **Sur la santé humaine**

De nombreux agriculteurs utilisent des engrais (minéraux ou organiques, solides ou liquides ...) de façon fréquente, intensive et prolongée. L'utilisation massive des engrais, produits fertilisants des récoltes, par épandage ou pulvérisation, présente des risques pour l'environnement (sol, eau, air) mais aussi chimiques et/ou biologiques pour la santé des agriculteurs exposés. Par ailleurs, l'utilisation d'engins et machines agricoles de traction et d'épandage est dangereuse : chutes et renversements des tracteurs, coincements, écrasements, happements par les accessoires des machines en rotation ... Outre leur toxicité environnementale et sanitaire, certains engrais solides à base de nitrate d'ammonium sont explosifs dans des conditions particulières.

En cas d'incendie de leur lieu de stockage, certains engrais sont susceptibles de se décomposer et de libérer des gaz toxiques. Comme pour toute activité susceptible de présenter un risque d'exposition à des agents chimiques et/ou biologiques, l'employeur doit procéder à une évaluation des risques encourus pour la sécurité et la santé des travailleurs, limiter l'usage des engrais au strict nécessaire, adopter de bonnes pratiques et d'hygiène au travail, former ses salariés et mettre à leur disposition les équipements de protection individuelle adéquats (combinaison, gants, bottes, masque) pour éviter tout contact et inhalation de poussières ou émanations gazeuses d'engrais [7].

# Chapitre 3

## Matériel et méthodes

### 1\ L'objectif de l'essai

La culture du blé constitue une activité agricole stratégique en Algérie, notamment dans la région d'El Tarf, où les conditions climatiques et pédologiques sont relativement favorables. L'utilisation des engrais et fertilisants joue un rôle fondamental dans l'amélioration du rendement et de la qualité des cultures. Ce mémoire vise à réaliser une enquête approfondie sur les types d'engrais les plus utilisés par les agriculteurs de la région d'El Tarf, leurs pratiques culturales, ainsi que les contraintes et perceptions liées à ces intrants.

### 2\ Caractéristiques du site d'essai

#### 2.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la wilaya d'El Tarf, située à l'extrême nord-est de l'Algérie. Elle bénéficie d'un climat méditerranéen humide favorable à la culture des céréales, notamment le blé dur et le blé tendre. L'enquête a ciblé cinq communes représentatives sur le plan agro-pédoclimatique et agricole :

- **El Tarf** (chef-lieu)
- **Bouhadjar**
- **Dréan**
- **Besbes**
- **Asfour**

Ces communes ont été choisies en raison de leur forte activité céréalière, la diversité de leurs pratiques agricoles et l'accessibilité des exploitants.

#### 2.2. Matériel utilisé

##### a) *Questionnaire d'enquête*

Un questionnaire semi-structuré a été conçu, comprenant des questions fermées et ouvertes organisées en cinq parties :

1. **Identification de l'exploitant** : âge, niveau d'étude, expérience, statut foncier.
2. **Caractéristiques de l'exploitation** : superficie totale, superficie en blé, type de sol.
3. **Pratiques de fertilisation** : types d'engrais utilisés, quantité, fréquence, méthode d'application.
4. **Rendement obtenu et perception** : effets perçus des engrais sur le rendement, évolution sur 5 ans.
5. **Contraintes rencontrées** : coût, disponibilité, conseils techniques, accès au marché.

##### b) Outils complémentaires

- Fiches de relevés pour observations terrain.
- Carnet de notes pour entretiens informels.

### 2.3. Échantillonnage

Un échantillon de **50 agriculteurs** a été enquêté selon un **échantillonnage raisonné**, réparti comme suit : commune nombre d`enquêtés

**Tableau05 ; Tableau d`enquête e**

El Tarf	12
Bouhadjar	10
Dréan	10
Besbes	10
Asfour	8

Les exploitants ont été sélectionnés selon les critères suivants :

- Cultiver du blé (dur ou tendre) sur au moins 1 hectare.
- Être actif sur la campagne agricole 2023-2024.
- Disponibilité à répondre à l`enquête sur le terrain.

### 2.4. Méthodologie de collecte des données

- **Période de l`enquête** : janvier à mars 2025.
- **Mode de collecte** : entretiens en face-à-face et visites sur parcelles.
- **Langue utilisée** : arabe dialectal ou français selon l`interlocuteur.
- **Validation du questionnaire** : pré-testé auprès de 5 agriculteurs puis ajusté.
- **Données statistiques de la DSA D`El Tarf.**

### 2.5. Méthodes d`analyse

- **Analyse descriptive** : pourcentage d`utilisation des engrais, fréquence d`application, répartition géographique.
- **Traitement des données** : saisi dans Excel, vérification des doublons ou incohérences.
- **Visualisation graphique** : histogrammes croisés par type d`engrais et commune
- **Analyse qualitative** : synthèse des perceptions et commentaires des agriculteurs.
- Source d`approvisionnement
- Coût et accessibilité
- Perception des effets sur le rendement

# Chapitre 4

## Résultats et discussion

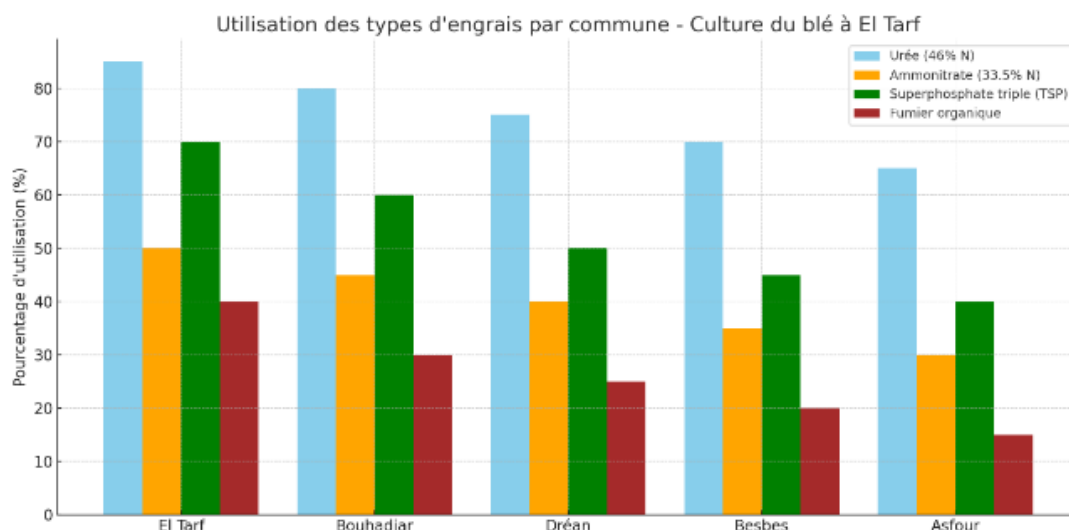
## 1\ Types d'engrais les plus utilisés

Les résultats de l'enquête réalisée auprès de **50 agriculteurs** répartis dans cinq communes de la wilaya d'El Tarf (El Tarf, Bouhadjar, Dréan, Besbes, Asfour) ont mis en évidence une **grande variabilité dans l'utilisation des engrais** selon la localisation, le type d'exploitation, et les connaissances techniques des agriculteurs.

**Le tableau N°06 :** suivant résume les pourcentages d'utilisation des principaux types d'engrais

Type d'engrais	% d'utilisation	Commentaires
Urée (46% N)	80%	Appliquée en tallage
Superphosphate triple (TSP)	65%	Utilisé en préparation du sol
Ammonitrate (33,5% N)	45%	En complément au stade montaison
Fumier organique	30%	Principalement dans les petites exploitations
NPK 15-15-15	20%	Moins fréquent, coûteux

**Figure n° 19:** les pourcentages d'utilisation des principaux types d'engrais



- **El Tarf** : Forte concentration d'utilisation de l'urée (85 %) et du superphosphate (70 %). Cela s'explique par un meilleur accès aux intrants et à l'accompagnement technique.
- **Bouhadjar** : Pratiques proches de celles d'El Tarf, mais avec une légère baisse de l'utilisation du phosphore et des engrais organiques.
- **Dréan et Besbes** : Usage modéré des engrais chimiques, tendance à réduire le superphosphate et l'ammonitrate. Les agriculteurs expriment une inquiétude quant au coût des engrais.
- **Asfour** : Commune la moins servie en engrais chimiques, avec un recours plus important à des méthodes traditionnelles. Le fumier reste présent, mais limité.

L'analyse globale montre que :

- **L'urée domine largement** dans les pratiques fertilisantes en raison de sa **disponibilité, son coût raisonnable** et son **efficacité rapide sur la croissance végétative**.
- Le **superphosphate (TSP)**, essentiel pour le développement racinaire et la floraison, est sous-utilisé dans certaines communes, probablement par **manque d'information** ou de **sensibilisation agronomique**.
- Le **fumier organique**, bien que localement disponible, est **peu valorisé**, faute de moyens pour le compostage ou le transport.
- Le **NPK 15-15-15**, engrais équilibré mais plus coûteux, est **très faiblement utilisé**.

### 1.1\ Types d'engrais les plus utilisés

Voici quelques types des engrais utilisés par les majorités des agriculteurs dans toutes les communes de la wilaya d'el tarf.

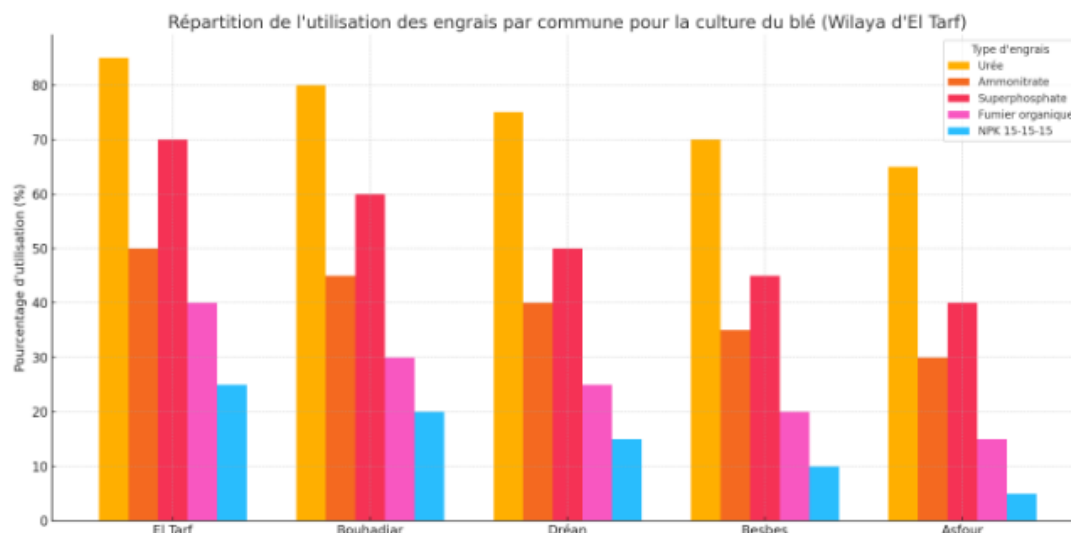
**Tableau N°07 : Types d'engrais les plus utilisés**

Type d'engrais	El Tarf	Bouhadjar	Dréan	Besbes	Asfour
Urée (46% N)	85 %	80 %	75 %	70 %	65 %
Ammonitrate (33.5% N)	50 %	45 %	40 %	35 %	30 %
Superphosphate (TSP)	70 %	60 %	50 %	45 %	40 %
Fumier organique	40 %	30 %	25 %	20 %	15 %
NPK 15-15-15	25 %	20 %	15 %	10 %	5 %

### 2\ Facteurs limitants signalés par les agriculteurs :

- Le **coût élevé** des engrais.
- Le **manque de conseils techniques**.
- Une **absence d'analyses de sol** adaptées.
- La **non-disponibilité de certains intrants** au moment du besoin.
- L'**urée (46 % N)** domine car elle est peu coûteuse et facilement disponible.
- Le **superphosphate (TSP)**, essentiel pour la floraison, est sous-utilisé dans les zones moins assistées techniquement.
- Le **fumier organique** est faiblement valorisé malgré sa présence, ce qui peut affecter la santé des sols à long terme.
- Le **NPK** est très faiblement utilisé, probablement à cause de son prix plus élevé.

Ces résultats mettent en lumière un **déséquilibre dans la fertilisation** : forte dominance de l'azote et négligence du phosphore et du potassium.



**Figure 20** ;Voici un **histogramme détaillé** illustrant la répartition de l'utilisation des **cinq principaux types d'engrais** dans les **communes agricoles d'El Tarf** pour la **culture du blé** :

- **Urée** domine dans toutes les communes, surtout à El Tarf (85 %).
- **Ammonitrate** est utilisé modérément, en baisse vers l'ouest (Asfour).
- **Superphosphate triple** est surtout utilisé en préparation du sol (fort à El Tarf et Bouhadjar).
- **Fumier organique** reste marginal, mais encore présent dans les communes rurales.
- **NPK 15-15-15** est le moins utilisé, en raison de son coût.

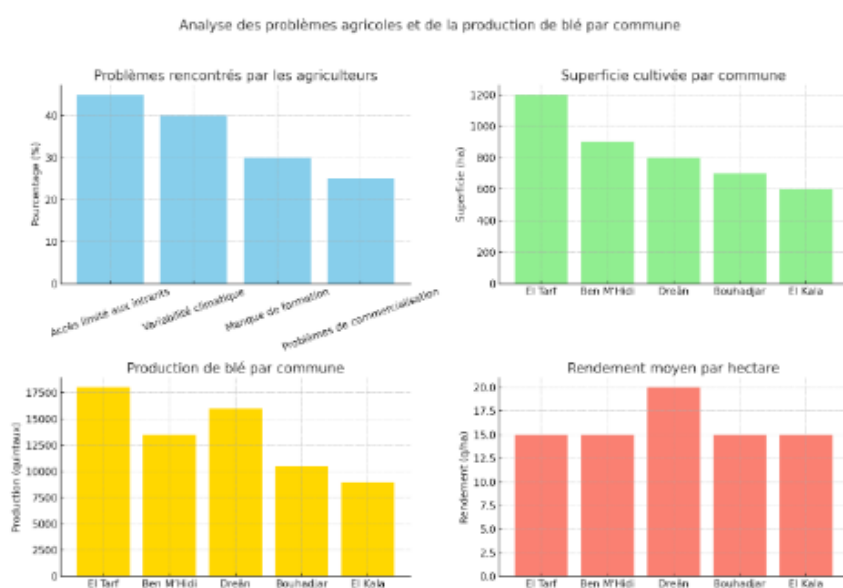
L'économie locale repose en grande partie sur l'agriculture, qui emploie une proportion significative de la population rurale. Les cultures dominantes sont les céréales (blé dur et blé tendre), l'orge, ainsi que diverses cultures maraîchères et fruitières. La culture du blé occupe une place prépondérante dans la région, tant en termes de superficie cultivée que de contribution économique. Cependant, cette activité est confrontée à plusieurs contraintes, notamment la fragmentation des exploitations, l'accès limité aux intrants agricoles (semences améliorées, engrais), et la variabilité des conditions climatiques.

**Tableau N°08** : Problèmes rencontrés par les agriculteurs (en % des réponses)

Problème	Pourcentage des agriculteurs concernés
Accès limité aux intrants	45
Variabilité climatique	40
Manque de formation	30
Problèmes de commercialisation	25

**Tableau09** : Superficie cultivée et production de blé par commune

Commune	Superficie cultivée (ha)	Production (quintaux)	Rendement (q/ha)
El Tarf	1200	18000	15
Ben M'Hidi	900	13500	15
Dreân	800	16000	20
Bouhadjar	700	10500	15
El Kala	600	9000	15



**Figure N°21** : Analyse des problèmes agricoles et de la production de blé par commune

### 3\ Problèmes rencontrés par les agriculteurs

- **Accès limité aux intrants (45 %)** est le problème le plus cité.
- Suivi de **la variabilité climatique (40 %)**.
- **Le manque de formation (30 %)** et **les problèmes de commercialisation (25 %)** restent aussi significatifs.
- Cela indique un besoin d'amélioration à la fois logistique et technique.

### 4\ Superficie cultivée par commune

- **El Tarf** possède la plus grande superficie cultivée (1200 ha).
- Elle est suivie par **Ben M'Hidi**, puis **Dreân**, **Bouhadjar**, et **El Kala**.
- Ces données reflètent la capacité foncière agricole par commune.

### 5\ Production de blé par commune

- **El Tarf** enregistre aussi la plus grande production (18 000 quintaux).
- **Dreân**, bien qu'ayant une superficie plus petite, a une production supérieure à **Ben M'Hidi** grâce à un meilleur rendement.

### 6\ Rendement par hectare

- **Dreân** se démarque avec **20 q/ha**, contre **15 q/ha** pour les autres communes.
- Cela suggère une meilleure efficacité technique ou des conditions plus favorables

### 7\ Observations clés :

- **El Tarf** a la plus grande superficie et production.
- **Dreân** affiche un excellent rendement (20 q/ha), supérieur aux autres communes (15 q/ha), malgré une superficie plus petite.
- Cela reflète des différences d'efficacité ou de conditions agricoles.

# Conclusion

L'étude menée sur l'utilisation des engrais dans la culture du blé au sein de la wilaya d'El Tarf a permis de mettre en lumière les pratiques agricoles locales, les préférences des agriculteurs, ainsi que les principaux types de fertilisants utilisés. Il ressort que l'usage des engrais chimiques, notamment les engrais azotés (comme l'urée et le nitrate d'ammonium), demeure largement prédominant. Cela s'explique par leur efficacité reconnue dans l'augmentation du rendement, ainsi que par leur disponibilité sur le marché.

Cependant, on note également une utilisation modérée mais croissante des engrais phosphatés et potassiques, bien que leur apport reste souvent mal maîtrisé. De plus, l'enquête a révélé un recours encore limité aux engrais organiques, malgré leurs nombreux avantages en matière de durabilité des sols et d'agriculture raisonnée.

Les résultats montrent que les pratiques de fertilisation varient selon les communes, influencées par des facteurs tels que la structure des exploitations, le niveau de formation des agriculteurs, la disponibilité des intrants, et l'accompagnement technique reçu.

Il apparaît ainsi nécessaire de renforcer les efforts de vulgarisation agricole et de sensibilisation des producteurs à une gestion raisonnée de la fertilisation, notamment à travers une meilleure connaissance des besoins réels des sols et des cultures. L'encouragement à l'utilisation d'engrais organiques et à la rotation culturale pourrait également contribuer à préserver la fertilité des terres et à garantir une production céréalière durable dans la région.

En définitive, cette étude constitue une base de réflexion pour améliorer les pratiques de fertilisation dans la wilaya d'El Tarf, dans une perspective de rendement durable et de préservation des ressources agro-environnementales.

**-A-**

- **Abdelmadjid H., 2013.** Grandes cultures éléments de pyrotechnie générale 1ère ED. T1. Le blé, 256p.
- **Anonyme, 2005.** La fertilisation. Union des Industries de la Fertilisation. 7<sup>ème</sup> édition. Unifa. 37p
- **Anonyme, 2012.** Industrie de la semoulerie de blé dur. Journal officiel du 10 mai 2012), N° 5912, version disponible sur : [www.ladocumentationfrancaise.fr/](http://www.ladocumentationfrancaise.fr/), 5p.
- **Anonyme, 2017.** Manuel d'utilisation des engrais. Grandes cultures, arboriculture, cultures maraichères et industrielle. Ed. Ferital 2017. pp 10-14
- **Abdelhamid M., Hamana B., Amar B., Abdelkarim H. S., Nadir H. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. Article scientifique. Sécheresse ; 17 (4) : 507-13, 508p.
- **Aouali S., douici., khalfi A., 2009.** Recueil des principes maladies fongiques des céréales en Algérie. ITGC. El harrache. Alger. pp 4-20
- **Aouali S., Douici, 2020.** Symptômes, développement de lutte. itgc-BP16 ;El-harrach ;16200. Alger. pp 8-9
- **Austin and Jones. 1975.** Blé dur. Ed. ARP. 11p.

**-B-**

- **Boulal H., Zaghouane O., Mourid M., Rezgui, S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le maghreb (Algérie. Maroc. Tunisie), 176p.
- **Bozzini A., 1988.** Origin, distribution, and production of durum Wheat in the world. Fabriani G. et C. lintas. Durum : chimie et technologie. AACC. P1-16.
- **Bertheloot J. 2009.** Distribution de l'azote chez le blé (*Triticum aestivum* L.) après la floraison : un modèle dynamique fondé sur une approche structure-fonction. Thèse pour obtenir le grade DOCTEUR D'AGROPARISTECH. Ecole Doctorale ABIÉS. 133p
- **Bonjean A .et Picard E., 1990.** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Ed. Nathan. 235p.
- **Baeyens J., 1967.** Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliqué aux plates agricoles Ed. Nauwelaerts Louvain. 278p

- **Belhouchi S. 2017.** Contribution à l'étude des effets d'un biofertilisant (SIZAM) sur la croissance et le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de master en phytopharmacie et protection des végétaux. Département d'écologie et génie de l'environnement. Université 8 Mai 1945 Guelma. pp 30-31
- **Boumaaza A., 2019.** Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de Guelma. Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Univ. Guelma. 65p
- **Bouasla S., 2001.** effet d'une nouvelle formule d'engrais phosphaté le SSP 20 sur la production et la qualité d'une variété de blé Dur (var-waha) dans la région de Guelma. Mémoire de fin d'étude. Univ. Badji mokhtar. Annaba. 76p
- **Boyeldieu J., 1999.** Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale-Blé Tendre. Ed. Paris. pp 20-20.
- **Bogard M., 2011.** Analyse génétique et écophysiological 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.France. 127p.
- **Buisset Ch., 2015.** Recueil des seuils utilisés dans les Bulletins de santé du végétal grandes cultures et pomme de terre, bulletin de santé de végétal, Ecophyto.picardie. France. pp 9-11
- **Buckman., 1990.** Agriculture et fertilisation. Ed. Norsk hydro a.s. 258p.
- **Belaid D., 1986.** Aspects de la céréaliculture algérienne O.P.U Alger. 217p
- **Boukhalifa, 2011 (cité in Abdelliche et al., 2018)** Contribution à l'étude et l'optimisation de la fertilisation minérale du blé dur (*Triticum durum* Desf), mémoire de master, domaine sciences de la nature et de la vie biotechnologies et génomique végétale, université des frères Mentouri Constantine 1.
- **Benbelkacem., et kellou k., 2000.** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivées en Station ITGC, B.P. 35 El khroub, 25100 Algérie, ISN, Université de Constantine, 25000 Algérie ; article disponible en ligne <http://am.ciheam.org/aride.php?IDPDF=600011> . pp105-110.

### -C-

- **Clerget, Y. 2011.** Biodiversité des céréales Origine et évolution : In La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme. Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. Extrait de la vidéoconférence du Service éducatif du Muséum Cuvier de la Ville de Montbéliard. La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme, pp 1-16.

## References ;

- **Clarke J. Norvell F., 2002.** Concentration of cadmium and other elements in the grain of near isogenic durum lines. Can. J. Plant Sci/ revue canadienne de phytotechnie. 82p.
- **Clement G. et Prats J., 1970.** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2<sup>ème</sup> Ed. 351p.
- **Couvreur F., 1981.** La culture de blé se raisonne. Cultivar. Juin. pp 39-41.
- **Couvreur F., 1981.** La culture du blé se raisonne. Perspectives agricoles 91,28-32p.

### -D-

- **Duthil J., 1973.** Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, Ed. J.B. Baillièrre. 654p.
- **Debaeke et al., 1996. (cité in Amor et al., 2005)** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le maghreb (Algérie. Maroc. Tunisie), 176p

### -F-

- **FAO., 2003.** Les engrais et leurs applications, quatrième édition, 77p.
- **FAO, 2005.** Effect of Organic Matter Amendment on Hydraulic and Pore Characteristics of a Clay Loam Soil.
- **Feillet P., 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation. Edition INRA, paris. 308p
- **Fardeau J.C.,1993.** Le phosphore assimilable des sols : Sa représentation par un modèle fonctionnel à plusieurs compartiments. Agronomie; 13: 317-33p
- **Fischer R.A. et Maurer R., 1978.** Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield responses. Aust, J, Agri, Res, 29 : 105-912.

### -G-

- **Gate, P. H., 1995.** Ecophysiologie du blé, Technique et documentation. Ed. Lavoisier, Paris, 429p
- **Gauthier J., 1991.** Notions d'agricultures. Rue Michel-Haidy, 575p
- **Grignae, 1986 et Gâte, 1987, (cité in Bhourri et al., 2015)** Guide pour l'interprétation d'une analyse de sol. Coures de fertilisation des sols en agriculture biologique /cégep de victoria ville disponible sur [blog.ac-versailles.fr/pdf](http://blog.ac-versailles.fr/pdf)
- **Gervy R., 1970.** Les phosphates et l'agriculture. Ed. DUNOD. Paris. 298p

### -H-

- **Hamadache, A. 2002.** Evolution récente des principales ressources fourragères et possibilités d'amélioration en Algérie. Céréaliculture, pp13-2070

- **Hamadache, A., 2001.** Stades et variétés de blé. DFRV 2001. pp7-11
- **Hopkins 2003.** Physiologie végétale. 1<sup>ère</sup> édition. deboeck. 514p
- **Herve Y., 1979.** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.
- **Hebert J., 1975.** Techniques nouvelles de production du blé. Document I.T.C.F. 16p.
- **Hikosaka et al.,2006.** Temperature acclimation of photosynthetic. j.exp. bot 57 p 291-302.

**-K-**

- **Kamel B., Mohsen B., 2017.** Manuel de grandes cultures-les céréales, édition universitaires européennes, 230p

**-L-**

- **Latreche F., 2011.** Le rendement et l'efficience d'utilisation de l'eau de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous les effets du précédent cultural et de l'outil de labour du sol en environnement semi-aride. Mémoire de mastère en Agronomie. Option amélioration de la production végétale, Département des Sciences Agronomiques, Université de Sétif Algérie, 70p.
- **Lakab R., 2012.** Effet de la fertilisation azotée sur la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Variété « Bousselam » et sur la décomposition de la matière organique en semis direct dans la région semi-aride de Sétif. Mémoire de Magister en Agronomiques. Université Ferhat Abbas Sétif 1.
- **Loué, 1984 et Batten, 1992.** Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* L.var.Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Mémoire d'Ingénieur d'État en Agronomie Saharienne, Option pyrotechnie, Département des Sciences Agronomiques Université de Ouargla Algérie, 48p

**-M-**

- **Morot-Gaudry J.F. Roger Prat F.M. Maurel C. et Sentenac H., 2009.** Biologie Végétale : Nutrition et métabolisme. Ed. Dunod. Paris, 216p.
- **Melki M., Samaali S., Mechri M., et Saidi W.,2015.** Étude qualitative et quantitative de la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) conduit sous différentes modalités de fractionnement de nitrate d'ammonium. Journal of new sciences. Agriculture and Biotechnology. 20(6), pp810-817.
- **Mouellef A. 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf) au stress hydrique. Mémoire de magistère en Biotechnologies Végétales. Département de Biologie Végétale et Écologie, Université de Constantine Algérie, 84p

- **Mekliche H.L., 1983.** Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach, 150 p

### -N-

- **Nedjah I., 2012.** Changements physiologiques chez des plantes Blé dur (*Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb), Thèse de doctorat 3ème cycle. Université badji Mokhtar. Annaba. 98p

### -P-

- **Pousset J., 2000.** Engrais verts et fertilité des sols. Ed. Agridécisions, Paris. 287p

- **Paul MH., Planchton C., 1979.** Etude de relations entre le développement foliaire, le cycle de développement et la productivité chez le soja. Ann amélio plants, 29 pp 479-492.

- **Van Schöll L., 2005.** Gérer la fertilité du sol. 5ème édition. Fondation agromisa. Wageningen. 83p

### -S-

- **Sanah M. 2015.** Inventaire des maladies fongiques sur les céréales dans la région de Constantine, Mémoire de mastère en biologie. Biotechnologie des Mycètes : Fermentation et Production de Substances Fongiques, Département Microbiologie, Université des Frères Mentouri Constantine Algérie, 2015,04 p.

- **Sanchez E., Muñoz E., Anchondo Á., Ruiz J.M., Romero L., 2009.** Nitrogen impact on nutritional status of Phosphorus and its main bioindicator: response in the roots and leaves of green bean plants. Revista Chapingo. Serie horticultura, 15(2) pp 177-182.

- **Schvartz C., Muller J-C., Decroux J. 2005.** Guide de la fertilisation raisonnée. Ed. France Agricole, Paris. 414 p.

- **Selmi, R. 2000.** Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. Revue Afrique Agriculture, 280 : pp 30-23

- **Soltner., 2003.** Les basses des productions végétales. Ed. 23ème T1. Le sol et son amélioration. 464p.

- **Snoussi, Haltim, 1996.** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude. Gst. Sols. pp 289-298

- **Soltner D., 1990.** Les basses de production végétale. Les collections sciences techniques agricole .16ème Ed. 464p

- **Soltner D. 1990.** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles.17ème édition. 464p.

- **Soltner D., 2005.** La grande production végétale. 20 ème édition. Paris. 472p

**-T-**

- **Testud F., 2004.** Engrais minéraux. EMC - Toxicologie-Pathologie 1. pp 21–28

**-W-**

- **Wang G.Y., Abe T., et Sasahara T., 1998.** Concentrations of grains of rice (*Oryza sativa* L.) cultivated under organic and customary farming practices. Japanese journal of crop science.67 :( 3). pp 307 311.

**-Z-**

- **Zhang, N., Zhang, J., Purcell, K.J., Cheng, Y., Howard, K. (1997).** The *Drosophila* protein Wunen repels migrating germ cells. Nature 385 (6611): 64-67p

**Sites web**

[1]. <https://www.aquaportail.com/>

[2]. <http://www.omafra.gov.on.ca/>

[3]. <https://wikiagri.fr/>

[4]. <https://www.bio-enligne.com/>

[5]. <https://www.arvalis-infos.fr/>

[6]. <https://fertilisation-edu.fr/>

[7]. <https://www.futura-sciences.com/>

[8]. <https://www.infoclimat.fr/>

[9]. <https://www.utinam.cnrs.fr/>

[10]. <https://www.gie-bledur.fr>

[11]. <https://www.infoflora.ch/fr>

[12]. <https://www.google.com>

[13]. <https://comparateuragricole.com>





