



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement et de la recherche scientifique**

**Université Abbes LAGHROUR – Khenchela**

**Département d'agronomie**

**MEMOIRE**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de**

**MASTER Académique**

**FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES**

**OPTION : Biotéchnologie et AMP**

**Thème**

**Effet de plusieurs doses d'engrais phosphate sur  
quelques paramètres de croissance chez le blé dur**

**Présenté par :**

**LAICHE RIMA**

**Encadré par :**

**Mr : MAZOUZ Lakhdar**

**Soutenu le : 02/07/2017**

**Jury de soutenance :**

**Président : Mr. BOUZOU L.M**      Maitre Assistant Classe A      University de Khenchela

**Encadreur : Mr. MAZOUZ .L**      Maitre Assistant Classe A      University de Khenchela

**Examineur : Mm. MAMEN.N**      MaitreAssistant Classe A      University de Khenchela

**Promotion : 2016 - 2017**

## REMERCEMENTS

*Louanges à Dieu le tout puissant et le miséricordieux qui a guidé mes pas vers cette issue. Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon Encadreur mémoire Monsieur : **Lakhdar Mazouz** qui a accepté avec toute modestie de m'encadrer m'orienté et me conseillé, malgré ses multiples charges.*

*Je remercie mes très chers parents, **Houcine** et **Hakima**, qui ont toujours été là pour moi, \*Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labour et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier\**

*Je remercie très spécialement la lumière de ma vie, l'esprit de mon âme, mon ange cœur **CHEBAKI MOHAMED** qui a toujours été là pour moi. Qui m'a conseillé et m'a donné tout ce que j'avais besoin et m'encouragé dans mon travail.*

*Je remercie ma chère sœur **Ahlem** et sa marie **Fateh** et ses enfants : **Mohamed Iyad** et **Raid** pour leur amour.*

*Je dois remercier chaque membre de ma famille pour leurs encouragements et plus particulièrement mes frères **Bouti**, **Ilias** et **Adem** pour leurs intérêts envers mon travail.*

*Je clos enfin ces remerciements en dédiant cette thèse de Master à mes parents et particulièrement à ma défunte **Mère** que j'ai eu la chance d'avoir à mes côtés, qui m'a soutenu et qui a toujours cru en moi.*

**Rim**

## **DEDICACE**

*A mes parents Houcine et Hakima qui ont soutenu mon existence et ma scolarité*

*A mon trésor , a le roi de ma vie Ms **Chebbaki-M** qui je l'aime beaucoup*

*A mes rois frère Bouti , Ilias et Adem*

*A ma princesse sœur Ahlem et son marie Fateh et ses bébé Mohamed Iyed et Raid*

*A mon grand- père Ahmed*

*A ma grand-mère Fatma*

*A ma chère petite Chams*

*A ma tante Akila et ses enfants Tarek et Akrem Yacine*

*A mes tantes et ses enfants : Nada, Wiam , Youcef, Sara, Hamza et Laya*

*A mes oncles Noureddine et Fouzi*

*A toute la promotion de Phytotechnie.*

**Rim**

---

## SOMMAIRE

<b>Introduction</b>	<b>01</b>
<b>CHAPITRE 1: Généralité sur le blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)</b>	
1.1. Importance de la culture du blé dur	03
1.2. Origines génétique et géographique du blé dur	04
1.3. Le choix de la variété	06
1.3.1. Le rendement	07
1.3.2. La valeur boulangère	07
1.3.3. La précocité	07
1.3.4. Les exigences climatiques	07
1.4. Biologie de la culture du blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf.)	07
1.5. Cycle de vie de blé dur	08
1. La phase végétative	09
1. a. La phase germination – levée	09
1. b. La phase levée – tallage	09
2 .La phase reproductive	10
2. a. La phase montaison – gonflement	10
2. b. La phase épiaison – floraison	10
1.9.Les maladies du blé dur et les moyens de lutte	17
1.9.1. Les principales maladies cryptogamiques	17
1.9.2. Les principaux ravageurs sur blé dur	20

---

## CHAPITRE 2 : La fertilisation phosphatée

<b>2.1. Le phosphore et Le système sol-plante</b>	22
2.1.1. Le phosphore et le végétal	22
2.1.2. Le cycle du phosphore (P)	22
2.1.3. Rôle physiologique du phosphore	24
2.1.4. Rythmes d'absorption du phosphore par la plante	25
2.1.5. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures	25
2.1.6. Excès et carence du phosphore	25
2.1.7. Interactions des autres éléments nutritifs avec le phosphore	26
2.1.8. Le phosphore dans le sol	26
2.1.9. Les différents états du phosphore dans le sol	27
2.1.9.1. Le phosphore total	27
2.1.9.2. Le phosphore assimilable	27
2.1.9.3. Le phosphore soluble (dans la solution du sol)	28
2.1.9.4. Le phosphore insoluble des roches mères	28
2.1.9.5. Le phosphore facilement échangeable	29
<b>2.2. La fertilisation phosphatée</b>	30
2.2.1. Raisonement de la fertilisation phosphatée	30
2.2.2. Calcul de la fertilisation	30
2.2.3. Le phosphore et la plante	31
2.2.4. Engrais phosphatés	31
2.2.5. Fabrication des principaux engrais phosphatés	32

2.2.6. La stratégie de fertilisation pour le phosphore P	32
2.2.7. Solubilité des engrais phosphatés et usage selon le du sol	33
2.2.8. Valorisation du phosphore par les cultures	33
2.2.8.1. La capacité d'absorption du phosphore par les racines	33
2.2.8.2. Variation génétique de l'utilisation du phosphore	33

### **CHAPITRE 3 : Matériels et méthodes**

3.1. Le matériel végétal	36
3.2. Conduite de l'essai	38
3.2.1 En serre	38
3.2.1. Au laboratoire	40
3.2.1.1. Sécher les échantillons	40
3.2.1.2. Préparation des solutions	41
3.2.1.3. L'analyse en spectrophotomètre	42
3.2.1.4. Le gammes et les courbes d'étalonnage	43
3.2.1.5. Préparation la gamme étalon de phosphore (P)	45
3.2.1.6. L'absorbance de phosphore	46
3.3. Racine et biomasse aérienne au stade épiaison	48

### **CHAPITRE 4 : Résultats et discussion**

4.1. La vitesse de croissance	49
4.1.1. Les tableaux de mesure de croissance (cm)	49
4.1.2. Les tableaux de moyenne de la hauteur des plantes de chaque mesure	51

4.1.3. La vitesse de croissance (cm/jour)	52
4.1.3.1. La vitesse A	52
4.1.3.2. La vitesse B	53
4.2. La teneur en élément	53
4.2.1. L'analyse de phosphore (P)	54
4.3. Biomasse aérienne et système racinaire au stade épiaison	60
4.3.1. Plante	60
4.3.2. Racine	61
3.3.3. Partie aérienne	62
3.3.4. Epis	62
<b>Conclusion</b>	63

## **Références bibliographiques**

<b>Figure 20.</b>	L'agitation par le vortex.	42
<b>Figure 21.</b>	Peser FeS.	45
<b>Figure 22.</b>	L'ajoute de l'eau distillé.	45
<b>Figure 23.</b>	Réaction du phosphore	46
<b>Figure 24.</b>	Réaction du phosphore	47
<b>Figure 25.</b>	Spectrophotomètre .	47
<b>Figure 26.</b>	Les échantillons pour peser .	48
<b>Figure 27.</b>	Courbe de croissance des plante de blé dur à 15 mars jusqu'à 23 mars.	52
<b>Figure 28.</b>	Courbe de croissance des plante de blé dur à 23 mars jusqu'à 4 avril.	53
<b>Figure 29.</b>	Courbe de concentration de K .	55
<b>Figure 30.</b>	Histogramme de constration de K.	56
<b>Figure 31.</b>	Courbe de concentration de Na.	56
<b>Figure 32.</b>	Histogramme de concentration de Na.	57
<b>Figure 33.</b>	Courbe de concentration de Ca.	57
<b>Figure 34.</b>	Histogramme de concentration en Ca.	58
<b>Figure 35.</b>	Courbe de concentration de P.	59
<b>Figure 36.</b>	Histogramme de concentration de P.	59
<b>Figure 37.</b>	Nuage de points du poids totale de plante (g).	60
<b>Figure 38.</b>	Nuage de points de poids de racine (g) .	61
<b>Figure 39.</b>	Nuage de points de poids de partie aérienne (g).	62
<b>Figure 40.</b>	Nuage de points de poids d'épis (g).	63

## LISTE DES TABLEAUX

N°	INTITULE	PAGE
<b>Tableau 01.</b>	Consommation moyenne (kg/hab/an) algérienne de céréales, entre 1961-2005 ( <b>FAO, 2007</b> ).	<b>01</b>
<b>Tableau 02.</b>	Durée des différents stades de la croissance du blé ( <b>Soltner, 1990</b> ).	<b>11</b>
<b>Tableau 03.</b>	Les besoins en éléments majeurs pour un quintal ( <b>Soltner, 1990</b> ).	<b>14</b>
<b>Tableau 04.</b>	Teneur en éléments minéraux de blé dur ( <b>Duthil, 1973</b> ).	<b>21</b>
<b>Tableau 05.</b>	Listes des variétés de blé dur étudiées, origine, pedigree et type.	<b>36</b>
<b>Tableau 06.</b>	Analyse physique de sol.	<b>38</b>
<b>Tableau 07.</b>	Analyse physico-chimiques se sol.	<b>38</b>
<b>Tableau 8.</b>	L'absorbance de phosphore .	<b>47</b>
<b>Tableau 9.</b>	Mesure de croissance des plante de blé dur à 15 mars jusqu'à 23 mars.	<b>52</b>
<b>Tableau 10 .</b>	Mesure de croissance des plante de blé dur à 23 mars jusqu'à 4 avril.	<b>53</b>
<b>Tableau 11.</b>	Concentration de K .	<b>55</b>
<b>Tableau 12.</b>	Concentration de Na .	<b>56</b>
<b>Tableau 13.</b>	Concentration de Ca.	<b>57</b>
<b>Tableau 14.</b>	Concentration de P.	<b>59</b>
<b>Tableau 15.</b>	Poids totale de plante (g).	<b>60</b>
<b>Tableau 16.</b>	Poids de racine (g).	<b>61</b>
<b>Tableau 17.</b>	Poids de partie aérienne (g).	<b>62</b>
<b>Tableau 18.</b>	Poids d'épis (g).	<b>62</b>

## Abréviation

%	Pour cent
A	Argiles
C°	Degré Celsius
Ca	Calcium
cm	Centimètre
FAO	Food and Agriculture Organisation
g	Gramme
h	Heure
JAS	Jour après semis
K	Potassium
Lf	Limons fins
Lg	Limons grossiers
m	Mètre
mg	Milligramme
mm	Millimètre
mn	Minute
Mbb	Mohamed ben bachir
Mi	Mesure initial
Mf	Mesure final
Na	Sodium
P	Phosphore
p	Poids

Q	Quantité
Sf	Sables fins
Sg	Sables grossiers
V	Volume

## Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al., 2005**). Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (**Bajji, 1999**). Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Ces régions se caractérisent par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse (**Abeledo et al., 2008**).

Actuellement, l'Algérie est un grand importateur de blé et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants (**Tableau 01**) devant une forte évolution démographique (**Chellali, 2007**).

Les céréales d'hiver en Algérie intéressent des zones diverses. Parmi ces dernières, celles qui sont appelées sahariennes où l'eau n'est pas un facteur limitant, et en dépit de contraintes écologiques sévères, différentes spéculations végétales et animales sont pratiquées dans ces régions. Cependant les rendements restent relativement bas par rapport aux potentialités de ces milieux, il y a lieu par conséquent de mettre en oeuvre des procédés d'intensification de la production agricole pour améliorer les rendements ; faisant appel à des données écologiques, techniques, socio-économiques, etc (**Loue, 1982**).

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

Alors que la fertilisation, est un facteur principal de production pour chaque culture, et doit être raisonnée pour permettre une bonne alimentation de la plante et d'assurer la disponibilité de tous les éléments nécessaires à la plante en période de forte consommation. La fertilisation doit permettre une alimentation minérale équilibrée de la plante, son raisonnement est basé sur :

- ✓ Objectif de rendement ;
- ✓ Les exigences des cultures ;
- ✓ La disponibilité du milieu en éléments fertilisants en période de forte utilisation.

Actuellement les engrais minéraux occupent une place primordiale dont le phosphore qui permet de croître les rendements des cultures en augmentant la grosseur du grain. La rigidité de la paille et il rentabilise au maximum la fumure azotée (**Gervy, 1970**).

## CHAPITRE 1: Généralité sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.)

### 1.1. Importance de la culture du blé dur

les céréales sont les plus produites à travers le monde, il n'en demeure pas moins que le blé dur (*Triticum durum* Desf.) occupe une place importante dans certaines régions du monde, **(Pena et Pfeiffer, 2005)**. Il occupe 8 à 10% du total des terres réservées aux blés dur et tendre, dans le monde. La superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur est estimée à 8 millions d'hectares, pour une production annuelle moyenne de 37.9 millions de tonnes, moyennes de la période 2006-2010 **(Ice, 2011)**.

En Algérie la céréaliculture constitue la principale activité. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares. Le blé dur est une ancienne culture dont l'origine remonte à la venue des arabes **(Ducellier, 1931)**. La superficie occupée par le blé dur est en moyenne de 1.3 millions d'hectares, durant la période 2000-2010 **(Madr, 2011)**. L'importance des superficies occupées par cette espèce, comparativement à la superficie occupée par l'orge est influencée par le prix à la production garanti par l'état. Ces prix sont de 4500, 3500 et 2500 DA respectivement pour le blé dur, le blé tendre et l'orge.

Selon Hakimi (1993), l'orge et le blé dur assuraient le gros des besoins alimentaires des habitants et de leur cheptel, au cours de la période coloniale et bien avant cette dernière. Depuis l'indépendance, une forte demande alimentaire se faisait sentir sur le blé dur et le blé tendre, alors que l'orge prenait une destination fourragère **(Hakimi, 1993)**. Actuellement, le pays se classe au premier rang mondial pour la consommation de blé avec une moyenne dépassant largement les 200 kg/hab/an, **(Hervieu et al., 2006)**.

selon la FAO (2011), La production du blé dur comme celle du blé tendre est très fluctuante. Pour la période 2000 -2010, la production de blé dur a varié de 9 à 23 millions de quintaux **(Madr, 2011)**.

Cette production est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante, suite au faible nombre de produits de substitution et au soutien des prix des céréales **(Badrani, 2004)**. Les rendements de la céréaliculture algérienne sont très bas, comparativement à la moyenne mondiale qui est de 29 q ha<sup>-1</sup>, et celles des pays voisins qui est de 25 q ha<sup>-1</sup> **(FAO stat, 2010)**. Le rendement de blé dur, a varié de 10 à 15 q ha<sup>-1</sup>, au cours de la période 2000-2010

(Madr, 2011). La faiblesse de la production, dont les causes sont multiples, associée à une forte

demande alimentaire, justifie le fait que le pays se présente comme un gros importateur potentiel.

Le grain du blé dur sert à la production de pâtes alimentaires, du couscous, et à bien d'autres mets comme le pain, et divers gâteaux (Troccoli *et al.*, 2000). Il est utilisé pour faire les chapattis dans le sous-continent indien et tortillas en Amérique Central et du Sud (Pena et Pfeiffer, 2005). La paille est utilisée comme litière et comme aliment pour les animaux (Abbas et Abdelguerfi, 2005). Le grain de blé dur a une grande valeur nutritionnelle, suite à sa richesse en protéine et la présence du gluten qui donne aux pâtes alimentaires une meilleure tenue à la cuisson (Troccoli *et al.*, 2000).

## 1.2. Origines génétique et géographique du blé dur

Le blé dur constitue la base alimentaire des populations du globe. IL est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (Henry et De Buyser, 2001).

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité (Doussinault *et al.*, 1992).. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture, sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans (Feillet, 2000). le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (Bonjean, 2001 in Boulal *et al.*, 2007).

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile (Feldman et Sears, 1981 ; Mouellef, 2010). Le genre *Triticum*, se subdivise, en fonction du niveau de ploïdie, en trois groupes: diploïde, tétraploïde et hexaploïde, avec respectivement 14, 28 et 42 chromosomes (Sakamura, 1918 ; Harlan, 1971).

Le génome de ce genre est organisé en une série basique de 7 chromosomes ( $X = 7$  chromosomes), qui au cours de l'évolution, a gardé une certaine homologie (synténie), malgré la spéciation chez la famille des *Poaceae* (Ahn *et al.*, 1993).

Les espèces de blé tirent leur origine génétique de croisements naturels entre *Triticum monococcum*, *Triticumurartu* et des espèces sauvages apparentées appartenant à *Aegilops* (*Aegilops spelloïdes*) (Figure 01). *Triticum monococcum* et *Triticumurartu* sont les premières

formes de céréales cultivées, elles sont de constitution génomique  $2n = 14$  (Kihara,1944). Ainsi le génome A vient de *Triticum urartu*, alors que le génome B vient de l'*Aegilops speltoides*. Ces deux génomes, ensemble, forment la constitution génomique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Wadley et Martin, 1993).

Le croisement entre :

- ✓ l'espèce *Triticum durum* de constitution génomique AABB ( $2n = 4x = 28$ ) Tétraploïde ;
- ✓ l'espèce *Triticum aestivum* de constitution génomique AABBDD ( $2n = 6x = 42$ ) Hexaploïde. (Figure01) (Feldman et Sears, 1981).

a été le premier à montrer que c'est *Aegilops tauschii* qui est le donneur du génome D du blé tendre. Le croisement entre *Triticum durum* et *Aegilops tauschii* sp. *strangulata*, a eu lieu il y a plus de 7000 ans (Dvorak et al., 1998).

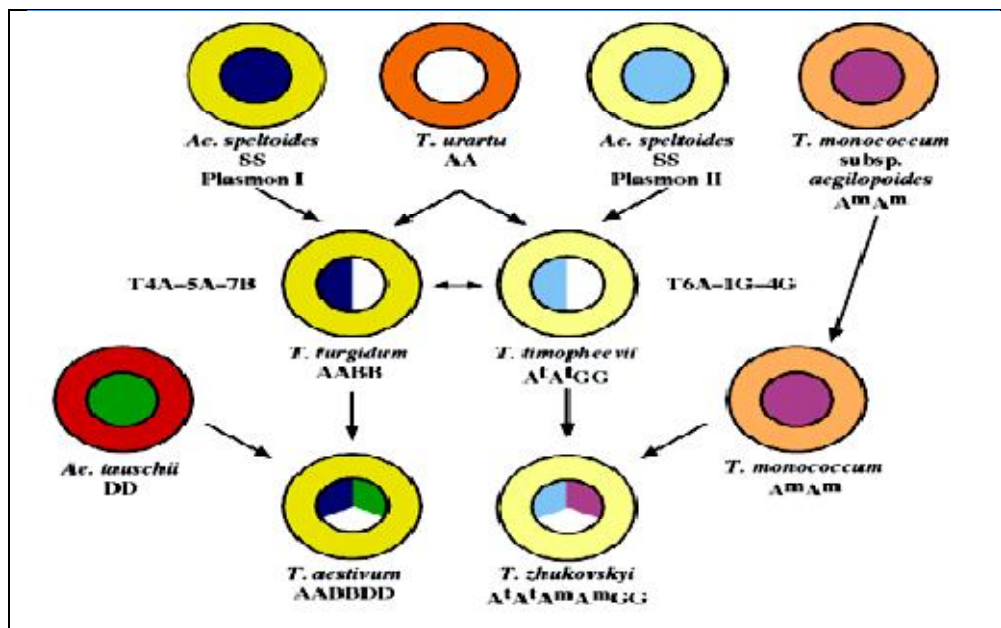
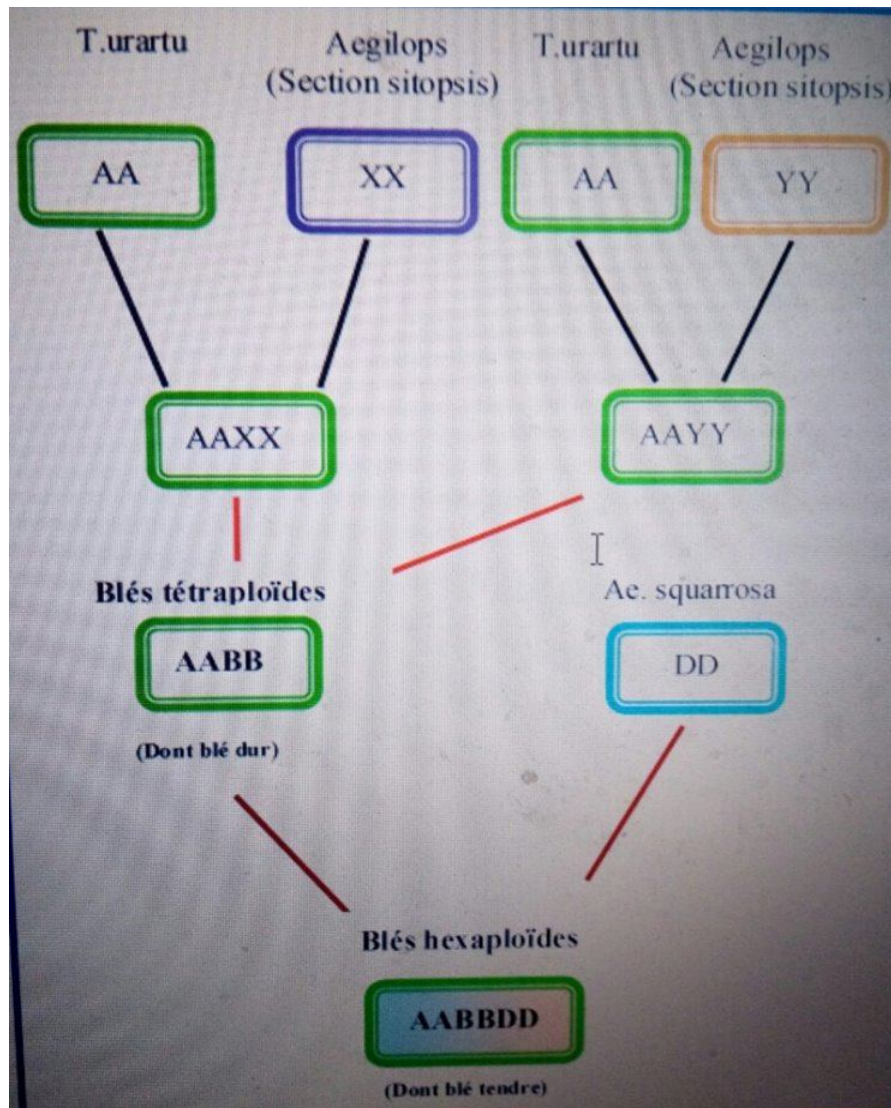


Figure 01: Origines génétiques des différentes espèces de blés (Feldman et Sears, 1981)

Ou bien La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée.

Le croisement naturel *Triticum monococcum* (génome A) X *Aegilops (bicornis, speltoides, longissima* ou *searsii)* (génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoïdes*), qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum*

*turgidum ssp. Dicoccum*, puis vers *Triticum durum* [blé dur cultivé] (**Figure 02**). Les blés tendres cultivés (AABBDD) seraient issus d'un croisement, également naturel, entre *Triticum turgidum ssp. dicoccum* (AABB) et *Aegilops squarrosa* (DD) (**Figure 02**) (Feillet, 2000; Henry et De Buyser, 2001).



**Figure 02:** Origines possibles du blé d'après Sears (1954) et Okamoto (1962) .

### 1.3. Le choix de la variété:

L'agriculteur cultive généralement plusieurs variétés de blé dur. Cette diversité lui permet d'étaler son travail et de limiter les risques liés au climat et aux différents ennemis des cultures (ravageurs et maladies). Les critères de choix possible sont donc les critères techniques :

**1.3.1. le rendement:** ce critère est moins important pour les parcelles à faible potentiel .

**1.3.2.La valeur boulangère:** les agriculteurs ont parfois des contrats imposants une qualité technologique stricte .

**1.3.2.La précocité :** en fonction du climat local et du calendrier des travaux .

**1.3.3. la résistance:** de la culture au froid, aux maladies, à la verse et à la germination sur pied .

**1.3.4.Les exigences climatiques:** (besoins de somme de températures).

#### 1.4. Biologie de la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone, appartenant à la famille des *Poaceae*. La classification du blé dur, selon :

✓ Brouillet *et al.*, (2006)

<b><u>King dom</u></b>	<i>Plantae</i>
<b><u>Subkingdom</u></b>	<i>Tracheobionta</i>
<b><u>Superdivision</u></b>	<i>Spermatophyta</i>
<b><u>Division</u></b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b><u>Class</u></b>	<i>Liliopsida</i>
<b><u>Subclass</u></b>	<i>Commelinidae</i>
<b><u>Order</u></b>	<i>Cyperales</i>
<b><u>Family</u></b>	<i>Poaceae</i>
<b><u>Genus</u></b>	<i>Triticum L</i>
<b><u>Species</u></b>	<i>Triticum durum</i> Desf

✓ Cronquist (1981)

<u>Règne</u>	<u>Plantae</u>
<u>Sous-règne</u>	<u>Tracheobionta</u>
<u>Division</u>	<u>Magnoliophyta</u>
<u>Classe</u>	<u>Liliopsida</u>
<u>Sous-classe</u>	<u>Commelinidae</u>
<u>Ordre</u>	<u>Cyperales</u>
<u>Famille</u>	<u>Poaceae</u>
<u>Sous-famille</u>	<u>Pooideae</u>
<u>Tribu</u>	<u>Triticeae</u>
<u>Genre</u>	<u>Triticum</u>
<u>Espèce</u>	<u>Triticum turgidum</u>

Synonymes      *Triticum durum* Desf.

✓ Classification APG III (2009)

<u>Ordre</u>	<u>Poales</u>
<u>Famille</u>	<u>Poaceae</u>

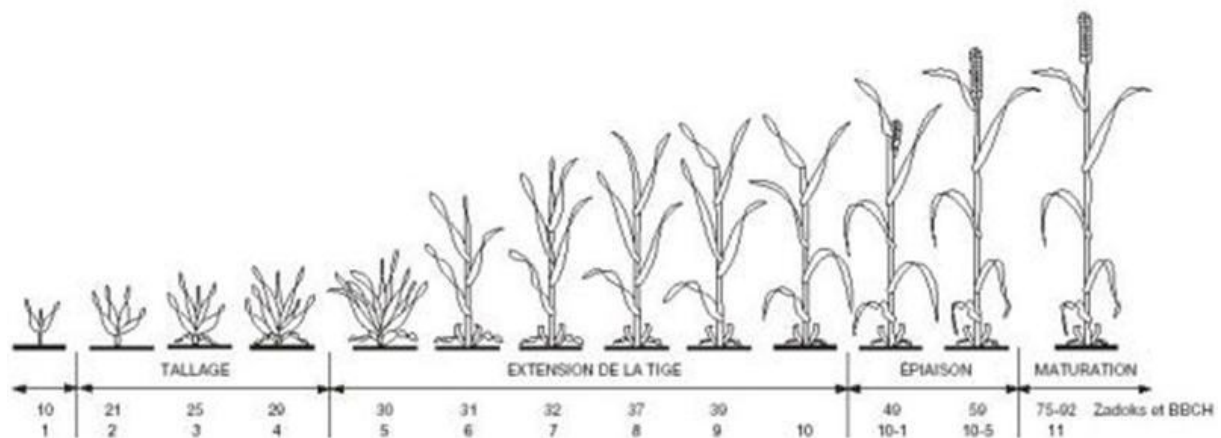
### 1.5. Cycle de vie de blé dur (Figure 03)

Afin de caractériser le cycle de développement du blé, différentes échelles de notation ont été développées, portant soit sur des changements d'aspect externe, soit sur les modifications d'aspect interne des organes reproducteurs.

- ✓ L'échelle de Jonard et Koller, (1950) utilisée pour reconnaître les stades par des changements d'aspect externe (Levée - Montaison).
- ✓ L'échelle de Zadoks *et al.*, (1974) utilisée pour reconnaître les stades par des modifications d'aspect interne (Différentiation de l'épi : Stade épi 1 cm) (**Gate, 1995**).

Le cycle de vie du blé dur, d'une manière très simplifiée, Il s'achève par la maturation qui dure en moyenne 45 jours.

On peut découper le cycle du développement du blé dur en 3 phases et qui sont les suivantes: (**Figure03**).



**Figure 03:** Cycle de vie de blé dur.

**1. La phase végétative:** durant laquelle la plante installe ses capteurs foliaires et racinaires pour intercepter le rayonnement, absorber l'eau et les éléments minéraux . Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin tallage. Elle se divise en deux phases :

#### 1.a. La phase germination – levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et du coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (**Gate, 1995**). Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine (**Eliard, 1979**). En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (**Masle-Meynard, 1980**). De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination-levée (**Evans et Rawson, 1975**).

#### 1.b. La phase levée – tallage

La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (**Moule, 1971**). L'apparition de ces talles (les talles primaires et les talles secondaires) se fait à un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (**Masle-Meynard, 1980**).

La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de

talles (**Austin et Jones, 1975**). La fin du tallage représente la fin de la période végétative (**Gate, 1995**).

**2 .La phase reproductive:** durant laquelle la plante met en place ses organes reproducteurs. À l'issue de cette dernière, le nombre potentiel de grains est fixé .

### **2.a. La phase montaison – gonflement**

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (**Clement-Grancourt et Prats, 1971**). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

### **2.b. La phase épisaison – floraison (Figure 04)**

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi et la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation (**Masle-Meynard, 1980**). Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (**Gate, 1995**).

**3. La phase de maturation du grain:** (appelée aussi **remplissage du grain**), le grain profite des assimilats provenant de la remobilisation et des dernières feuilles photosynthétiquement actives, puis se déshydrate partiellement. Les graines vont progressivement se remplir et passer par différents stades .

### **3.a. Maturité laiteuse :**

Ce stade est caractérisé par la migration des substances de réserves vers le grain et la formation des enveloppes. Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive.

### **3.b. Maturité pâteuse :**

Durant cette phase les réserves migrent depuis les parties verts jusqu'aux grains. La teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue (**Boulelouah, 2002**). Quand le blé set mûr le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves (**Soltner, 1988**).

**3.c. Maturité complète:**

Après le stade pâteux, le grain mûrit, se déshydrate. Il prend une couleur jaune, durcit et devient brillant. Ce stade est sensible aux conditions climatiques et à la condition e récolte (Soltner, 1988).

Différents stades	Germination Levé.	tallage	montaison	épiaison	floraison	formation du grain
Durée approximative en jours	20	60	30	30	15	45

**Tableau02:** Durée des différents stades de la croissance du blé (Soltner, 1990)



**Figure 04 :** Stade épiaison du blé dur (Haddad,2010).

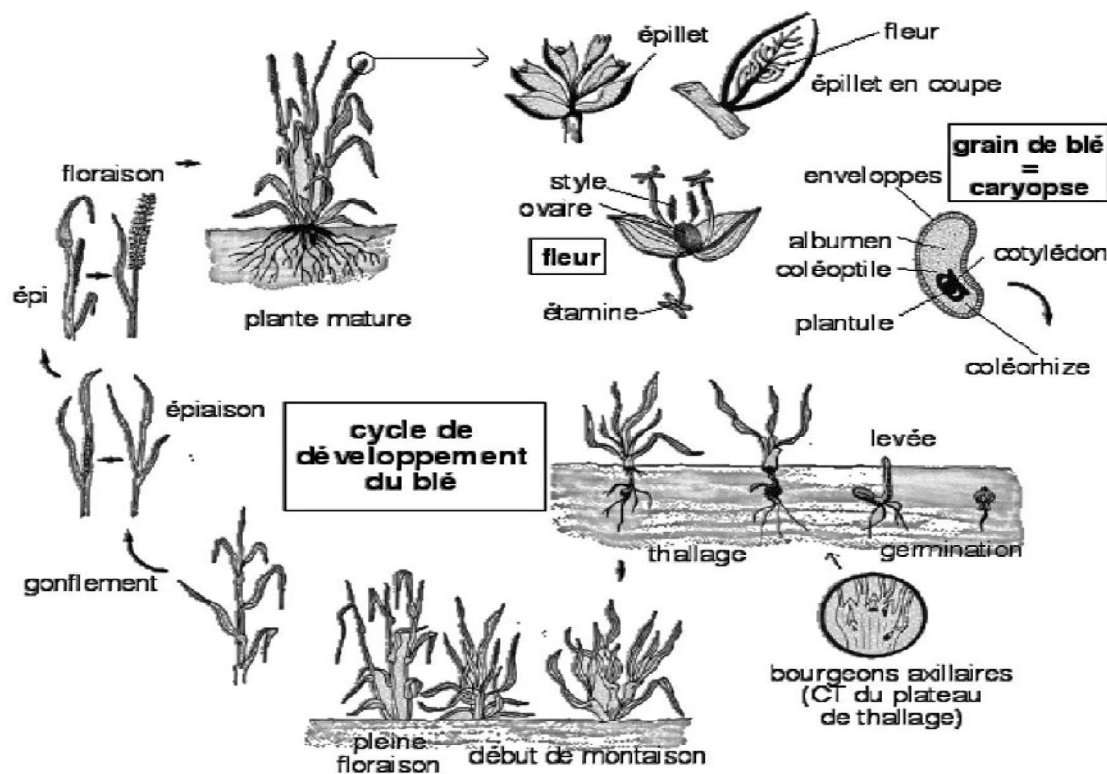


Figure 05 : Cycle de développement du blé (Gate, 1995).

## 1.6. Les exigences agronomiques de blé dur

### 1.6.1. Exigences d'une bonne pratique avant la récolte

Les éléments qui devraient être pris en considération dans l'établissement d'une bonne pratique agricole sont les suivants :

#### 1.6.1.1. Rotation des cultures:

Il est nécessaire de pouvoir une rotation des cultures tout au moins sur une partie des zones de production dans le respect des indications prévues. La rotation présente en effet divers avantages qui peuvent être résumés comme suit :

- ✓ Réduction des attaques parasites et du risque de fusariose;
- ✓ Meilleur contrôle des infestations;
- ✓ Amélioration de la structure et de la fertilité du sol;
- ✓ Meilleure protection de l'environnement;
- ✓ Définition des critères permettant d'effectuer le choix variétal optimal de la région.

### 1.6.1.2. Preparation du sol :

Le blé nécessite un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres.

### 1.6.1.3. Semis:

La date de semis est un facteur limitant vis à vis du rendement, c'est pourquoi la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les méfaits climatiques. Il peut commencer dès la fin d'Octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3 cm. La dose de semis est variée entre 200 à 225 Kg /ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol.

### 1.6.1.4. Protection phytosanitaire:

Une bonne pratique nécessite entre autres, l'utilisation des produits homologués, l'utilisation d'un matériel adéquat. Le traitement de la semence est essentiel. Cette pratique favorise l'état sanitaire de la culture pendant le cycle en améliorant la tolérance par exemple au Fusariose **(Ben Naceur et al., 1999)**.

### 1.6.1.5. Fertilization:

**a- L'azote:** Le blé dur est particulièrement gourmand en Azote pour atteindre un niveau de protéines satisfaisant pour les fabricants de pâtes et de semoules. Au tallage, l'influence de l'Azote se manifeste sur le nombre de talles par plante. Au stade montaison, l'Azote apporté influencé par la nutrition azotée. Durant cette période, le blé peut absorber jusqu'à 3 kg d'Azote/Ha/jour avec un maximum pendant la phase floraison **(Bahloul, 1989)**. Au stade épiaison, la demande en Azote s'accroît en liaison avec l'activité de croissance **(GRIGNAC, 1981)**.

**b- Le phosphore:** Il favorise le développement des racines et signe l'augmentation de rendement. Les besoins théoriques en phosphore sont estimés à environ 120Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha .

**c- Le potassium:** les besoins en potassium des céréales peuvent être supérieurs aux quantités contenues à la récolte 30 à 50 Kg de K<sub>2</sub>O de plus/ha, **(Belaid, 1987)**.

**d-Les besoins nutritifs:**

		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
<b>Par qnt</b>	Grain seul	1.9	1.0	0.5	0.15	0.15	0.25
	Grain +paille	2.4	1.25	1.7	0.75	0.40	0.45

**Tableau 03:** Les besoins en éléments majeurs pour un quintal (Soltner, 1990).

**E- Entretien:** Les mauvaises herbes concurrencent le blé dur pour l'alimentation hydrique et minérale et affectent le rendement. Il existe deux moyens de lutte:

- Lutte mécanique : Dès le mois de septembre, effectuer une irrigation des parcelles pour favoriser la germination des grains de mauvaises herbes et du précédent cultural. Après leur levée, procéder à leur enfouissement.
- Lutte chimique : Se fait à l'aide des désherbants polyvalents.

**1.6.2. Les exigences pédoclimatiques**

L'influence du climat est un facteur déterminant à certaines périodes de la vie du blé.

**1.6.2.1. Température:**

La température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative (Belaid, 1986). Cultivé dans une gamme d'environnements différents, le blé dur présente une capacité d'adaptation très large. Les exigences globales en température de cette espèce sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés. Les températures permettant une croissance optimale et un rendement maximum sont comprises entre 15 et 20°C (Dupont et Altenbach, 2003). Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières (Belaid, 1986).

**1.6.2.2. L'eau:**

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé (Soltner, 1988). la sécheresse est l'une des causes principales des pertes de rendement du blé dur, qui varient de 10 à 80% selon les

années. Les besoins en eau de la culture varient de 450 à 650 mm. Au début du cycle, ces besoins sont relativement faibles. C'est à partir de la phase épi 1 cm jusqu'à la floraison qu'ils sont les plus importants. En effet, la période critique en eau se situe de 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loué, 1982**).

### 1.6.2.3. Lumière:

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

### 1.6.2.4. Sol:

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

## 1.7. Les contraintes à la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

### La sécheresse, le gel et les hautes températures

La variation des rendements, d'une année à l'autre, et d'un lieu à l'autre, a pour origine la sensibilité du matériel végétal aux effets combinés des basses températures hivernales, du gel printanier, du stress hydrique et des hautes températures de fin de cycle de la culture (**Abbassenne et al., 1998 ; Fellahi et al., 2002 ; Bahlouli et al., 2005 ; Mekhlouf et al., 2006 ; Benmahammed et al., 2010**).

Le manque d'eau ou déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de productions des zones arides et semi-arides. (**Chenaffi et al., 2006**). Ce stress touche les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques (**Mefti et al., 2000**).

En effet, le déficit hydrique au stage montaison se traduit par la chute du nombre d'épis produits par m<sup>2</sup>, suite à la régression intense des talles et la baisse du nombre de grains par

épi. Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (**Abbassenne et al., 1998 ; Bouthiba et al., 2010**). Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de poids de 1000 grains.

La baisse de la fertilité des épis est due aux dégâts de gel au cours des stades végétatifs allant de la montaison à l'épiaison, surtout chez les variétés précoces (**Mazouz .2006**).

Les hautes températures sont parmi les facteurs importants intervenant dans la limitation des rendements (**Bahlouli et al., 2005**).

Les effets des stress abiotiques et biotiques sur la performance de rendement grain peuvent être réduits ou minimiser par le choix de variétés résilientes et adaptées (**Mekhlouf et al.,2006**). L'adoption d'un itinéraire technique approprié contribue, au même titre que la variété, à minimiser la baisse du rendement sous les effets des stress (**Bouzerzour et Refoufi, 1993 ; Chenaffi et al., 2006, Nouar et al., 2011**).

Le travail du sol, la préparation du lit de semis, la date de semis et l'entretien de la culture (fertilisation, désherbage, protection phytosanitaire) aident à une meilleure expression du potentiel de rendement de la variété adoptée (**Pala et al., 2000**)

## 1.8. La récolte

Chaque tige de blé dur porte un seul épi. Ce dernier est en fait constitué de "fleurs" (bien que cela ne ressemble pas à de véritables fleurs...). Les grains naissent lorsque les fleurs sont fécondées. Les grains de blé dur atteignent leur maturité fin juillet. Lorsque la tige sèche et que l'épi se courbe vers le bas, c'est le moment de la **moisson**.

## 1.9. Les maladies du blé dur et les moyens de lutte

## 1.9.1. LES PRINCIPALES MALADIES CRYPTOGAMIQUES (SOLTNER ; 1990)

Nom	Organe touché	Description de la maladie	Moyen de lutte
Les maladies Charbonneuss Caries <i>Tilletia caries</i>	Grain	Grain vert olive, rempli De spores noires à odeur de Poisson pourri.  Epi ébouriffé. Contamination Par la semence et par le sol.	Rotation des cultures.  Traitement de semences.
Charbon foliaire <i>Urocystis agropyri</i>	feuilles	stries longitudinales le long des feuilles qui se tordent et s'enroulent. Des masses sporifères noirâtres apparaissent au niveau des stries entre les veines de la feuille.	variétés résistantes.  traitement des semences
Charbon nu du blé <i>Ustilago tritici</i>	L'épi	Les fleurs sont remplacées par une masse de spores noires.  Contamination par la semence.  Le mycélium pénètre à la floraison et se conserve à l'intérieure des téguments du grain.  Contamination interne.	Désinfection des semences avec fongicide systémique.
Les fusarioses <i>Fusarium roseum</i>	Epis	Dessèchement précoce.  Echaudage. Les grains contaminés sont toxiques.	Rotation des cultures.  Bonne préparation

			<p>du sol avec enfouissement léger des matières organiques.</p> <p>Traitement des semences.</p> <p>Traitement fongicides en végétation (montaison-épiaison)</p>
<p>Les rouilles</p> <p><i>Puccinia triticina</i></p>	<p>Feuilles (faces supérieure)</p>	<p>Pustules brunes, dispersées. Se développent à température moyenne (13 à 18 °c) à la fin du printemps.</p> <p>elles causent des dégâts plus ou moins importantes ; les pertes peuvent aller jusqu'à 25%.</p>	<p>Rotation des cultures. Variétés résistantes.</p> <p>Traitements fongicides en végétation (épiaison)</p>
<p>Les septorioses</p> <p><i>Septoria tritici</i></p>	<p>Feuilles</p> <p>Rarement les épis.</p>	<p>Taches provoquant un dessèchement des feuilles. Se développe au cours des hivers doux et humide.</p> <p>Contamination par semences.</p> <p>Peu grave (les pertes peuvent aller jusqu'à 40%)</p>	<p>Rotation des cultures.</p> <p>Traitement des semences.</p> <p>Traitement fongicides en végétation (montaison - épiaison).</p>
<p><i>Septoria nodurum</i></p>	<p>Plantules.</p>	<p>Taches ovales pouvant provoquer la destruction.</p>	<p>Rotation des cultures.</p>

	Feuilles. Epis - tiges	Taches losangiques, souvent au niveau des noeuds. Dessèche les glumes.  Contamination par les semences. Peut provoquer de gros dégâts.	Traitement des semences.  Traitement fongicides en végétation (montaison - épiaison).
Helminthosporiose (tan spot)  <b>helminthosporium</b>	Feuilles	taches chlorotiques et nécrotiques sur les limbes des feuilles jeunes ou adultes. losangiques, bordés par des zones chlorotiques.  pertes peuvent atteindre 50% quand la maladie est présente tout au long du cycle de la culture, et entre 15 et 10% quand elle attaque aux stades tardifs Seulement.	Variétés résistantes.  Traitement de semences.
Oïdium  <i>Erysiphe graminis</i>	Gaines  Feuilles  Glumes	Feutrage blanc sale.	Rotation des cultures.  Variétés résistantes.  Traitement fongicides en végétation (montaison - épiaison)
Jaunisse nanisant  <b>Virus inoculée par le puceron des</b>	Feuilles  Tiges	Jaunissement et rougissement.  Au début de la montaison, on observe un nanisme plus ou	Variétés résistantes.

<b>céréales.byw</b>		moins important.	
<b><i>Rhopalosiphum padi</i></b>		Développement racinaires très ralenti. Dégâts grave.	
<b>BYDV</b>			
Les pourritures racinaires	Racines	Fontes de semis	Traitement fongicide de la semence
<b><i>Fusarium culmorum</i></b>	Collet	Dessèchement des jeunes plants	Semis précoce
		Taches nécrotiques ou noirâtre sur le collet, et les racines.	Rotation des cultures
		Les pertes sont estimés à 8.5% ;	Variétés résistantes

**1.9.2. LES PRINCIPAUX RAVAGEURS SUR BLE DUR :**

<b>Ravageurs</b>	<b>Organe touché</b>	<b>Biologie, dégâts, conditions favorables, et symptômes</b>	<b>Moyen de lutte</b>
Limaces  Grise :  <b><i>Agriolimax reticulatus</i></b>  Noires :  <b><i>Arion hortensis</i></b>	Feuilles  Et même toute la plantule	A la levée, feuilles dévorées prenant un aspect effiloché.  En cas de fortes pullulations, disparition total des plantules.	Techniques culturales : déchaumage précoce et labour.  Lutte chimique en cas d'infestation.
Taupins  <b>Plusieurs espèces d'agriotes</b>	Racines	Racines rongées, collet percé, par des larves cylindriques de 2 à 20mm, couleur jaune paille brillant  Attaquent surtout en sol frais et humide, au printemps.	Rotation des cultures  Bonne préparation du sol  Vigueur général de la culture  Lutte chimique de la

			semence, et du sol dans les cas les plus graves
Mouche grise des céréales  <i>Phorbia coarctata</i>	Tiges  Feuilles	Les jeunes larves écloses dans le sol, pénètrent dans les tiges  Dégât plus important au stade 2-3 feuilles	Traitement de semences.
Puceron des feuilles  <i>Rhpalosiphum padi</i>	feuilles	Inocule la jaunisse nanisante  La contamination se fait par les pucerons ailés, à partir des maïs, les repousse des céréales.	Techniques culturales : désherbages,

## CHAPITRE 2 : La fertilisation phosphatée

### 2.1. Le phosphore et Le système sol-plante

#### 2.1.1. Le phosphore et le végétal

Le phosphore est un élément fondamental parmi les trois éléments majeurs (N, P, K) apportés par les engrais et le plus anciennement connu.

Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale (**Duthil, 1973**). Mais il est beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique. Sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote (**Gervy, 1970**).

D'après **Gervey, (1970)** La teneur des végétaux en phosphore est soumise à des variations fort importantes ; elle dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé ; elle dépend également, mais dans une moindre mesure, de la richesse du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique (**tableau 04**).

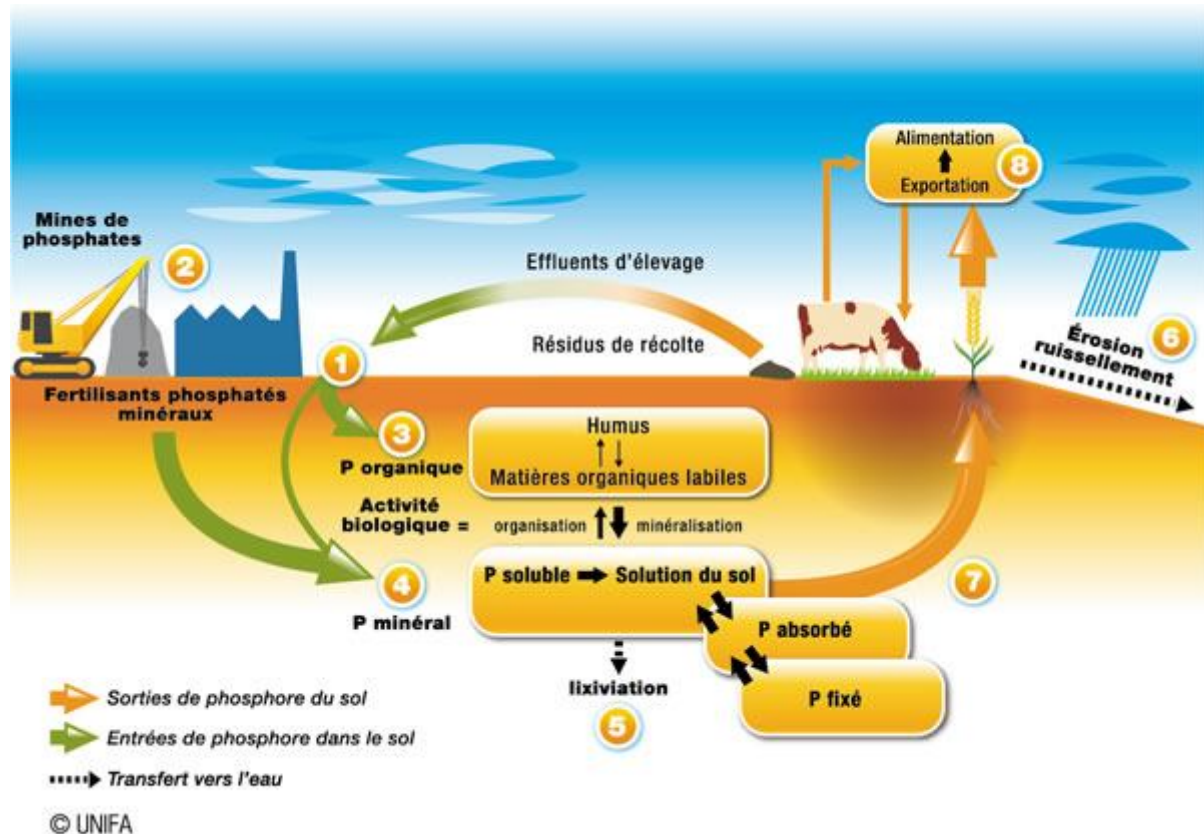
Espèces végétales	Partie de la plante	N (% MS)	P <sub>2</sub> O (% MS)	K <sub>2</sub> O (% MS)
Blé dur	-Graine	1,10-2,30	0,70-1,1	0,35-0,70
	-Paille	0,30-0,60	0,15-0,25	1,00-1,60

**Tableau 04.**Teneur en éléments minéraux de blé dur (**Duthil, 1973**)

#### 2.1.2. Le cycle du phosphore (P)

Le phosphore est un élément nutritif indispensable pour le monde vivant, c'est un élément prélevé en plus faible quantité par les plantes en comparaison avec l'azote et le potassium, par contre il est d'une extrême importance pour la nutrition des plantes et la production de biomasse.

Son principal rôle à l'intérieur de la plante est lié au stockage et transfert d'énergie (ATP), à la formation de composés structuraux (nucléotides, acides nucléiques, coenzymes, phospholipides, etc...) intervenant dans la croissance des racines, la formation des grains, fruits et fibres, la maturation des fruits et le pouvoir germinatif des semences. Son cycle est assez complexe et les entrées au sol sont dues principalement aux apports minéraux et organiques, la déposition atmosphérique est négligeable.



**Figure 06 :** Le cycle de phosphore en agriculture .

- Le recyclage d'éléments nutritifs contenus dans les matières organiques de toute nature : effluents d'élevage, résidus de culture et autres sous-produits organiques issus des activités humaines, constitue une ressource importante pour la fertilisation.
- Le phosphate est extrait de mines à ciel ouvert, il est généralement transformé par l'action d'acides minéraux pour produire des formes plus solubles, assimilables par les plantes.
- La minéralisation de la matière organique du sol (et des effluents) produit du phosphore minéral (phosphate) soluble.
- Le phosphore évolue en permanence entre les formes fixées, adsorbées et solubles.
- La lixiviation du phosphore soluble (entraînement en profondeur par l'eau du sol) est un phénomène extrêmement limité (moins de 1kg/ha en situation de fertilisation raisonnée)
- L'entraînement du phosphore hors de la parcelle est faible, il se fait par ruissellement (terrains en pente) et érosion (phosphore lié aux particules solides).
- L'absorption racinaire des végétaux se fait exclusivement à partir du phosphore de la solution du sol.
- La récolte est transformée en nourriture (humaine ou animale), ce qui est l'objectif fondamental de l'agriculture.

### 2.1.3. Rôle physiologique du phosphore

Le phosphore joue également plusieurs rôles dans la vie des plantes. Il est considéré comme un constituant essentiel des chromosomes, il intervient partout où il y a multiplication cellulaire d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue également un rôle déterminant dans le transfert d'énergie, il est indispensable à la photosynthèse et aux processus chimico-physiologiques de la plante (**Lambert, 1979**).

Selon **Moughli, (2000)** le phosphore participe dans :

- Maturation des grains : Pour les céréales, des teneurs élevées en phosphore réduit le temps de maturité et donne une paille plus solide.
- Formation des graines nécessite du phosphore : des quantités importantes de phosphore sont stockées dans les semences.
- Stimulation de la croissance des racines : Un apport localisé de phosphore (et nitrate) entraîne une prolifération des racines dans cette zone. Par contre, on a constaté moins de réponse de la racine à des apports localisés de potassium ou d'ammonium.

Il a été montré que le phosphore améliore la réponse de plusieurs cultures à la fertilisation azotée, surtout les céréales. Pour que les plantes utilisent le supplément d'azote (par exemple pour la synthèse des protéines ou de la chlorophylle), elles ont besoin de plus de phosphore pour fournir l'ATP nécessaire (**Moughli, 2000**).

En liaison avec les apports d'azote et de potasse, la fumure phosphatée favorise la résistance au froid des végétaux en permettant d'y accroître la concentration du suc cellulaire (**Gervy, 1970**).

D'après **Gervey (1970)**, une Bonne nutrition phosphatée se traduit par des effets de précocité<sup>qui</sup> réduisent les risques de gelées auxquels divers cultures sont exposées, en arrièr-saison. La participation du phosphore dans tous les processus de croissance, de synthèse et de mise en réserve explique la permanence de son rôle au cours des stades successifs de la vie végétale et fait comprendre son action bien connue sur la précocité (**Gervy, 1970**).

#### 2.1.4. Rythmes d'absorption du phosphore par la plante

La nutrition phosphatée des plantes ne peut être assurée que par du phosphore présent sous forme de phosphates (**Fardeau, 1993**).

Les prélèvements de phosphore par les végétaux, lors de leurs premiers stades de développement, sont extrêmement réduits. C'est ainsi qu'un blé d'hiver, du semis jusqu'à la fin du tallage, ne puise que tout au plus 1 g de P/m<sup>2</sup> dont 1/10 était déjà contenu dans le grain semé. Puis la marche des prélèvements s'accélère rapidement et passe au rythme de 400 g/ha/jour de P soit près de 1 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/jour pendant les périodes de montaison et d'épiaison (**Gervy, 1970**).

L'absorption des éléments nutritifs par les cultures varie selon le stade végétatif. Les céréales à croissance rapide absorbent l'azote et le potassium au rythme journalier de 5 Kg/ha et le phosphore en quantité dix fois plus faibles (**Buckman, 1990**).

#### 2.1.5. 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 (**Snoussi et Haltim, 1996**).

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

#### 2.1.6. Excès et carence du phosphore

Les excès de phosphore sont en général sans inconvénient pour la **récolte** (**Duthil, 1974**). Au contraire, la carence en phosphore se manifeste sur les végétaux par des symptômes extrêmement graves :

- ✓ Une présence insuffisante de phosphore dans le milieu où le végétal puis alimentation minérale se traduit le plus souvent par des retards de croissance, un moindre développement, des accidents végétatifs et, bien entendu, une production amoindrie (**Gervy, 1970**).
- ✓ Réduction du développement des racines avec peu de ramification, l'alimentation est donc plus limitée (**Brahimi, 1991**).

Feuillage en général foncé et mat avec des teintes pourprées et une défoliation précoce commençant par la base de la plante (**Prat et al ,1971 ; Charles, 1976**).

La plante sans  $P_{2O_5}$  voit sa végétation diminuée et sa floraison retardée (**Gervy, 1970**), donc la récolte peut diminuer jusqu'à 50% (**Baeyens, 1967**).

### 2.1.7. Interactions des autres éléments nutritifs avec le phosphore

Les éléments nutritifs peuvent avoir un comportement synergique ou antagoniste vis-à-vis du phosphore. L'action simultanée azote phosphore est synergique car il favorise le développement racinaire.

Il existe une relation de synergisme entre le phosphore et l'azote. En effet ces deux éléments sont indispensables pour les fonctions vitales de la plante (photosynthèse, formation de protéines, fixation symbiotique du phosphore...). L'azote ammoniacal favorise l'absorption du phosphore par la plante (**Leikam et al, 1983**).

Aussi il semble que le Mg entraîne une meilleure dissolution du phosphore dans la solution du sol. Et la présence des sulfates en faible quantité dans le sol à un effet synergique vis-à-vis du phosphore (**Razi, 2006**).

Par contre, lorsque les cations  $Ca^{2+}$  se trouvent en quantité importante dans le sol, il y a un effet antagoniste entre le phosphore et le calcium par la formation des composés insolubles P-Ca (**Razi, 2006**).

Aussi le rapport  $Ca^{+2}/Mg^{+2}$  influe sur l'assimilation de phosphore lorsque la teneur en  $Mg^{+2}$  augmente.

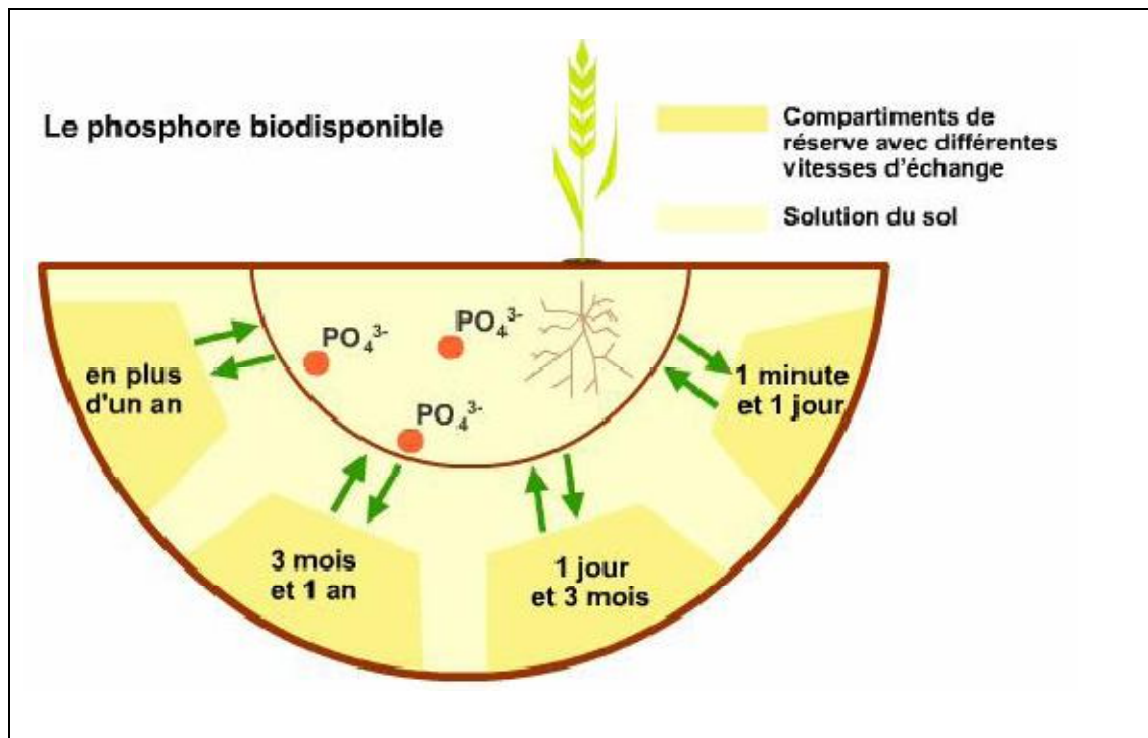
### 2.1.8. Le phosphore dans le sol

La quantité de phosphore contenue dans la solution du sol se situe entre 0,1 et 3,7 kg  $P_2O_5$ /ha. Les plantes absorbent principalement les ions phosphates sous la forme de  $H_2PO_4^-$  et  $HPO_4^{2-}$ .

Le phosphore dans le sol est en forte interaction avec la phase solide et forme divers composés minéraux secondaires avec Ca, Fe, Mn, Al.

Le phosphore est facilement adsorbé, pour cette raison il a une très faible mobilité. De plus le phosphore peut être immobilisé par l'activité biologique des sols(**Figure07**).

Les pertes sont dues principalement aux exportations agricoles et à l'érosion entraînant des particules de terre. Le lessivage est marginal



**Figure 07** : Le phosphore dans le sol.

### 2.1.9. Les différents états du phosphore dans le sol

#### 2.1.9.1. Le phosphore total

C'est l'ensemble de toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon de sol, qu'elle soit minérales ou organiques (**Baize, 2000**).

La teneur en phosphore total dans la plus part des sols est comprise entre 0.02 à 0.08 % (**Gervey, 1970**).

Les sols dérivant des roches ignées sont plus riche en phosphore totale que les roches issues des roches sédimentaires (**Duthil, 1976**).

#### 2.1.9.2. Le phosphore assimilable

Appelé aussi **réserve assimilable** ou **fraction labile**, c'est le phosphore susceptible d'être absorbé par les racines (**Baize, 2000**).

A la notion de réserve globale de phosphore (P) s'est donc très vite substituée celle de quantité facilement accessible aux racines des plantes, c'est-à-dire capable de participer à la fois à l'alimentation du végétal et au maintien de la concentration de la solution du sol en phosphore (**Gervy,1970**), estime qu'un sol est considéré comme riche en phosphore assimilable lorsque sa teneur dépasse 0,3‰, moyennement riche quand cette dernière est comprise entre 0.15 ‰ et 0.3 ‰, et pauvre quand elle est inférieure à 0.15‰ (**Bosc, 1976**).

### 2.1.9.3. Le phosphore soluble (dans la solution du sol)

La solution du sol est une source alimentaire possible mais très réduite par rapport aux besoins des végétaux, sa concentration est très faible est presque constante du fait des échanges continuels avec le phosphore adsorbé (**Diehl, 1975**).

### 2.1.9.4. Le phosphore insoluble des roches mères

Les formes dites **insolubles** ne font néanmoins pas partie des réserves inassimilables de phosphore existant dans le sol. Des modifications de pH, l'action de la matière organique, l'activité microbienne, la possibilité d'utilisation directe des phosphates minéraux par plusieurs espèces végétales font que ces formes de phosphore exercent un rôle non négligeable dans la nutrition des plantes (**Gervy, 1970**), montre qu'en sols calcaires les ions orthophosphates en solution évoluent en présence de calcite vers des formes insolubles suivant un enchaînement régulier des réactions conduisant à la formation de :

- ✓ Phosphate monocalcique ;
- ✓ Phosphate bi- calcique ;
- ✓ Phosphate tricalcique (**Dutil ,1976**).

### 2.1.9.5. Le phosphore facilement échangeable

Ce sont les ions phosphoriques adsorbés sur le complexe adsorbant du sol. Ils participent aux échanges constants (SOL-SOLUTION) et constituent l'essentiel du << pool alimentaire >> des plantes (Fardeau et al, 1991).

L'acide phosphorique est un anion, et ne peut être retenu par le complexe que par l'intermédiaire d'un cation : fer, aluminium, potassium, mais plus généralement le calcium (Lambert, 1979).

Dans un sol calcaire, la fixation du phosphore s'opère grâce à un "pont calcique", le calcium sert de lien entre le phosphore et l'argile.

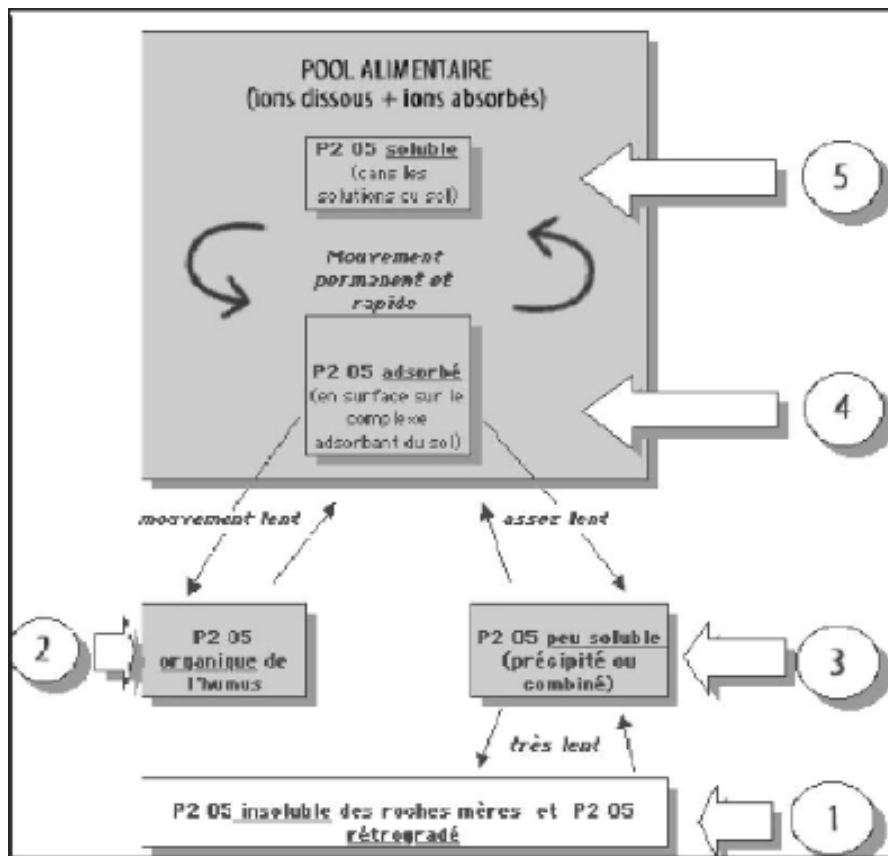


Figure 08 : Les formes du phosphore dans le sol.

## 2.2. La fertilisation phosphatée

La fumure du fond qui est un engrais phosphaté à raison de 200Kg/ha de nature P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, effectuée avant le semis suivi d'un apport d'azote sous forme d'urée, au stade 3-4 feuilles, réaliser le 09/02/2011.

L'objectif de la fertilisation est de satisfaire les besoins des plantes en complétant l'offre du sol en éléments minéraux dans des conditions économiquement rentables et respectueuses de l'environnement (**Lorens, 2001**).

Les besoins de la plante évoluent au cours de son développement. Aux stades où ils sont nécessaires, les éléments minéraux doivent être prélevés par la plante dans le sol. Ils doivent être disponibles en quantités suffisantes et sous forme assimilable.

D'après **Prevost (1999)**, la fertilisation doit tenir compte :

- ✓ du rythme d'absorption des éléments ;
- ✓ de la capacité d'échange du sol ;
- ✓ de la dynamique des éléments nutritifs .

### 2.2.1. Raisonnement de la fertilisation phosphatée

Raisonnement la fertilisation, c'est-à-dire proposer un ensemble de règles agronomiques, qui permettent d'éclairer le choix de l'agriculteur en matière de phosphore en vue d'atteindre les objectifs de production qu'il s'est fixé, et ceci dans le cadre de son système de culture, des potentialités de son climat, et de ses contraintes, y compris le souci de la protection de son milieu écologique (**Iganzi, 1993**).

### 2.2.2. Calcul de la fertilisation

Le calcul est réalisé séparément pour l'azote selon la méthode **COMIFER** du bilan prévisionnel et pour le phosphore et le potassium selon une autre méthode **COMIFER** utilisant les exportations comme base de calcul.

### 2.2.3 Le phosphore et la plante

L'étude de la dynamique du phosphore dans les systèmes sol-plante met en lumière les points suivants :

- ✓ le prélèvement du phosphore par les racines des plantes n'a lieu que sous forme d'ions orthophosphates  $\text{PO}_4^{3-}$ .
- ✓ les quantités dissoutes dans la solution du sol sont très faibles. Au fur et à mesure de leur absorption par les racines, elles sont remplacées par du phosphore provenant des réserves du sol mais ces échanges sont très lents.
- ✓ La fertilisation phosphatée a pour objectif essentiel de compenser les exportations du sol après chaque récolte et d'entretenir un pouvoir nutritionnel suffisant, adapté aux besoins des cultures.
- ✓ L'année même de l'apport, la part de l'engrais phosphaté directement utilisée par la plante est au plus de 20%. L'autre partie est mise en réserve sous différentes formes dans le sol pour être disponible au cours des années suivantes.

#### 2.2.4. Engrais phosphatés

L'industrie offre aux agriculteurs une gamme variée d'engrais phosphatés qui dérivent presque tous des phosphates naturels qu'elle importe essentiellement d'Afrique. Pour leur usage en engrais ils se caractérisent par leur teneur en anhydre phosphorique  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figure 09)



**Figure 09** : Engrais phosphatés.

2.2.5. Fabrication des principaux engrais phosphatés (Figure 10)

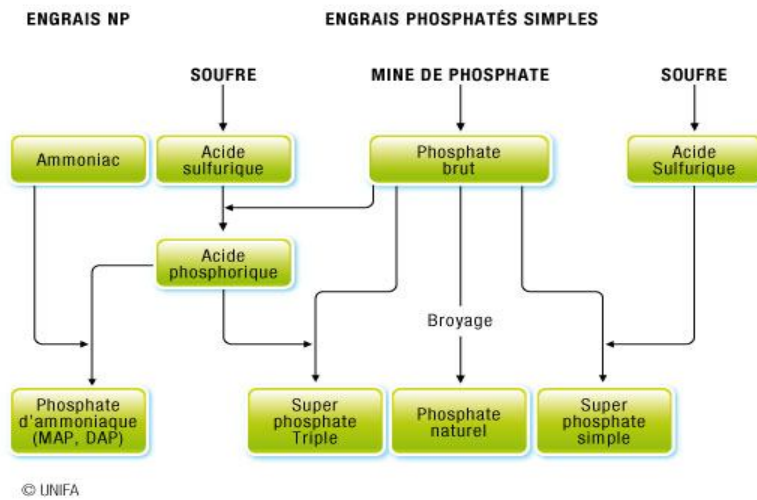


Figure 10 : Fabrication des principaux engrais phosphatés .

2.2.6. La stratégie de fertilisation pour le phosphore P

Définie par le **COMIFER** est basée sur les critères suivants :

- Exigence de la culture pour chacun de ces deux éléments nutritifs
- Analyse de terre interprétée selon deux seuils
- Passé récent de fertilisation sur les quatre dernières années
- Restitution ou non des résidus du précédent cultural

La combinaison de ces critères détermine une stratégie de fertilisation P et K pour une culture ainsi que pour la succession de cultures.

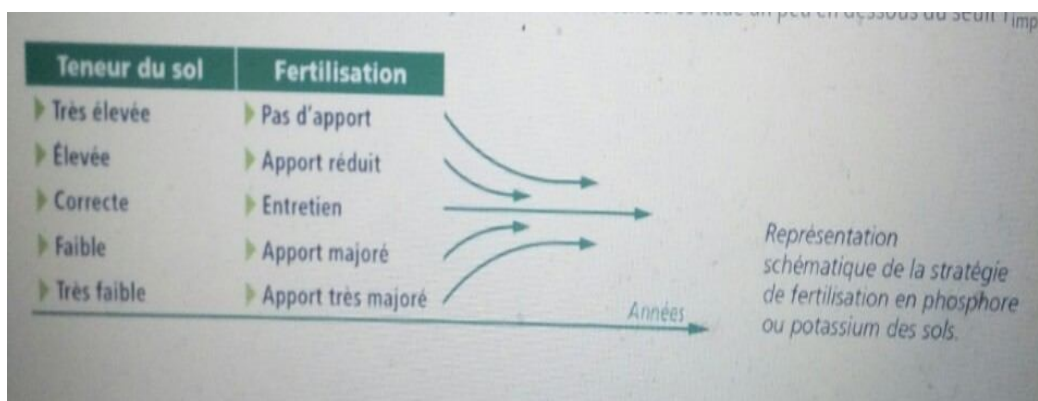


Figure11 : Représentation schématique de la stratégie de fertilisation en phosphore ou potassium des sols, **COMIFER** .

### 2.2.7. Solubilité des engrais phosphatés et usage selon le du sol

ENGRAIS PHOSPHATÉS	SOLUBILITÉ DÉCLARÉE (NF U 42-001) DANS LE	RECOMMANDATION D'USAGE
▶ Superphosphate normal, concentré, triple (TSP)	▶ citrate d'ammonium neutre dont soluble dans l'eau	Tous types de sols
▶ Engrais NP: Phosphate d'ammoniaque (DAP)	▶ citrate d'ammonium neutre dont soluble dans l'eau	Tous types de sols
▶ Phosphate bicalcique, phosphate précipité dihydraté	▶ citrate d'ammonium alcalin	Tous types de sols
▶ Phosphate naturel partiellement solubilisé	▶ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total dont soluble dans l'eau	Sols acides pH<6.5
▶ Phosphate naturel tendre fin	▶ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total dont soluble dans l'acide formique	Sols acides pH<6.0

### 2.2.8. Valorisation du phosphore par les cultures :

#### 2.2.8.1. La capacité d'absorption du phosphore par les racines :

La capacité d'absorption est la distance maximale d'attraction des minéraux par les racines. Au-delà de cette distance, la plante ne peut pas capter les ions. Elle est d'environ 1 mm pour le phosphore et de 10 cm pour l'azote nitrique. Cette faible capacité d'attraction peut handicaper la culture quand, au printemps le sol froid ne favorise pas le développement des racines et que l'air chaud fait pousser les parties aériennes (**Chambres d'agriculture de Bretagne, 2013**).

Un engrais phosphaté très soluble, localisé au niveau des racines des plantules au semis donnera un effet starter même en sol bien pourvu (**Chambres d'agriculture de Bretagne, 2013**).

#### 2.2.8.2. Variation génétique de l'utilisation du phosphore :

Au cours des dernières années ; la contribution de l'amélioration génétique dans l'augmentation des rendements en grain des céréales était substantielle. Cette amélioration de la production était liée à la création de variétés naines ou semi naines à hauts potentiels de rendements. Ces variétés nécessitent des apports considérables d'intrants. Vu ce progrès génétique et l'augmentation des besoins de ces cultures en éléments fertilisants, les taux d'utilisation des engrais chimiques ont connu une augmentation considérable. Une conséquence directe de cette augmentation serait la pollution des eaux souterraines en zones très arrosées ainsi que l'augmentation des coûts de la pratique de la fertilisation. En zones défavorables (manque d'eau) apportent peu ou pas de phosphore à cause de l'aléa climatique. Pour remédier

à ces problèmes, la sélection des variétés ayant une meilleure efficacité d'utilisation du phosphore paraît prometteuse. Cette sélection permettrait de réduire les doses d'apport de phosphore sans toutefois affecter les rendements (**Karrou, 2001**). Des différences interspécifiques et intra spécifiques d'efficacité d'utilisation des éléments fertilisants ont été observées (**Mihaljev et Kastori, 1983**), ont montré chez le blé que la quantité d'éléments fertilisants absorbés est un critère héréditaire contrôlé par des gènes additifs. L'orientation du choix des agriculteurs vers des variétés efficaces dans l'utilisation du P est une issue économique pour améliorer leur productivité (**Daoui, 2008**).

Les cultures efficaces pour l'utilisation des éléments minéraux ont un rôle important dans l'agriculture moderne. Dans les systèmes de production à faible intrants ; cas des agriculteurs à faible revenu, les cultures efficaces pour l'utilisation des éléments minéraux améliorent la productivité alors que dans les systèmes intensifs de productions notamment dans les pays développés ces mêmes cultures sont très utiles pour réduire la pollution causée par une fertilisation excessive (**Lynch, 1998**).

La réserve en macro éléments dans la semence, bien qu'elle ne représente qu'une faible part de la demande de la plante pour les éléments minéraux, peut être essentielle pour l'établissement de la culture et sa croissance (**Tyler et Zohlen, 1998**).

L'effet de la réserve initiale en P sur les performances de la plante n'est important que dans des conditions spécifiques : milieu pauvre en P (**Ros et al., 1997**), ou sécheresse (**Burnett et al., 1997**) par exemple. En plus la réponse peut être limitée dans le temps à cause des processus de compensation. Chez le blé, (**Riley et al,1993**) ont trouvé que la réserve initiale du grain en P affecte la matière sèche des plantules durant le tallage mais n'avait aucune influence ni sur la matière sèche totale ni sur le rendement grain à la récolte. Le même résultat a été trouvé par (**Zhu et Smith, 2001**) en considérant toujours un stade avancé de la culture. Ces auteurs ont montré que les plantes issues de graines disposant d'une plus grande réserve initiale en P tendaient à accumuler plus de P en raison, probablement de leur enracinement plus important.

La grosseur de la semence peut elle aussi avoir un effet sur l'efficacité d'utilisation du P. Chez le haricot, les géotypes ayant des graines plus grandes ont montré une plus importante efficacité d'utilisation du phosphore en conditions de déficience en cet élément (**Yan et al, 1995b**).

## CHAPITRE 3 : Matériels et méthodes

### 3.1. Le matériel végétal :

le matériel végétal utilisé dans cette expérimentation est constitué de 11 variété de blé dur (*triticum*), dont l'origine, le pedigree et l'année d'inscription sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau -05-** Listes des variétés de blé dur étudiées, origine, pedigree et type.

variétés	origine	Pedigree	Type	Année d'inscription
1. Waha	Sélection CIMMYT-ICARDA-El Khroub, Origine Syrie	PLC/Ruff/Gta « S »/3/Rolette Cm.17904 (sélection généalogique)	Lignée pure	1997
2. GTA dur	Algérie (Guelma) Origine Mexique	Gaviota x durum	Lignée pure	2001 (année d'obtention 1930)
3. Semito	Italie	Capeiti x Valvona	Lignée pure	2001
4. Boussellam	ICARDA-CIMMYT	Heider/Martes//Huevos de Oro	Lignée pure	2000
5. Vitron	Espagne	Sélection généalogique	Lignée pure	1997
6. Cirta	Algérie (constantine)	KB2140KBOKB2KBOKBOKB1KBOK B	Lignée pure	1999
7. Wahbi	Algérie	T4	Lignée pure	
8. Beliouni	Algérie	Beliouni 3258	Population locale	
9. Mohamed Ben Bachir	Algérie (station centrale d'amélioration des plantes de grandes cultures	Sélection de la population locale	Population locale	2001 (année d'obtention 1931)

10. Guemgoum R'khem	Algérie (obtenteur ITGC Tiaret)	Sélection généalogique (lignée locale)		2008
11. Djennah Khetifa	Tunisie	Variété population	Populatio n	












<b>Waha</b>	<b>GTA dur</b>	<b>Semito</b>
		
<b>Boussellam</b>	<b>Vitron</b>	<b>Cirta</b>
		
<b>Wahbi</b>	<b>Beliouni</b>	<b>Mohamed Ben Bachir</b>
		
<b>Guemgoum R'khem</b>	<b>Djennah Khetifa</b>	
		

Figure 12: Les 11 variétés de blé dur étudiées.

### 3.2. Conduite de l'essai :

#### PROTOCOL EXPERIMENTAL

-07 Doses d'engrais: 0.20.40.60.80.100 ET 12 UNITES DE P2O5 par hectare

-03 Répétitions

-2 SOLS

-231 Pots

-77 Pots pour chaque répétition.

-Essai mené en randomisation totale

V3	V10	V9	V5	V8	V1	V2	V4	V6	V7	V11	D2
V11	V9	V2	V8	V7	V3	V4	V1	V5	V10	V6	D1
V2	V6	V5	V11	V9	V10	V7	V4	V8	V1	V3	D0
V1	V3	V4	V2	V6	V5	V8	V7	V10	V11	V9	D4
V9	V1	V6	V7	V5	V4	V11	V8	V3	V2	V10	D3
V10	V8	V1	V4	V9	V7	V5	V3	V2	V6	V11	D5
V5	V4	V11	V9	V3	V10	V2	V8	V6	V7	V1	D6

V10	V6	V9	V8	V7	V4	V1	V3	V11	V5	V2	D1
V3	V8	V5	V4	V10	V9	V11	V6	V7	V2	V1	D6
V9	V5	V4	V11	V1	V8	V3	V7	V2	V10	V6	D2
V11	V7	V8	V3	V9	V2	V4	V1	V6	V5	V10	D0
V6	V4	V1	V5	V3	V10	V7	V8	V9	V2	V11	D7
V1	V3	V2	V7	V4	V6	V9	V10	V5	V11	V8	D4
V5	V8	V10	V9	V11	V3	V2	V4	V1	V6	V7	D3

V3	V1	V2	V6	V7	V4	V9	V10	V5	V11	V8	D6
V7	V10	V9	V11	V3	V2	V6	V1	V4	V8	V5	D5
V2	V6	V5	V4	V10	V7	V8	V3	V11	V9	V1	D4
V11	V8	V3	V1	V5	V9	V4	V7	V2	V6	V10	D3
V9	V4	V7	V2	V6	V11	V10	V5	V1	V3	V8	D2
V10	V5	V11	V9	V8	V2	V1	V3	V6	V4	V7	D1
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	D0

#### 3.2.1 En serre :

L'expérimentation a été menée en conditions climatiques semi-contrôlées. Les graines ont été semées en sol analysé (**Tableau06-07**), dans des sacs en plastique étiquetés d'une longueur 25 cm et 15 cm de large.

En date du 26/02/2017 : Nous remplissons les sacs au nombre de 231 sacs et semons 6 graines par sacs, les sacs contiennent des petits trous pour l'aération.

CODE	TEXTURE (Ammadji, 1999)	GRANULOMETRIE(%)				
		Méthode pipette ROBINSON.				
		A	Lf	Lg	Sf	Sg
Sol	Limon-argileux	26,27	0,15	56,24	17,01	10,33

**Tableau 06:** Analyse physique de sol.

Paramètre d'analyse	Echantillon	Valeur	Très faible	Faible	Normal	Elevé	Très élevé
PH rapport 1/25 à 25°C	SOL	7,91	6,5-7,5		L.A		
Rapport 1/25à 25°C	SOL	0,322	0,6	*****			
MO(%)	SOL	0,211	1,5-2,5		Sol.peu.O		
CaCO3 Tot (%)	SOL	33,43	5%				****
CaCO3 Act (%)	SOL	16,63	4				****
P2O5(ppm)	SOL	7,525	180-220	***			

L.A= Légèrement Alcalin

Sol.peu.O= Sol peu organique

**Tableau 07:** Analyse physico-chimiques se sol.

Après le semis, nous avons procédé à l'organisation des sacs dans une parcelle et chaque parcelle est répartie en 3 blocs, et chaque bloc contient 77 sacs qui sont placés en travers par le nombre de doses d'engrais (**Figure13**).



**Figure 13 :** L'installation des sacs de semi.

Nous pesons 7 doses de MAP (52% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et on les met dans les sacs (**Tableau08**), et on précède à l'irrigation lorsque c'est nécessaire.

Vingt jours après le semis, on observe la croissance des graines de blé dur (**Figure14**),

- On calcule la hauteur de chaque plante et l'enregistrer.
- Nous répétons l'opération 3 fois chaque 15 jours pour étudier l'effet du phosphore sur la croissance.
- Lorsque les feuilles de la plante sont sorties nous ajoutons 1g d'azote pour chaque sac avec l'arrosage chaque fois.



**Figure14** : La croissance des graines des variétés de blé dur .

### 3.2.2. Au laboratoire :

#### 3.2.2.1. Sécher les échantillons :

- ❖ On a choisit 6 variétés (**V4-V5-V6-V7-V8-V9**) avec 4 doses (**D0-D1-D2-D3**) parmi les 11 variétés ;
- ❖ On a coupé la partie aérienne et sécher dans l'étuve pendant 72 heures avec une température de 72°C (**Figure 15**), puis broyé ;
- ❖ Après refroidissement sous dessiccateur, on pesé 0,2g de matière sèche de chaque échantillon (**Figure16**) et on place dans un creuset porcelaine (**Figure 17**), et mis les creusets dans un four à moufle dans une température 450°C pendant 6 heures (**Figure 18**) ;



Figure 15 : Les échantillons dans l'étuve.



Figure 16 : Pesé la matière sèche.



Figure 17: La matière dans les creusets.



Figure 18: La matière au four à moufle.

### 3.2.2.2. Préparation des solutions :

Après refroidissement, les 24 échantillons choisis sont mis dans les tubes à essai et sont préparés pour 2 attaques :

**Attaque 1 :** avec la solution A, solution d'extraction qui contient un mélange de l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (500 ml), acide perchlorique  $\text{HClO}_4$  (250 ml).

Après, l'ajoute de 2,5 ml de cette solution dans les tubes à essai en mélange par le vortex pour assurer l'homogénéité totale (**Figure 20**). Ensuite, on les met dans l'étuve pendant 1 h ½ avec T 150°C.

**Attaque 2 :** avec la solution B,  $\text{NHCl}$  qui contient un mélange de  $\text{HCl}$  (290 ml) et l'eau distillé (400 ml).

- ✓ Après, on ajoute 1,5 ml de 6N  $\text{HCl}$  dans les tubes à essai et on mélange par le vortex pour assurer l'homogénéité totale ;
- ✓ Ensuite, on les met dans l'étuve pendant 1 h avec T 150°C

- ✓ Après le refroidissement, on rajoute 15ml de l'eau distillée par la pipette et mélanger par le vortex ;
- ✓ On rajoute aussi 37 ml de l'eau distillé



Figure 19: Le refroidissement de la matière.



Figure 20: L'agitation par le vortex.

### 3.2.2.3. L'analyse en spectrophotomètre :

On prépare les solutions des échantillons pour l'analyse de la teneur en Ca, Na, K, et P des parties aériennes des variétés testées et on a les résultats de l'absorbance des 4 éléments :

#### A / L'absorbance de Ca :

Ca						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	15	7	18	20	25	27
D1	33	7	18	6	16	23
D2	9	21	30	13	36	23
D3	8	7	5	6	11	14

#### B/ L'absorbance de Na :

Na						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	56	37	55	66	43	81
D1	46	17	21	13	30	44
D2	23	59	50	41	37	60
D3	66	55	91	30	23	19

**C / L'absorbance de K :**

K						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	102	112	96	90	77	112
D1	100	83	110	118	245	215
D2	169	162	101	95	108	122
D3	114	94	112	107	76	86

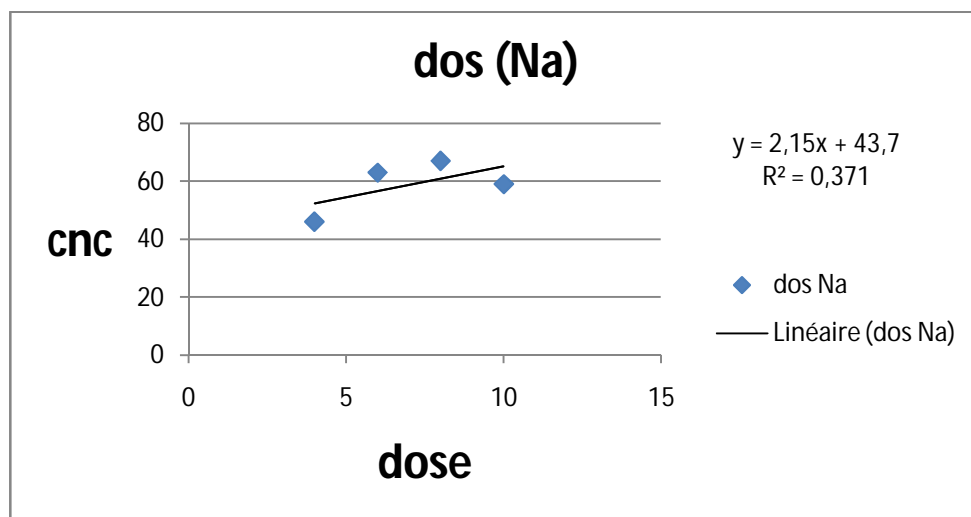
**3.2.2.4. Les gammes et les courbes d'étalonnage :**

**A / Na :**

**A-1. Tableau de gamme étalon de Na :**

cnc (ppm)	4	6	8	10
Dos (Na)	46	63	67	59

**A-2. Courbe étalon de Na :**

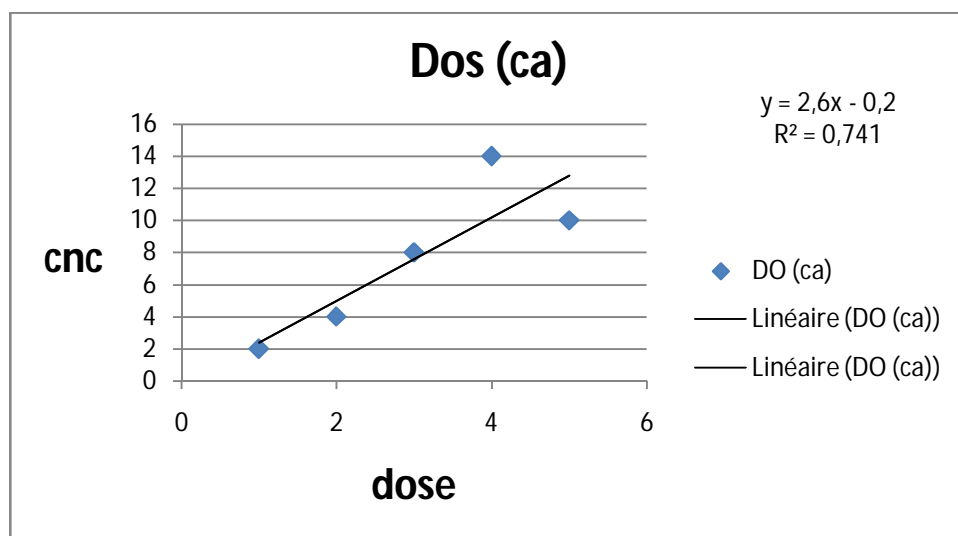


**B / Ca :**

**B-1. Tableau de gamme étalon de Ca :**

conc (ppm)	20	50	100	150
Dos (Ca)	2	4	8	14

**B-2. Courbe étalon de Ca :**

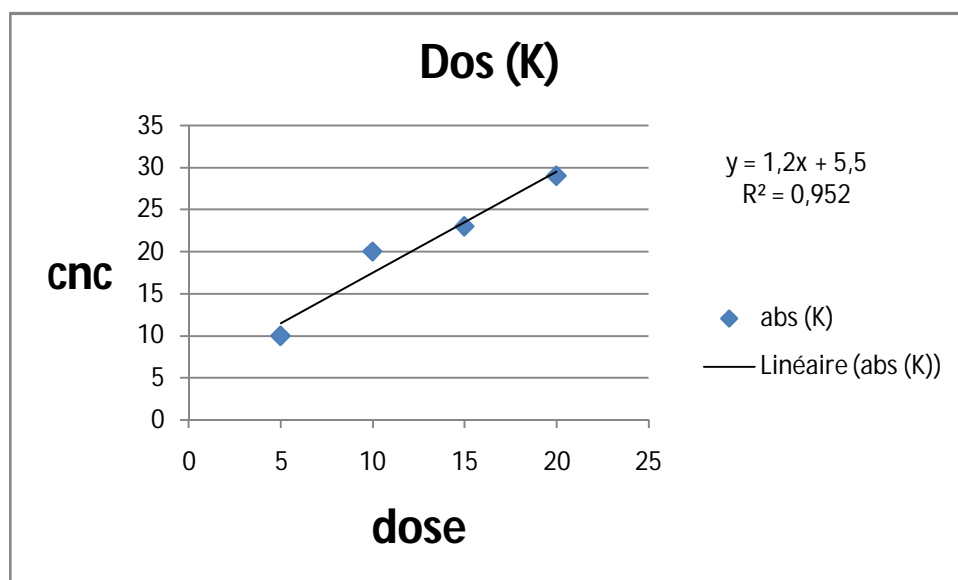


**C / K :**

**C-1. Tableau de gamme étalon de K :**

conc(ppm)	5	10	15	20
Dos (K)	10	20	23	29

**C-2. Courbe étalon de K :**



### 3.2.2.5. Préparation la gamme étalon de phosphore (P) :

#### La méthode :

Solution1 : On a pesé 7,5 g de molybdate d'ammonium + 40ml d'eau distillé (eau tiède) avec l'agitation manuellement pour la dissociation total

Solution 2 : dans un bicher, on mit 56,4 ml d'acide sulfurique et on ajoute une quantité de l'eau distillé pour obtenir une quantité de 200 ml de solution .

Ensuite, on mélange les 2 solutions (1 et 2) dans une fiole de 200 ml et on rajout une quantité de l'eau distillé jusqu'à l'obtention de 200 ml.

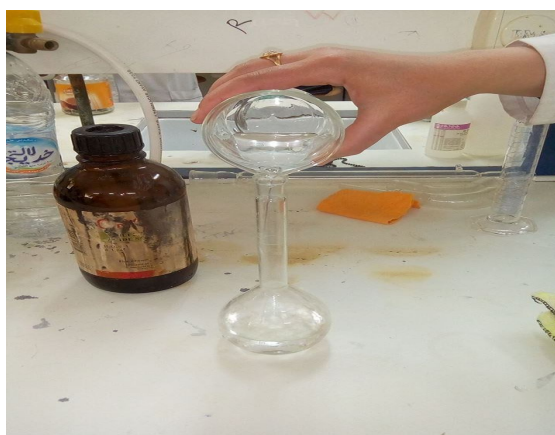
Réactif sulflomolybdique :

On a pesé 0 ,75 g de  $\text{FeSO}_4$  pour le mélange avec 50 ml de l'eau distillé ( **Figure22**)

On a pesé 68 mg de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (**Figure21**) pour le mélange avec 100 de l'eau distillé .



**Figure21** : Peser  $\text{FeSO}_4$



**Figure 22** : L'ajoute de l'eau distillé.

Après la préparation des solutions :

- 1- On prend six tubes à essai on y met les solutions déjà préparées et les solutions à doser comme suit :

	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6
<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	0ml	0,4ml	0,8 ml	1,2 ml	1,6ml	2 ml
<b>L'eau distillé</b>	2ml	0,16ml	0,12ml	0,08 ml	0,04ml	0ml
<b>Réactif</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
<b>L'eau distillé</b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

- 2- Après préparation nous laissons les tubes pendant 15 minutes pour réaction jusqu'à obtention de la couleur bleue puis on lit sur le spectrophotomètre (**Figure**).



**Figure 23:** Réaction de phosphore.

### 3.2.2.6. L'absorbance de phosphore

On prépare 24 tubes à essai selon le nombre d'échantillons à analyser et on met dans chaque tube ce qui suit : 2 ml de chaque échantillon, 2 ml réactif et 1 ml de FeSO<sub>4</sub> et 1 ml d'eau distillée.

	<b>D0</b>					
<b>Les tubes a essai</b>	<b>D0V4</b>	<b>D0V5</b>	<b>D0V6</b>	<b>D0V7</b>	<b>D0V8</b>	<b>D0V9</b>
<b>L'échantillon</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>Réactif</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
<b>L'eau distillé</b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

	<b>D1</b>					
<b>Les tubes a essai</b>	<b>D1V4</b>	<b>D1V5</b>	<b>D1V6</b>	<b>D1V7</b>	<b>D1V8</b>	<b>D1V9</b>
<b>L'échantillon</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>Réactif</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
<b>L'eau distillé</b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

	D2					
Les tubes a essai	D2V4	D2V5	D2V6	D2V7	D2V8	D2V9
L'échantillon	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
Réactif	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
FeSO4	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
L'eau distillé	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

	D3					
Les tubes a essai	D3V4	D3V5	D3V6	D3V7	D3V8	D3V9
L'échantillon	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
Réactif	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
FeSO4	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
L'eau distillé	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

Après préparation nous laissons les tubes pendant 15 minutes pour réaction jusqu'à obtention de la couleur bleue puis on lit sur le spectrophotomètre (Figure).

	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	15	5	3	29	12	1
D1	22	156	6	3	3	25
D2	37	72	10	14	5	49
D3	63	36	20	1	67	25

Tableau 08: L'absorbance de phosphore



Figure 24: Réaction du phosphore.



Figure 25: Spectrophotomètre .

### 3.3. Racine et biomasse aérienne au stade épisaison :

Nous pesons la plante toute entière puis nous pesons après coupe la partie aérienne seule et la partie racinaire seule, pour les échantillons épiés nous pesons également les épis.



**Figure 26** : Les échantillons pour peser

## CHAPITRE 3 : Matériels et méthodes

### 3.1. Le matériel végétal :

le matériel végétal utilisé dans cette expérimentation est constitué de 11 variété de blé dur (*triticum*), dont l'origine, le pedigree et l'année d'inscription sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau -05-** Listes des variétés de blé dur étudiées, origine, pedigree et type.

variétés	origine	Pedigree	Type	Année d'inscription
1. Waha	Sélection CIMMYT-ICARDA-El Khroub, Origine Syrie	PLC/Ruff/Gta « S »/3/Rolette Cm.17904 (sélection généalogique)	Lignée pure	1997
2. GTA dur	Algérie (Guelma) Origine Mexique	Gaviota x durum	Lignée pure	2001 (année d'obtention 1930)
3. Semito	Italie	Capeiti x Valvona	Lignée pure	2001
4. Boussellam	ICARDA-CIMMYT	Heider/Martes//Huevos de Oro	Lignée pure	2000
5. Vitron	Espagne	Sélection généalogique	Lignée pure	1997
6. Cirta	Algérie (constantine)	KB2140KBOKB2KBOKBOKB1KBOK B	Lignée pure	1999
7. Wahbi	Algérie	T4	Lignée pure	
8. Beliouni	Algérie	Beliouni 3258	Population locale	
9. Mohamed Ben Bachir	Algérie (station centrale d'amélioration des plantes de grandes cultures	Sélection de la population locale	Population locale	2001 (année d'obtention 1931)

10. Guemgoum R'khem	Algérie (obteneur ITGC Tiaret)	Sélection généalogique (lignée locale)		2008
11. Djennah Khetifa	Tunisie	Variété population	Populatio n	












<b>Waha</b>	<b>GTA dur</b>	<b>Semito</b>
		
<b>Boussellam</b>	<b>Vitron</b>	<b>Cirta</b>
		
<b>Wahbi</b>	<b>Beliouni</b>	<b>Mohamed Ben Bachir</b>
		
<b>Guemgoum R'khem</b>	<b>Djennah Khetifa</b>	
		

Figure 12: Les 11 variétés de blé dur étudiées.

### 3.2. Conduite de l'essai :

#### PROTOCOL EXPERIMENTAL

-07 Doses d'engrais: 0.20.40.60.80.100 ET 12 UNITES DE P2O5 par hectare

-03 Répétitions

-2 SOLS

-231 Pots

-77 Pots pour chaque répétition.

-Essai mené en randomisation totale

V3	V10	V9	V5	V8	V1	V2	V4	V6	V7	V11	D2
V11	V9	V2	V8	V7	V3	V4	V1	V5	V10	V6	D1
V2	V6	V5	V11	V9	V10	V7	V4	V8	V1	V3	D0
V1	V3	V4	V2	V6	V5	V8	V7	V10	V11	V9	D4
V9	V1	V6	V7	V5	V4	V11	V8	V3	V2	V10	D3
V10	V8	V1	V4	V9	V7	V5	V3	V2	V6	V11	D5
V5	V4	V11	V9	V3	V10	V2	V8	V6	V7	V1	D6

V10	V6	V9	V8	V7	V4	V1	V3	V11	V5	V2	D1
V3	V8	V5	V4	V10	V9	V11	V6	V7	V2	V1	D6
V9	V5	V4	V11	V1	V8	V3	V7	V2	V10	V6	D2
V11	V7	V8	V3	V9	V2	V4	V1	V6	V5	V10	D0
V6	V4	V1	V5	V3	V10	V7	V8	V9	V2	V11	D7
V1	V3	V2	V7	V4	V6	V9	V10	V5	V11	V8	D4
V5	V8	V10	V9	V11	V3	V2	V4	V1	V6	V7	D3

V3	V1	V2	V6	V7	V4	V9	V10	V5	V11	V8	D6
V7	V10	V9	V11	V3	V2	V6	V1	V4	V8	V5	D5
V2	V6	V5	V4	V10	V7	V8	V3	V11	V9	V1	D4
V11	V8	V3	V1	V5	V9	V4	V7	V2	V6	V10	D3
V9	V4	V7	V2	V6	V11	V10	V5	V1	V3	V8	D2
V10	V5	V11	V9	V8	V2	V1	V3	V6	V4	V7	D1
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	D0

#### 3.2.1 En serre :

L'expérimentation a été menée en conditions climatiques semi-contrôlées. Les graines ont été semées en sol analysé (**Tableau06-07**), dans des sacs en plastique étiquetés d'une longueur 25 cm et 15 cm de large.

En date du 26/02/2017 : Nous remplissons les sacs au nombre de 231 sacs et semons 6 graines par sacs, les sacs contiennent des petits trous pour l'aération.

CODE	TEXTURE (Ammadji, 1999)	GRANULOMETRIE(%)				
		Méthode pipette ROBINSON.				
		A	Lf	Lg	Sf	Sg
Sol	Limon-argileux	26,27	0,15	56,24	17,01	10,33

Tableau 06: Analyse physique de sol.

Paramètre d'analyse	Echantillon	Valeur	Très faible	Faible	Normal	Elevé	Très élevé
PH rapport 1/25 à 25°C	SOL	7,91	6,5-7,5		L.A		
Rapport 1/25à 25°C	SOL	0,322	0,6	*****			
MO(%)	SOL	0,211	1,5-2,5		Sol.peu.O		
CaCO3 Tot (%)	SOL	33,43	5%				****
CaCO3 Act (%)	SOL	16,63	4				****
P2O5(ppm)	SOL	7,525	180-220	***			

L.A= Légèrement Alcalin

Sol.peu.O= Sol peu organique

Tableau 07: Analyse physico-chimiques se sol.

Après le semis, nous avons procédé à l'organisation des sacs dans une parcelle et chaque parcelle est répartie en 3 blocs, et chaque bloc contient 77 sacs qui sont placés en travers par le nombre de doses d'engrais (Figure13).



Figure 13 : L'installation des sacs de semi.

Nous pesons 7 doses de MAP (52% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et on les met dans les sacs (**Tableau08**), et on précède à l'irrigation lorsque c'est nécessaire.

Vingt jours après le semis, on observe la croissance des graines de blé dur (**Figure14**),

- On calcule la hauteur de chaque plante et l'enregistrer.
- Nous répétons l'opération 3 fois chaque 15 jours pour étudier l'effet du phosphore sur la croissance.
- Lorsque les feuilles de la plante sont sorties nous ajoutons 1g d'azote pour chaque sac avec l'arrosage chaque fois.



**Figure14** : La croissance des graines des variétés de blé dur .

### 3.2.2. Au laboratoire :

#### 3.2.2.1. Sécher les échantillons :

- ❖ On a choisit 6 variétés (**V4-V5-V6-V7-V8-V9**) avec 4 doses (**D0-D1-D2-D3**) parmi les 11 variétés ;
- ❖ On a coupé la partie aérienne et sécher dans l'étuve pendant 72 heures avec une température de 72°C (**Figure 15**), puis broyé ;
- ❖ Après refroidissement sous dessiccateur, on pesé 0,2g de matière sèche de chaque échantillon (**Figure16**) et on place dans un creuset porcelaine (**Figure 17**), et mis les creusets dans un four à moufle dans une température 450°C pendant 6 heures (**Figure 18**) ;



Figure 15 : Les échantillons dans l'étuve.



Figure 16 : Pesé la matière sèche.



Figure 17: La matière dans les creusets.



Figure 18: La matière au four à moufle.

### 3.2.2.2. Préparation des solutions :

Après refroidissement, les 24 échantillons choisis sont mis dans les tubes à essai et sont préparés pour 2 attaques :

**Attaque 1** : avec la solution A, solution d'extraction qui contient un mélange de l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (500 ml), acide perchlorique  $\text{HClO}_4$  (250 ml).

Après, l'ajoute de 2,5 ml de cette solution dans les tubes à essai en mélange par le vortex pour assurer l'homogénéité totale (**Figure 20**). Ensuite, on les met dans l'étuve pendant 1h ½ avec T 150°C.

**Attaque 2** : avec la solution B,  $\text{NHCl}$  qui contient un mélange de  $\text{HCl}$  (290 ml) et l'eau distillé (400 ml).

- ✓ Après, on ajoute 1,5 ml de 6N  $\text{HCl}$  dans les tubes à essai et on mélange par le vortex pour assurer l'homogénéité totale ;
- ✓ Ensuite, on les met dans l'étuve pendant 1h avec T 150°C

- ✓ Après le refroidissement, on rajoute 15ml de l'eau distillée par la pipette et mélanger par le vortex ;
- ✓ On rajoute aussi 37 ml de l'eau distillé



Figure 19: Le refroidissement de la matière.



Figure 20: L'agitation par le vortex.

### 3.2.2.3. L'analyse en spectrophotomètre :

On prépare les solutions des échantillons pour l'analyse de la teneur en Ca, Na, K, et P des parties aériennes des variétés testées et on a les résultats de l'absorbance des 4 éléments :

#### A / L'absorbance de Ca :

Ca						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	15	7	18	20	25	27
D1	33	7	18	6	16	23
D2	9	21	30	13	36	23
D3	8	7	5	6	11	14

#### B/ L'absorbance de Na :

Na						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	56	37	55	66	43	81
D1	46	17	21	13	30	44
D2	23	59	50	41	37	60
D3	66	55	91	30	23	19

**C / L'absorbance de K :**

K						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	102	112	96	90	77	112
D1	100	83	110	118	245	215
D2	169	162	101	95	108	122
D3	114	94	112	107	76	86

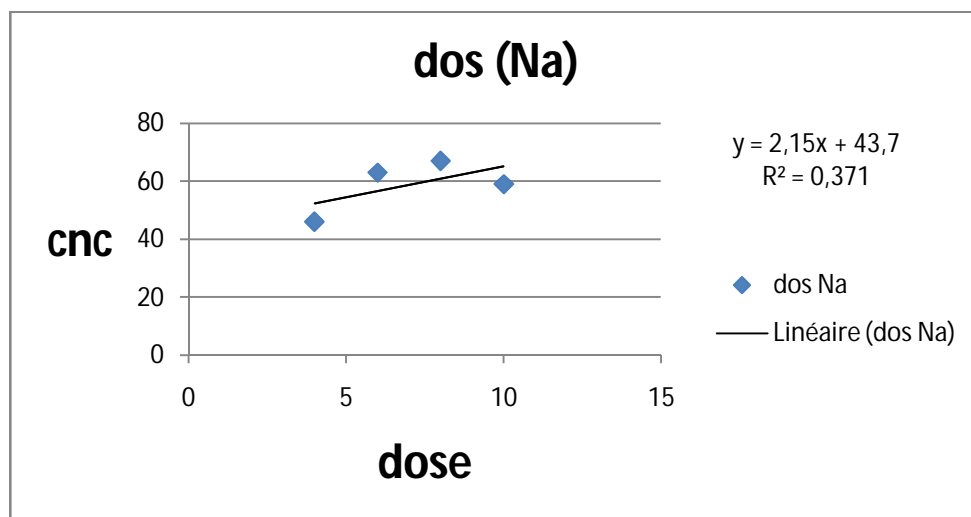
**3.2.2.4. Les gammes et les courbes d'étalonnage :**

**A / Na :**

**A-1. Tableau de gamme étalon de Na :**

cnc (ppm)	4	6	8	10
Dos (Na)	46	63	67	59

**A-2. Courbe étalon de Na :**

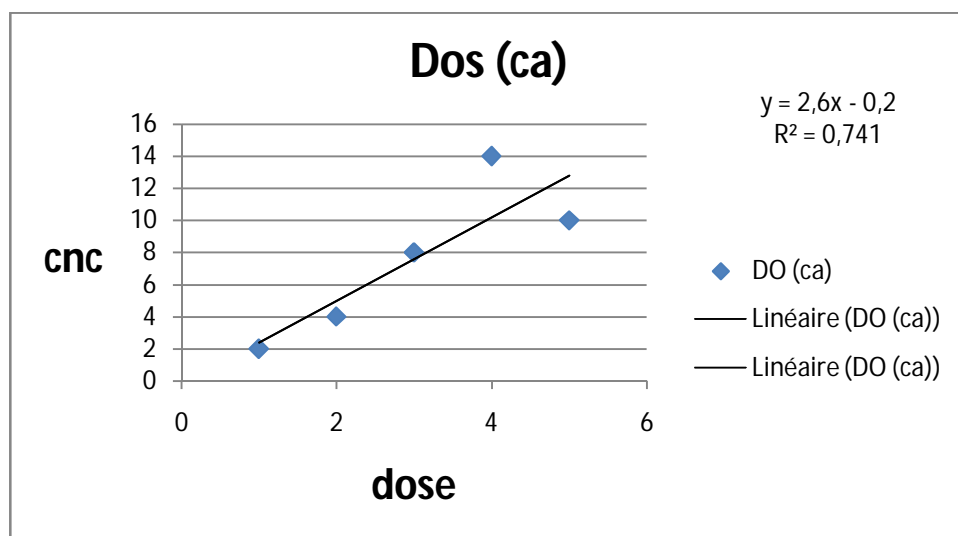


**B / Ca :**

**B-1. Tableau de gamme étalon de Ca :**

conc (ppm)	20	50	100	150
Dos (Ca)	2	4	8	14

**B-2. Courbe étalon de Ca :**

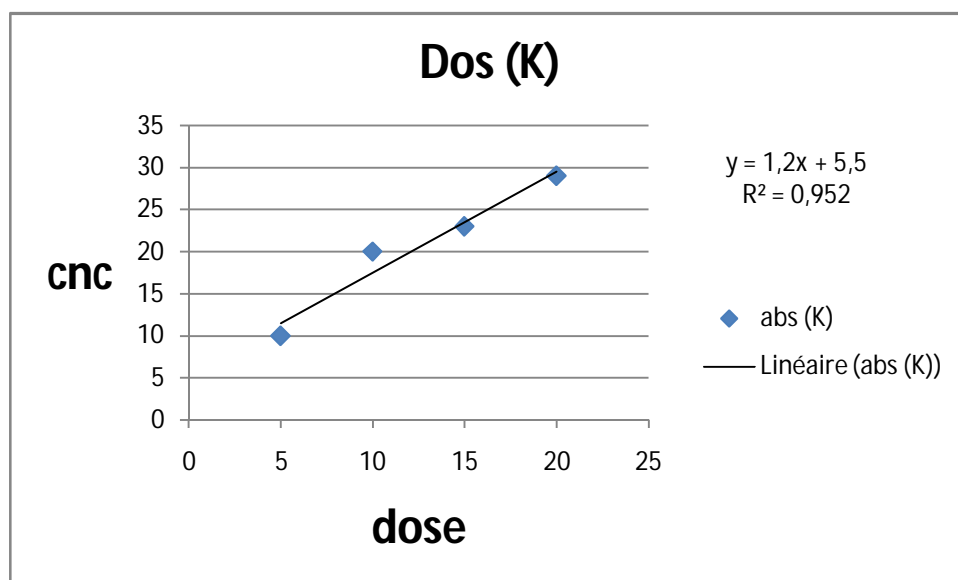


**C / K :**

**C-1. Tableau de gamme étalon de K :**

conc(ppm)	5	10	15	20
Dos (K)	10	20	23	29

**C-2. Courbe étalon de K :**



### 3.2.2.5. Préparation la gamme étalon de phosphore (P) :

#### La méthode :

Solution1 : On a pesé 7,5 g de molybdate d'ammonium + 40ml d'eau distillé (eau tiède) avec l'agitation manuellement pour la dissociation total

Solution 2 : dans un bicher, on mit 56,4 ml d'acide sulfurique et on ajoute une quantité de l'eau distillé pour obtenir une quantité de 200 ml de solution .

Ensuite, on mélange les 2 solutions (1 et 2) dans une fiole de 200 ml et on rajout une quantité de l'eau distillé jusqu'à l'obtention de 200 ml.

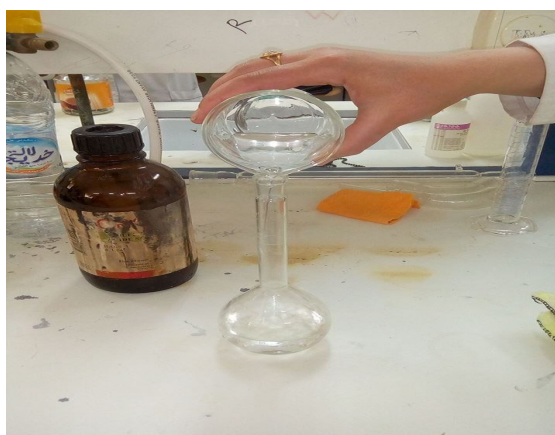
Réactif sulflomolybdique :

On a pesé 0 ,75 g de  $\text{FeSO}_4$  pour le mélange avec 50 ml de l'eau distillé ( **Figure22**)

On a pesé 68 mg de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (**Figure21**) pour le mélange avec 100 de l'eau distillé .



**Figure21** : Peser  $\text{FeSO}_4$



**Figure 22** : L'ajoute de l'eau distillé.

Après la préparation des solutions :

- 1- On prend six tubes à essai on y met les solutions déjà préparées et les solutions à doser comme suit :

	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6
<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	0ml	0,4ml	0,8 ml	1,2 ml	1,6ml	2 ml
<b>L'eau distillé</b>	2ml	0,16ml	0,12ml	0,08 ml	0,04ml	0ml
<b>Réactif</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
<b>L'eau distillé</b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

- 2- Après préparation nous laissons les tubes pendant 15 minutes pour réaction jusqu'à obtention de la couleur bleue puis on lit sur le spectrophotomètre (**Figure**).



**Figure 23:** Réaction de phosphore.

### 3.2.2.6. L'absorbance de phosphore

On prépare 24 tubes à essai selon le nombre d'échantillons à analyser et on met dans chaque tube ce qui suit : 2 ml de chaque échantillon, 2 ml réactif et 1 ml de FeSO<sub>4</sub> et 1 ml d'eau distillée.

	<b>D0</b>					
<b>Les tubes a essai</b>	<b>D0V4</b>	<b>D0V5</b>	<b>D0V6</b>	<b>D0V7</b>	<b>D0V8</b>	<b>D0V9</b>
<b>L'échantillon</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>Réactif</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
<b>L'eau distillé</b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

	<b>D1</b>					
<b>Les tubes a essai</b>	<b>D1V4</b>	<b>D1V5</b>	<b>D1V6</b>	<b>D1V7</b>	<b>D1V8</b>	<b>D1V9</b>
<b>L'échantillon</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>Réactif</b>	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
<b>L'eau distillé</b>	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

	D2					
Les tubes a essai	D2V4	D2V5	D2V6	D2V7	D2V8	D2V9
L'échantillon	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
Réactif	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
FeSO4	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
L'eau distillé	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

	D3					
Les tubes a essai	D3V4	D3V5	D3V6	D3V7	D3V8	D3V9
L'échantillon	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
Réactif	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
FeSO4	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
L'eau distillé	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

Après préparation nous laissons les tubes pendant 15 minutes pour réaction jusqu'à obtention de la couleur bleue puis on lit sur le spectrophotomètre (Figure).

	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	15	5	3	29	12	1
D1	22	156	6	3	3	25
D2	37	72	10	14	5	49
D3	63	36	20	1	67	25

Tableau 08: L'absorbance de phosphore



Figure 24: Réaction du phosphore.



Figure 25: Spectrophotomètre .

### 3.3. Racine et biomasse aérienne au stade épisaison :

Nous pesons la plante toute entière puis nous pesons après coupe la partie aérienne seule et la partie racinaire seule, pour les échantillons épiés nous pesons également les épis.



**Figure 26 :** Les échantillons pour peser

## CHAPITRE 4 : Résultats et discussion

### 4.1. La vitesse de croissance :

#### 4.1.1. Les tableaux de mesure de croissance (cm):

##### Mesure 1 : 15 mars 2017

##### Répétition 1 :

12,4	10	5	14	15	16,2	16	13,8	0	12,2	13,1	D6
13,5	12	7,3	12,2	11,9	10,6	13	11,2	13	11,7	11	D5
10,6	0	11,5	11,1	13	8,5	12,5	8,2	11,5	12,5	11,7	D4
12,5	13	10,8	6,3	14,2	14,6	12,7	13	12	11,6	9,9	D3
8,5	5,5	11,2	10,4	13	12,4	13	13,8	11,1	10	12,1	D2
9,2	12	12,6	12,5	12,7	14	14,5	9,3	11,9	10,8	11,5	D1
9,5	2	9,7	11,9	14,5	11,9	10	13	11,8	11	10,7	D0

##### Répétition 2 :

12,1	13,3	13,4	14,3	12	13	4	0	12,9	11,2	7	D1
12,3	12,5	11,7	14	10,5	14	11,6	8,6	11,7	8,2	11,6	D6
11,9	14,1	13,5	11,8	11,5	12	0	4,5	11	9,1	12,5	D2
11,5	10	0	0	13,1	8,5	12	11	4,5	11	7,6	D0
0	10	0	7,1	4,5	12,5	13,9	13,9	13,9	10	12,7	D5
0	10,2	14	0	0	12,4	11,6	4,4	10,7	12,4	9,6	D4
11,5	12,5	8,2	12,2	11,3	11,2	12,4	12,2	12,5	13	10,5	D3

##### Répétition 3 :

9,2	12	13,8	11,3	14,5	13	10,7	12,9	13,2	12	14,5	D2
15,5	14	12,7	13,3	12,3	7,7	12,5	11,5	11,8	14,6	10,6	D1
10,8	12	12	12,2	12	11	12	12,5	0	11	10,2	D0
6,5	9,5	12,5	11	12,7	11,3	14	12,1	13	11,6	12,5	D4
13,5	8,1	12,8	11,7	11,2	13,3	14,1	13,5	0	0	14,5	D3
11,1	13,6	10	11,5	13,5	13,5	12,7	11,5	9	12,3	10,5	D5
10,5	9,6	12,5	11,9	9,7	12,7	12,6	12,5	12	11,2	13,5	D6

## Mesure 2 : 23 mars 2017

## Répétition 1 :

23,3	20	10,1	22,1	22,2	24,3	28,2	26	0	27,1	25,3	D6
20	24,7	13,5	27,1	22,2	21,3	23,2	20,3	21	22,2	20,8	D5
19,7	12,8	20,2	17,5	24,7	15,5	21,2	21	26,2	24,9	19,8	D4
24,5	25	22	22,3	23,7	27,3	22	22	21	22,2	20	D3
17,8	14,7	21	26	24,2	27,8	27,2	21,3	20,1	22,1	22,3	D2
16,7	21	28,1	27	27,4	29,7	22	21,1	22	19,8	19,3	D1
17,2	18,3	21,3	19,5	21,2	22,2	19	26,6	21	21,3	23	D0

## Répétition 2 :

23,4	22,8	26	23,7	19,7	22,1	0	0	28	20,2	17,4	D1
22,4	25	23,4	22,2	22,1	24	29	20	21,2	17,7	24,6	D6
22,1	26,4	22,3	26,4	21,8	24,2	0	15,9	21	19,4	21,2	D2
27,4	17,6	0	14,2	23,7	18,1	20,9	19,4	14,6	19,9	18,5	D0
12,8	19,8	0	15,4	0	11,4	23,4	24,2	24,3	17,7	25,2	D5
0	22,7	25	11,5	0	21	24,2	15,5	24,8	27	21,8	D4
20,2	26,2	16,1	22,3	25,9	20,3	20,1	20,1	21	22,1	19,8	D3

## Répétition 3:

19,1	22,9	26,2	21,2	29	19,9	22,6	22,1	23,4	20,2	26,2	D2
24,2	24,1	21,2	23,4	21,2	21,8	21,2	23,2	20,3	23,4	21,6	D1
16,9	21,7	21,2	23,9	23,2	21,2	20,8	19,9	0	17,2	20,3	D0
16,5	21,2	22,3	21	22,8	18,6	26,8	20,6	24	27,1	25,1	D4
17,4	21	21	21	21,3	21	29,1	24,1	0	0	26,9	D3
20,3	24,6	20	19,9	24	29	23	21,1	19,4	22,3	26,9	D5
18,9	19,3	26	24,2	22,2	23	22,1	24,5	23	19,3	21,7	D6

## Mesure 3 : 04 avril 2017

## Répétition 1 :

37,4	33,3	35,5	32,3	48,4	38,5	45,6	47,9	0	46,2	42,3	D6
28,2	34,3	34,5	46,5	32,2	42,7	38,2	44,5	33,8	43,4	35,9	D5
24,7	23,2	30,8	39,5	52,5	38,8	47,8	39,3	48,1	46,7	33,4	D4
35,4	44,4	33,5	22,3	39,2	40	40,8	39,4	30	36,8	31,2	D3
33,1	30,2	29,2	45,5	38	45	43,8	40,3	33	41	35,4	D2
26,7	36,1	44,5	40,4	42,6	45	36,5	33,7	30,6	30,4	29	D1
20,5	29,3	28,6	30,3	30,5	34,2	28	38,9	34,6	39,1	34,9	D0

**Répétition 2 :**

46,7	34,3	55,7	42,6	41,8	41,8	0	0	55,3	38,4	37,3	<b>D1</b>
37,1	44,9	38,3	42,9	51,5	50,4	61,4	33,4	41,6	34,9	34,1	<b>D6</b>
39	42,7	40,5	54,7	40,3	40,7	0	37,5	37,5	36,4	26	<b>D2</b>
41,5	33,4	0	40,8	36,9	30	35	31	32,4	42,5	35,2	<b>D0</b>
27,9	34,4	0	41,9	0	29,7	46,8	43,3	42,3	32,7	41,2	<b>D5</b>
0	28,5	34,1	25,7	0	32	44,5	35,2	34,9	42,2	35	<b>D4</b>
24,5	36	27,2	29,1	42,3	28,4	30,1	30,1	37,7	33,2	30,5	<b>D3</b>

**Répétition 3 :**

48,2	34,3	43,4	39	43,2	37,5	46,9	46,8	41	36,7	28,5	<b>D2</b>
36,5	42,3	43,4	47,5	43,1	41,3	42,4	36,8	46,4	41,9	35,9	<b>D1</b>
30	30,4	32,3	45,8	45	40,7	49,3	37,8	0	31	33,3	<b>D0</b>
30,7	29,6	42,7	36,7	40,3	46,8	46,5	40,4	52,8	46,5	38,2	<b>D4</b>
40,4	34	40,8	37,8	43,8	43,5	61,7	42,3	0	0	42,9	<b>D3</b>
47,8	36,9	36,3	38,5	54,9	44,3	47,8	37,2	56,1	34,3	47,2	<b>D5</b>
27,8	44,7	46,5	40,9	44,5	42,4	44,5	44,3	45,9	35,7	33,2	<b>D6</b>

**4.1.2. Les tableaux de moyenne de la hauteur des plantes de chaque mesure :****Mesure 1 :**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>
<b>D0</b>	10,50	7,10	6,63	12,13	12,50	9,47	11,97	4,33	12,30	9,87	11,47
<b>D1</b>	10,00	11,23	5,67	12,10	11,67	11,93	11,93	13,43	13,30	11,97	13,77
<b>D2</b>	11,87	10,70	6,40	10,63	13,20	12,90	9,23	12,87	11,40	11,37	12,90
<b>D3</b>	8,97	8,13	7,33	12,73	12,30	12,47	11,73	13,00	13,43	10,87	12,63
<b>D4</b>	6,07	11,87	9,30	7,87	11,17	8,37	6,87	12,03	12,20	10,13	11,83
<b>D5</b>	7,07	9,87	9,30	11,50	10,27	8,43	13,63	13,07	11,57	12,00	11,80
<b>D6</b>	11,70	8,60	11,47	13,27	7,40	11,53	12,63	12,70	13,97	12,33	12,10

**Mesure 2 :**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>
<b>D0</b>	12,20	17,77	18,60	20,10	20,77	19,50	19,13	8,87	22,63	20,33	24,77
<b>D1</b>	15,07	22,77	14,30	21,03	20,50	22,13	20,07	24,83	25,70	21,17	26,77
<b>D2</b>	20,60	23,20	13,73	19,70	22,97	24,93	19,03	25,17	22,03	23,17	26,80
<b>D3</b>	21,43	13,70	14,10	21,03	21,73	21,77	20,93	25,10	22,33	21,00	26,50
<b>D4</b>	12,1	21,9	21,67	13,27	21,2	18,87	15,87	23,27	24,73	21,4	26,77
<b>D5</b>	13,43	19,47	14,43	20,23	19,73	19,43	24,13	23,67	20,60	18,80	26,40
<b>D6</b>	22,10	16,63	22,63	21,60	14,10	21,70	20,90	24,93	25,47	23,70	27,37

Mesure 3 :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
D0	20,67	29,77	34,23	34,37	35,10	32,33	36,90	12,97	38,83	38,33	40,73
D1	24,43	41,90	25,00	38,20	40,30	33,60	37,97	44,23	46,10	38,43	45,43
D2	36,93	43,30	29,73	39,17	40,67	35,00	34,47	39,77	38,50	38,17	42,73
D3	31,33	20,03	20,63	38,13	35,83	36,93	35,90	40,90	36,50	33,77	46,47
D4	21,37	31,83	32,47	27,4	37,5	31,83	34,97	43,1	43,13	46,83	45,6
D5	26,93	43,83	23,13	35,57	41,87	33,47	39,77	41,20	43,90	37,27	44,97
D6	33,53	38,30	39,67	42,03	22,03	37,20	41,90	43,83	45,63	47,27	51,37

4.1.3. La vitesse de croissance (cm/jour) :

Loi de croissance : (Mesure finale – Mesure initiale) / nombre de jour.

4.1.3.1. La vitesse A :

(Moyenne de mesure 2 – moyenne de mesure 1) / 23mars – 15 mars .

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
D0	0,21	1,33	1,50	1,00	1,03	1,25	0,90	0,57	1,29	1,31	1,66
D1	0,63	1,44	1,08	1,12	1,10	1,28	1,02	1,43	1,55	1,15	1,63
D2	1,09	1,56	0,92	1,13	1,22	1,50	1,23	1,54	1,33	1,48	1,74
D3	1,56	0,70	0,97	1,05	1,18	1,16	1,15	1,51	1,11	1,27	1,73
D4	0,75	1,25	1,55	0,68	1,25	1,31	1,13	1,41	1,57	1,41	1,87
D5	0,80	1,20	0,64	1,09	1,18	1,38	1,31	1,33	1,13	0,85	1,83
D6	1,30	1,00	1,40	1,04	0,84	1,27	1,03	1,53	1,44	1,42	1,91

Tableau 09: Mesure de croissance des plante de blé dur à 15 mars jusqu'à 23 mars.

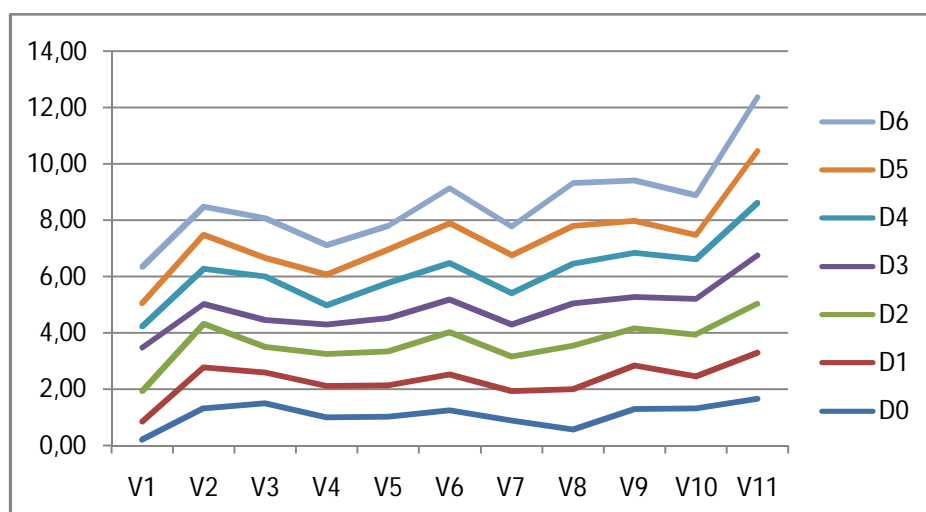


Figure 27 : Courbe de croissance des plante de blé dur à 15 mars jusqu'à 23 mars.

**Discussion :**

La première constatation qu'on peut tirer de ce graphe est que la croissance des plantes de blé dur pour toutes les variétés est proportionnelle à la dose d'engrais, néanmoins, les variétés 2, 6,9 et 11 ont enregistré les meilleurs démarrages en croissance, tandis que les variétés 1,7 et 4 ont eu le démarrage en croissance le plus faible. Les variétés d'origine algérienne ont répondu plus favorablement à l'apport starter du phosphore que les variétés introduites ou améliorées.

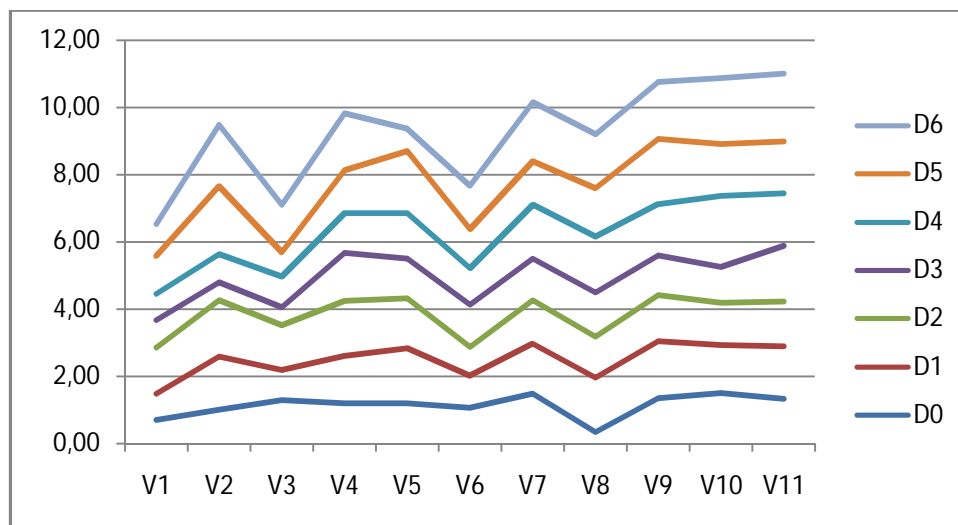
Semito (variété 3) et GTA dur (variété 2) semblent être les plus efficaces en matière d'utilisation du P car elles ont pu réaliser le meilleur taux de croissance durant cette première semaine uniquement avec la dose D0 autrement dit sans apport aucun se contentant seulement du phosphore disponible du sol.

**4.1.3.2. La vitesse B :**

(Moyenne de mesure 3 – moyenne de mesure 2) / 4 avril - 23mars.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
D0	0,71	1,00	1,30	1,19	1,19	1,07	1,48	0,34	1,35	1,50	1,33
D1	0,78	1,59	0,89	1,43	1,65	0,96	1,49	1,62	1,70	1,44	1,56
D2	1,36	1,68	1,33	1,62	1,48	0,84	1,29	1,22	1,37	1,25	1,33
D3	0,83	0,53	0,54	1,43	1,18	1,26	1,25	1,32	1,18	1,06	1,66
D4	0,77	0,83	0,90	1,18	1,36	1,08	1,59	1,65	1,53	2,12	1,57
D5	1,13	2,03	0,73	1,28	1,85	1,17	1,30	1,46	1,94	1,54	1,55
D6	0,95	1,81	1,42	1,70	0,66	1,29	1,75	1,58	1,68	1,96	2,00

**Tableau 10:** Mesure de croissance des plante de blé dur à 23 mars jusqu'à 4 avril.



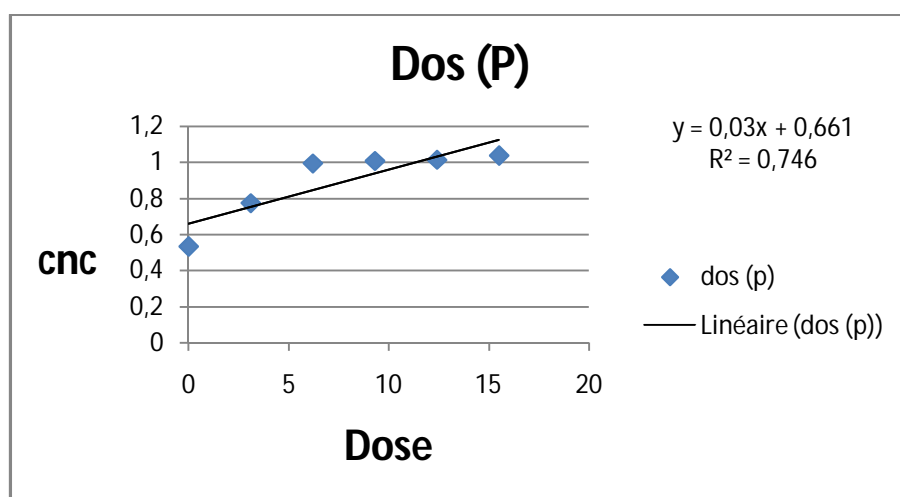
**Figure 28:** Courbe de croissance des plante de blé dur à 23 mars jusqu'à 4 avril.

**Discussion :**

Durant les douze jours qui ont succédé à la première semaine, le phosphore continue toujours d'agir d'une manière positive sur la croissance des plantes des variétés testées ; les variétés ayant enregistré les meilleures performances durant la première semaine, ont gardé le même rythme de croissance sauf pour la variété Cirta (6) qui elle, n'a pas répondu favorablement.

**4.2. La teneur en élément :****4.2.1. L'analyse de phosphore (P) :****A/ Tableau de gamme étalon :**

<b>cnc (ppm)</b>	0	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5
<b>dos (p)</b>	0,533	0,774	0,995	1,008	1,014	1,038

**B/ Courbe de talonnage de phosphore (P) :****C/ Les résultats de l'absorbance de phosphore (P) :**

	V4	V5	V6	V7	V8	V9
<b>D0</b>	15	5	3	29	12	1
<b>D1</b>	22	156	6	3	3	25
<b>D2</b>	37	72	10	14	5	49
<b>D3</b>	63	36	20	1	67	25

**D/ Les résultats d'analyse de spectrophotomètre :**

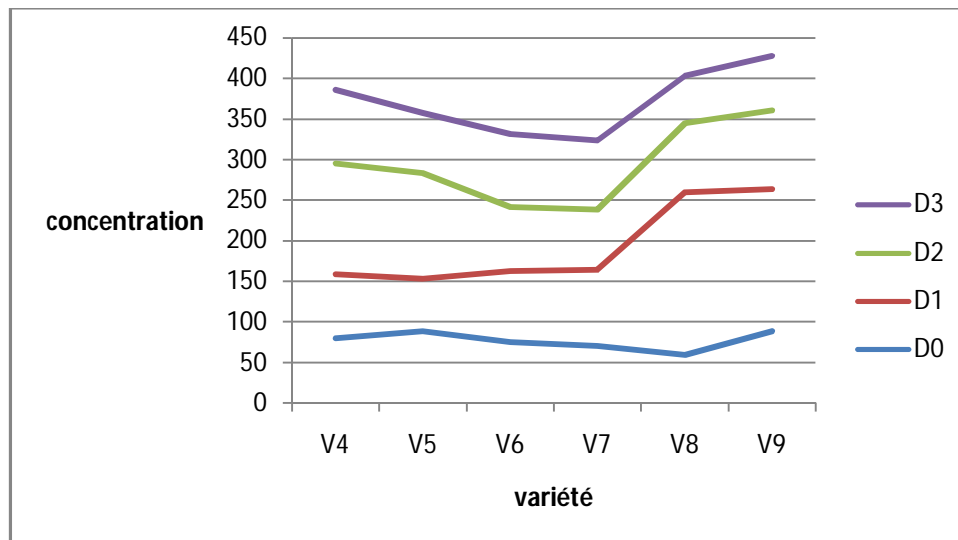
On a les résultats de de spectrophotomètre de chaque variétés étudiées avec les quatres éléments (Na, Ca, K, et P) et l'équation de talonnage des éléments et on remplace les relations par les résultats obtenus pour l'obtention de la teneur en élément :

<b>Les équations:</b>	
<b>P</b>	<b>K</b>
$y= 0,03x + 0,661$ $x= y/0,03 - 0,661$	$y= 1,2x + 5,5$ $x = y /1,2 -5,5$
<b>Na</b>	<b>Ca</b>
$y= 2,15x + 43,7$ $x= y/2,15 - 43,7$	$y= 2,6x - 0,2$ $x= y /2,6 +0 ,2$

**A/ K :**

	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	<b>V9</b>
<b>D0</b>	80,42	88,75	75,42	70,42	59,58	88,75
<b>D1</b>	78,75	64,58	87,08	93,75	199,58	174,58
<b>D2</b>	136,25	130,42	79,58	74,58	85,42	97,08
<b>D3</b>	90,41	73,75	88,75	c84,58	58,75	67,08

**Tableau 11:** Concentration de K .



**Figure 29:** Courbe de concentration de K .

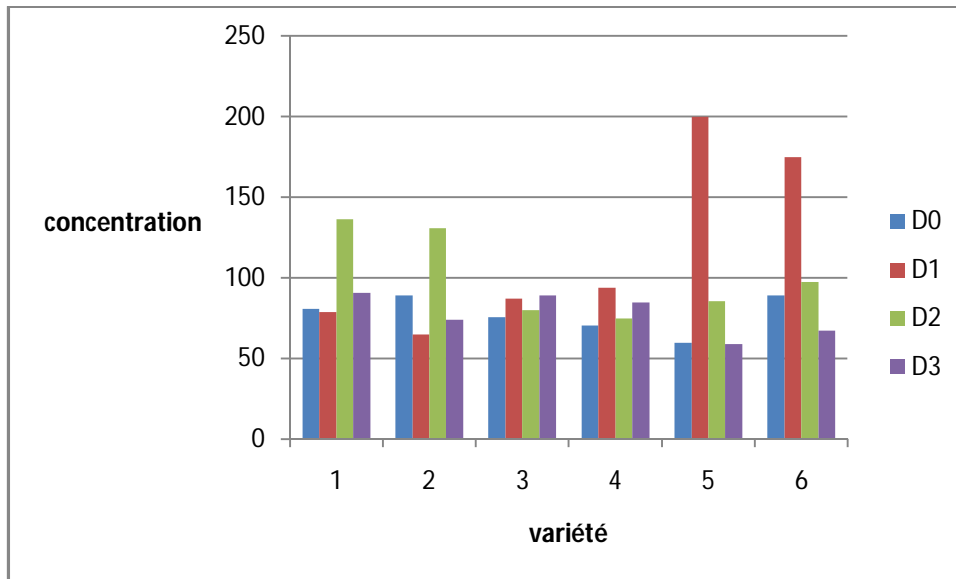


Figure 30: Histogramme de constration de K.

B/ Na :

	V4	V5	V6	V7		V8
D0	5,72	3,12	5,26	10,37	0,33	17,35
D1	1,07	12,42	10,56	14,28	6,37	0,14
D2	9,6	7,12	2,93	1,26	3,12	7,58
D3	10,37	5,26	22	6,37	9,63	11,49

Tableau 12: Concentration de Na .

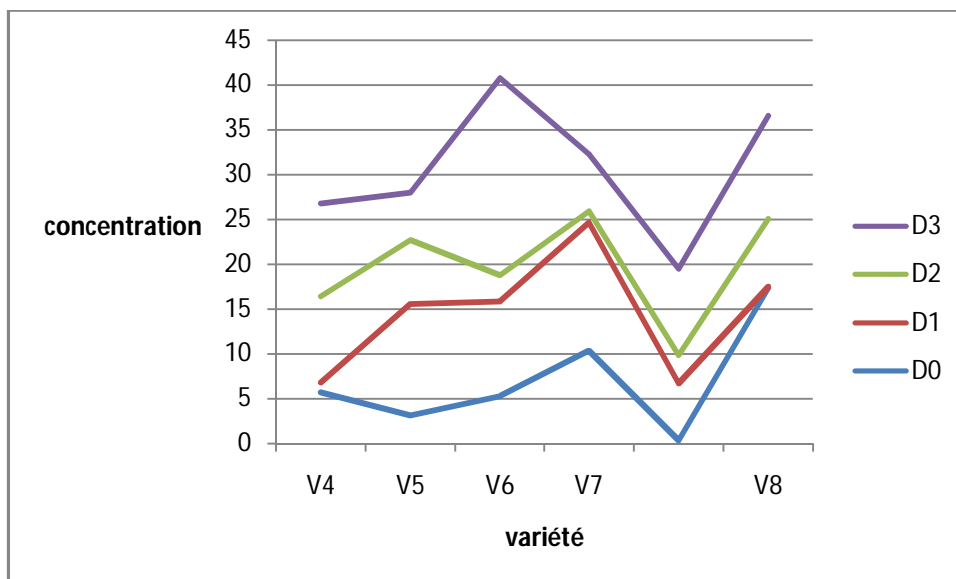


Figure 31: Courbe de concentration de Na.

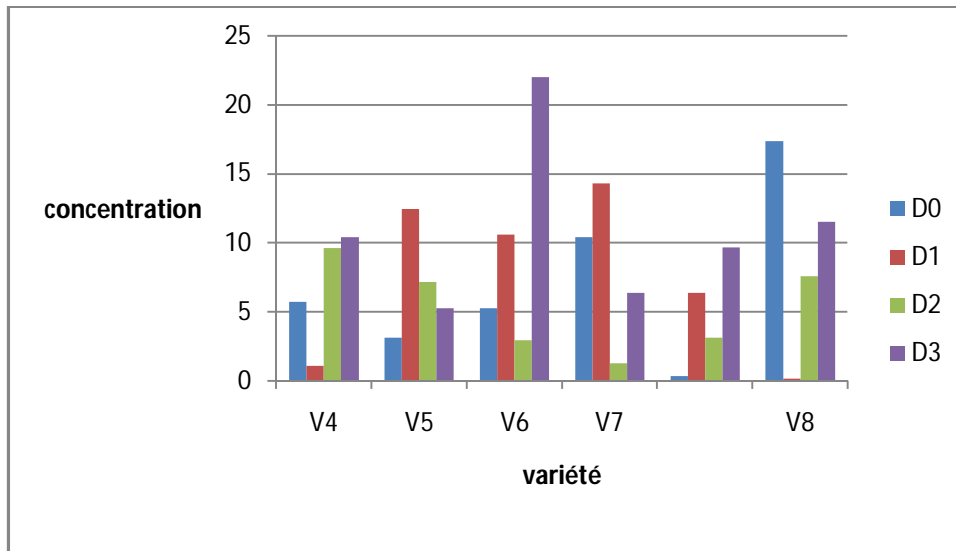


Figure 32: Histogramme de concentration de Na.

C/ Ca :

	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	5,84	2,77	7	7,77	9,69	10,46
D1	12,77	2,77	7	2,38	6,23	8,92
D2	3,54	8,15	11,62	5,08	13,92	8,92
D3	3,15	2,77	2	2,38	4,31	5,46

Tableau 13: Concentration de Ca.

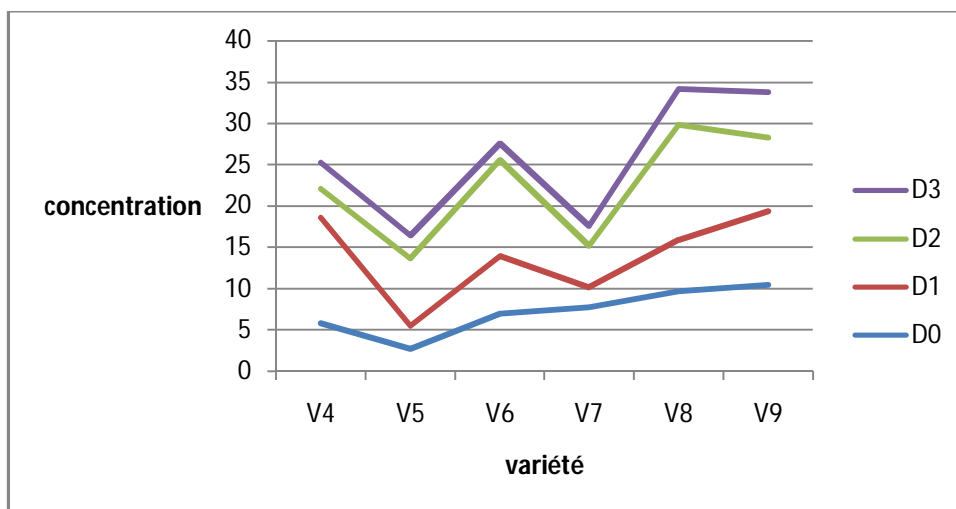


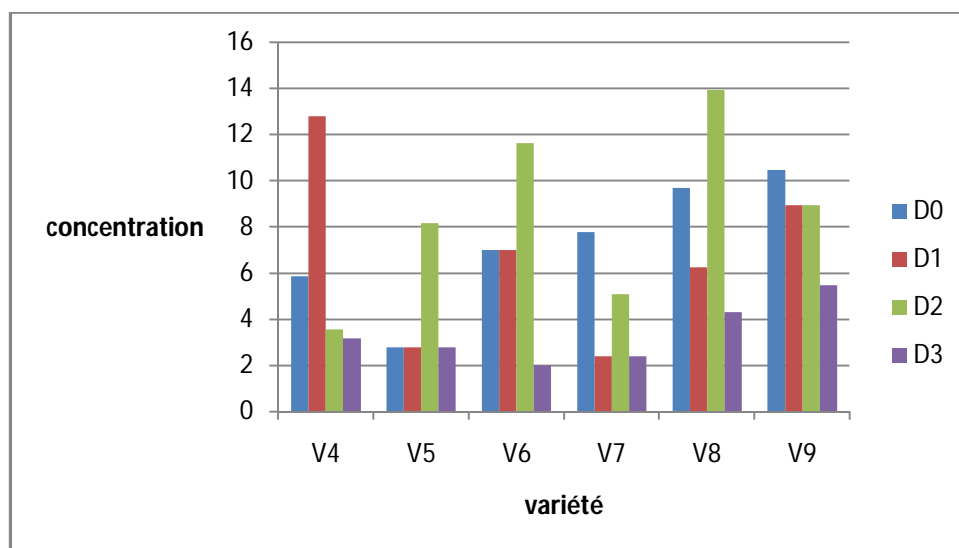
Figure 33: Courbe de concentration de Ca.

**Discussion :**

On remarque d'après le diagramme (**Figure 32**) que la concentration dans les variétés testées (V4, V5, V6, V7, V8, V9) est proportionnelle à la dose de l'engrais utilisé plus la dose augmente et plus la concentration en Ca de la variété augmente. Il semble que l'engrais phosphaté est un bon facteur pour un meilleur prélèvement du Ca par les variétés testées ; toutefois, la V9 prélève à D0 mieux que V5 et V7 à la dose 1 donc elle se distingue du lot surtout que ses prélèvements en ce même élément est encore le meilleur de tous lorsque la dose d'engrais est augmentée.

Concernant K et Na, là encore la variété V9 se distingue encore par ses performances ; elle prélève plus de Na sans apport de P plus que ne le font V4, V5 ou V6 avec un apport D1.

La variété 7 prélève exactement la même quantité de Na que ce soit aux doses 1 ou 2.



**Figure 34** : Histogramme de concentration en Ca.

**Discussion :**

Selon les résultats mentionnés dans l'histogramme (**Figure33**) la dose 2 semble la plus bénéfique pour une augmentation maximale de K dans les tissus des variétés sauf pour la variété où la dose 1 la plus rentable pour une augmentation maximale , alors que les variétés 9 et 7 se sont contentées du phosphore du sol uniquement pour une accumulation maximale de Ca.

D/ P :

	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	0,5	0,14	0,08	0,94	0,38	0,01
D1	0,71	5,18	0,18	0,08	0,08	0,81
D2	1,21	2,38	0,31	0,44	0,14	1,61
D3	2,08	1,18	0,64	0,01	2,21	0,81

Tableau 14: Concentration de P.

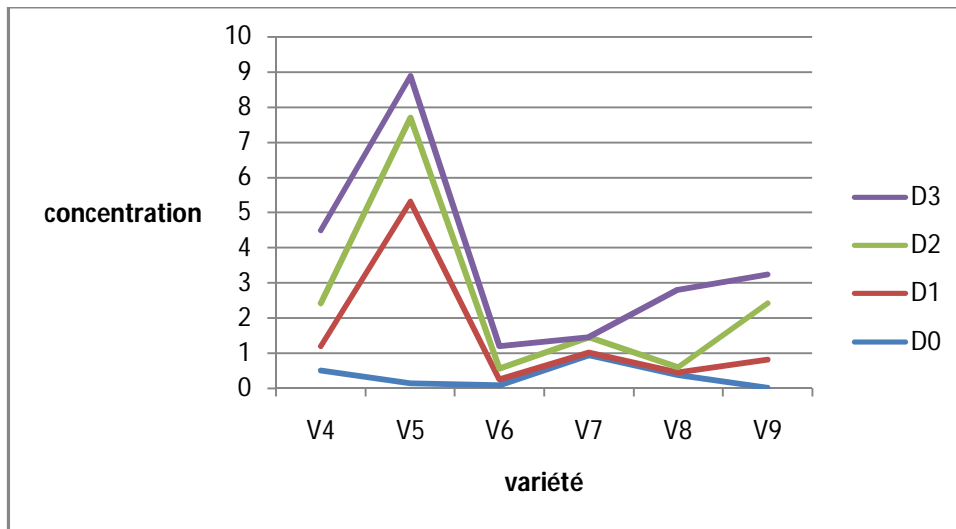


Figure 35: Courbe de concentration de P.

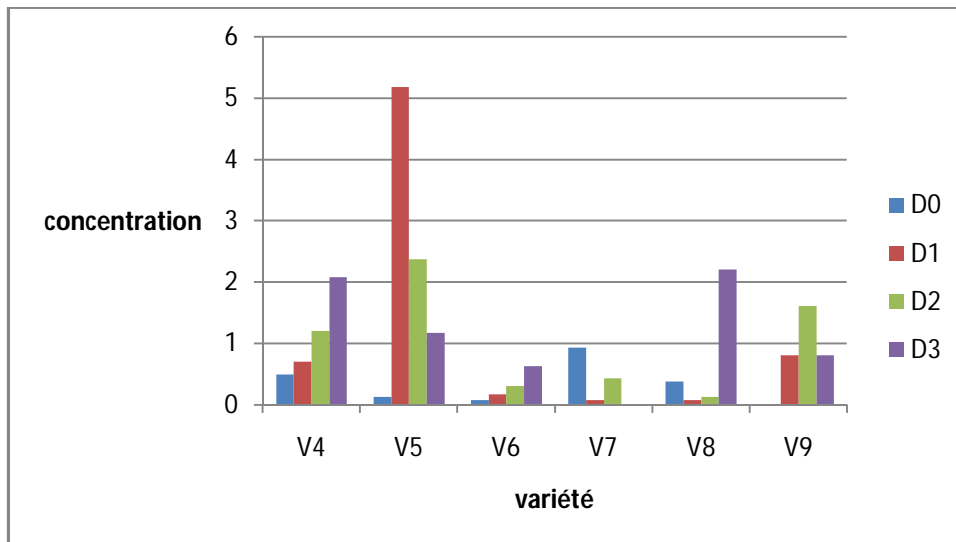


Figure 36: Histogramme de concentration de P.

**Discussion :**

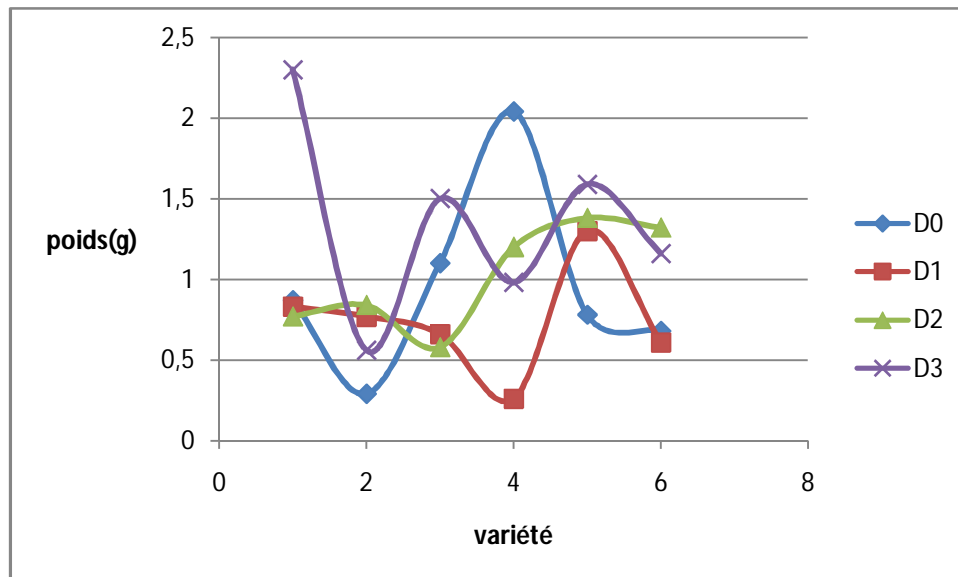
La variété 5 semble celle qui valorise au mieux le phosphore apporté sous forme d’engrais pour en accumuler dans ses différents tissus aériens, la dose 1 est celle qui donne le meilleur rendement donc pas besoin d’apporter plus pour avoir le maximum de prélèvement de P pour cette variété.

**4.3. Biomasse aérienne et système racinaire au stade épisaison :**

**4.3.1. Plante :**

Plante						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	0,87	0,29	1,1	2,04	0,78	0,68
D1	0,83	0,77	0,66	0,26	1,3	0,61
D2	0,77	0,84	0,58	1,2	1,38	1,32
D3	2,3	0,56	1,5	0,98	1,59	1,16

**Tableau 15:** poids totale de plante (g).



**Figure 37:** Nuage de points du poids totale de plante (g).

**Discussion :**

La variété 7 donne le meilleur poids de la plante entière sans apport aucun d’engrais phosphaté. Alors que pour la dose maximale d’engrais c’est plutôt la variété V4 qui se distingue.

## 4.3.2. Racine :

Racine						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	0,24	0,1	0,29	0,34	0,21	0,1
D1	0,22	0,17	0,13	0,086	0,32	0,13
D2	0,11	0,26	0,07	0,33	0,22	0,35
D3	0,45	0,28	0,48	0,25	0,25	0,4

Tableau 16: poids de racine (g).

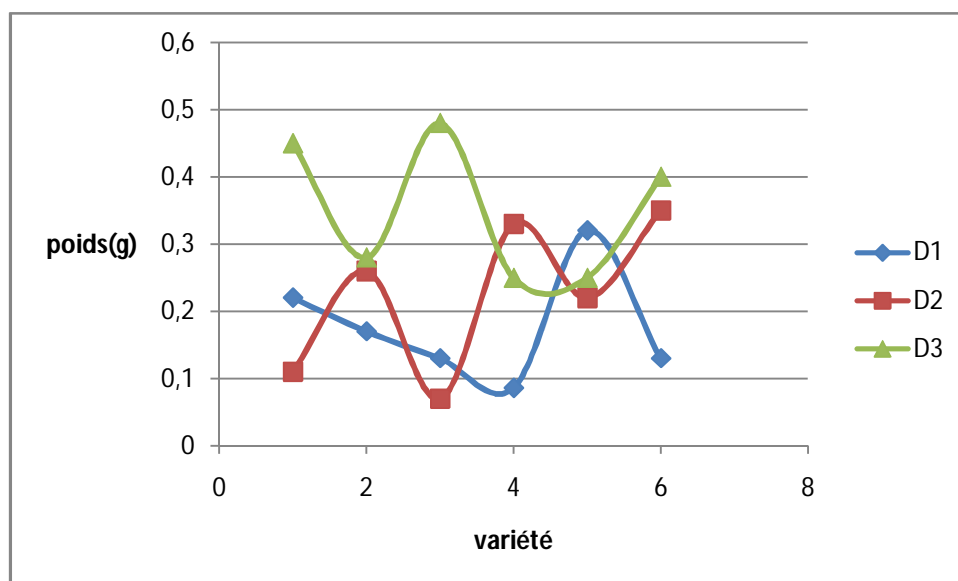


Figure 38: Nuage de points de poids de racine (g) .

## Discussion :

Le système racinaire est d'après la bibliographie la partie de la plante la plus affectée par l'effet du phosphore, la variété 7 qui a donné le meilleur poids de la plante entière a aussi eu le meilleur système racinaire sans aucun apport d'engrais, il semble que le manque du phosphore a eu un effet positif sur cette variété qui est allée le chercher d'où son système racinaire plus développé, alors que V6 a besoin de gros apports pour pouvoir développer son système.

3.2. 3. Partie aérienne :

Partie aérienne						
	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	0,63	0,19	0,81	1,7	0,57	0,58
D1	0,61	0,6	0,53	0,17	0,98	0,48
D2	0,66	0,58	0,51	0,87	0,22	0,97
D3	1,85	0,28	1,02	0,73	1,34	0,76

Tableau 17: poids de partie aérienne (g).

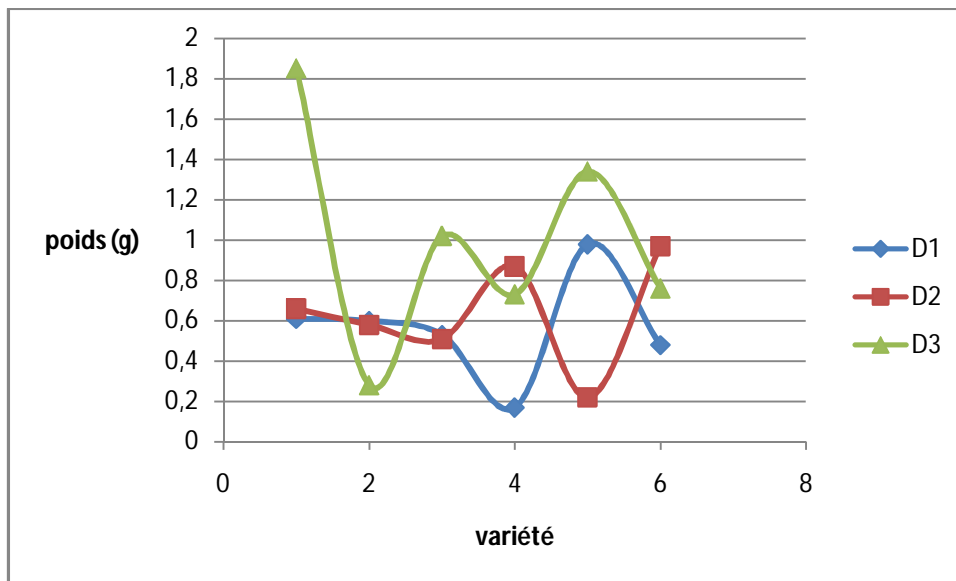


Figure 39: Nuage de points de poids de partie aérienne (g).

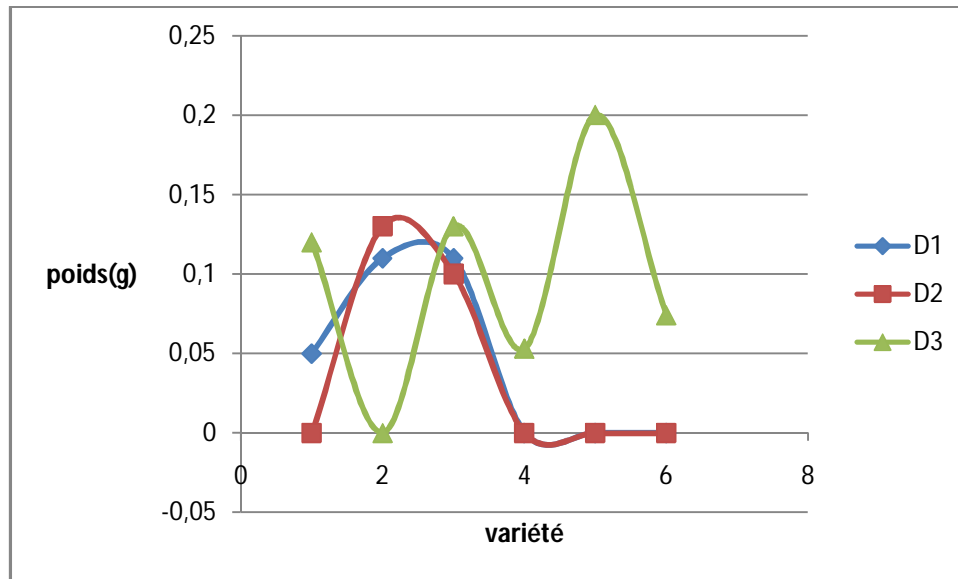
Discussion :

La variété V7 est la plus intéressante.

3.2.4. Epis :

Epis						
V4	V4	V5	V6	V7	V8	V9
D0	0,053	0	0,21	0	0	0
D1	0,05	0,11	0,11	0	0	0
D2	0	0,13	0,1	0	0	0
D3	0,12	0	0,13	0,053	0,2	0,074

Tableau 18: poids d'épis (g).



**Figure 40:** Nuage de points de poids d'épis (g).

#### Discussion :

Malheureusement, pour les épis, les conditions de l'essai ne nous ont pas permis, avoir des résultats assez clairs, toutefois, les variétés qui valorisent le phosphore pour l'orienter vers la production de grains préfèrent bénéficier de gros apports sauf pour V6 qui arrive à orienter son phosphore accumulé vers la production de grain malgré son manque dans son environnement immédiat.

#### Conclusion :

La variété 7 semble joindre l'utile à l'agréable en se contentant de peu de phosphore ce qui est le cas de la majorité de nos terres pour avoir une accumulation en Ca maximale et un assez bon rendement.

### Conclusion

Nous avons essayé à travers ce modeste travail de faire de la lumière sur un aspect de fertilisation des céréales souvent négligé et par les études et par les agriculteurs, en l'occurrence la fertilisation phosphatée souvent mise à un rang inférieur en lui favorisant la fertilisation azotée qui, elle a bénéficié de beaucoup de travaux.

Le premier résultat qui mérite d'être signalé est celui de l'importance de l'apport phosphaté au semis sous forme localisée pour accompagner la graine dans son démarrage en croissance, cette option est justifiée par la nature de cet élément généralement peu mobile et souvent facilement rétrogradé ou associé à des complexes stables.

Le second résultat qui suscite de l'intérêt est celui de la capacité de certaines variétés de blé dur à valoriser mieux que d'autres l'engrais phosphaté et l'orienter vers la production de biomasse et grains. Ces variétés arrivent à produire de la bonne biomasse avec des apports réduits ou allant même jusqu'à ne se contenter que du phosphore du sol.

Les variétés locales ont montré une excellente adaptation aux conditions du milieu et ont pu amorcer un bon démarrage avec des quantités réduites d'apports phosphatés, cette tendance mérite d'être prise en considération pour l'introduire dans des programmes d'amélioration.

Des variétés comme Semito et Gta dur sont des variétés efficaces en matière d'utilisation du phosphore car elles ont pu réaliser le maximum de croissance sans aucun apport.

L'augmentation des apports d'une façon raisonnée et raisonnable permet en plus d'augmenter la croissance, de permettre une meilleure accumulation des éléments minéraux comme le Ca. La variété locale mohamed ben bachir a montré des performances dans ce sens.

## **ملخص:**

المساهمة في دراسة تأثير جرعات مختلفة من الفسفور على نمو عدة اصناف من القمح الصلب في منطقة شبه جافة اجريت التجربة في الموقع التجريبي لمشتلة قايس بولاية خنشلة خلال الموسم الفلاحي 2016-2017 والتي تهدف الى تقييم مدى تأثير مختلف الجرعات الفسفورية على 11 صنف من القمح الصلب:

(Waha – GTA dur – Semito – Boussellam – Vitro – Cirta – Wahbi – Beliouni – Mohamed ben Bachir – Guemgoum R'khem – Djennah khetifa)

اشارت النتائج ان الصنف 7 ذو تأثير عالي النمو وسرعة النمو كما لاحظنا تباين سلوك الاصناف المجربة الذي ادى الى اختلاف في استغلال الفسفور.

**كلمات مفتاحية:** أصناف جرعات, فسفور, سرعة النمو.

---

## **Résumé :**

L'étude de l'effet de différentes doses de phosphore sur la croissance de plusieurs variétés du blé dur dans un endroit sec de l'expérience qui a été menée dans une pépinière située à Kais wilaya de Khenchela courant de l'année 2016/2017 qui vise à évaluer l'étendue des différentes doses phosphorique sur 11 variétés du blé dur :

(Waha – GTA dur – Semito – Boussellam – Vitro – Cirta – Wahbi – Beliouni – Mohamed ben Bachir – Guemgoum R'khem – Djennah khetifa).

Les résultats ont indiqué que la catégorie 7 était avec une forte croissance et l'impact de la croissance rapide éprouvée sur les variétés du blé dur.

**Mots clés :** Variétés, Doses, Phosphore, La vitesse de croissance.

### Références bibliographiques :

- ✓ Abbas K et Abdelguerfi A., 2005. Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides. Fourrages 184: 533-546.
- ✓ Abbassenne F., Bouzerzour H et Hachemi L., 1998. Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride d'altitude. Ann. Agron. INA.18 : 24-36.
- ✓ Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A et Slafer., 2008. Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. European journal of Agronomy. 28. 541-550p.
- ✓ Ahn S., Adderso J.A., ME.Sorrells et Tanksley SD.,1993. Homologue relationships of rice, Wheat and maize chromosomes .Mol.Gen.Genet241.483-490.
- ✓ Austin R.B et Jones H.G., 1975. The physiology of wheat—Annual Report-Plant breeds inst. Cambridge inst. England, pp: 327-355.
- ✓ Baeyens J., 1967. Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliqué aux plates agricoles Ed. Nauwelaerts Louvain, 278p.
- ✓ Bahlouli F., H. Bouzerzour, A. Benmahamed, KL. Hassous. 2005. Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semis arid conditions. Pak.J. Agron. 4: 360-365.
- ✓ Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie. Ed I.
- ✓ Bajji M., 1999. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- ✓ Barbottin A., Lecomte C., Bouchard C et Jeuffroy M., 2005. Nitrogen Remobilization during Grain Filling in Wheat. Crop science45:1141–1150.
- ✓ Belkherchouche H., Fellah S., Bouzerzour A., Benmahammed et Chellal N., 2009. Vigueur de la croissance, translocation et rendement grain du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Courrier du savoir9:17-24.
- ✓ 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. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben Aknoun .Alger, 206 p.

## Références bibliographiques.

---

- ✓ Belaid D., 1987. Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba3) en conditions de déficit hydrique, Mémoire de magistère. I.N.A 108p.
- ✓ Ben Naceur M., Gharbi M.S et Paul R., 1999. L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. Sécheresse.10:27- 33 p.
- ✓ Benmahammed A., Nouar H ., Haddad L., Laala Z., Oulmi A ., et Bouzerzour., 2010. Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticumdurum*Desf.) sous conditions semi-arides. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 14: 177-186.
- ✓ Bosc M., 1976. Dynamique de l'alimentation phospho-potassique de la plante dans le sol. Section 6n°08. pp : 1-6.
- ✓ Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M et Rezgui S., 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
- ✓ Boulelouah N., 2002. Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.
- ✓ Bouthiba A., Debaeke P., Hamoudi SA., 2010. Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticumturgidum*L. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. Irrigation Science 26 : 239-251
- ✓ Bouzerzour H et Refoufi, 1993. Effect of sowing date and rate, and site environment on the performance of barley cultivars grown in the Algerian high plateaus. Rachis 11: 19-24.
- ✓ Brahim., 1991. Contribution à l'étude de l'utilisation des phosphates naturels dans la fertilisation phosphatée d'un sol saharien, à Biskra, Mémoire Ing. Agro. Ouargla 68p.
- ✓ Buckman., 1990. Agriculture et fertilisation. Ed. Norsk hydro a.s.258p.
- ✓ Chambres d'agriculture de Bretagne., 2013. le phosphore, comprendre, maîtriser, valoriser.75 p.

## Références bibliographiques.

---

- ✓ Burnett VF, Coventry DR, and Newton PJ., 1997. Effect of seed source and seed phosphorus content on the growth and yield of wheat in north-eastern Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 37 (2): 191-198
- ✓ Charles., 1976 . Diagnostic de la carence phosphorique des sols par symptomatologie végétale *Annales de l'INA* vol 22 pp 119-121.
- ✓ Chellali B., 2007. Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.
- ✓ Chenaffi H., Aïdaoui A., Bouzerzour H et 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., 1971. Les céréales. Ed.J.B. Bailliers et Fils, 360p.
- ✓ COMIFER., 1995. Aide au diagnostic et à la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures. Brochure Comifer, 1993, réact.1995, 28 pages + annexes.
- ✓ COMIFIER., 2002. Les atouts décisifs du chaulage en terres de brande. Perspectives agricoles. n°284. Novembre. pp : 66-70.
- ✓ Daoui K., 2007. Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences agronomiques et ingénierie biologique. 217 p.
- ✓ Diehl J.A., 1975. *Agriculture générale*, pp 205-211.
- ✓ Doussinault G., Kaan F., Lecomte C et Monneveux P., 1992. Les céréales à paille : présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), *Amélioration des espèces végétales cultivées*. Ed. INRA, Paris, pp. 13.
- ✓ Ducellier L., 1930. *Espèces et variétés de céréales cultivées en Algérie*. Direction de l'agriculture et de la colonisation, 130 pages.
- ✓ Duthil J., 1973. *Eléments d'écologie et d'agronomie*, T3, Ed. J.B. Baillière. 654p.
- ✓ Duthil J., 1974. La fertilisation phosphatée des sols calcaires. *An Agro, INA Vol VI* n°2, pp : 75-80.
- ✓ Dvorak J., MC.Luo., Yang ZL., Zhang HB., 1998. The structure of the *Aegilopstauschii* gene pool and the evolution of hexaploid wheat. *TheorAppl Genet* 97 : 657-670.

## Références bibliographiques.

---

- ✓ Eilard J.L., 1979. Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Bailière, Paris, 344 p.
- ✓ Evans L.T et Rawson H.M., 1975. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of ear during grain development in wheat. *Australian Journal of Biology*: 223-245.
- ✓ FAO STAT., 2007. Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. <http://www.fao.org>. (Consulté le 11/01/2010).
- ✓ FAO., 2010. Economie de l'agriculture de conservation. Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Rome, Italie 77p.
- ✓ Fardeau J.C., 1993. Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol-plante. *Perspectives agricoles* n°181-juin, pp : 17-22.
- ✓ Fellah A., Bouzerzour H., Benmahammed A et Djekoun A., 2002. Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*T. durum* Desf.). *Actes de l'IAVHII*, 64: 35-42.
- ✓ Fellahi Z.A., Hannachi A., Chennafi H., Makhlouf M et Bouzerzour H., 2010. Effet des résidus et du travail du sol sur la cinétique de l'accumulation de la biomasse, le rendement et l'utilisation de l'eau du blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété MBB sous conditions climatiques des hautes plaines Sétifiennes. *Soumis Sciences et Technologie Université Chlef*.
- ✓ Feldman M et Sears E.R., 1981. The wild gene resources of wheat. *Sci. Am.* 244 : 98–109.
- ✓ Feillet P., 2000. Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.
- ✓ Fisher M.J., Paton R.C et Matsuno K., 1998. Intracellular signaling proteins as smart agents in parallel distributed processes. *Bio-Systems* 50: 159-171.
- ✓ Gachon., 1969. La fertilisation phosphatée panorama des recherches récentes bon choix, *perspectives agricoles* n°28 Septembre pp 44-49.
- ✓ Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351p.
- ✓ Gervey R., 1970. Les phosphates et l'agriculture. Edition DUNOD, Paris. 298p.
- ✓ Gilles., 1969. Rôle de la fumure phosphatée dans l'alimentation hivernale du blé. *Phosphore et Agri.*, n°52, pp : 19-26.
- ✓ Grignac P., 1981. Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). Pp : 185-194.

## Références bibliographiques.

---

- ✓ Gros A., 1977. L'acide phosphorique, les engrais phosphatés. Guide pratique de la fertilisation. Ed. Maison rustique-Paris, 377p.
- ✓ Gros A., 1979. Guide pratique des relations entre alimentation phosphatée des cultures et les valeurs E et l'INRA pp : 205-215.
- ✓ Haddad L., 2010. Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum*. Desf) sous climat méditerranéen. Mémoire de magister, université Ferhat .
- ✓ Hakimi M., 1993. L'évolution de la culture de l'orge : le calendrier climatique traditionnel et les données agro météorologiques modernes. In the agrometeorology of rainfed barley-based farming systems. Proceeding of an International symposium. Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D. 157 – 166.
- ✓ Harlan J.R., 1971. Agricultural origins: Centers and non Centers. *Science* 174: 468-474
- ✓ Hervieu B., R. Capone et Abis S., 2006 . The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. Ciheam analytical note, N°9 : 14 pages.
- ✓ Henry Y et Buyser J., 2000. L'origine du blé. *Pour la Science* 26 :60-62.
- ✓ Henry Y et De Buyser J., 2001. L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- ✓ ICE., 2011. [https://www.theice.com/publicdocs/futures\\_canada /ICE Durum Wheat white paper.pdf](https://www.theice.com/publicdocs/futures_canada /ICE Durum Wheat white paper.pdf)
- ✓ Ignazi J.C., 1993. « Perspectives de l'agriculture et fertilisation » Perspectives agricoles n°181- juin, pp : 2-3
- ✓ Karrou M., 2001. stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote chez les céréales au Maroc. Revue H.T.E n° 118. Mars 2001. pp 93-96.
- ✓ Lambert J.C., 197. « La fertilisation phosphatée » revue Cultivar. N °115, pp96-97
- ✓ Leikam D.F., Murphy L.S., Kissel D.E., Whitney D.A et Mserh H.C., 1983. Effect of nitrogen and phosphorus chorus application and nitrogen source in winter wheat grand yield and leaf tissue phosphorus. *Soil. SCI. AMG*, pp 530-535.
- ✓ Lery F., 1982. L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.
- ✓ Lorens J.M., 2001. La méthode de raisonnement de la fertilisation PK un outil pour la fertilisation, COMOFER-GEMAS, 5<sup>ème</sup> rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre, Blois, France, 27-29 Novembre.
- ✓ Loue A., 1982. Le potassium et les céréales. Dossier K2O n°02, pp1.

## Références bibliographiques.

---

- ✓ Madr., 2011. Bulletin statistiques de la campagne 2009-2010. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 23 pages.
- ✓ Masle-Meynard J., 1980. L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur- Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- ✓ Mazouz L., 2006. Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Thèse de magister. Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 65 pages.
- ✓ Mefti A., Abdelguerfi A et Chebouti A., 2000. Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). *Field Crops Research* 66: 165-174.
- ✓ Mekhlouf A., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hadj Sahraoui A et Harkati N., 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse*, 17 : 206-213.
- ✓ Mihaljec. I and Kastori., 1983. genotype variation and inheritance of mineral element content in winter wheat. p 477-481. In M.R
- ✓ Mouellef A., 2010. Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*T. durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister Université Constantine 82 pages.
- ✓ Moughli L., 2000. Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations N°72 Septembre 2000.
- ✓ Moule C., 1971. Céréales 2. Phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236p.
- ✓ Nouar H., Haddad L., Laala Z., Oulmi L., Zerargui H., Benmahammed A et Bouzerzour H., 2011. Performances comparées des variétés de blé dur : Mohammed Ben Bachir, Waha et Boussalem dans la wilaya de Sétif. *Céréaliculture*, 54: 23-29.
- ✓ Pala M., Harris H.C., Ryan J., Makboul R et Dozom S., 2000. Tillage systems and stubble management in a Mediterranean-type environment in relation to crop yield and soil moisture. *Experimental Agriculture*, 36: 223- 242.
- ✓ Pena R.J., Pfeiffer W.H., 2005. Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement. In Conxita, R., Nachit, M., di Fonzo, N., Araus, J.L., Pfeiffer,

## Références bibliographiques.

---

- W.H., & Slafer, G.A. (eds.). Durum wheat breeding: current approaches and future strategies. Food product press. 663-686.
- ✓ Prat S., 1971. Les céréales 2<sup>ème</sup> édition, J.B Baillière et fils, Paris, pp9-23-315.
  - ✓ Prevost PH., 1999. Les basses de l'agriculture. Ed II Paris- France 254p.
  - ✓ Razi S., 2006. Etude expérimentale de l'influence du gypse sur la dynamique du phosphore dans le sol et sa cinétique d'absorption par le Ray-grass. Thèse. Mag. AGR. Batna : 3 - 36p.
  - ✓ Riley, M. M.; Adcock, K. G.; and Bolland, M. D. A., 1993. A small increase in the concentration of phosphorus in the sown seed increased the early growth of wheat. Journal of Plant Nutrition 16 (5): 851-864.
  - ✓ Ros C, Bell RW and White PF., 1997. Effect of seed phosphorus and soil phosphorus applications on early growth of rice (*Oryza sativa* L.) cv. IR66. Soil Science and Plant Nutrition 43 (3): 499-509.
  - ✓ Sakamura T., 1918. Kurze Mitteilungen über die Chromosomenzahlen und die Verwandtschaftsverhältnisse der Triticum-Arten. Bot. Mag ; Tokyo. 32:151-154.
  - ✓ Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid E. D. 2005. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Sécheresse (16) 3 : 225-9.
  - ✓ Soins P et Vaysse P., 1999. Fertilisation des vergers environnement et qualité Ed. CTIFL pp 47-52.
  - ✓ Soltner., 1988. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16<sup>ème</sup> éditions 464P.
  - ✓ Soltner., 1990. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed .17<sup>ème</sup> édition, 464p.
  - ✓ Snoussi et Halitima., 1996. Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude. Gst. Sols, pp289-298.
  - ✓ Stanley A et barber., 1995. Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. Second edition. John Wiley and Sons, 414 pages.
  - ✓ Tribol., 1988. Evolution à long terme de la fertilité phosphatée d'un sol calcaire soumis à l'influence de fumure minérale ou organique. Phosphore et potassium dans les relations sol- plante : Conséquences sur la fertilisation. I.N.R.A, pp : 241-254.
  - ✓ Troccoli A., Borelli G.M., Devita P., Fares C et Fonzo N.Di., 2000. Durumwheat quality: A multi-disciplinary concept. J. Cereal Sci. 32: 99-113.

## Références bibliographiques.

---

- ✓ Tyler, G and Zohlen, A., 1998. Plant seeds as mineral nutrient resource for seedlings – A comparison of plants from calcareous and silicate soils. *Annals of Botany* 81: 455-459.
- ✓ Vilain., 1997. La production végétale. Les composantes de la production. Ed 13<sup>ème</sup> 478p.
- ✓ Wadley G et Martin A., 1993. The Origins of Agriculture a Biological Perspective and New Hypothesis. *Australian Biologist* 6: 96-105.
- ✓ Yan Xiaolong, Stephen E. Beebe, and Jonathan P. Lynch., 1995b. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types: II. Yield response. *Crop Sci.* 35: 1094-1099.
- ✓ Zhu, Y-G. and Smith, S., 2001. Seed phosphorus (P) content affects growth, and P uptake of wheat plants and their association with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. *Plant and soil* 231: 105-112.