

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité/Option : Phytopharmacie et protection des végétaux

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

**Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de
la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de Guelma**

Présenté par :

Boumaza Amel

Devant le jury composé de :

Président : Mme Chahat N.	(MCB)	Université 8 Mai 1945 Guelma
Examineur : Mme BenBelkacem S.	(MAA)	Université 8 Mai 1945 Guelma
Encadreur : Mme Laouar H.	(MCB)	Université 8 Mai 1945 Guelma
Membre de jury invité: Mme Sraidi Souad		Directrice de l'ITGC Guelma

Juillet 2019

Remerciements

*En préambule à ce mémoire je remercie **ALLAH** qui m'aide et me donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

J'exprime toute ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

*Je tiens à remercier infiniment mon promoteur **Mme Laouar H.** pour l'honneur qu'elle à fait de m'encourager, m'orienter et me soutenir ainsi que sa patience avec moi tout au long de l'élaboration de ce mémoire.*

*- **Mme Chahat** qui m'a fait le grand honneur de bien vouloir accepter la présidence de ce jury, je lui adresse mes vifs remerciements.*

*- Je remercie **Mme ben belkacem**, qui a bien voulu participer au jury et examiner mes résultats, je lui exprime mes très sincères remerciements:*

- Mes remerciements vont également à :

*- **Madame Sraidi Souad**, la directrice de l'ITGC de Guelma, d'avoir accepté la réalisation de ce travail au niveau de la station et pour son aides et ses conseils.*

- Aussi pour les travailleurs de L'ITGC de Guelma pour leurs aides.

*- Sans oublier **Mr Khaladi** pour ses conseils et son soutien durant cette année.*

Dédicace

Je dédie ce travail:

A mes parents et mes frères

A mon mari et mon bébé

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre 1: Généralité sur le Blé Dur	
1. Situation de la céréaliculture	03
1. 1. Situation de la céréaliculture dans le monde	03
1.2. La situation de la céréaliculture en Algérie	04
2. La biologie du blé dur	05
2.1. L'origine du blé dur	05
2.2. Classification du blé dur	05
2.3. L'appareil végétatif	06
2.3.1. Le cycle biologique	06
2.3.2. L'architecture végétale de la plante	06
2.3.3. La croissance et le développement de la culture du blé	07
2.3.3.1. La période végétative	07
2.3.3.2. La période reproductive	08
2.3.3.3. La période de maturation	08
2.3.4. L'indice foliaire et la production de la matière sèche	08
3. Les maladies et les ravageurs des céréales	10
Chapitre 2: Généralité sur la fertilisation	
1. la fertilisation des céréales	12
2.Éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante	12
3. Les engrais	13
3.1-Définition des substances nutritives	13
3.2. Types des engrais	14
4. Fonction des éléments nutritifs	15
4.1. Les macro éléments N•P•K	15
4.1.1. L'azote	15
4.1.1.1. Rôle physiologique de l'azote	15
4.1.1.2. L'azote dans le blé	15
4.1.1.3. Formes d'azote absorbé par les plantes	16
4.1.1.4. Sources d'azote	16
4.1.1.5. Conséquences d'excès et de carence en azote	16

4.2. Le phosphore et le végétal	17
4.2.1. Importance du phosphore	17
4.2.2. Rôle physiologique du phosphore	17
4.2. 3. Rythmes d'absorption du phosphore par la plante	18
4.2. 4. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures	18
4.2.5. Excès et carence du phosphore	19
4.2.6. Le phosphore dans le sol	19
4.2.6.1. Les différents états du phosphore dans le sol	19
4.2.6.2. Dynamique du phosphore dans le sol	20
4.2.6.3. Le phosphore facilement échangeable	21
4.3. Potassium	21
4.3.1 Sources du Potassium	21
4.3.2. Les formes du potassium dans le sol	21
4.3.3. Cycle du potassium dans le sol	22
4.3.4. Dynamique du potassium	22
4.3.5. Rôle physiologique du potassium	23
4.3.6. Le potassium et la plante	23
4.3.7. Fertilisation potassique	24

Chapitre 3: Matériels et Méthodes

1. But de l'étude	25
2. Caractéristiques du site d'essai	25
2.1. Localisation	25
2.2. Caractéristiques climatique	26
2.2.1. La pluviométrie	26
2.2.2. Température	26
3. Matériel végétal	27
4. Engrais utilisés.....	28
4.1. Engrais de fond	28
4.1.1. Triple super phosphate	28
4.1.2. Caractéristiques du TSP	28
4.2. Engrais de couverture	28
4.2.1. Aves azote (type d'engrais Urée 46%)	28
4.2.2. Caractéristiques technologiques	29
4.2.3. Formule	29
4.2.4. Composition	29

4.3. Sulfate de potassium K(52) S(45)	29
4.3.1. Description	29
4.3.2. Composition	29
5. Forme de produits utilisés pour traitement	29
5.1. Herbicide	29
5.1.1. Composition	30
5.1.2. Mode d'action	30
5.2. Fongicide	30
5.2.1. Période d'utilisation	31
6. Mise en place de l'essai	31
7 Protocole expérimental	32
7.1. Dimensions de la parcelle élémentaire	32
7.2. Notation et mesures à faire	32
8. Les stades phénologiques	33
9. Paramètres étudiés	33
9.1. Sur le sol	33
9.1.1. Préparation de l'échantillon	33
9.1.2. Texture du sol	34
9.1.3. Analyse de matières organiques	35
9.1.4. Analyse de pH	36
9.1.5. Analyse de la conductivité électrique	37
9.1.6. Carbamate	37
9.2. Sur la culture	39
9.2.1. Nombre de plante par m ²	39
9.2.2. Nombre de talle	39
9.2.3. Nombre de talles fertiles et stériles	39
9.2.4. Nombre épi par m ²	39
9.2.5. Nombre de grains par épis	39
9.2.6. Poids de 1000 grains	39
9.2.7. Le Taux de mitadinage	39
9.2.8. Rendement par hectare	40
9.2.9. Notation sur les maladies	40
9.2.10. Teneur en chlorophylle a et b	40
10. Analyse statistique	41

Chapitre 4: Résultats et Discussions

1. Caractéristiques pédoclimatiques	42
2. Caractéristiques agronomiques	42
2.1. Analyse de la 1 ^{ère} variable : Nombre de plant /m ²	42
2.2. Analyse de la 2 ^{ème} variable : Nombre de talles par plant	44
2.3. Analyse de la 3 ^{ème} variable : Nombre des talles fertiles et stériles	45
2.4. Analyse de la 4 ^{ème} variable : Nombre d'épis par m ²	46
2.5. Analyse de la 5 ^{ème} Variable: Nombre de grains /épi	47
2.6. Analyse de la 6 ^{ème} Variable : Poids de 1000 grains	48
2.7. Analyse de la 7 ^{ème} Variable : Analyse du rendement en grain	49
3. Caractéristique physiologique	51
3.1. Teneur des feuilles en chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle a+b	51
3.2. Le Taux De Mitadinage	53
Conclusion générale	56
Références bibliographique	58
Résumés	

Liste des figures

Figure N°1: Évolution de la production mondiale des principales céréales	04
Figure N° 2: Évolution de la production des céréales en Algérie	05
Figure N°3: Le cycle de développement du blé	06
Figure N°4: Culture de céréale au Stade de tallage	07
Figure N°5: Périodes de repérage des composantes du rendement et les contraintes à Son élaboration	09
Figure N°6: Schéma de la fertilisation	13
Figure 07 : Courbe d'absorption de K ₂ O chez les céréales	24
Figure N°8 : ITGC Guelma	25
Figure N°9 : Parcelle d'étude	25
Figure N°10: Variété de blé expérimentée (Vitron)	28
Figure N° 11: emballage de l'herbicide Cossack	30
Figure N° 12: emballage du fongicide PROSARO	31
Figure N°13: dispositif expérimental de l'essai	31
Figure N°14: Détermination de la texture de sol	34
Figure N°15: Dosage de la matière organique	35
Figure N°16: les étapes de mesure du ph du sol	37
Figure N°17: les étapes de dosage de carbamate	38
Figure N°18: 1000 grains des traitements étudié	39
Figure N°19: grains mitadinés du traitement T2	40
Figure N°20: Symptôme de la Rouille Jaune sur les feuilles du blé dur.	40
Figure N°21: La teneur en chlorophylle a et b	41
Figure 22: Nombre de plants /m ² (levée)	43
Figure N° 23: Nombre de talle	44
Figure N° 24: Nombre des talles fertiles et stériles	45
Figure N° 25: Nombre d'épis /m ²	46
Figure N° 26: Nombre de grains /épi	47
Figure N° 27: Poids de 1000 grains	48
Figure N° 28: Rendement en grain	49
Figure N° 29: Teneur en chlorophylle a	51
Figure N° 30: Teneur en chlorophylle b	52
Figure N° 31: Teneur en chlorophylle a+b	52
Figure N° 32: Taux de mitadinage	53

Liste des Tableaux

Tableau N°1: Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (106 Tonnes/an)	03
Tableau N°2: Classification du blé dur	05
Tableau N°3: quelques maladies de blé dur en Algérie	10
Tableau N°4: Les principaux ravageurs de Blé dur	11
Tableau 05: Éléments nutritifs principaux et éléments nutritifs à l'état de traces, pour les plantes.	13
Tableau N°6: Teneur en éléments minéraux de quelques plantes	17
Tableau N°7: Classification des cultures selon leur exigence en P	19
Tableau N°8 : Moyenne mensuelle des précipitations pour la région de Guelma durant la campagne septembre 2018- 15 juin 2019	26
Tableau N°9: Température moyenne mensuelle de la région de Guelma durant la campagne septembre 2018- 15 juin 2019	27
Tableau N°10 : Variété de blé expérimentée (Vitron)	27
Tableau N°11 : Les principales caractéristiques de la variété de blé expérimentée (<i>Triticum durum</i> Desf) Vitron	27
Tableau N°12: Protocole expérimental de notre étude	32
Tableau N°13: Dates de stades phénologiques de notre essai	33
Tableau 14: Caractéristiques pédologiques dans la parcelle d'étude	42
Tableau 15 : Classe de la qualité des sols	42

Liste des abréviations:

C°:	Degré Celsius
Chlo:	Chlorophylle
CO2 :	Dioxyde de carbone
FAO:	Food Agriculture Organisation
g :	Gramme
h:	Heure
ha:	Hectare
Hab:	Habitant
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
ITGC:	Institut Technique des Grandes Cultures
K:	Potassium
K2O :	Oxyde de Potassium
kg :	Kilogramme
kg/ha :	Kilogramme par hectare
km :	Kilomètre
L:	Litre
m :	Mètre
mg :	Milligramme
ml:	Millilitre
max:	Maximum
Min :	Minimum
mm :	Millimètre
MO :	Matière organique
Moy :	Moyenne
N :	Azote
P :	Phosphore
P2O5 :	Acide phosphorique
pH :	Potentiel hydrogène
PMG :	Poids de Mille Grains
SAU :	Surface Agricole Utilisable
SO3:	Trioxyde de soufre
T:	Traitement
T° :	Température
U :	Unité
U/ha :	Unité par hectare
%:	Pourcent

Introduction

Introduction:

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Elles ont toujours été et demeurent une denrée importante dans la ration alimentaire (**Yallaoui Yaici et Ghalem, 2006 ; Djermoun, 2009**).

En Algérie, les céréales constituent l'essentielle de la ration alimentaire quotidienne de la population et occupent une superficie de 3,3 millions d'hectares. 40% de ses surfaces sont destinées à la production de blé dur soit 1,35 millions d'hectares (**Selmi, 2000**). La production nationale en blé dur est encore faible, elle ne couvre que 20 à 25 % des besoins du pays, le reste étant importé (**Hamadache, 2002**).

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est la deuxième espèce plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre en tant que une source importante de protéines dans les pays en voie de développement. Les zones de production de cette espèce sont surtout localisées dans le bassin méditerranéen d'une part (Europe du Sud, Moyen orient, Afrique du Nord), et en Amérique du Nord d'autre part (Canada central et Nord des USA), où est produit le quart du blé dur mondial (**Clerget, 2011**).

La fertilisation est indispensable pour améliorer les rendements. Elle doit être correctement évaluée pour se situer à l'optimum économique. Il existe en effet, si l'on observe l'évaluation du rendement en fonction de la dose d'élément fertilisant apportée, un seuil technique au-delà duquel le rendement diminue par effet de toxicité (sur dosage) et un seuil économique, inférieur au précédent, au-delà duquel le grain supplémentaire ne couvre plus le coût additionnel. Bien entendu ce seuil est délicat à évaluer car le rendement dépend d'autres facteurs moins bien maîtrisés, notamment en culture de plein champ, comme la pluviométrie (**FAO, 2005**).

Les éléments fertilisants que sont l'azote, le phosphore, la potasse, voire le soufre ou certains oligo éléments, sont indispensables au bon développement de toute culture. Ils représentent cependant une charge financière importante pour l'exploitation, qu'il convient de gérer au plus juste. Le bon raisonnement de la fertilisation azotée est bien entendu un des principaux leviers de diminution du risque de lessivage des nitrates, contribuant ainsi directement à la préservation des ressources en eau. Il s'agit de faire correspondre les apports d'engrais minéraux ou organiques aux besoins de la culture

pour atteindre un niveau de production donné, en n'oubliant pas de prendre en compte les différentes fournitures d'azote du sol, les précédents et les éventuels apports d'effluents organiques (**Anonyme, 2015**).

Ainsi, le manque de précipitations, mais aussi la mauvaise répartition des pluies pendant l'année expliquent en grande partie la forte variation de la production céréalière. A l'inverse de la production de céréales, la production de semences demande un grand soin, plus de précision dans les procédures et davantage de compétences techniques. La fertilisation, elle-même, recouvre un vaste ensemble de techniques, de moyens et de produits, dont la mise en œuvre harmonieuse permet d'élever ou de maintenir la capacité des récoltes (**Soltner, 1990**).

Cette étude a beaucoup d'intérêt que nous citons ci-dessous:

Les intérêts scientifiques :

Étudier les effets des différents fertilisants sur les différents stades végétaux des céréales selon leurs besoins et le choix de la meilleure combinaison des éléments nutritifs (NPK).

Les intérêts écologiques :

Choisir une combinaison de deux éléments.

Les intérêts économiques :

Toutes ces expériences sont visées à la recherche du meilleur rendement et pour minimiser les pertes économiques (épandage d'un élément nutritif avec aucun effet sur la plante cultivée).

Chapitre 01:
Généralité sur le Blé Dur

1. Situation de la céréaliculture:

1. 1. Situation de la céréaliculture dans le monde:

La culture des céréales représente un secteur économique important. En effet, c'est un aliment de base d'une très grande partie de la population mondiale. Les pays importateurs et exportateurs de céréales dépendent les uns des autres et ont intérêt à garantir l'approvisionnement de cette denrée alimentaire et à maintenir des prix stables au niveau mondial. Ils collaborent avec les organisations internationales, en particulier le Conseil International des Céréales (CIC), dont le siège est à Londres (**Kellou, 2005**). La situation de la céréaliculture est liée à l'évolution des superficies, des productions et par conséquent des rendements des céréales obtenus. Le classement de l'année 2012 des dix premiers producteurs indique que la Chine vient en première position. Par contre les États unis se situent en troisième position (tableau1). Sept pays assurent les 3/4 des exportations mondiales et ce sont dans l'ordre les États-Unis (20%), l'Australie (12.1%), la France (11.3%), le Canada (10.1%), l'Argentine, la Russie et l'Ukraine (**FAO, 2012**).

La production mondiale des trois principales céréales a connu une fluctuation de production. L'année la plus prédictive est 2008/2009 avec une production totale de 863.77 Millions de Tonnes répartie en 683,19 MT de blé (79,09%), 51.55 d'Orge (17,91%) et d'avoine (2.99%) (**Figure 1**), (**FAO, 2012**).

Tableau N°1: Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (10⁶ Tonnes/an) (**FAO, 2012**)

Rang	Pays	Production (10 ⁶ t)
1	Chine	115,18
2	Inde	80,80
3	Etats Unis d'Amérique	60,10
4	Russian Federation	41,51
5	France	40,79
6	Allemagne	24,11
7	Pakistan	23,31
8	Canada	23,16
9	Australie	22,13
10	Turkie	19,66

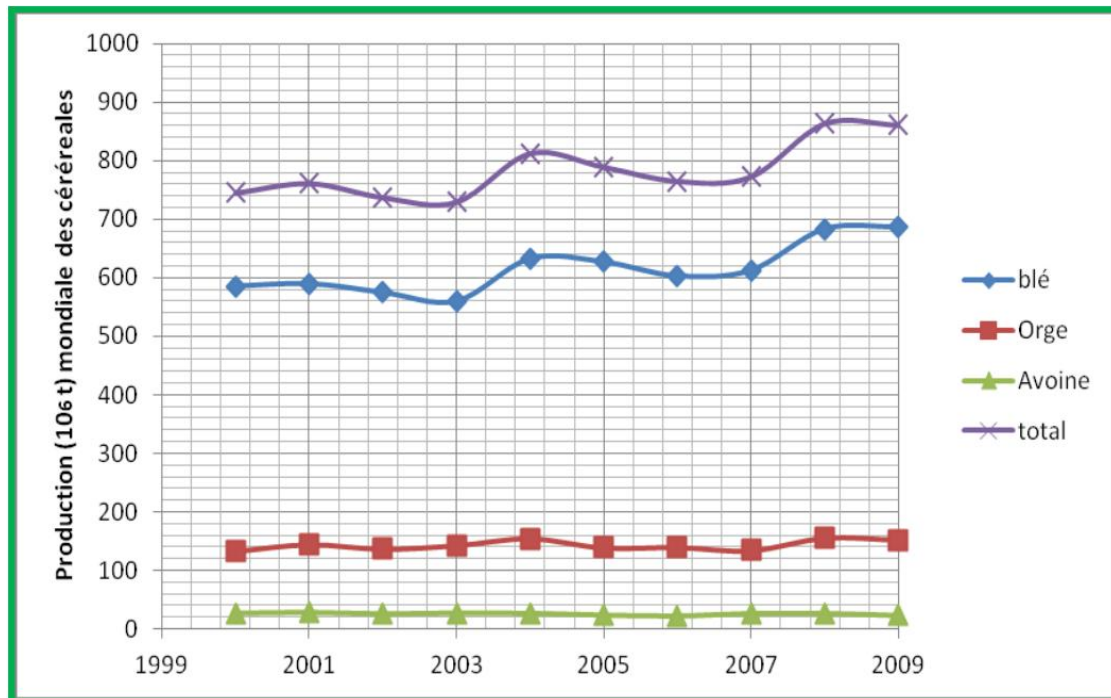


Figure N°1: Évolution de la production mondiale des principales céréales (FAO, 2012)

1.2. La situation de la céréaliculture en Algérie:

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares dont 191 millions sont occupés par le Sahara. La superficie agricole représente 3% de ce total, la surface agricole utile (SAU) est de 7,14 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne agricole. Les cultures herbacées couvrent 3,8 millions d'hectares. La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides (Anonyme, 2015).

Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares, soit 50% des terres labourées. Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne elles constituent la consommation de base qui est estimée à environ 228 kg par habitant et par an pour les céréales comparativement à l'Égypte dont la moyenne est de 131 kg/hab/an et à la France dont la moyenne est de 98 kg/hab/an. La production totale des céréales est très variable d'une année à une autre sous l'effet des facteurs du climat, en particulier le manque d'eau (figure 2). La production totale des céréales est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante elle est d'ordre de 6.5 MT (FAO, 2005).

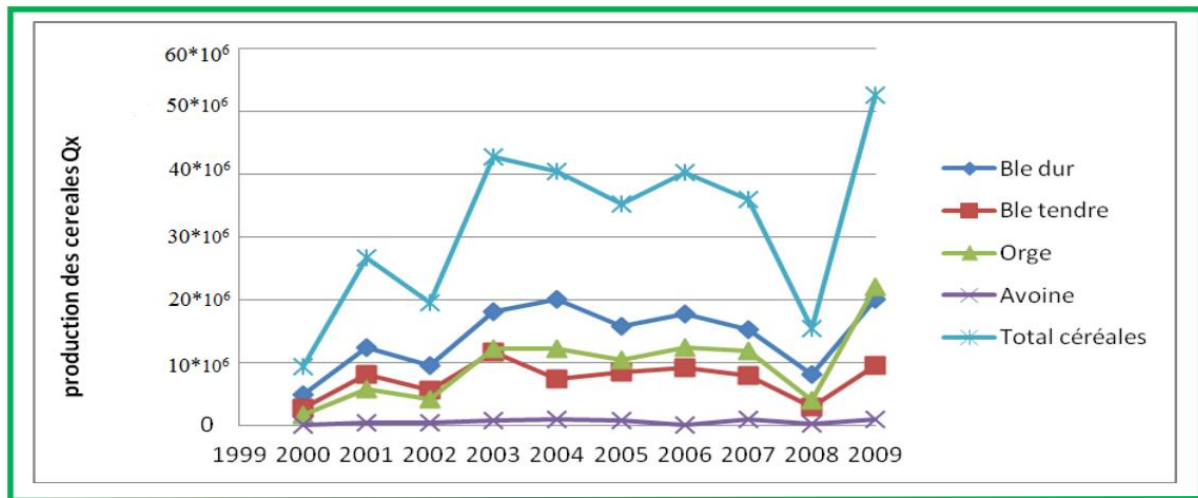


Figure N° 2: Évolution de la production des céréales en Algérie (Anonyme, 2015)

2. La biologie du blé dur

2.1. L'origine du blé dur

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. Durum*) est une plante annuelle de la classe monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscents, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Le genre *Triticum* appartient à la tribu des Triticées au sein de la famille des Poacées et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Feillet, 2000).

L'aire d'origine des blés est le proche Orient (Hervé, 1979), selon Feldman (2001) dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie. La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne.

2.2. Classification du Blé Dur:

La classification détaillée du blé dur est donnée ci-dessous (Tableau 2)

Tableau N°2: Classification du blé dur d'après (Feillet, 2000).

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Gramineae = Poaceae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum Durum</i> Desf

2.3. L'appareil végétatif:

2.3.1. Le cycle biologique:

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

Génétiquement, le blé dur est allotétraploïde (deux génome: AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n=4x=28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome (B), à laquelle elle est étroitement apparentée. Toutefois, durant la méiose, l'appariement des chromosomes est limité aux chromosomes homologues par l'activité génétique de gène inhibiteurs (**Wall et al, 1971**).

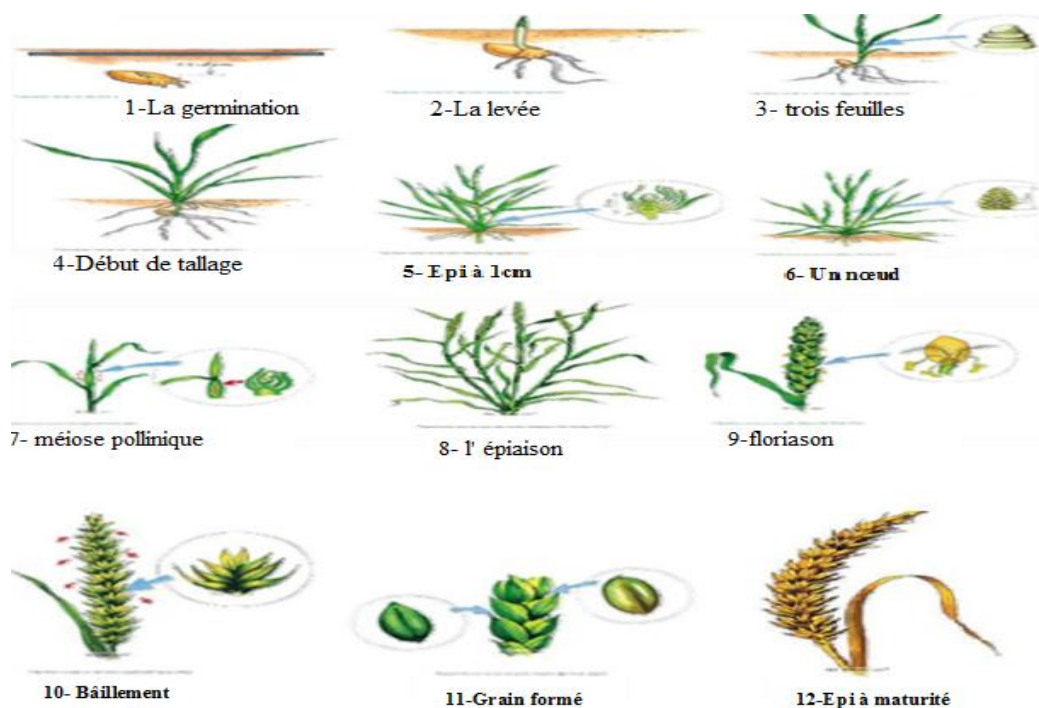


Figure N°3: Le cycle de développement du blé (**Belaid, 1996**)

2.3.2. L'architecture végétale de la plante:

L'appareil végétatif est constitué de talles émises depuis le plateau de tallage situé à la base de la plante (**figure 4**). Ces talles se développent à partir du bourgeon principal (talle principale) et des bourgeons axillaires (talles secondaires). Chaque talle

se compose de différents phytomères formés de tige, gaine, limbe foliaire, un bourgeon axillaire qui porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre du rachis (**Boyeldieu, 1999**).

L'épillet regroupe trois à quatre fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Du fait du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent (autogamie). Les glumes et les glumelles sont éliminées au moment du battage pour libérer le grain. Le grain, ou caryopse, est à la fois le fruit et la graine du fait que les enveloppes du fruit sont soudées à celle de la graine. Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé de 65% d'amidon, 15% de protéines, de 15% d'eau et de divers micro éléments comme le Fe, Zn, les acides gras et les vitamines (**Bogard, 2011**).

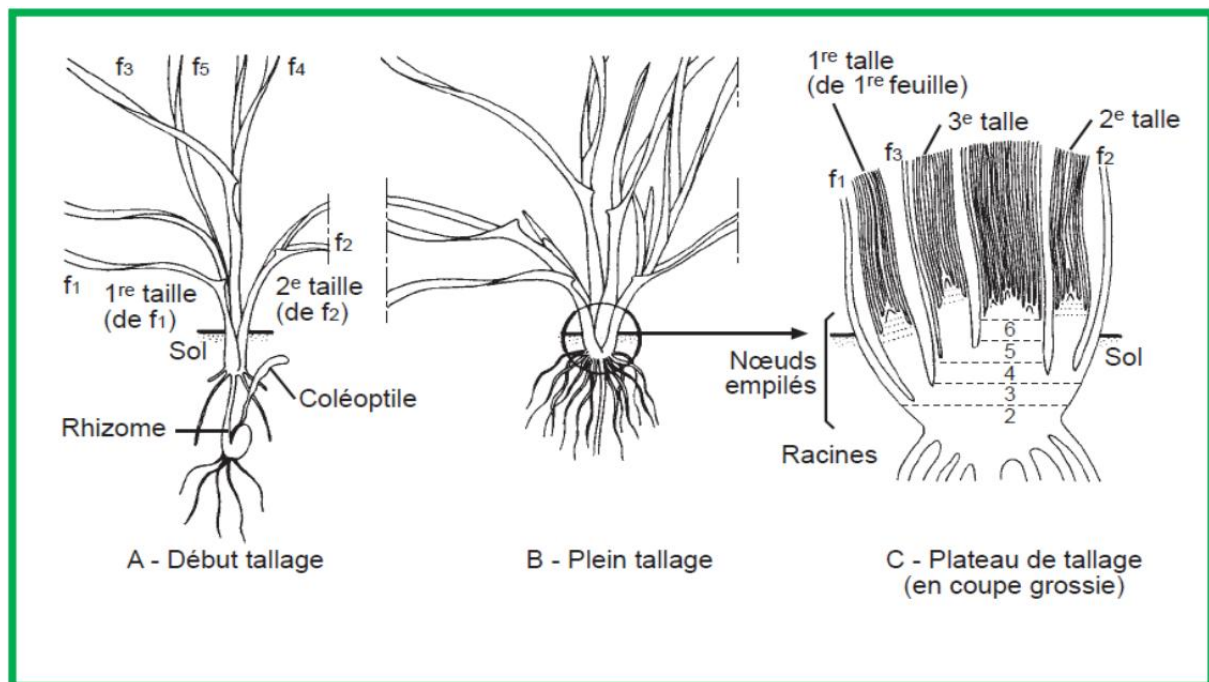


Figure N°4: Culture de céréale au Stade de tallage (Boyeldieu, 1999).

2.3.3. La croissance et le développement de la culture du blé:

Le blé possède un cycle biologique annuel réparti en périodes végétative et reproductrice (**Soltner, 2005**). Pour **Gautier (1991)** la maturation constitue une troisième période.

2.3.3.1. La période végétative:

Elle débute par la germination qui correspond à une activation métabolique de l'embryon décelable par les échanges respiratoires de la graine. C'est un processus préparatoire à l'élongation de la racine et du coléoptile (**Boyeldieu, 1999**). La levée est définie par

l'apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile. Le stade début tallage est repéré dès que la plante possède trois à quatre feuilles et une tige sur le maître brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée (**Gate, 1995**).

2.3.3.2. La période reproductive:

La période reproductrice se caractérise par la formation et la croissance de l'épi. Elle s'étend du stade épi-1cm, montaison, au stade de la floraison. La montaison débute à la fin du tallage. Elle se distingue par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales.

Le stade de l'épiaison –floraison se réalise au stade méiose pollinique, la gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement suite à l'allongement des derniers entre-nœuds de la tige, la gaine s'éclate et le sommet de l'épi sort de la dernière gaine (**Gate, 1995**).

2.3.3.3. La période de maturation:

A ce stade, l'élongation du dernier entre-nœud assure l'élévation de l'épi au dessus de la dernière feuille. Le stade gonflement du grain est marqué par une photosynthèse intense pour l'élaboration des substances de réserve, l'amidon qui migre vers l'albumen du grain qui grossit tandis que l'embryon se forme. Cette migration nécessite une circulation d'eau, il peut y avoir échaudage en cas de stress hydrique. Le grain subit trois stades, du grain laiteux au pâteux au grain dur. Entre les stades laiteux et pâteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable, c'est le palier hydrique (**Moule, 1998**).

2.3.4. L'indice foliaire et la production de la matière sèche:

Par définition, l'indice foliaire (leaf area index) qui mesure la taille de l'appareil assimilateur représente le rapport entre la surface foliaire totale d'un couvert (L) et la surface de sol correspondante (A): $LAI = L \times A^{-1}$. La quantité d'énergie lumineuse interceptée est liée à la grandeur de ce rapport. **Boyeldieu (1999)** considère que dans le cas des céréales, un indice foliaire de valeur de 4 indique que le feuillage intercepte 95% d'énergie lumineuse. Cependant, si l'indice continue à croître, le gain en énergie se réduit pour devenir négligeable d'où résultent des risques de verse, de parasites et qui sont à l'origine du microclimat humide à la base du couvert. Les feuilles inférieures dépérissent lorsque l'intensité lumineuse est devenue trop faible pour couvrir les pertes de CO₂ par respiration, tombant ainsi en dessous du point de compensation.

L'élaboration du rendement implique l'enchaînement de multiples mécanismes liés à la croissance et au développement du peuplement cultivé à travers la morphogénèse et le fonctionnement des organes, en relation avec les facteurs et conditions du milieu. **Mekhlouf**

et **Bouzerzour (2000)** considèrent que le rendement est un caractère complexe, résultant des caractères impliqués directement et indirectement dans sa formation, tel que le poids du grain, le nombre de grains par épi, le nombre d'épis par unité de surface et la biomasse aérienne (**figure 5**).

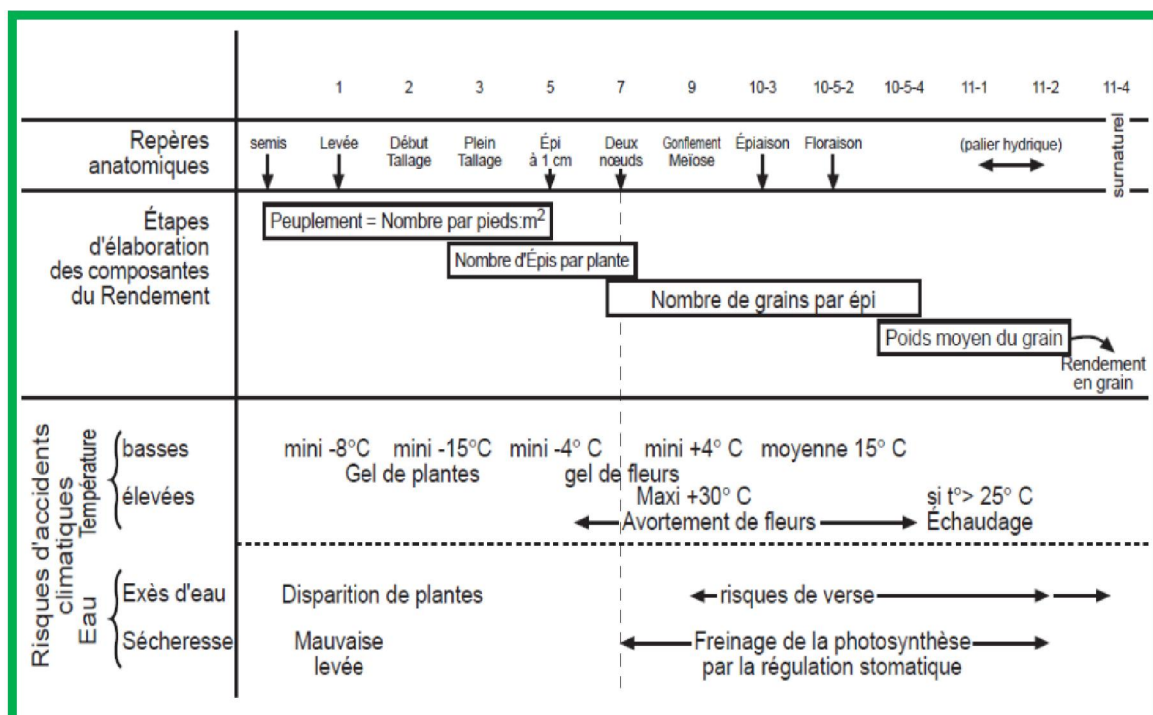


Figure N°5: Périodes de repérage des composantes du rendement et les contraintes à Son élaboration (**Anonyme, 2015**).

3. Les maladies et les ravageurs des céréales :

Les ennemis des cultures céréalières (Blé Dur) se répartissent en deux catégories : les maladies, les ravageurs qui sont résumés dans les tableaux 3 et 4.

Tableau N°3: quelques maladies de blé dur en Algérie (Aouali et Douici-Khalfi, 2009 et El-Yousfi, 2015)

Maladies	Agent causal	Symptômes	Moyen de lutte
Septoriose des feuilles	<i>Septoria tritici</i>	Ils commencent par de petites tâches de couleur brun rougeâtres irrégulières sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol, les tâches sont d'abord délimitées par les nervures pour ensuite s'étendre longitudinalement et prendre une couleur gris clair, après l'apparition des nécroses sur le feuillage, on observe des ponctuations noires alignées parallèlement qu'on appelle pycnides	-La lutte se fait par l'utilisation de variétés tolérantes. - Les rotations culturales. - La fertilisation équilibrée et l'enfouissement ou/ et la destruction des résidus de culture permettent de réduire le développement de cette maladie.
Septoriose des feuilles et des épis	<i>Septoria nodorum</i>	Ils se manifestent sur le feuillage et sur les glumes, la gaine des feuilles et des nœuds. Sur les feuilles on peut observer des tâches ovales ou lenticulaires brunes, elles peuvent être entourées d'une chlorose ou d'un jaunissement périphérique. Les pycnides sont de couleur brun clair moins apparentes que celles provoquées par la septoriose des feuilles.	-Les traitements fongiques en végétation pour les deux espèces, ainsi que le traitement de la semence pour <i>S.nodorum</i> .
La rouille brune	<i>Puccinia recondita</i> f. sp. <i>tritici</i>	Petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (urédospores), apparaissent sur la face supérieure et parfois sur la face inférieure des feuilles, en fin de saison ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores).	- La lutte doit être essentiellement préventive afin de minimiser ou de retarder les infections des feuilles basales, ce qui constitue un gage de succès pour éviter l'infection des feuilles supérieures.
La rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i> ,	Les pustules sont sous forme globuleuse et de couleur jaune ou orange disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce. Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles et sur les épis et les grains.	- La rotation culturale - L'utilisation des variétés tolérantes.
La rouille noire	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	Les pustules sont plus longues que celles de la rouille brune, elles sont de couleur rouge- brique à marron foncé, elles se développent sur les feuilles, les tiges et les épis.	- La lutte chimique en préventif
L'oïdium	<i>Erysiphe graminis</i> f.sp. <i>tritici</i>	Les premiers symptômes apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs. en cas d'attaque sévère les tâches apparaissent aussi sur les graines des feuilles et les glumes des épis.	- L'utilisation des variétés tolérantes. - Les rotations culturales. - La fertilisation équilibrée - La lutte chimique.
Tache auréolée	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	La maladie apparaît sous formes de tâches chlorotiques au niveau du limbe des feuilles et des nécroses sont aussi observées sous forme de losanges bordés par des zones chlorotiques.	- L'utilisation des variétés tolérantes. - Les rotations culturales. - La lutte chimique.
Charbon nu	<i>Ustilago tritici</i>	Les symptômes sont observables entre la floraison et la maturité. les épis atteints sont noirs et apparaissent plus tôt que les épis sains. les épillets des plantes malades sont transformés en amas de spores brun olive foncé à noir; les enveloppes de la gaine ainsi que leur contenu sont remplacés par une masse de spores noires.	-L'utilisation des semences certifiées et désinfectées. -L'utilisation des fongicides systémiques.

Tableau N°4: Les principaux ravageurs de blé dur d'après (Buisset, 2015)

Ravageurs	Période d'observation	Symptômes et dégâts
CRIOCERES (Lémas) <i>Oulema melanopa</i> et <i>Oulema lichenis</i>	Au printemps, sur les 3 dernières feuilles.	ils sont dus essentiellement aux larves qui rongent le parenchyme du limbe, mais respectent la face inférieure de la feuille. Les adultes perforent le limbe, entraînant de petites striations aux nervures. Les Lémas peuvent transmettre au blé deux viroses (mosaïques), en faisant passer les virus des raminees aux céréales
CICADELLE <i>Psamotettix alienus</i>	dès le stade 1 feuille.	les cicadelles sont nuisibles de par leurs piqûres lorsqu'elles se nourrissent de la sève de la plante. Mais c'est surtout la transmission du virus de la maladie des pieds chétifs qui peut être responsable de pertes de rendement. Cette transmission se fait à l'automne sur jeunes semis et les symptômes apparaissent à la reprise de végétation : plantes naines avec parfois un fort tallage, feuilles décolorées. Souvent, les pieds atteints suivent la ligne de semis.
LIMACES <i>Deroceras reticulatum</i> (grise) et <i>Arion hortensis</i> (noire)	du semis à début tallage.	les limaces peuvent provoquer la destruction de la graine en germination. Ce sont surtout les graines en surface ou mal enterrées qui sont concernées par ces attaques. Après la levée, les feuilles attaquées ont un aspect «effiloché», elles sont trouées et parfois sectionnées.
MOUCHE GRISE <i>Delia coarctata</i>	sortie d'hiver.	la feuille centrale, sectionnée par les larves, flétrit puis jaunit. Celle-ci s'arrache alors aisément. Une même larve peut s'attaquer successivement à plusieurs talles d'où des attaques parfois considérables en terme de perte de pieds, notamment en cas de dégel brutal.
PUCERONS DES EPIS <i>Sitobion avenae</i>	dès le stade début épiaison jusqu'au stade grain pâteux.	en terme de nuisibilité, c'est surtout la dynamique de progression qui est importante. Les pucerons colonisent les feuilles supérieures puis l'épi. En forte population, ils peuvent provoquer une diminution du nombre de grains par épi et donc une diminution du rendement. En outre, le miellat produit permet le développement de fumagine
TORDEUSE <i>Cnephasia pumicana</i>	fin de montaison.	Les morsures de larve ont l'aspect de plages blanches sur la gaine de l'épi. Plusieurs types de dégâts peuvent être observés : - épis blancs : la tige est sectionnée sous l'épi (visible au mois de juin). La tige coupée se remarque au-dessus des autres épis. - épis mutilés : l'épi est attaqué, la larve consomme le contenu des pillets. - grains atrophiés : la larve a sectionné une partie de la tige et le flux de sève est plus ou moins interrompu. Il y a malnutrition de l'épi et beaucoup de grains atrophiés.

Chapitre 02:
Généralité sur la fertilisation

1. la fertilisation des céréales :

La fertilisation, c'est l'action qui consiste à effectuer des apports d'engrais organique ou minéraux, nécessaires au bon développement des végétaux. Elle peut donc être réalisée sous forme d'amendements humifères (organique) ou minéraux (chimique). Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement des cultures et la qualité des produits. Les engrais furent utilisés dès l'Antiquité, où l'on ajoutait au sol, de façon empirique, les phosphates des os, l'azote des fumures animales, le potassium des cendres. Les engrais permettent d'apporter en quantité voulue, un ou plusieurs éléments fertilisants comme l'azote, le phosphore, la potasse, le calcium, le magnésium... ainsi que des oligo-éléments le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre, le bore, le molybdène (Anonyme, 2017).

2.Éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante:

Pour se développer, la grande majorité des plantes exigent 16 éléments nutritifs provenant de l'air et du sol qui les entourent. Les éléments ci-après proviennent :

- **De l'air :** Le carbone (C) sous forme de CO₂ (Anhydride carbonique) ;
- **De l'eau :** L'hydrogène (H) et l'oxygène (O) à l'état d'eau (H₂O) ;
- **Du sol et des engrais minéraux et organiques :**
 - **Des éléments de base (macro éléments) :** L'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K)
 - **Des éléments secondaires :** Le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le soufre ((S).
 - **Des oligo-éléments :** Le fer (Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le bore (B), le molybdène (Mo), et le chlore (Cl).

Les éléments secondaires et les oligo-éléments se trouvent habituellement en quantité suffisante dans le sol, et ne devraient être ajoutés qu'en cas de constatation de carence (Anonyme, 2017).

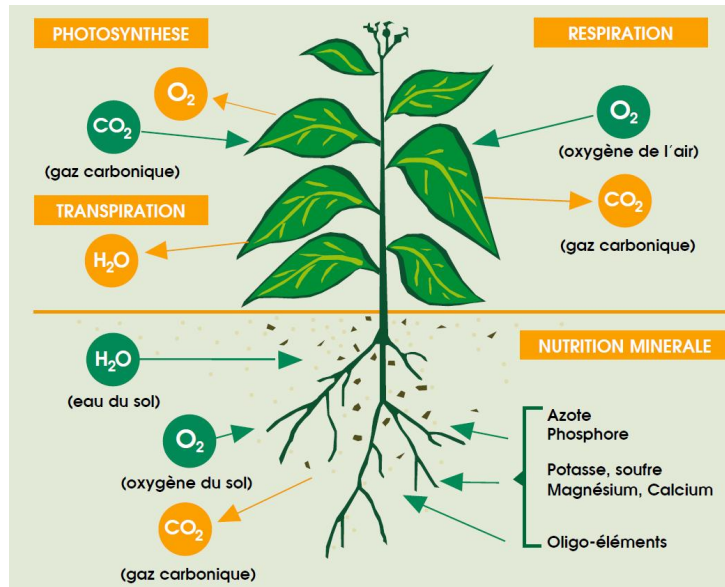


Figure N°6: Schéma de la fertilisation (Anonyme, 2017)

3. Les engrais:

3.1-Définition des substances nutritives:

D'après (Bliefert et Perraud, 1997) ; Les substances nutritives sont des éléments ou des composés, que les organismes utilisent pour vivre ou se multiplier. Les substances nutritives des plantes peuvent être partagées entre les substances nutritives principales et des substances nutritives à l'état de traces ; en fonction des quantités liées à leurs besoins (Tableau 05).

Tableau 05: Éléments nutritifs principaux et éléments nutritifs à l'état de traces, pour les plantes. (Bliefert et Perraud, 1997)

Eléments nutritifs	Formes les plus importantes sous lesquelles ils sont absorbés		
Substances nutritive principales			
H	H ₂ O	} éléments nutritifs organiques	
C	CO ₂ , HCO ₃ ⁻		
O	O ₂ , CO ₂		
N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ (NH ₃ , NO _x , N ₂)		
P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻		
S	SO ₄ (SO ₂)	} éléments nutritifs minéraux	
K	K ⁺		
Mg	complexes de Mg ²⁺ , Mg ²⁺		
Ca	complexes de Ca ²⁺ , Ca ²⁺		
Substances nutritive à l'état de trace:			
B	H ₂ BO ₃ ⁻ , [B(OH) ₄] ⁻ , H ₃ BO ₃		
Cl	Cl ⁻ (HCl)		
Mn	complexes de Mn ²⁺ , Mn ²⁺		
Fe	complexes de Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Fe ²⁺		
Cu	complexes de Cu ²⁺ , Cu ²⁺		
Zn	complexes de Zn ²⁺ , Zn ²⁺		
Mo	MoO ₄ ²⁻		

Lorsque l'un de ces 16 éléments essentiels manque aux plantes supérieures, des symptômes de malnutritions apparaissent. Certaines plantes ont besoins d'éléments supplémentaires, qui sont parfois comptés dans les éléments nutritifs, par exemple : Na, Cl, Co, Si.

3.2. Types des engrais:

D'après (Mazoyer, 2002), Suivant leur nature, les engrais participent plus ou moins rapidement à la nutrition des cultures, ils sont classés:

Soit d'après le nombre d'éléments fertilisant qu'ils apportent. On distingue :

❖ **Les engrais simples**, qui ne possèdent qu'un seul des éléments fertilisants majeurs, sont représentés principalement par les engrais azotés, les engrais phosphatés et les engrais potassiques.

❖ **Les engrais composés**, qui en contiennent au moins deux éléments fertilisants majeurs. Selon (FAO, IFA et IMPHOS, 2003) Ceux qui en contiennent deux ou trois sont appelés engrais binaires (02 éléments) ou ternaires (03 éléments).

D'une manière générale, on peut distinguer trois catégories d'engrais binaires ou ternaires :

- **Les engrais complexes** : produits par des méthodes faisant intervenir une réaction chimique entre la matière premières contenant plusieurs éléments nutritifs choisis (chaque granule contient le même ratio d'éléments fertilisants déclaré sur l'étiquette).

- **Les engrais composés granulés** : consistent en une granulation après un mélange à sec d'engrais simple. Les granules résultant de ce mélange contiennent des teneurs différentes en éléments nutritifs.

- **Les engrais mélangés** : engrais contenant plusieurs éléments nutritifs, obtenus par mélange physique de matières premières. (Le mélange peut ne pas être homogène s'il n'est pas fait avec un grand soin).

Ces types d'engrais peuvent aussi contenir des éléments minéraux secondaires et des oligo-éléments. Soit d'après leur origine et leur forme. On distingue alors :

- **Les engrais organiques**, qui proviennent de la transformation de déchets végétaux et surtout animaux et qui apportent, sous forme organique ; les éléments minéraux majeurs, secondaires et la plupart des oligo-éléments.
- **Les engrais minéraux**, qui ont pour origine des roches éruptives, sédimentaires, qui sont obtenus par synthèse ou transformations industrielles (FAO, IFA et IMPHOS, 2003).

4. Fonction des éléments nutritifs:

4.1. Les macro éléments N•P•K:

4.1.1. L'azote :

La plupart des systèmes de cultures non légumineuses exigent l'apport d'azote, particulièrement les variétés récentes à haut rendement.

Pour toutes les autres plantes, la nutrition azotée se fait quasi exclusivement à partir des nitrates présents dans la solution du sol (**Anonyme, 2017**).

4.1.1.1. Rôle physiologique de l'azote :

L'azote est l'élément nutritif le plus déficient dans les systèmes de productions agricoles à travers son rôle dans :

a. La synthèse de la matière vivante à partir de la matière minérale;

b. Pour **Soltner (2003)**, l'azote est un constituant essentiel du cytoplasme car il favorise :

- La synthèse des glucides grâce à l'augmentation du nombre de chloroplastes.
- La constitution des réserves azotées dans les graines.
- La multiplication cellulaire donc la croissance des tissus.
- La multiplication des chloroplastes, puisque la chlorophylle est substance azoté d'où la couleur vert foncée des plantes après un apport d'azote.
- C'est un facteur de rendement, et parfois de qualité, puisque il augmente la teneur en protéines des céréales.

L'azote est donc nécessaire à tous les stades de la plante: jeune, croissance, reproduction et mise en réserve.

4.1.1.2. L'azote dans le blé :

L'action de l'azote sur les céréales dépend surtout de l'époque de son apport. En effet, tous les chercheurs dont **Remy et Viaux (1980)** qui se sont préoccupés des apports azotés admettent que pour avoir de bons résultats, il est nécessaire que l'azote soit disponible en quantité suffisante sous forme assimilable au début montaison.

Lors du gonflement floraison, la matière végétale augmente rapidement et par conséquent les besoins en azote du blé deviennent importants (**Grignac, 1981**). Un manque en azote à cette période se traduit par une floraison précoce qui peut répercuter sur les rendements.

Pendant la maturation, l'azote minéral du sol en quantité insuffisante ne peut pas couvrir les besoins du blé (**Masle, et Meynard, 1981**).

Globalement l'absorption d'azote suit le développement du blé et ceci durant les quatre phases :

- Herbacée jusqu'à la montaison avec une absorption de l'ordre de 4,5 Kg d'azote/quintal.
- Élongation avec une activité intense de croissance, cette phase se termine à la floraison.
- Fructification où l'absorption se ralentit et où les phénomènes de translocation deviennent importants.
- Maturation avec la sénescence des tissus suivie d'une perte d'eau, de matière sèche et même d'azote (**Soltner, 2003**).

4.1.1.3. Formes d'azote absorbé par les plantes :

Dans les sols agricoles, l'azote se trouve à une proportion de 95 % sous forme organique. L'azote sous forme minérale, forme essentiellement assimilable par les plantes, ne représente que 100 à 200 Kg par hectare dans les régions tempérées.

Les plantes absorbent les formes ioniques solubles dans la solution du sol seulement qui se trouvent sous formes :

1. Nitrate (NO_3^-) constituant la forme préférentielle d'absorption de l'azote par les cultures.
2. Ammonium (NH_4^+): une grande partie de l'ammonium dans le sol est convertie en nitrate par les microorganismes du sol et d'autres parties sont absorbées directement par les racines (**Soltner, 2003**).

4.1.1.4. Sources d'azote :

Les sources d'azote pour les cultures peuvent être :

- La matière organique du sol par minéralisation.
- Les amendements organiques : fumier, compost et autres déchets; sous produits agroalimentaires,...etc.
- L'azote de légumineuses (luzerne, fève) et autres espèces fixatrices de l'azote moléculaire.
- Les engrais verts, spécialement des légumineuses.
- Les engrais minéraux (**Soltner, 2003**).

4.1.1.5. Conséquences d'excès et de carence en azote :

Un apport adéquat d'azote stimule une activité photosynthétique élevée, une croissance végétative vigoureuse et une coloration verte foncée des feuilles. Bien que rarement toxique, l'excès d'azote peut :

- Retarder la phase maturité ;
- Entraîner des problèmes de verse ;
- Les symptômes de carence des plantes en azote peuvent être :

- Rabougrissement de la plante entraînant un retard de croissance,
- Diminution du nombre des talles,
- Coloration verte pâle des feuilles due à la perturbation de la synthèse chlorophyllienne,
- Jaunissement prématuré,
- Baisse de rendement (**Soltner, 2003**).

4.2. Le phosphore et le végétal :

4.2.1. Importance du phosphore :

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 **Gervy (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_2O_5 ; elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique (**tableau 6**).

Tableau N°6: Teneur en éléments minéraux de quelques plantes (**Duthil, 1973**)

Espèces végétales	Partie de la plante	N (% MS)	P ₂ O ₅ (% MS)	K ₂ O (% MS)
Blé	-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
Orge	-Graine	1,10-1,73	0,88-0,98	0,50-0,66
	-Paille	0,33-0,60	0,31-0,47	0,65-1,50

4.2.2. 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 **Gervy (1970)**, une Bonne nutrition phosphatée se traduit par des effets de précocité qui réduisent les risques de gelées auxquels divers cultures sont exposées, en arrière-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.

4.2. 3. 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/m² 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 P₂O₅/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**).

4.2. 4. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures :

En générale l'absorption du phosphore par les plantes est à peu près terminée vers la fin de la période de croissance maximale.

La production de 1 g de matière sèche par une plante requiert un prélèvement d'environ 3 mg de P (**Fardeau, 1993**).

Aussi, les cultures peuvent être classées selon leurs exigences en P (**tableau 7**).

Tableau N°7: Classification des cultures selon leur exigence en P (**Snoussi et Haltim, 1996**)

P₂O₅	
Culture très exigeantes	Betterave, colza, pomme de terre
Cultures exigeantes	Blé sur Blé, chou, maïs ensilage, orge, prairie, sorgho, pois, féverole
Cultures peu exigeantes	Avoine, Blé, épeautre, maïs grain, seigle, soja, tournesol, triticales, lupin

4.2.5. Excès et carence du phosphore :

Les excès de phosphore sont en général sans inconvénient pour la récolte (**Duthil, 1973**). 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 son 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.
- Feuillage en général foncé et mat avec des teintes pourprées et une défoliation précoce commençant par la base de la plante (**Prat, 1971 ; Charles, 1976**).

La plante sans P₂O₅ voit sa végétation diminuée et sa floraison retardée (**Gervy, 1970**), donc la récolte peut diminuer jusqu'à 50% (**Baeyens, 1967**).

4.2.6. Le phosphore dans le sol :

4.2.6.1. Les différents états du phosphore dans le sol :

a. 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 % (**Gervy, 1970**).

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

b. 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).

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 ‰.

4.2.6.2. Dynamique du phosphore dans le sol :

La connaissance de la dynamique d'un élément est indispensable au diagnostic de la fertilité d'un sol et à l'estimation des correctifs à apporter (Bosc, 1976).

Le croquis «dynamique du phosphore dans le sol» permet une visualisation de ces différentes formes du phosphore dans le sol (Gros, 1979).

D'après Gros (1977), il existe un équilibre permanent entre les divers états du phosphore dans le sol. Ainsi la matière organique, à son tour, libère du phosphore dans la solution du sol après minéralisation.

L'équilibre le plus rapide et le plus important existe entre le phosphore dissout dans la solution du sol et le phosphore échangeable, et estime que ces deux dernières formes représentent la réserve alimentaire en phosphore (Duthil, 1976).

Donc le phosphore peut être absorbé, précipité, comme il peut être dissout. Le phosphore organique peut être minéralisé ou réorganisé.

L'emploi de l'isotope P32, met en évidence trois phénomènes dans le sol : L'adsorption de l'anion phosphorique sur le complexe, la mobilisation et la rétrogradation (Gros, 1979).

a. 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).

b. 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).

Duthil (1976), 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.

4.2.6.3. 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, 1993).

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).

4.3. Potassium:

4.3.1 Sources du Potassium:

Dans la nature, le potassium se trouve sous diverses combinaisons telle que les silicates, les végétaux. Une partie appréciable du potassium se trouve dans l'eau de mer. Les produits de la mer sont riches en potassium d'où l'utilisation par l'homme des gisements déposés (Cottignies, 1977).

4.3.2. Les formes du potassium dans le sol:

Le potassium dans le sol se trouve sous différentes formes (Duchaufour, 1979).

a- La forme complexe : c'est la forme non échangeable ou la forme de réserve cependant, le potassium forme une maille fixe entre les feuilles de certains minéraux (Duchaufour, 1979). Cette forme représente 90 à 98 % du potassium total du sol (Soltner, 1987). La nature d'un sol en potassium résulte de la nature et de l'abondance des minéraux présents dans la roche mère et des pertes en potassium subies au cours de la pédogenèse (Quemener, 1979).

b- La forme fixée : cette forme est favorisée par le phénomène de rétrogradation où le potassium échangeable tend à prendre la place des mailles c'est la migration vers les faces intérieures des feuilles des minéraux colloïdaux (Duchaufour, 1979).

Une autre fixation induite en présence de la matière organique du sol ou le potassium se trouve sous forme particulièrement utilisable, dont le potassium sera fixé par les microorganismes puis restitué sous forme assimilable (Soltner, 1987).

c- La forme échangeable : il s'agit des ions K^+ retenus ou absorbés par les surfaces extérieures des particules d'argiles et d'humus à l'aide des échanges électriques négatives (Quemener, 1979). Ces ions ne représentent que théoriquement le potassium libéré par lessivage à l'acétate d'ammonium (Duthil, 1973).

Le potassium échangeable représente 1 à 2% du potassium total du sol et plus de 90% de cette quantité est absorbée par la plante (Soltner, 1987). Sa teneur en sol sableux est inférieure à 10 mg/100 g de terre (Schefer et Schatschabel, 1967).

L'abondance des ions Ca^{++} dans le sol et l'augmentation du pH favorise la rétrogradation du potassium par contre une hydratation des argiles du sol provoque la défixation des ions potassiques qui passent à l'état échangeable (**Duchaufour, 1979**) à l'épuisement de la forme facilement utilisable. Le remplacement se fait par la libération du potassium fixé (**Soltner, 1987**).

Le potassium échangeable n'est pas synonyme de potassium assimilable, son assimilable dépend de beaucoup de facteurs de milieu, notamment de la capacité d'échange cationique le pouvoir, la texture et la structure du sol (**Duchaufour, 1979**).

d- La forme soluble : c'est le potassium de la solution du sol. Il ne représente que quelque Kg de K_2O /ha soit 10mg /l de solution et représente moins de 10% de potassium échangeable du sol (**Soltner, 1987**).

Sa concentration est en fonction de la teneur en eau du sol. Le lessivage du potassium est relativement élevé, ce lessivage est faible dans les sols riches en illites et vermiculites car ces minéraux fixent très fortement le potassium (**Quemener, 1979**).

4.3.3. Cycle du potassium dans le sol:

Le cycle du potassium est surtout un cycle minéral et les végétaux interviennent de façon considérable au niveau de l'altération des minéraux. Une autre intervention importante de la biosphère, consiste en un stockage de potassium et en sa libération lors du lessivage des litières et de la décomposition des résidus organiques (**Anonyme, 1988**).

Le potassium peut être en outre apporté par les eaux pluviales (**Duchaufour, 1979**).

4.3.4. Dynamique du potassium:

Les principes de la dynamique sont les mêmes qu'ils s'agissent des régions tempérées, tropicales ou autre mais l'importance des facteurs déférents néanmoins (**Duchaufour, 1979**).

La dynamique du potassium dans les sols des régions arides et semi-arides correspond qualitativement à celle des sols des régions humides mais qualitativement différentes à cause du faible remonté de l'humidité du sol (**Sekhon, 1983**).

D'après **Scheffer et Shahiscabel (1967)**, le lessivage du potassium dépend de la composition du sol.

Dans les sols sableux, le lessivage du potassium est relativement élevé, ce qui nécessite de faire des apports de fumures potassiques supérieurs aux besoins des cultures.

Dans les sols riches en illite et en vermiculite le lessivage est par contre faible car les minéraux fixent très fortement le potassium **Cottignies (1977)** souligne que la présence de l'humus contribue également à limiter le lessivage mais son influence est beaucoup moins grande que celle de l'argile et le mode de travail de sol.

4.3.5. Rôle physiologique du potassium:

La potasse (K_2O) dont l'élément de base est le potassium (K) joue dans la nutrition de la plante un rôle important et complexe.

- Elle favorise la formation des réserves (sucre dans la betterave, le raisin, les fruits ; fécule dans la pomme de terre ; amidon dans le grain de blé) ainsi que leur migration et leur accumulation dans les grains les tubercules, les racines, et les fruits ; elle augmente ainsi le poids des récoltes.
- Elle améliore la qualité (grains plus remplis et plus denses racines et tubercules plus riches, feuilles de tabac plus souples...)
- Elle donne une résistance plus grande à la dessiccation précoce.
- Résistance à la verse : la potasse, en accroissant l'épaisseur des parois cellulaires des sclérenchymes de céréales assure une meilleure résistance à la verse.
- Elle intervient dans l'absorption et l'utilisation de l'azote pour la fabrication de la matière azotée.
- Elle accroît la résistance aux maladies cryptogamiques et aux accidents.
- Elle facilite la conservation des racines et tubercules.
- Elle permet, avec l'acide phosphorique, de lutte contre la verse des céréales en corrigeant les défauts d'un excès d'azote.
- Diminue les besoins des plantes en eau
- Il intervient dans l'équilibre acide basique des cellules.
- Régulerait l'échange intercellulaire actif de la photosynthèse.
- Participe dans la formation des protéines et intervient dans les processus d'évolution des composés azotés et favorise leur migration vers les organes de réserves,
- Permet une meilleure résistance au froid (**Cottignies, 1977 et Duthil, 1973**).
- Le potassium compense le déficit de la lumière. Une double dose de potassium remplace le soleil car le potassium augmente la teneur en chlorophylle et donc stimule l'intensité de l'assimilation (**Bayens, 1967**).

4.3.6. Le potassium et la plante:

a. État du potassium dans la plante:

Le potassium se trouve généralement dans les organes végétaux vivants sous la forme minérale et organique. Il peut s'y trouver aussi en combinaisons complexes avec les colloïdes cellulaires, mais ces derniers ne sont pas stables et non permanents (**Duthil, 1973**).

b. la nutrition potassique de la plante:

L'alimentation potassique des plantes s'effectue généralement au niveau de la solution du sol par les poils absorbants des racines. Aussi par l'absorption directe des ions fixés sur le complexe par contrat entre les racines et les particules du sol.

On remarque que le maximum d'absorption se situe, en général, au moment du remplissage du grain. Une forte perte de potassium est constatée à partir des organes aériens au moment de la formation du grain (**Duthil, 1973**).

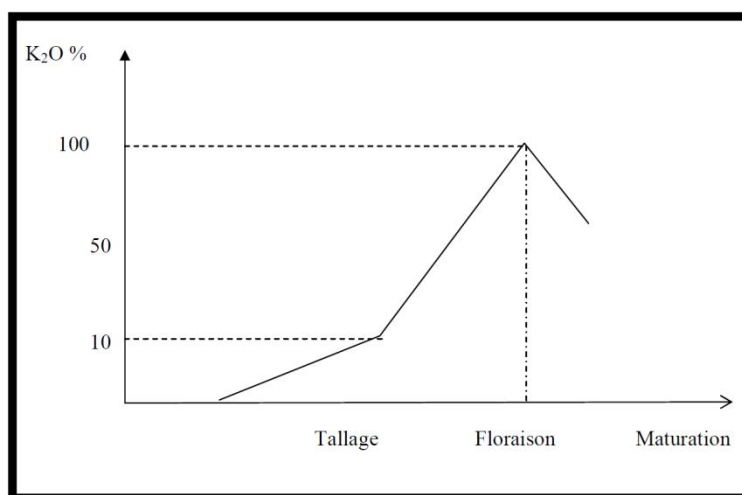


Figure 07 : Courbe d'absorption de K₂O chez les céréales (**Duthil, 1973**).

4.3.7. Fertilisation potassique:

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

a. La teneur du sol en Potassium:

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

b. Exportation de potassium:

Chaque fois qu'on effectue une récolte, on prélève dans le sol une partie de son stock alimentaire (**Bayens, 1967**). Le seul retour au sol de quantités d'éléments minéraux égales aux exportations d'une culture, sous forme de fumure organique et d'engrais minéraux, ne suffit pas à améliorer la fertilité, donc les rendements.

Ainsi, on doit tenir compte des pertes en éléments fertilisants par lessivage, érosion.

Par exemple les pertes en zones humides peuvent être les suivantes:

- 0 à 10 Kg/ha de K₂O en terre argileuse;
- 10 à 20 Kg/ha de K₂O en terre limoneuse;
- 20 à 30 Kg/ha de K₂O en terre sableuse.

Chapitre 03:
Matériels et méthodes

1. But de l'étude:

Cette étude entre dans le cadre de la collaboration entre l'université 8 mai 1945 de Guelma et l'institut technique des grandes cultures (I.T.G.C. de Guelma). Elle vise à:

- ❖ Mise en évidence l'effet de la fertilisation NPK sur l'amélioration de la production de la culture du blé dur ;
- ❖ La mise en évidence de l'intérêt de la fertilisation NPK sur le blé dur (bonne source , bonne dose , bon moment d'application pour une zone donnée).
- ❖ Obtention des données expérimentales pour l'amélioration du logiciel *Nutrient Expert* qui est un outil informatique pour la prise de décision destiné pour le conseil agricole et son adaptation aux conditions agro-pédologiques algériennes.

2. Caractéristiques du site d'essai:

2.1. Localisation :

L'essai a été effectué durant la campagne agricole 2018-2019 au niveau de la station expérimentale et l'institut technique des grandes cultures (I.T.G.C) de la wilaya de Guelma (**Figure N°8**).

Cette station se situe au sud ouest de la ville de Guelma à une altitude de 272 m, latitude 36° et longitude 7°4 (ITGC, 2018), la station s'étale sur 38ha, dont 34ha pour la multiplication de semences et 4ha pour les essais d'expérimentations, notre parcelle d'essai se situe au nord de la station sur une superficie de 6 417 m² (**Figure N°9**).

La mission de la ferme de démonstration et de production de semence:

- Production de semences (céréales, légumes sec, fourrages).
- Transfert de technologie en milieu de producteur.
- Encadrement de professionnels (agriculteurs) et d'étudiants (d'institut spécialisé et université) (ITGC-Guelma, 2019).



Figure N°8 : ITGC Guelma



Figure N°9 : Parcelle d'étude (ITGC Guelma)

2.2. Caractéristiques climatique :

La station est située dans l'étage bioclimatique Sub-humide à hiver doux caractérisé par une saison pluvieuse allant d'Octobre à Mai. Suivi d'une saison sèche de juin à Septembre.

2.2.1. La pluviométrie :

En Algérie la production céréalière est étroitement liée aux quantités de pluies tombées et à leur répartition dans le temps. Dès la germination l'eau se comporte en facteur limitant de la croissance, les besoins en eau durant le cycle de développement sont en fonction des stades végétatifs et des conditions climatiques (**Bouasla, 2001**).

Ce paramètre est déterminé par la quantité de pluie mensuelle accumulée et le nombre de jours de pluie mensuelle présenté par **le tableau N°8**.

Tableau N°8 : Moyenne mensuelle des précipitations pour la région de Guelma durant la campagne septembre 2018- 15 juin 2019. (**ITGC-Guelma, 2019**)

Année	2018				2019						Total
	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fèv	Mars	Avr	Mai	Jui	
Précipitation (mm)	23,6	146,8	36,2	31,8	144,2	77,8	87,6	42,8	55,2	0	646
Nombre de jour de pluie	7	23	16	16	22	19	15	17	15	0	150

2.2.2. Température :

Ce paramètre constitue un des facteurs déterminants du comportement des végétaux dans leur milieu surtout lorsqu'il s'agit d'espèce résistants à des conditions extrêmes telles que les céréales. Le métabolisme de la plante ainsi que la respiration et la photosynthèse des céréales varient nettement en fonction de la température (**Bouasla, 2001**).

Les paramètres thermiques mensuels sont indiqués dans **le tableau N°09** :

- Température minimales m
- Température maximales M
- Température moyenne et l'amplitude thermique M - m.

Tableau N°9: Température moyenne mensuelle de la région de Guelma durant la campagne septembre 2018- 15 juin 2019. (ITGC-Guelma, 2019)

Année	2018				2019					
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fèv	Mars	Avr	Mai	Jui
Température (°C)	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fèv	Mars	Avr	Mai	Jui
T. Max	31,78	25,00	20,71	16,96	13,33	15,73	19,00	21,70	23,48	32,04
T. Min	18,40	14,10	8,83	6,63	5,05	4,04	5,57	8,24	10,01	14,95
T. Moy	25,09	19,55	14,77	11,79	9,19	9,88	12,29	14,97	16,75	23,49
T.Max-Min	13,38	10,90	11,88	10,33	8,28	11,70	13,43	13,47	13,47	17,09

D'après le **tableau N°9** les températures moyennes mensuelles sont relativement saisonnières avec un hiver Doux 9 à 12 °C qui se prolonge jusqu'au printemps.

3. Matériel végétal:

Notre étude a été portée sur 1 seule variété de blé dur (*Triticum durum* Desf) vitron fourni par (ITGC) de Guelma (**Figure N°9**), la semence utilisée pour l'essai est une récolte de la campagne 2017-2018. Les **tableaux 10 et 11** exposent les principales caractéristiques de la variété de blé expérimentée.

Tableau N°10 : Variété de blé expérimentée (Vitron) (ITGC-Guelma, 2019)

Variété	Dénomination locale	Obtenteur	Pedigree	Origine	Demandeur	Type de variété
Vitron	Hoggar	Semillas Batle S.A (Espagne)	JO"S"/fg"S "-CM9799	Espagne	ITGC	Lignée pure

Tableau N°11 : Les principales caractéristiques de la variété de blé expérimentée (*Triticum durum* Desf) Vitron (ITGC-Guelma, 2019).

Caractéristiques morphologiques	Caractéristiques culturales	Caractéristiques qualitatives	Productivité
L'épi compact, blanc Hauteur de la plante à la maturité: 90-100 cm	Alternativité : hiver Cycle végétatif : semi-précoce Tallage: moyen Résistance : Au froid : résistance Au chaud : tolérante A la sécheresse: sensible	Poids de mille grains (PMG) : élevée Qualité semoulière : moyenne	Rendement en grain optimal : 60 Qx /ha



Figure N°10: Variété de blé expérimentée (Vitron) (photo personnelle ,2019).

4. Engrais utilisés:

Dans le cadre de notre expérimentation trois types d'engrais fournis par l'FDPS de Guelma (ITGC –Guelma, 2019) sont utilisés :

4.1. Engrais de fond :

4.1.1. Triple super phosphate :

TSP 00-46-00, engrais granulé

❖ Utilisation :

Le TSP est un engrais phosphaté concentré. Il peut être directement appliqué pour la fertilisation des sols.

4.1.2. Caractéristiques du TSP:

Engrais binaire riche en phosphore sa solubilité est très élevée

- Formule chimique : $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Teneur en P : 45 % P_2O_5 (0-45-0)
- Teneur en Ca : 15 % de Ca
- Solubilité de P dans l'eau: en général > 90 %
- pH de la solution: 1 à 3
- Etat physique : Granulé
- Couleur : Gris

4.2. Engrais de couverture:

4.2.1. Aves azote (type d'engrais Urée 46%) :

Urée avec 46% d'azote sous forme ammoniacale, l'Urée est l'engrais sec le plus riche en azote et il est complètement soluble à l'eau. Il agit moins rapidement que les nitrates, et son effet dur plus longtemps, l'hydrolyse de l'Urée dépend de la température du sol. Elle ne nécessite que de trois à cinq jours en sol froid tandis que quelques heures suffisent en réchauffé. Son application est

recommandée avant une pluie et il doit être enfoui afin d'éviter, d'éventuelles pertes par volatilisation.

4.2.2. Caractéristiques technologiques :

- Forme.....granulé
- Couleur.....blanche
- Azote total.....46%
- Humidité.....0,5% max
- Biuret1% max
- Granulométrie.....1-4mm 90%
- Conditionnement.....sec polypropylène de 50 kg
- Domaines d'application.....polyvalents

4.2.3. Formule:

NPK 46-0-0

4.2.4. Composition:

- Azote sous forme Urée(H_4CON_2).....46%
- Phosphate.....0%
- Potasse.....0%

4.3. Sulfate de potassium K(52) S(45):

4.3.1. Description:

- Sulfate de potassium est un engrais de couverture concentré en potassium issu de sels bruts naturels.
- Sac de 25 Kg.
- Formulation : Cristaux solubles dans l'eau-Engrais CE
- engrais concentré en potassium issu de sels bruts naturels.
- engrais très pauvre en chlore (en moyenne 0,15%) est utilisable en traitements foliaires ou en fertirrigation (goutte à goutte).

4.3.2. Composition:

- K_2O 52%
- SO_345%

5. Forme de produits utilisés pour traitement (ITGC-Guelma, 2019) :

5.1. Herbicide (20/02/2019):

On utilise Cossack^{OD}, contre les mauvaises herbes graminées et dicotylédones annuelles.

5.1.1. Composition :

Cossack^{OD} est la combinaison de mesosulfuron-méthyle (3%), iodosulfuron-méthyle-sodium (3%), et de mefenpyr-diethyl (safener)(9%), formulés en granulés à disperser dans l'eau (WG) (Figure N°11).



Figure N° 11: emballage de l'herbicide Cossack (photo personnelle ,2019).

5.1.2. Mode d'action :

Ces composants herbicides sont principalement absorbés par voie foliaire et en moindre mesure par voie racinaire. La croissance des mauvaises herbes est arrêtée endéans les premiers jours qui suivent le traitement.

La dose utilisée : 1 L/ha

5.2. Fongicide (14/04/2019) :

On utilise PROSARO, fongicide contre les maladies des céréales, des crucifères oléagineuses, des pois protéagineux et des fèves.

PROSARO est un fongicide composé de deux substances actives des familles chimique 125 g/l triazolinthione et triazole : 125 g/l prothioconazole et tebuconazole. Présenté sous forme de concentré émulsionnable (EC).

PROSARO se caractérise par sa haute performance d'efficacité, ses propriétés systémiques originales, sa polyvalence et sa persistance sur de nombreuses maladies des céréales (Figure N°12).



Figure N° 12: emballage du fongicide PROSARO (photo personnelle ,2019).

5.2.1. Période d'utilisation :

Plein élongation jusqu'à début épiaison.

- La dose utilisée : 0,5 l/ha
- Délai avant récolte : 35 jours

6. Mise en place de l'essai

L'essai expérimental est un bloc aléatoire à 7 bandes d'une superficie de (9 x 93) m² (Figure N°13)

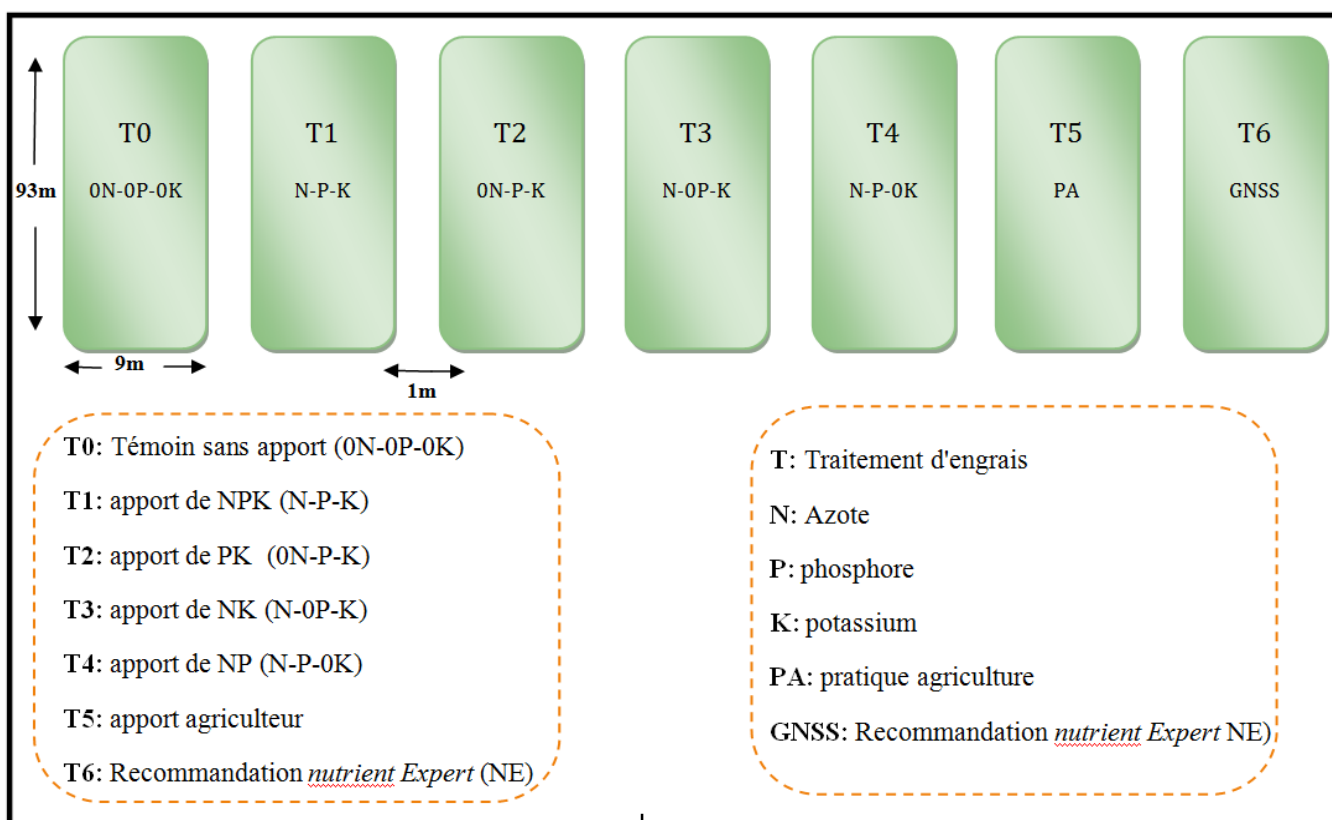


Figure N°13: dispositif expérimental de l'essai

7. Protocole expérimental:

Tableau N°12: Protocole expérimental de notre étude

Traitement	FDPS (unité/ha)
Rendement objectif (qx/ha)	55
T0	0
T1: NPK	136,85 - 69 - 60
T2: PK	0 - 69 - 60
T3:NK	136,85 - 0 - 60
T4:NP	136,85 - 69 - 0
T5:PA	110 - 78 - 0
T6:GNSS	110 - 68 - 57

NB: les doses d'azote qui dépassent les 90 Unité doivent être fractionnées deux apports : un (1/3) de la dose totale au semi + deux tiers (2/3) de la dose totale au stade épis 1cm.

7.1. Dimensions de la parcelle élémentaire : 9m x 93m= 837m² (3 passages de semoir classique de 3 m sur une longueur de 93 m, plus l'inter parcelle de 1m) (**Figure N°13**).

La conduite culturale des essais doit être identique:

- Même précédent cultural (Jachère);
- Même période de semis;
- Protection phytosanitaire complète (mauvaise herbes, maladies, insectes) et ceci pour tous les traitements.

7.2. Notation et mesures à faire sont :

❖ **Sur le sol :**

Avant semis :

- Caractérisation des parcelles.

Après récolte :

- Prélèvement pour chaque traitement pour l'analyse des éléments fertilisants N.P.K.

❖ **Sur la culture :**

- Date d'apparition des différents stades phénologiques (levée, tallage, montaison, gonflement, épiaison et maturité).
- Nombre de plants /m² (3 m²/traitement)
- Nombre de talle/plant (5 plants /traitement)
- Nombre de talles fertiles /plant (5 plants /traitement)
- Nombre de talles stériles /plant (5 plants /traitement)

- Nombre d'épi / m² (3 m²/traitement).
- Nombre de grain /plants (50 plants / traitement).
- Poids de 1000 grain (3 échantillon/ traitement).

❖ Sur le grain :

Taux de métadinage (3 échantillon/ traitement).

Le programme IPNI Afrique du nord a mis en place les premières plates-formes d'essais du projet Nutrient Expert ; l'outil d'aide à la décision Nutrient Expert (NE) permet le pilotage de la fertilisation N, P et K en utilisant les données climatiques et du sol pour élaborer des recommandations de fertilisation NPK aux agriculteurs basées sur le rendement objectif potentiel. L'utilisation de l'outil NE au sud asiatique dans le cas du blé et Maïs a permis d'obtenir des gains de rendements significatifs par rapport aux rendements des agriculteurs afin de valider l'outil NE dans les conditions Algériennes.

8. Les stades phénologiques:

Le **tableau N°13** montre les dates de différents stades phénologiques.

Tableau N°13: Dates de stades phénologiques de notre essai

Les stades		La date
Date de semis		13/12/2018
Date de levée		23/12/2018
Stade 3 feuilles		09/01/2019
Stade mi tallage		19/02/2019
Fin tallage (épi 1 cm)		01/03/2019
Gonflement		31/03/2019
Epiaison		05/04/2019
Floraison		30/04/2019
Laiteux	Remplissage du grain	07/05/2019
Pâteux		14/05/2019
Durcissement		22/05/2019

9. Paramètres étudiés :

9.1. Sur le Sol:

9.1.1. Préparation de l'échantillon :

Les prélèvements de sol ponctuels sont recueillis dans un seau, puis étalé sur une feuille de papier journal ou de plastique, et sont mélangés par la suite à l'aide d'une pelle.

Un échantillon d'une masse de 500 à 800g de terre fine est à préparer comme suit :

*Diviser le tas de terre en quatre lots ;

*Sélectionner les deux lots opposés ;

*Poursuivre le mélange jusqu'à l'obtention d'une masse brute équivalente à 500-800g de terre fine <2mm, quantité suffisante pour les analyses à effectuer.

L'échantillon destiné au laboratoire doit être ensaché et étiqueté, l'étiquetage doit mentionner la date de prélèvement, le nom de la ferme, le thème de l'essai, le numéro de l'échantillon (le traitement et la répétition) indispensable pour le laboratoire et l'interprétation

NB : - Si les échantillons prélevés sont très humides, un séchage à l'aire libre s'impose avant d'entamer l'opération de mélange et de réduction de la masse.

- L'envoi des échantillons au laboratoire doit se faire aussitôt que les échantillons sont préparés

9.1.2. Texture du sol :

- **Protocole** : selon la méthode de **Dermech et al, (1982)**.

Prendre une quantité de sol, ajouter l'eau à petit pour faire une pâte, puis essayé de former une corde avec cette pâte (**figure N°14**).

➤ L'identification

- La corde ne se forme pas → sable
- La corde se fragmente → sol sableux
- La corde se forme mais fragile → sol limoneux
- Formation de la corde mais non le cercle → sol limoneux sableux
- Formation de la corde mais le cercle se fragmente → sol limoneux sableux lourd
- Formation de la corde et le cercle → sol argileux

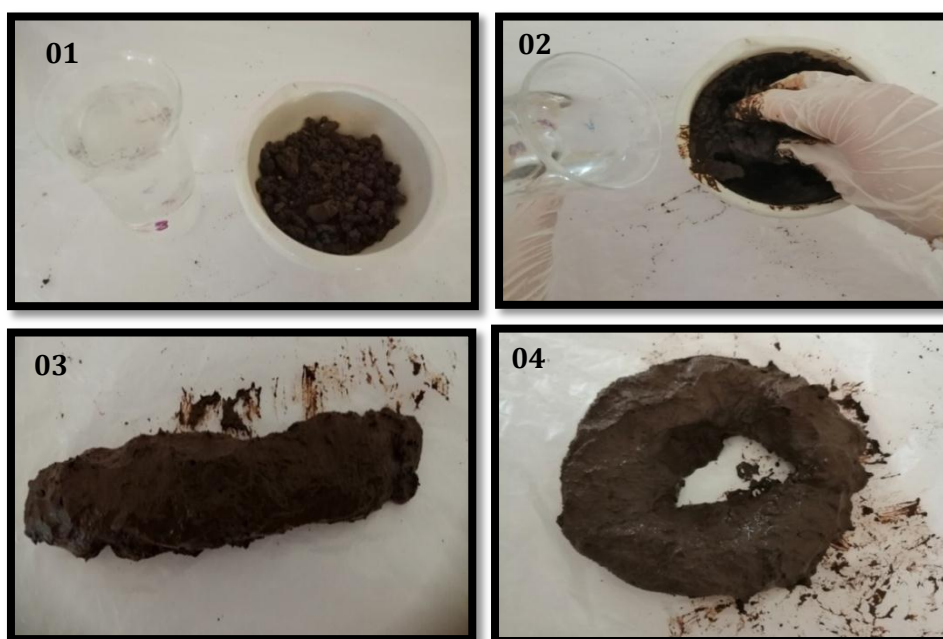


Figure N°14: Détermination de la texture de sol (photos personnelles, 2019).

9.1.3. Analyse de matières organiques :

- **Dosage de la matière organique**

La teneur en MO peut s'obtenir par la méthode de la perte au feu. Cette méthode est déconseillée pour les échantillons possédants beaucoup de calcaire. Le domaine d'étalonnage de cette méthode varie de 1 à 50% de MO (Fournier, 2012), (Figure N°15).

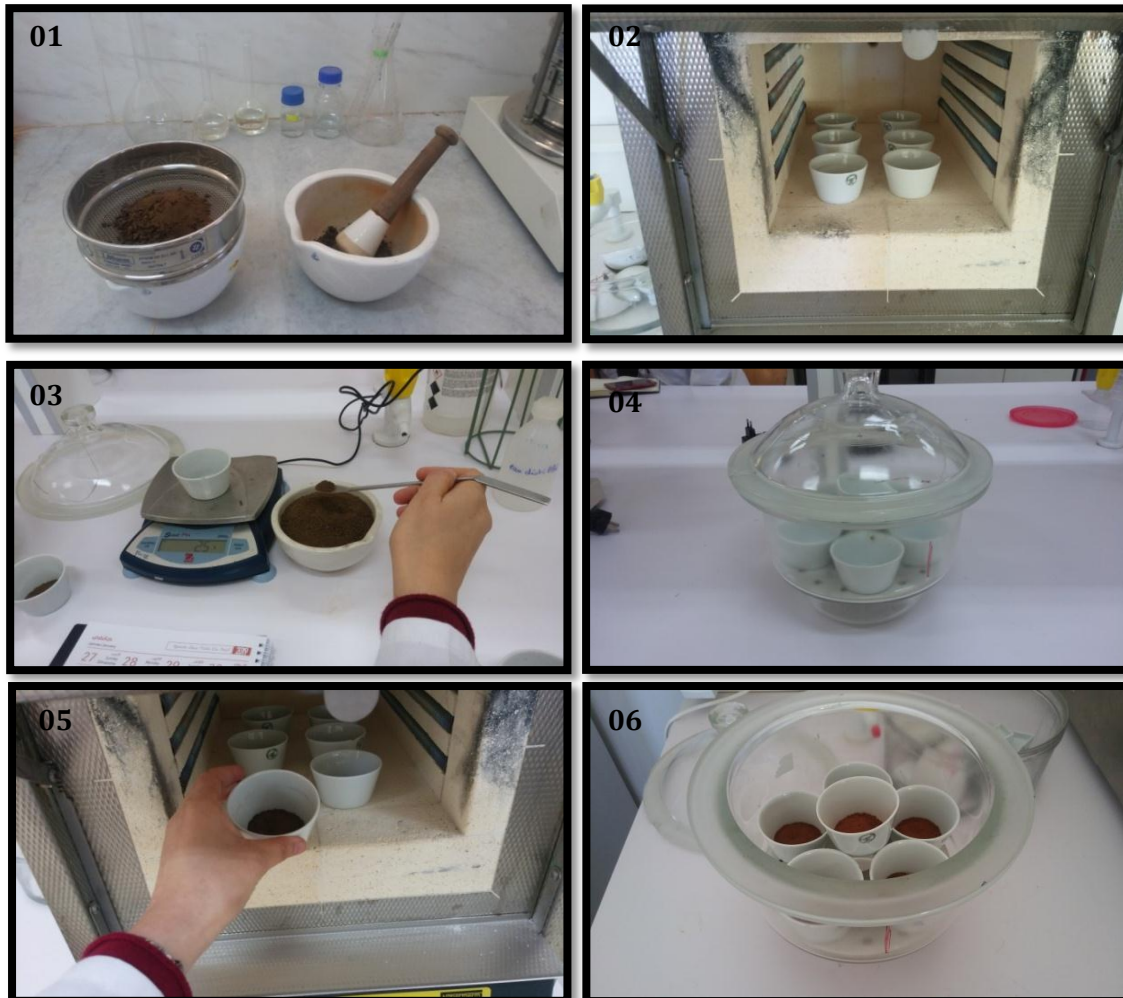


Figure N°15: Dosage de la matière organique (photos personnelles ,2019).

- **Mode opératoire**

- 1- Le dosage de la matière organique s'effectue sur un échantillon de la terre fine « préalablement broyer et tamisée sur un tamis à maille de 2mm, pour éliminer les éléments grossiers, et les fragments de la matière organique particulaire ».
- 2-Sécher l'échantillon pendant 16 h à 150°C,
- 3-Nettoyer les nacelles de porcelaines, les chauffer au rouge et les laisser dans un dessiccateur,
- 4-Peser la nacelle à vide,
- 5-Ajouter l'échantillon (max 10 g) et peser à nouveau la nacelle remplie,
- 6-Calciner pendant 16 h dans un four à moufle à 375°C,
- 7-Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser la nacelle avec les cendres.

- **Calcul de la teneur en MO:**

Les résultats sont calculés à l'aide des équations suivantes :

$$\text{Calcul: } \%MO = \frac{\text{Poids sec (g)} - \text{Poids incinéré (g)}}{\text{Poids sec (g)}} \times 100$$

$$\%MO = \frac{(P1 - P0) - (P2 - P0)}{(P1 - P0)} \times 100$$

Avec P0, la masse de la nacelle vide, P1, la masse finale, P2, la masse de la nacelle contenant les cendres.

Une régression permet l'équivalence entre les résultats par la méthode de la perte au feu (PAF) et celle de Walkley Black (WB) pour une étendue de 0 à 8% de MO.

$$\%MO(PAF) = 0,9932 \times MO(WB) + 0,587$$

9.1.4. Analyse de pH:

Elle s'effectue à l'aide d'un pH mètre à électrodes et réalisée sur une suspension du sol dans l'eau distillée (**Figure N°16**).

- ❖ Rincer l'électrode du pH mètre avec de l'eau déminéralisée, puis essuyer avec du papier absorbant.
- ❖ Mesurer 10 g de terre dans un bécher.
- ❖ Mesurer 25 ml d'eau déminéralisée avec une éprouvette graduée.
- ❖ Verser l'eau dans le bécher contenant la terre puis mélanger avec l'agitateur.
- ❖ Laisser décanter le mélange eau-terre.
- ❖ Plonger l'électrode du pH mètre dans le liquide décanté. Mettre en marche le pH mètre; attendre la stabilisation et lire la valeur du pH.
- ❖ Éteindre le pH mètre et le nettoyer comme indiqué à l'étape 1.

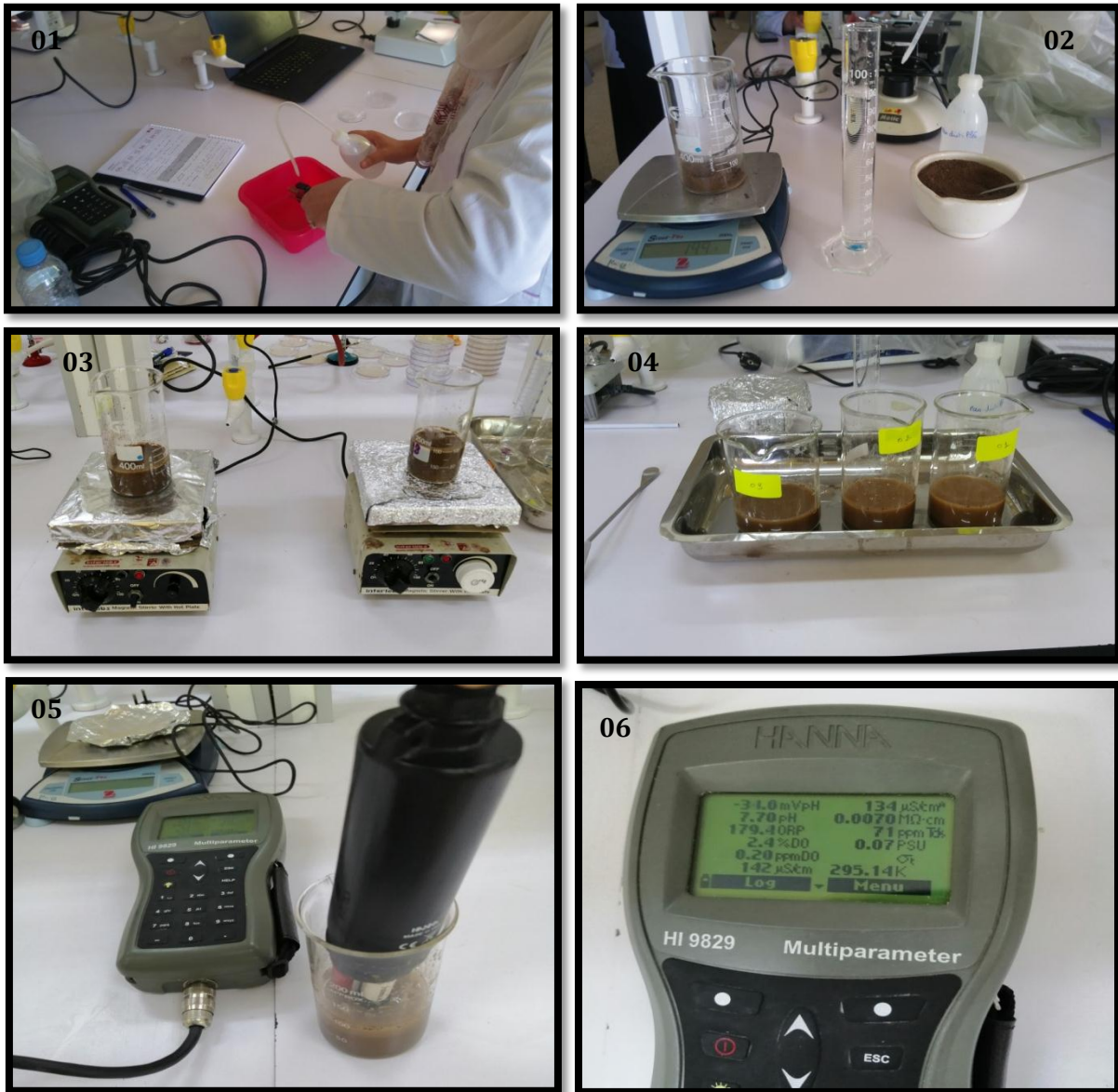


Figure N°16: les étapes de mesure du ph du sol (photos personnelles, 2019).

9.1.5. Analyse de la conductivité électrique :

Le même protocole expérimental du dosage du pH est utilisé pour la détermination de la conductivité électrique en remplaçant le pH mètre par un conductimètre.

9.1.6. Carbonate :

- **Protocole d'analyse :**

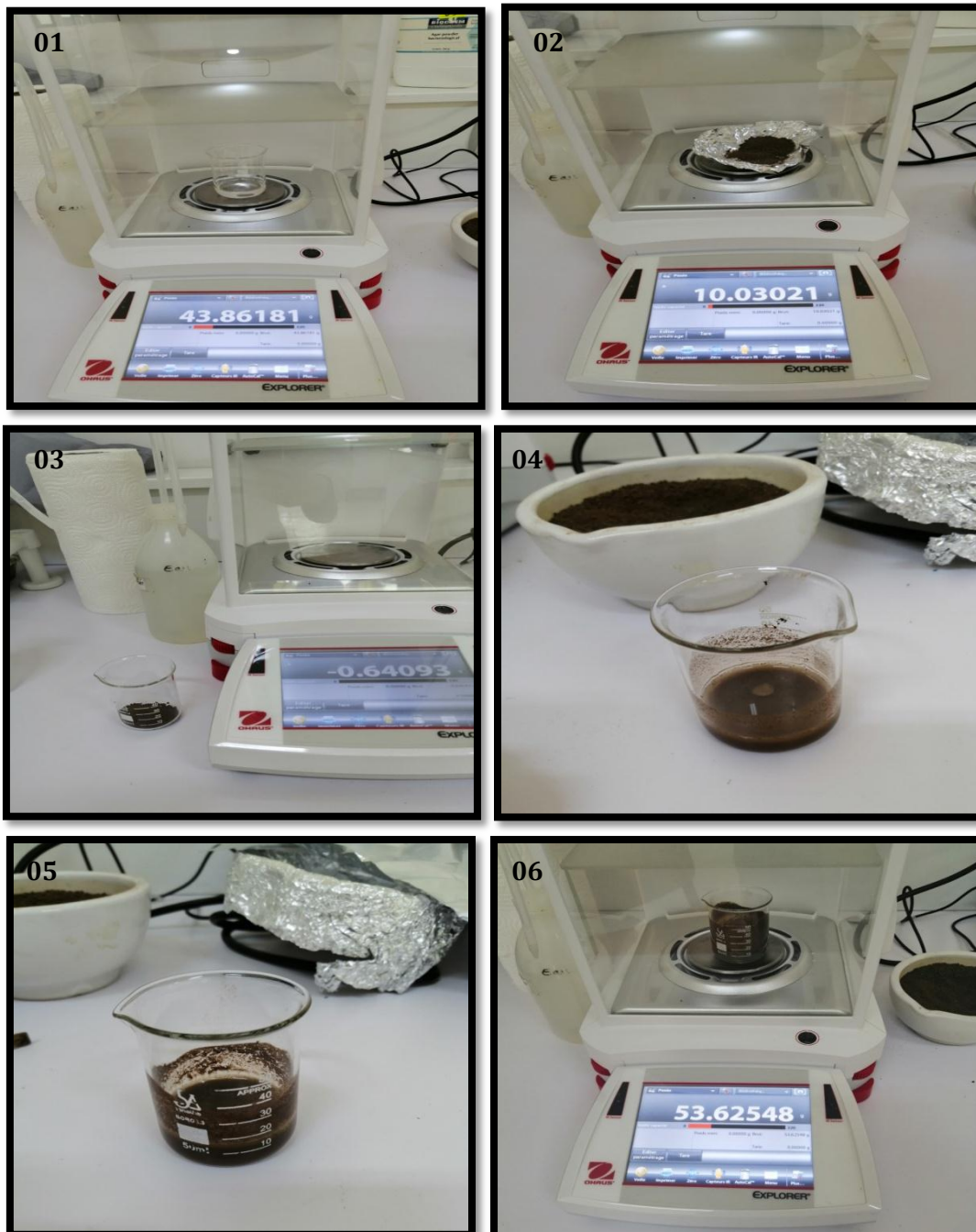
- ❖ On prépare HCl diluée par : 1 mesure d'HCl + 3 mesures de l'eau distillé
- ❖ On prend 10ml d'HCL diluée dans un bécher de 50ml
- ❖ Peser le bécher avec HCl
- ❖ prendre 10g de terre fine, verser le sol petit à petit dans le bécher contenant l'HCl
- ❖ agiter le bécher de façon circulaire et laisser reposer quelques minutes puis agiter jusqu'à $\frac{1}{2}$ h

- ❖ peser le bécher avec son contenu agiter le bécher laisser reposer quelque minutes puis repeser 2^{ème} fois et noter le poids (**Figure N° 17**).

On calcule le pourcentage de CaCO_3 :

$$\text{Poids de CO}_2 = P + 10 - P'$$

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{\text{poids de CO}_2 \times 227.4}{\text{Poids du sol}}$$



9.2. Sur la culture

9.2.1. Nombre de plante par m² : (le 17/01/2019)

Le nombre de plante par mètre carré a été évalué au stade de la levée (3feuille) par le comptage de toutes les plantes dans un cadran d'un mètre carré de chaque parcelle

9.2.2. Nombre de talle: (le 01/03/2019)

Le nombre de talle a été effectué au stade fin tallage par le comptage de nombre de talle par plant avec une répétition de 3 fois pour chaque parcelle d'essai.

9.2.3. Nombre de talles fertiles et stériles: (le 30/04/2019)

Le nombre de talles fertiles et stériles a été effectué au stade floraison par le comptage de nombre de talle par plant avec une répétition de 3 fois pour chaque parcelle d'essai.

9.2.4. Nombre épi par m²: (le 22/05/2019)

Le nombre d'épi par mètre carré pour les différents traitements a été déterminé au stade formation des grains, en comptant tous les épis de chaque plante se trouvant dans un cadran d'un mètre carré pour chaque parcelle d'essai.

9.2.5. Nombre de grains par épis: (le 22/ 05/2019)

Le nombre de grains a été évalué au stade maturité physiologique par le comptage des moyennes de grains d'un échantillon de 25 épis prise au hasard pour chaque parcelle.

9.2.6. Poids de 1000 grains : (le 19/ 06/2019)

Le poids de mille grains a été évalué au stade maturité physiologique, après l'isolement les épis choisis sont mis à sécher à l'air libre pendant 24 heures, puis on a pesé un échantillon de mille grains pour chaque parcelle d'essai avec une balance de précision (**Figure N°18**).



Figure N°18: 1000 grains des traitements étudiés (**Photo personnelle ,2019**).

9.2.7. Le Taux de mitadinage: (le 25/ 06/2019)

Le taux de mitadinage a été effectué après le battage de 1000 grains et la séparation des grains mitadinés et des grains vitreux, leur comptage manuel nous permet de calculer le pourcentage des grains mitadinés (**Figure N°19**).



Figure N°19: grains mitadinés du traitement T2 (Photo personnelle ,2019).

9.2.8. Rendement par hectare: (le 24/ 06/2019)

Le rendement réel par hectare a été obtenu après moisson battage des parcelles d'essai par une moissonneuse batteuse à sac.

9.2.9. Notation sur les maladies :

Nous avons noté l'apparition d'une seule maladie (la Rouille Jaune) (**Figure N°20**).



Figure N°20: Symptôme de la Rouille Jaune sur les feuilles du blé dur.
(Photo personnelle ,2019).

NB :

- On n'a pas assuré une irrigation manuelle à cause du manque de moyen et de l'eau

9.2.10. Teneur en chlorophylle a et b:

Le travail a porté sur la détermination de la teneur en chlorophylle de la dernière feuille selon la méthode de **Mc Kimrey et Amon, (1949)**, cité in (**Aissani, 2013**).

On a pesé des échantillons de 1g (1/3 médian) de la feuille prélevée, sur les dernière feuilles.

L'extraction est effectuée par broyage en présence de 25ml d'acétone à 80% auquel on ajoute CoCl_2 pour faciliter le broyage, l'extrait est filtré à l'aide d'un papier filtre, ensuite mis dans des boîtes noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière (**Figure N°21**).

Le dosage se fait par le prélèvement de 3ml de la solution dans la cuve à spectrophotomètre et la lecture se fait aux deux longueurs d'onde 645 et 663 nm.

$$Chl_a = 12,7 D_0 \ 663 - 2,69 D_0 \ 645$$

$$Ch_b = 22,9 D_0 \ 645 - 4,68 D_0 \ 663$$

$$Ch_a + Ch_b = 8,02 D_0 \ 663 + 20,20 D_0 \ 645$$

02

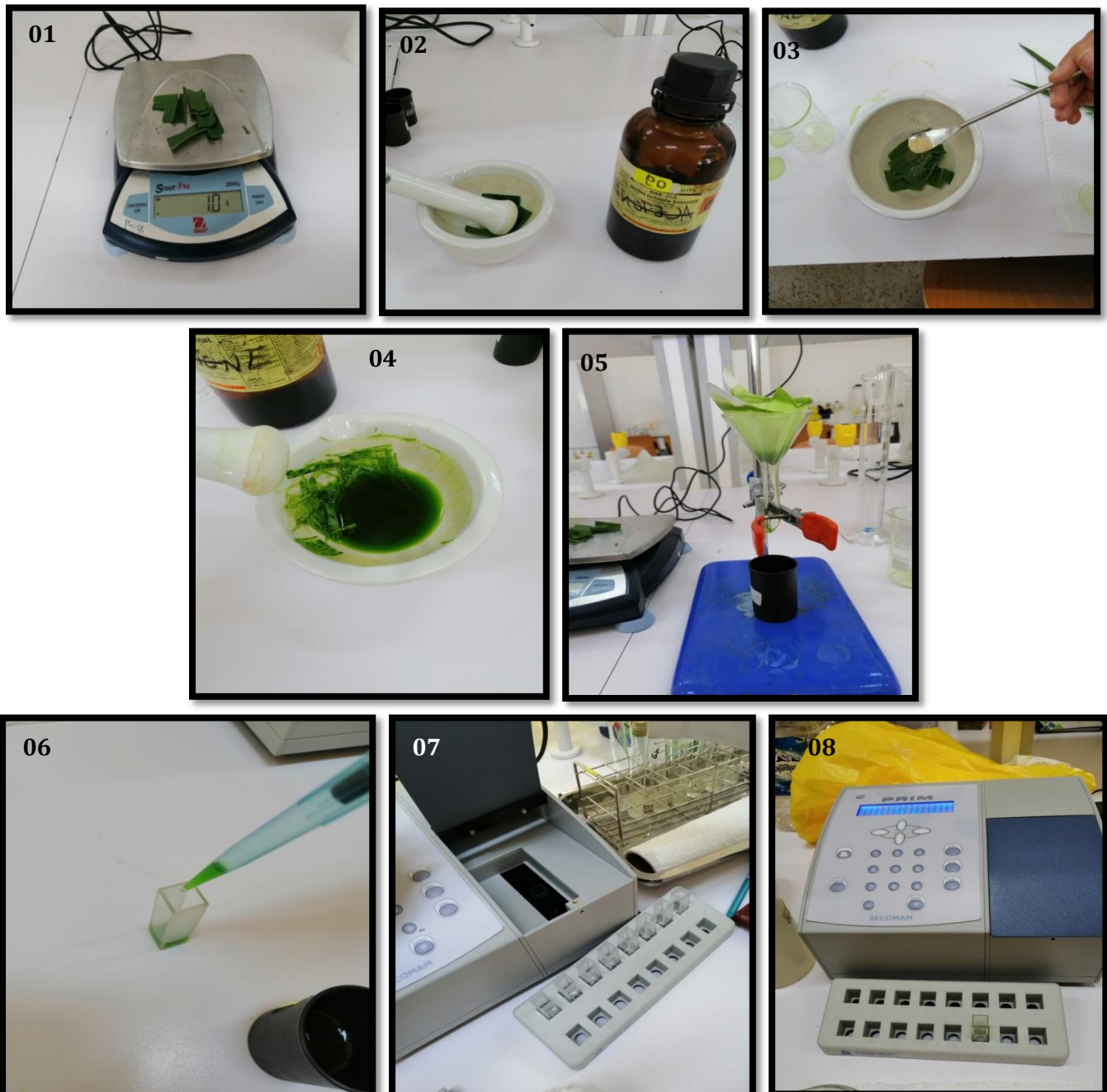


Figure N°21: La teneur en chlorophylle a et b (photos personnelles, 2019).

10. Analyse statistique :

Les analyses statistique ont été effectuées à l'aide de logicielle Minitab 16, en étudiant l'analyse de la variance à un seul critère de classification (AV1).

Chapitre 04:
Résultats et discussions

Le suivi pendant la campagne agricole 2018/2019 du protocole expérimental sur le développement d'une culture de blé dur dans les conditions agro-écologiques méditerranéenne et selon le protocole proposé par l'expérience IPNI (International Plant Nutrition Institute) a donné lieu aux résultats qui sont ordonnés et analysés dans ce chapitre.

1. Caractéristiques pédoclimatiques:

Le tableau 14 présente les caractéristiques pédologiques dans la parcelle d'étude.

Tableau 14: Caractéristiques pédologiques dans la parcelle d'étude

Caractéristiques du sol	Valeurs
Texture du sol	Sol argileux
Taux de la matière organiques	7,83% ± 0,41
pH	7,71 ± 0,03
Conductivité	126,33 µS/cm ± 13,58
Teneur en Carbonates de calcium	4,78% ± 0,005

Les analysés physico-chimiques indiquent que la texture du sol est argileuse renfermant un taux de matière organique élevé (normes: 4% à 5%, selon **Labreuche et al., 2006**), un pH neutre qui convient avec la culture du Blé Dur (**Labreuche et al., 2006**), une conductivité électrique faible qui n'a aucun effet sur le rendement (Tableau 15) et une teneur faible en carbonates de calcium (1% à 5% Sol peu calcaire).

Tableau 15 : Classe de la qualité des sols selon l'échelle de **Durand J.H. (1983)**

Classe	CE en µs/cm à 25 °C	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	Non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	Légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensibles au sel
Classe III	1000 à 2000	Salé	Diminution des rendements de la plus part des cultures
Classe IV	2000 à 4000	Très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	Extrêmement salé	Seules quelques cultures donnent des rendements satisfaisants

2. Caractéristiques agronomiques :

2.1. Analyse de la 1^{ère} variable : Nombre de plant /m²:

Ce paramètre a été effectué un mois après le semis vu la pluviométrie importante lors du mois de décembre- janvier. La figure 22 représente une comparaison entre le nombre de plant /m² au niveau des parcelles élémentaires déterminées préalablement par le protocole expérimental.

Les résultats obtenus indiquent une différence entre les traitements, où on observe que le traitement T3 (N-0P-K) a une augmentation du peuplement (302 plant /m²), suivi par les T1, T0 et T4.

Ces différences sont dues essentiellement à :

- le retard de semis qui a exposé les plantules de blé au début de leur cycle à des conditions climatiques très dures.
- la profondeur irrégulière du semis du fait d'un lit de semence motteux engendrant un enfouissement irrégulier de la semence (**Hebert, 1975**).

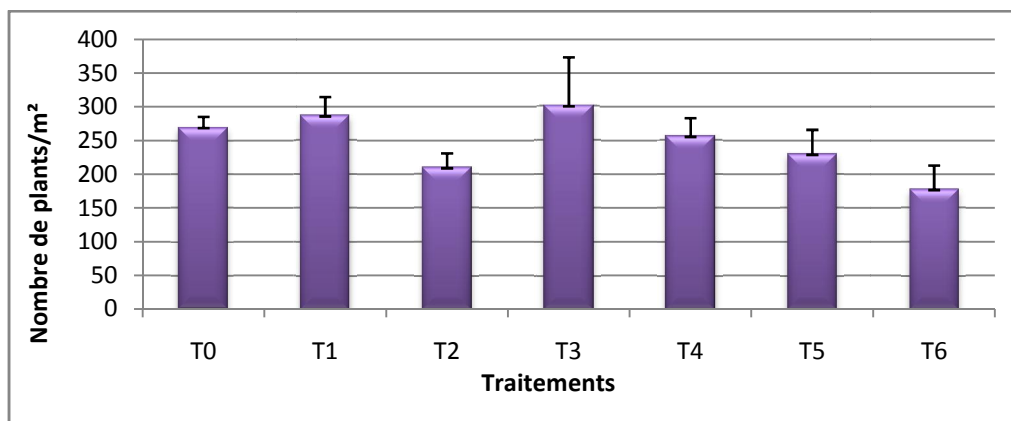


Figure 22: Nombre de plants /m² (levée)

Analyse de la variance:

One-way ANOVA: Nbre de plant /m² versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	35085	5848	4,13	0,013 *
Error	14	19802	1414		
Total	20	54887			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*: différence significative ($\alpha=0,05$)

Grouping Information Using Tukey Method

Traitement Nombre de plants /m² (levée) Mean Grouping

3	3	302,00	A
1	3	287,00	A
0	3	269,67	A B
4	3	256,67	A B
5	3	230,00	A B
2	3	210,00	A B
6	3	177,67	B

L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA), a montré qu'il y'a des différences significatives entre les traitements. L'augmentation de nombre de plant/ m² est plus observée chez le traitement T3 par une valeur moyenne de 302,00.

Cette hétérogénéité s'explique par les pertes des plantes à la levée dans les différents traitements dues aux facteurs cités ci-dessus (Hebert, 1975). Selon Buckman (1990), la densité de la culture est en fonction du nombre de grains semés et de la survie des plantes.

2.2. Analyse de la 2^{ème} variable : Nombre de talles par plant:

Ce stade végétatif est très important dans l'expression de la potentialité de la variété cultivée (Vitron), les résultats sont consignés dans la figure 23.

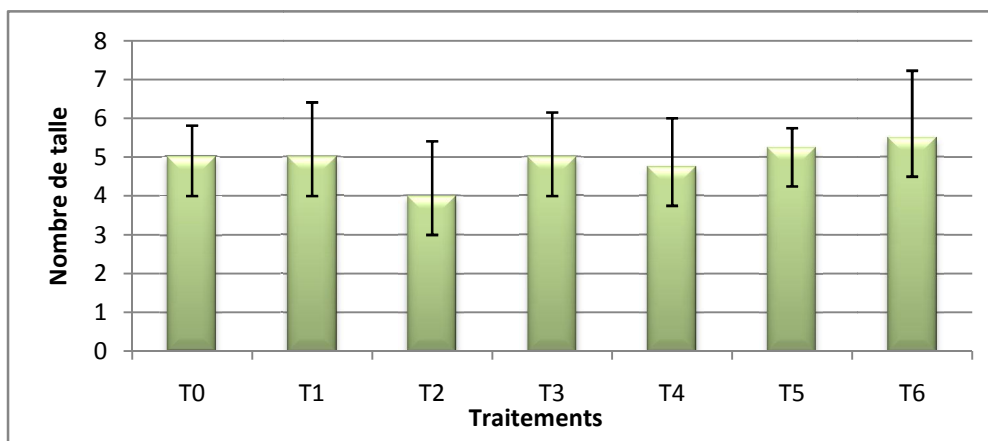


Figure N° 23: Nombre de talle

Les résultats obtenus indiquent un nombre de talle variant entre 4 et 5,5. Le nombre moyen de talles/ pied du traitement T6 est le plus élevé de l'ordre de 5,5.

Analyse de la variance:

One-way ANOVA: Nombre de talles versus traitement:

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	8,57	1,43	0,81	0,579 NS
Error	14	24,67	1,76		
Total	20	33,24			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

Les résultats des analyses statistiques ne présentent pas une différence significative entre les traitements ($p>0,05$), donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement pour ce paramètre.

Hebert (1975) constatent que le nombre de talles herbacées est influencé par l'environnement et en fonction de la variété, de la fertilité du sol, de la densité de semis et de sa profondeur.

2.3. Analyse de la 3^{ème} variable : Nombre des talles fertiles et stériles:

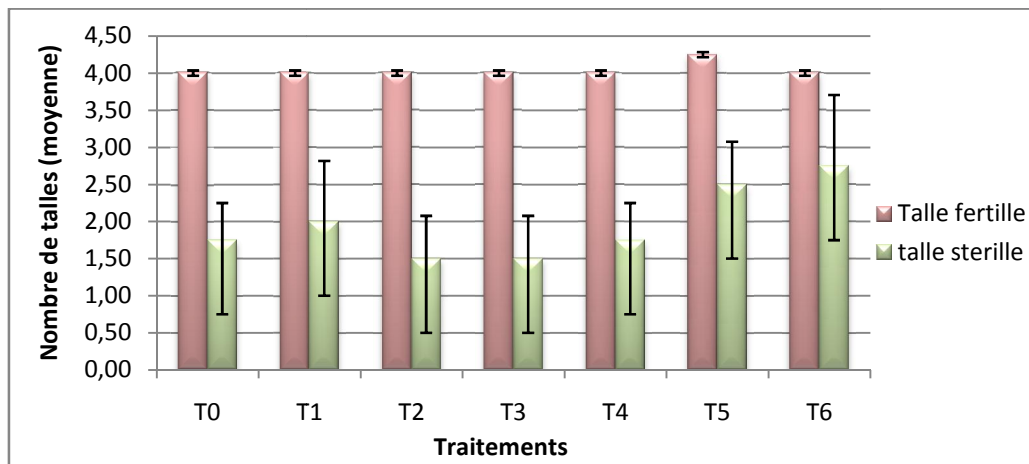


Figure N° 24: Nombre des talles fertiles et stériles

Analyse de la variance:

One-way ANOVA: Talles fertiles versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	5,143	0,857	0,95	0,493 NS
Error	14	12,667	0,905		
Total	20	17,810			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

Les résultats des analyses statistiques ne présentent pas une différence significative entre les traitements ($p>0,05$), donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement pour ce paramètre.

One-way ANOVA: talles stériles versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	7,810	1,302	3,04	0,041 *
Error	14	6,000	0,429		
Total	20	13,810			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*: différence significative ($\alpha=0,05$)

$P < 0.05$ donc il existe une différence significative entre les traitements pour ce paramètre.

Les résultats de notre essai montrent (figure 24) qu'il n'y a pas d'effet d'azote sur le nombre de talles fertiles par ce que l'apport d'azote est indispensable lors du stade (montaison), mais dans notre protocole il a été réalisé au semis et comme cette campagne est pluvieuse, le lessivage d'azote est évident.

De même selon **Mosseddaq et Moughli (1999)**, la diminution de la stérilité pourrait être due à l'application du deuxième apport d'azote au début de la montaison qui entraîne une amélioration de la fertilité de l'épi.

Cependant un manque d'azote en début de montaison provoque une régression des talles qui cause une diminution du nombre d'épillets fertiles (**Gate, 1995**).

2.4. Analyse de la 4^{ème} variable : Nombre d'épis par m²:

Le nombre d'épis/m² est une composante essentielle dans la formation du rendement final puisqu'il détermine le nombre de grain/m².

Le nombre d'épis/unité de surface est en fonction de deux composantes qui sont le peuplement pied et le coefficient de tallage (**Grignac, 1977**). Les résultats obtenus sont consignés dans la figure 25.

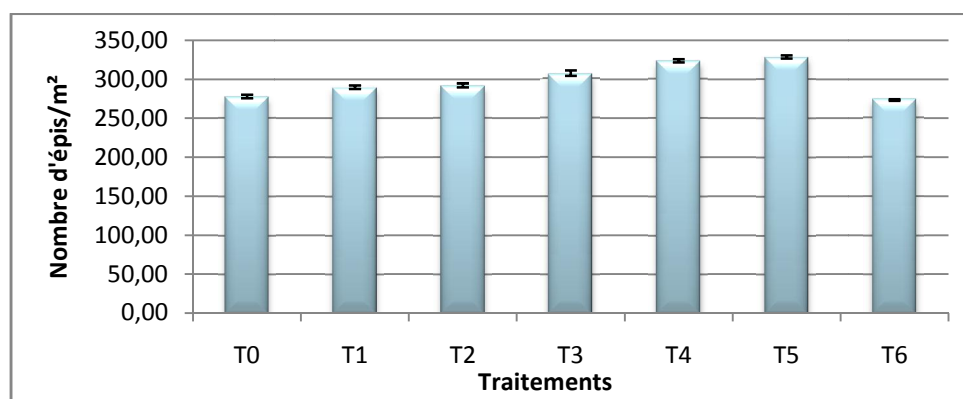


Figure N° 25: Nombre d'épis /m²

Les résultats relatifs à la variable nombre total d'épis/m² indiquent des différences entre les traitements confirmant ainsi l'hétérogénéité constatée auparavant ; la meilleure valeur obtenue est 328 épis/m² (T5: 110-78-0), et la plus faible valeur est enregistrée au niveau du traitement T6 (110-68-57) avec 273,33 épis/m².

Analyse de la variance:

One-way ANOVA: Nombre épis/m² versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	8239,9	1373,3	98,77	0,000 *
Error	14	194,7	13,9		
Total	20	8434,6			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

* différence significative ($\alpha=0,05$)

Grouping Information Using Tukey Method

Traitement Nombre épis/m² Mean Grouping

5	3	327,667	A
4	3	322,667	A
3	3	305,333	B
2	3	290,667	C
1	3	288,667	C
0	3	276,667	D
6	3	273,333	D

Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre les traitements, donc il y'a un effet du traitement T5 sur ce paramètre.

D'après **Gervy (1970)**, le phosphore favorise la fécondation des plantes en permettant une meilleure épiaison. **Belaid (1986)** ajoute que le rendement de peuplement épis est influencé par la dose et la date de semis, le poids de 1000 grains, la qualité de la semence, les caractéristiques du lit de semence et les conditions climatiques avant est après semis.

2.5. Analyse de la 5^{ème} Variable: Nombre de grains /épi:

Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale très influencée par le nombre d'épis /m² (**Couvreur, 1981**), il agit directement sur le nombre de grain par m² : ce dernier étant fortement liée au rendement grain. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 26.

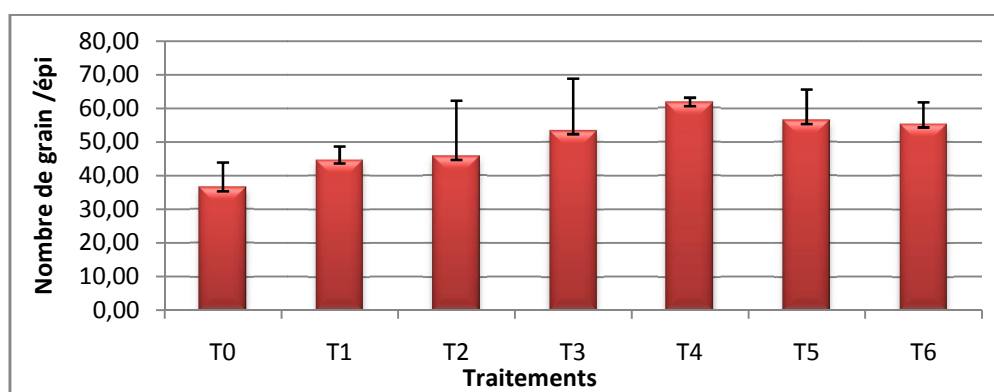


Figure N° 26: Nombre de grains /épi

Les résultats indiquent un nombre moyen de 50 grains par épi, la meilleure valeur est obtenue par les deux traitements T4 et T5 par une moyenne de 59 grains/épi, et la plus faible valeur est enregistrée au niveau du traitement T0 (le témoin) avec 36 grain /épi.

Analyse de la variance:**One-way ANOVA: grain par épis versus traitement**

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	1345	224	2,17	0,108 NS
Error	14	1443	103		
Total	20	2787			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

Les résultats des analyses statistiques ne présentent pas une différence significative entre les traitements ($p>0.05$), donc on constate qu'il n'y a pas un effet traitement pour ce paramètre.

Couvreur (1981) note que le nombre de grains augmente pour les faibles coefficients d'épiaison mais aussi en fonction de l'azote absorbé.

Pour **Belaïd (1986)**, le nombre de grains/épi est influencé par le nombre d'épis/m², par les caractéristiques variétales, par la disponibilité en eau et par la nutrition azotée et phospho-potassique.

2.6. Analyse de la 6^{ème} Variable : Poids de 1000 grains:

Le poids de 1000 grains est la dernière composante du rendement à se matérialiser, c'est aussi la dernière variable à influencer significativement le rendement ; cette variable est aussi une caractéristique variétale. Les résultats obtenus sont enregistrés dans la figure 27.

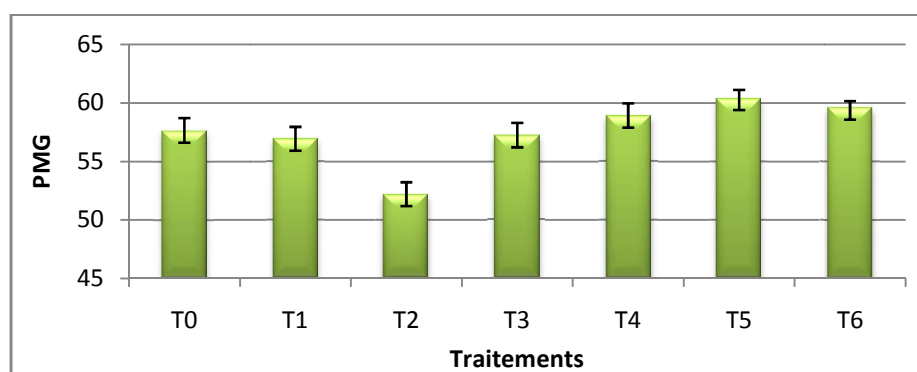


Figure N° 27: Poids de 1000 grains

Analyse de la variance:**One-way ANOVA: PMG versus traitement**

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	129,595	21,599	22,99	0,000 *
Error	14	13,156	0,940		
Total	20	142,751			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*: différence significative ($\alpha=0,05$)

Grouping Information Using Tukey Method

Traitement PMG Mean Grouping

5	3	60,390	A
6	3	59,563	A B
4	3	58,877	A B
0	3	57,600	B
3	3	57,197	B
1	3	56,923	B
2	3	52,183	C

En moyenne, nous avons enregistré un poids moyen de 1000 grains à hauteur de 57,53 grammes, la meilleure valeur obtenue est 60,39 grammes (T5: 110-78-0), et la plus faible valeur est enregistrée au niveau du traitement T2 (0-69-60) avec 52,18 grammes.

Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre les traitements, donc il y'a un effet du traitement T5 sur ce paramètre.

Belaid (1986) et **Hafsi (1990)**, suggèrent que l'utilisation du phosphore limite la chute du poids de 1000 grains.

Selon **Soltner (1990)**, le poids de 1000 grains varie avec la durée de la phase floraison - maturité. C'est la quantité d'eau prélevée pendant cette phase qui détermine le poids de 1000 grains, il est aussi en fonction des conditions de la nutrition minérale (**Loue, 1982**).

2.7. Analyse de la 7^{ème} Variable : Analyse du rendement en grain

Le rendement est le résultat de phase successive de croissance et de développement, il est lié à la disponibilité en eau et des éléments minéraux absorbés par le système racinaire. Les résultats obtenus sont consignés dans la figure 28.

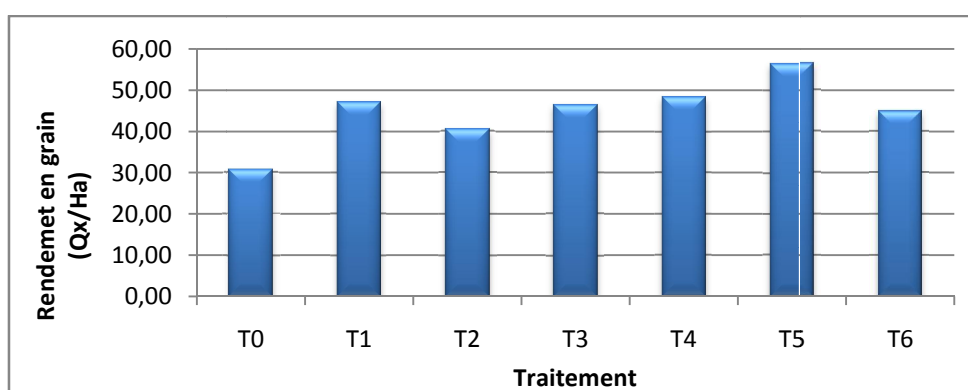


Figure N° 28: Rendement en grain

Analyse de la variance:**One-way ANOVA: Rendement Réel versus traitement**

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	0,621	0,103	0,13	0,991 NS
Error	14	11,480	0,820		
Total	20	12,100			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet traitement est non significatif sur le rendement en grain. Ces résultats sont probablement la conséquence du lessivage des éléments nutritifs (surtout l'azote) durant la période de croissance du blé dur et le non fractionnement d'azote sur les différents stades phénologiques, le meilleur rendement moyen est obtenu par le traitement T5 avec 56,48 qx/ha et le plus faible par le témoin avec 30,74 qx/ha.

D'après **Meynard (1985)** il est observé en 1978 seulement, année à printemps froid et pluvieux, favorable au lessivage et à la réorganisation de l'engrais et qu'il concerne des essais pour lesquels l'excédent de fumure « tallage » par rapport à l'absorption du blé est très important (supérieur à 40 kg N/ha).

Il existe ainsi un risque qu'un apport précoce excédentaire puisse conduire à une moindre efficacité de l'engrais. Il apparaît donc souhaitable de ne pas fournir au blé, en sortie d'hiver, une quantité d'azote trop supérieure à celle qu'il pourra absorber jusqu'au stade « épi 1 cm ». **Viaux (1983)** aboutit à une conclusion similaire en fondant son argumentation sur la faible valeur du coefficient d'utilisation du 1er apport d'azote.

Selon **Melki et al. (2015)**, l'intérêt de la répartition de la fumure azotée en plusieurs apports est expliqué par le fait que son application couvre les besoins en azote des trois stades végétatifs critiques du blé. Ces résultats ont été également démontrés par **López-Bellido et al. (2005)** qui ont travaillé sur la réponse d'une variété de blé tendre à une fertilisation azotée appliquée en 1 ; 2 et 3 apports. **Wang et al. (1998)** ont trouvé que la fertilisation azotée en doses croissantes a permis d'améliorer significativement le rendement en grain du blé et ont peut expliquer ceci par un bon développement racinaire du blé suite à une fertilisation azotée.

3. Caractéristique physiologique:

3.1. Teneur des feuilles en chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle a+b:

La chlorophylle est un critère de sélection vue la production d'énergie en photosynthèse. Les figures (29,30 et 31) présentent la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle a+b.

- Teneur en chlorophylle a:

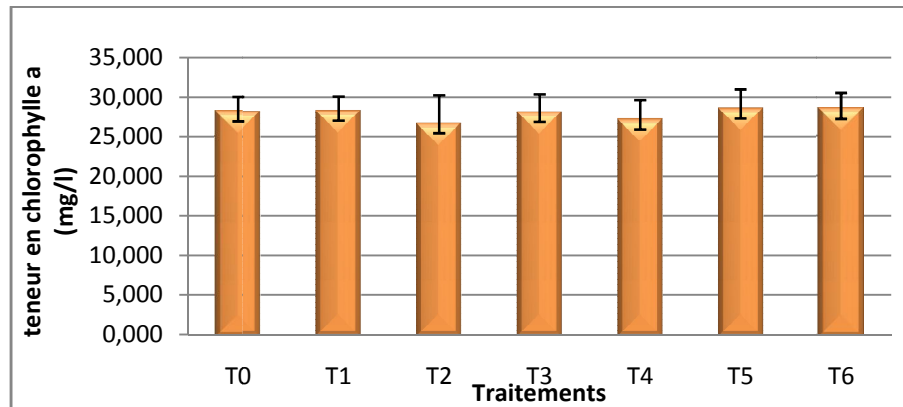


Figure N° 29: Teneur en chlorophylle a

Analyse de la variance:

One-way ANOVA: chla versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	9,43	1,57	0,23	0,962 NS
Error	14	97,58	6,97		
Total	20	107,01			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA), a montré qu'il n'y'a aucune différences significatives entre la chlorophylle a pour tout les traitements.

• **Teneur en chlorophylle b:**

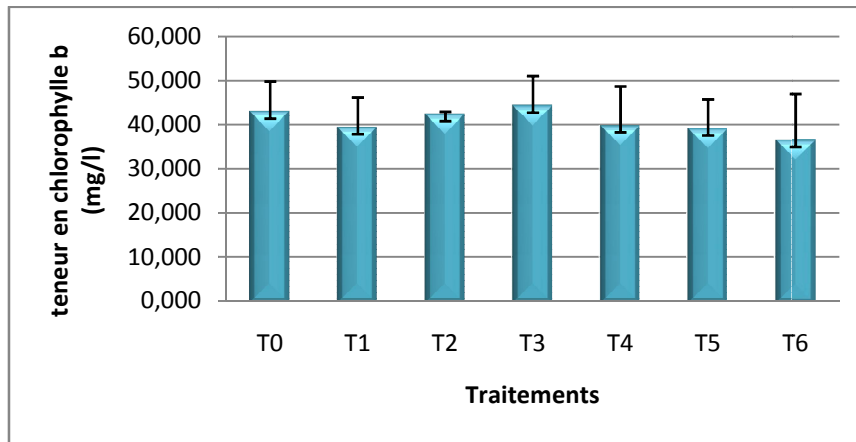


Figure N° 30: Teneur en chlorophylle b

Analyse de la variance:

One-way ANOVA: chl b versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	128,9	21,5	0,35	0,895 NS
Error	14	847,6	60,5		
Total	20	976,5			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA), a montré qu'il n'y'a aucune différences significatives entre les traitements pour la chlorophylle b.

• **Teneur en chlorophylle a+b:**

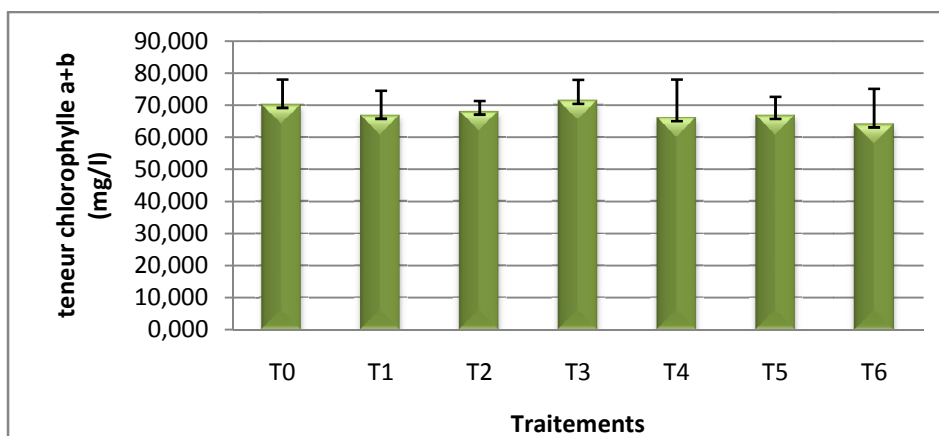


Figure N° 31: Teneur en chlorophylle a+b

Analyse de la variance:**One-way ANOVA: chl a+b versus traitement**

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	114,1	19,0	0,28	0,937 NS
Error	14	951,6	68,0		
Total	20	1065,7			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA), a montré qu'il n'y'a aucune différences significatives entre la chlorophylle a+b pour les six traitements.

La teneur en chlorophylle des feuilles pourrait être attribuée à la localisation de la majorité de l'azote dans les molécules de chlorophylle, ce qui exprime la bonne corrélation entre la teneur de la feuille en chlorophylle et sa teneur en azote (Moughli, 2000).

3.2. Le Taux De Mitadinage:

Le taux de mitadinage chez le blé dur est un paramètre déterminant pour sa valeur d'utilisation. L'existence des parties farineuses dans l'albumen des grains mitadinés affecte la valeur semoulière en diminution le rendement en semoule, cette variable est aussi une caractéristique variétale. Les résultats obtenus sont enregistrés dans la figure 32.

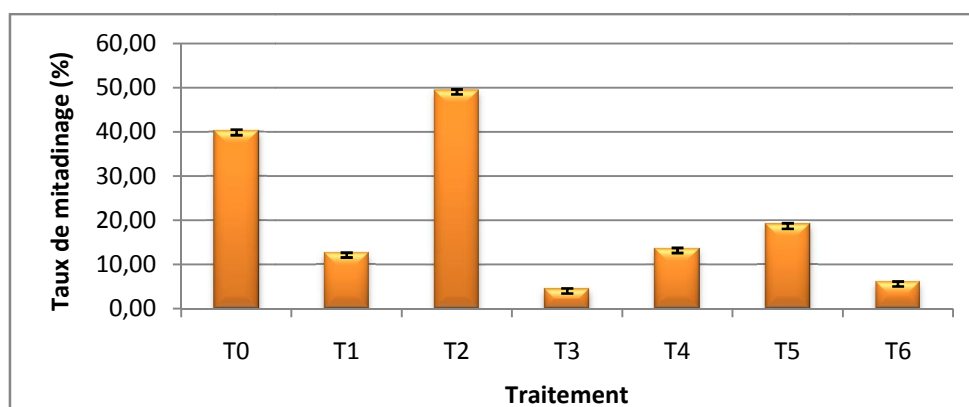


Figure N° 32: Taux de mitadinage

Analyse de la variance:**One-way ANOVA: mitadinage versus traitement**

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	6	5416,892	902,815	28725,94	0,000 *
Error	14	0,440	0,031		
Total	20	5417,332			

DF: degré de liberté

SS: sommes des carrés des écarts

MS: moyenne des carrés

F: valeur observée de F de Fisher

P: probabilité de mettre en évidence des différences significatives

NS: différence non significative ($\alpha=0,05$)

Grouping Information Using Tukey Method

Traitement taux de mitadinage Mean Grouping

2	3	49,467	A
0	3	40,267	B
5	3	19,233	C
4	3	13,633	D
1	3	12,600	E
6	3	6,067	F
3	3	4,467	G

L'effet de l'absence d'azote sur le mitadinage est palpable. Il passe de 49,47% chez le traitement T2 (0-69-60) et le témoin (40,27%) à 4,47% pour le traitement T3 (136,85-0-60). Par conséquent, on remarque des diminutions significatives des taux de mitadinage avec les autres traitements (T1-T3-T4-T5-T6).

Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre les traitements, donc il y'a un effet du traitement T2 sur le mitadinage.

Le mitadinage dû, en particulier, à l'excès d'eau dans le sol ou à sa pauvreté en azote, donne des grains gonflés, blanchâtres, à structure partiellement ou entièrement farineuse, en d'autre terme c'est la présence, dans la masse de la cornée de l'albumen, de tâches d'amidon farineux (**Liorens, 2001**). Ces zones sont visibles soit à l'extérieur soit à la coupe du grain.

Le mitadinage diminue le rendement en semoule et provoque des points blanchâtres sur les pâtes. La fumure tardive, à la montaison, limite cet accident (**Gilles, 1969**).

Conclusion Générale

Conclusion générale:

La fertilisation azotée phospho-potassique demeure une source d'amélioration de la culture des céréales non négligeable. Sachant que, le perfectionnement de la productivité et l'amélioration des rendements en céréales ne peuvent être obtenus que par une fertilisation raisonnée prenant en considération la fertilité des sols et le potentiel de la culture. De plus avec la simplification du travail du sol et les couverts végétaux, la problématique se complexifie pouvant entraîner des modifications plus ou moins profondes de stratégies de la fertilisation.

Le travail que nous avons entrepris, nous a permis de suivre l'effet de la fertilisation NPK sur les paramètres morphologique, physiologique et même agronomiques pour but d'améliorer la production de la culture Blé Dur (*Triticum durum* Desf) variété vitron dans la région de Guelma durant la campagne agricole 2018-2019.

Les différents résultats obtenus à travers les différentes sorties sur le terrain et les investigations de laboratoire suggèrent :

L'efficacité des différents traitements utilisés n'a pas de différence significative pour certain variables étudiées sauf les paramètres suivants : nombre de plants /m², le nombre de talles stériles, le nombre d'épi/m², le poids de 1000 grains et le taux de mitadinage.

En ce qui concerne le premier paramètre étudié (nombre de plant/m²), les résultats relatifs obtenus ont montré une augmentation significative de nombre de plant par m² pour le traitement T3 (N-0P-K), suivi par les traitements T1 et T0 (le témoin).

Pour le nombre de talles stériles, les résultats ont montré une diminution significative pour les traitements T3 et T2, et le nombre le plus élevé est celle du traitement T6 avec une moyenne de 2,75 talles.

Ainsi pour le paramètre nombre d'épi /m² indiquent des différences entre les traitements; la meilleure valeur obtenue est 328 épis/m² (T5: 110-78-0), et la plus faible valeur est enregistrée au niveau du traitement T6 (110-68-57) avec 273,33 épis/m².

Les résultats relatifs obtenus du poids de 1000 grains ont montré une augmentation significative entre les traitements, la meilleure valeur obtenue est 60,39 grammes (T5: 110-78-0), et la plus faible valeur est enregistrée au niveau du traitement T2 (0-69-60) avec 52,18 grammes.

Concernant le taux de mitadinage, l'effet de l'absence d'azote est palpable. Il passe de 49,47% chez le traitement T2 (0-69-60) et le témoin (40,27%) à 4,47% pour le traitement T3 (136,85-0-60).

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet traitement est non significatif sur le rendement en grain. Ces résultats sont probablement la conséquence du lessivage des éléments nutritifs (surtout l'azote) durant la période de croissance du blé dur et le non fractionnement d'azote sur les différents stades phénologiques. Le meilleur rendement moyen est obtenu par le traitement T5 avec 56,48 qx/ha et le plus faible par le témoin avec 30,74 qx/ha.

Enfin, il serait intéressant de poursuivre cette étude d'autres années afin de cerner le comportement du blé dur vis-à-vis d'une fertilisation raisonnée sous les conditions de l'agriculture de conservation. Notons que cette expérience ne représente que les résultats d'une seule année doivent d'être en considération car ils peuvent constituer une série d'essai à venir et qui devront préciser les doses optimales des éléments nutritifs (N.P.K.) à appliquer pour pouvoir obtenir des rendements satisfaisants.

Références bibliographique

Référence Bibliographique:**-A-**

-Anonyme, 1988. Les Fertilisations. Fédération Nationale L'industrie Des Engrais 6ème Edition Paris. pp 33- 44.

-Anonyme, 2015. Fertilisation des grandes cultures. Guide technique. Chambre d'agriculture d'Alsace (France). 36 p.

-Anonyme, 2017. Manuel d'utilisation des engrais. Grandes cultures, arboriculture, cultures maraichères et industrielle. pp 10-14.

-Aouali S. et douici -khalfi A., 2009. Recueil des principes maladies fongiques des céréales en Algérie. ITGC. El harrache. Alger. pp 4-20

-B-

- Baeyens J., 1967 : Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliqué aux plates agricoles Ed. Nauwelaerts Louvain. 278 P.

- Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie. Ed. 1.

-Belaid D., 1986. Aspects de la céréaliculture algérienne O.P.U Alger. 217 P.

-Belaid, D. 1996. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun. 1ère édition, 206 P.

-Bliefert C., et Perraud R., 1997. Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. 1èreéd. Espagne. 477 P.

-Bogard M., 2011. Analyse génétique et écophysologique de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thèse de Doctorat. Université d'Auvergne.France. 127 P.

-Bouasla S., 2001. effet d'une nouvelle formule d'engrais phosphaté le SSP 20 sur la production et la qualité d'une variété de blé Dur (var-waha) dans la région de Guelma.mémoire de fin d'étude. Univ. Badji mokhtar. Annaba. 76P

-Bourihane D. et Mekkaoui Z., 2013. Analyse des déterminants de la production du blé en Algérie Cas des wilayas Tiaret, Sétif et Médéa. Mémoire de master en biologie. Université Abderrahmane Mira de Bejaia (Algerie). 29 P.

-Bosc M., 1976. Dynamique de l'alimentation phospho-potassique de la plante dans le sol. Section 6.N°08. pp 1-6.

-Boyeldieu J., 1999. Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale-Blé Tendre. Ed. Paris. pp 20-20.

- Buckman., 1990. Agriculture et fertilisation. Ed. Norsk hydro a.s. 258P.

-Buisset Ch., 2015. Recueil des seuils utilisés dans les Bulletins de santé du végétal grandes cultures et pomme de terre, bulletin de santé de végétal, Ecophyto.picardie . France. pp 9-11

-C-

-Charles., 1976. Diagnostic de la carence phosphorique des sols par symptomatologie végétale annales de l'INA. vol 22. pp119-121.

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

-Cottignies X., 1977. Potasse et agriculture. Société commerciale des potasses et de l'azote Mulhouse. 112 P.

-Couvreur F., 1981. La culture de blé se raisonne. Cultivar.Juin. pp 39-41.

-D-

- Diehl J.A., 1975. Agriculture générale. pp 205-211.

Djermoun A., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales Caractéristiques. Départ d'Agronomie. Univ Hassiba Benbouali de Chlef. Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009. pp 45-53.

-Duchaufour Ph., 1979 : Pédogenèse et classification .Tome 1.2ème édition. Maison .491 P.

- **Durand J.H., 1983.** Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de Paris. Sorbonne. 389 P.
- **Duthil J., 1973.** Eléments d'écologie et d'agronomie. T3. Ed. J.B. Baillière. 654P.
- **Duthil J., 1976.** La fertilisation phosphatée des sols calcaires. An Agro, INA. Vol VI. N°2. pp 75-80.

-E-

- **El yousfi B., 2015.** Guide du diagnostic des principales maladies des céréales d'automne au Maroc. Inra. Crra De Settat. Laboratoire de Phytopathologie. Première Edition. 13 P.

-F-

- **FAO, 2005.** Effect of Organic Matter Amendment on Hydraulic and Pore Characteristics of a Clay Loam Soil. (consulté le : 14/01/2019) : 1P, disponible sur : [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjtlaadkposzje\)\)/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=26188](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjtlaadkposzje))/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=26188)
- **FAO, 2012.** FAO works to promote coherent approaches to sustainable land and water management. (Consulté le : 14/01/2019) : 1P, disponible sur : <http://www.fao.org/land-water/en/>
- **FAO, IFA et IMPHOS, 2003.** Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 04eme éd. FAO. IFA et IMPHOS. Rabat. 77 P.
- **Fardeau J.C., 1993.** Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol-plante. Perspectives agricoles. N°181-juin. pp17-22.
- **Feldman, M. 2001.** Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book: à history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre, 3-58.
- **Feuillet P., 2000.** Le Grain de blé: composition et utilisation. INRA. Ed Quae. 2000. Paris. France. 308 P.

-G-

- Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier. Paris (France). pp78-81.
- Gautier J., 1991.** Notation d'agriculture. Ed. Gautier. Paris. France. 575 P.
- Gervy R., 1970.** Les phosphates et l'agriculture. Ed. DUNOD. Paris. 298 P.
- **Gilles R., 1969.** Rôle de la fumure phosphatée dans l'alimentation hivernale du blé. Phosphore et Agri. N°52. pp 19-26.
- **Grignac P., 1977.** Le blé dur morphologie succincte. Annales de l'INA El Harrach. Vol : VIII. N°2. Alger. pp 83 - 87.
- **Grignac P., 1981.** Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). pp185-194.
- **Gros A., 1977.** L'acide phosphorique, les engrais phosphaté. Guide pratique de la fertilisation. Ed. Maison rustique. Paris. 377 P.
- Gros A., 1979.** Guide pratique des relations entre alimentation phosphatée des cultures et les valeurs E et l'INRA. pp 205-215.

-H-

- Hamadache, A. 2002.** Evolution récente des principales ressources fourragères et possibilités d'amélioration en Algérie. Céréaliculture, pp13-20.
- **Hafsi M., 1990.** Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur « Mohamed benbachir » (Triticum durum) cultivée dans les conditions des hautes plaines sétifiennes. I.N.A. 124 P.
- **Hebert J., 1975.** Techniques nouvelles de production du blé. Document I.T.C.F. 16 P.
- **Herve, Y. 1979.** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.

-K-

-Kellou R., 2005. Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité QualiMéditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop . Master of Science. Masters n°93. CIHEAM-IAMM. Montpellier (France). pp 39-41.

-L-

Labreuche J., Laurent F., Moquet M., Protin P.V., Aubrion G. (2006). Cultures intermédiaires : la protection des eaux pour un surcoût de 20 à 45 Euros/ha. Perspectives Agricoles, pp 22-29.

-Lambert J.C., 1979. La fertilisation phosphatée. Revue Cultivar. N °115. pp 96-97.

-Liorens J.M., 2001. La méthode de raisonnement de la fertilisation PK un outil pour la fertilisation. Comofer-Gemas. 5^{ème} rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre. Blois. France. pp 27-29.

-López-Bellido L. ; López-Bellido R.J. ; Castillo J.E. et López-Bellido F.J., 2005. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. Field Crops Research 72. pp197-210.

-Loue A., 1982. Le potassium et les céréales. Dossier K2O. N°02. pp 1-41.

-M-

-Masl E. et meynard Jh., 1981. 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 docteur ingénieur I.N.R. Paris. Grignon. France. 274 P.

-Mazoyer M., 2002 Larousse agricole. Montréal (Québec). Larousse. 767 P.

-Mekhlouf A. et Bouzerzour H., 2000. Déterminisme génétique et associations entres le rendement et quelques caractères a variation continue chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf). Recherche agronomique (INRA). Paris (France). pp 37-49.

-Melki M. ; Samaali S. ; Mechri M. et Saidi W. , 2015. Étude qualitative et quantitative de la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) conduit sous différentes modalités de

fractionnement de nitrate d'ammonium. Journal of new sciences. Agriculture and Biotechnology. 20(6). pp 810-817.

- **Meynard Jm., 1985.** Construction d'itinéraire technique pour la conduite de blé d'hiver mémoire Docteur – Ingénieur –sciences agronomiques. 13 septembre I.N.A. Paris. Grignon. pp 18-22.

Mosseddaq F. et Moughli L., 1999. Fertilisation azotée des céréales cas des blés en Bour et en irrigué. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. Transfert de Technologie en Agriculture. Bulletin réalisé à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Rabat. N°62. pp 1-4.

-**Mouellef A., 2010.** Caractère physiologique et biochimique de tolérance du blé dur au stress hydrique. Mémoire de magistère en biologie. Université de Constantine (Algérie). 84P.

- **Moughli L., 2000.** Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations. N°72. Septembre 2000. pp 35-45.

-**Moule C., 1998.** Céréales technique d'avenir, pyrotechnies spéciale, Bases Scientifique et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France. Ed. La maison rustique. Paris (France). 313P.

-P-

- **Prat S., 1971.** Les Céréales 2ème édition J.B Baillière et fils. Paris. 315 P.

-Q-

-**Quemener J., 1979.** Analyse du potassium dans les sols. Dossier K2o.N°12. pp1-16

-R-

-**Remy J. et Viaux P., 1980** : Evolution des engrais azotés dans le sol. Perspectives agricoles spéciales. pp 35-67.

-S-

-**Scheffr E., Schatschabel P ., 1967.** Les éléments nutritifs dans le sol revu de la potasse. pp 41-13

- Selmi, R. 2000.** Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. Revue Afrique Agriculture, 280: pp 30-23.
- **Sekhon G.S., 1983.** Potassium dynamique in the soils of semi-arid and arid areas proceeding of the 17 the call of the int-Potash INST. Heed MOROCCO. 157 P.
- **Snoussi et Halitima., 1996.** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude. Gst. Sols. pp 289-298
- **Soltner D., 1979.** Les grandes productions végétales .10ème Ed. 427 P.
- Soltner D ., 1987.** Phytotechnie spéciale. Les grandes productions végétales. 16 ème Ed. 464 P.
- Soltner D., 1988.**Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles. Ed. 16ème éditions. 464 P.
- Soltner D., 1990.** Les basses de production végétale. Les collections sciences techniques agricole .16ème Ed. 464 P.
- Soltner., 2003.** Les basses des productions végétales. Ed. 23^{ème} T1. Le sol et son amélioration. 464p.
- Soltner D., 2005.** Les Grandes productions végétales 20 ème Ed. Coll.Sci et Tec Agri. Paris France. 140 P.

-V-

- Viaux P., 1983.** Azote au tallage en 10 figures. Cultivar. pp 68-70.

-W-

- **Wall, A.M, R. Ripley et M.D. Gale. 1971.** The position of a locus on chromosome 5B of Triticum aestivum affecting homoeologous meiotic pairing. Genet Res., 18: 329-339.
- Wang G.Y. ; Abe T. et Sasahara T. 1998.** Concentrations of grains of rice (Oryza sativa L.) cultivated under organic and customary farming practices. Japanese journal of crop science.67 :(3). pp 307-311.

-Y-

Yallaoui-Yaici N. et Ghalem Y., 2006. Présentation de la méthodologie pour l'évaluation du programme d'intensification céréalière. Revu N°46. 1 ère Ed. ITGC de Sétif. p 4.

Résumés

Résumé:

La fertilisation azotée phospho-potassique demeure une source d'amélioration de la culture des céréales non négligeable. Sachant que, le perfectionnement de la productivité et l'amélioration des rendements en céréales ne peuvent être obtenus que par une fertilisation raisonnée prenant en considération la fertilité des sols et le potentiel de la culture. De plus avec la simplification du travail du sol et les couverts végétaux, la problématique se complexifie pouvant entraîner des modifications plus ou moins profondes de stratégies de la fertilisation.

Le travail que nous avons entrepris, nous a permis de suivre l'effet de la fertilisation NPK comme suit: T0 (Témoin), T1 (N-P-K), T2 (0N-P-K), T3 (N-0P-K), T4 (N-P-0K), T5 (apport agriculteur), T6 (GNSS), sur les paramètres morphologique, physiologique et même agronomiques pour but d'améliorer la production de la culture Blé Dur (*Triticum durum* Desf) variété vitron, mis sous test au niveau de la station expérimentale de l'I.T.G.C. de Guelma durant la campagne agricole 2018-2019.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet traitement est non significatif sur le rendement en grain. Ils sont probablement la conséquence du lessivage des éléments nutritifs (surtout l'azote) durant la période de croissance du blé dur et le non fractionnement d'azote sur les différents stades phénologiques.

Mots clés: La fertilisation azotée phospho-potassique, céréales, Blé Dur, vitron, I.T.G.C. de Guelma.

Summary:

Phospho-potassium nitrogen fertilization remains a significant source of cereal crop improvement. Knowing that the improvement of productivity and the improvement of cereal yields can only be achieved by reasoned fertilization taking into consideration the soil fertility and the potential of the crop. Moreover, with the simplification of tillage and plant cover, the issue becomes more complex and may lead to more or less profound changes in fertilization strategies.

The work we undertook allowed us to track the effect of NPK fertilization as follows: T0 (Control), T1 (NPK), T2 (0N-PK), T3 (N-0P-K), T4 (NP-0K), T5 (farmer input), T6 (GNSS), on morphological, physiological and even agronomic parameters with the aim of improving the production of durum wheat (*Triticum durum* Desf) vitron variety, put under test at of the ITGC experimental station Guelma during the 2018-2019 farming season.

The results of the variance analysis show that the treatment effect is not significant on the grain yield. They are probably the consequence of the leaching of nutrients (especially nitrogen) during the durum wheat growth period and the non-fractionation of nitrogen at the different phenological stages.

Key words: Phospho-potassium nitrogen fertilization, cereals, durum wheat, vitron, I.T.G.C. Guelma.

الملخص:

التسميد النتروجيني و الفوسفوري البوتاسي هو مصدر هام لتحسين محاصيل الحبوب. مع العلم أن تحسين الإنتاجية وتحسين محاصيل الحبوب لا يمكن تحقيقه إلا عن طريق التسميد المنطقي مع مراعاة خصوبة التربة وإمكانيات المحصول. علاوة على ذلك ، مع تبسيط الحراثة والغطاء النباتي ، تصبح القضية أكثر تعقيداً وقد تؤدي إلى تغييرات أكثر أو أقل عمقاً في استراتيجيات التسميد.

سمح لنا العمل الذي قمنا به بتتبع تأثير التسميد NPK على النحو التالي: T0 (الشاهد) ، (NPK) T1 ، (0N-PK) T2 ، (N-0P-K) T3 ، (NP-0K) T4 ، (مدخلات المزارعين) ، (GNSS) T6 ، على المقاييس المورفولوجية ، الفسيولوجية وحتى الزراعية بهدف تحسين إنتاج مجموعة متنوعة من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) من محطة ITGC التجريبية بقالمة خلال الموسم الزراعي 2018-2019.

تظهر نتائج تحليل التباين أن تأثير المعالجة ليس واضحاً على محصول الحبوب. من المحتمل أن يكونوا نتيجة لرشح المغذيات (خاصة النيتروجين) خلال فترة نمو القمح الصلب وعدم تجزئته خلال المراحل الفينولوجية المختلفة.

الكلمات المفتاحية: التسميد نتروجيني و الفوسفوري البوتاسي ، الحبوب ، قمح الصلب ، فيترون ، I.T.G.C. قالمة