

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة 8 ماي 1945 - قالمة

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 Mai 1945 -GUELMA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Phytopathologie et Phytopharmacie

Thème:

**Evaluation de plusieurs combinaisons de traitements antifongiques sur
une culture de blé dur « *Triticum durum Desf.* »
dans la région de Guelma**

Présenté par :

STITI hadjer

Devant le jury composé de :

Président : Mr. ATTOUSSI Sadek (M.A)

Examineur : Mme. ALLIOUI Nora (M.A)

Encadreur : Mr. ZITOUNI Ali (M.A)

Membre invité : Mme NEKAA SERIDI Souad Directrice de la Ferme d'expérimentation et
de la production de semences de la station de l'I.T.G.C de Guelma

Membre invité : Melle GUERFA Wafa (Ingénieur à I.T.G.C. de Guelma)

Juin 2013

Résumé

Dans le but d'établir un programme de traitement fongicide efficace sur le blé dur « *Triticum durum Desf.* », Nous avons évalué quatre fongicides homologués en Algérie (ARTEA, OPUS, FALCON et PROSARO) avec plusieurs combinaisons sur la variété VITRON, l'essai a été réalisé au niveau de la station « I.T.G.C » de Guelma.

Des paramètres agronomiques ont été évalués pour confirmer l'influence des fongicides sur les maladies cryptogamiques qui entravent la culture de blé dur dans la région.

Un inventaire des différentes maladies du blé dur présentes au niveau de notre essai a été réalisé, ainsi qu'une estimation de la sévérité et l'incidence des maladies les plus fréquentes.

Mots clés :

Fongicides, Maladies cryptogamiques, blé dur, rendement.

Abstract

In order to establish an effective fungicide program on hard wheat "*Triticum durum Desf.* ». We evaluated four fungicides homologuer in Algeria (ARTEA, OPUS FALCON and PROSARO) with various combinations on the VITRON variety, the trial was conducted at the station "I.T.G.C" of Guelma.

Agronomic parameters were evaluated to confirm the influence of fungicides on fungal diseases that hinder the hard wheat crop in the region.

An inventory of various diseases of durum wheat present at our essay was performed and an estimate of the severity and incidence of the most common diseases.

Words keys

Fungicides, fungal diseases, hard wheat, yield.

ملخص

من اجل وضع برنامج فعال لمكافحة فطريات محصول القمح الصلب *Triticum durum* قمنا بتقييم أربعة مضادات فطرية مرخص استعمالها في الجزائر (ARTEA OPUS ، *Desf* (FALCON et PROSARO) مع العديد من التوفيقات على الصنف VITRON ، أجريت التجارب على مستوى محطة المعهد التقني للزراعات الواسعة بقالمة.

قيمت معايير زراعية لإثبات تأثير المعاملة بالمضادات الفطرية على الأمراض الفطرية التي تؤثر سلبا على المحاصيل في هذه الناحية.

تم جرد مختلف أمراض القمح الصلب على مستوى مساحة التجربة، كما قمنا بتقدير نسبة ظهور وشدة الإصابة للأمراض الأكثر تواجدا.

كلمات المفتاح:

مضادات الفطريات، الأمراض الفطرية، القمح الصلب، المردود.

Remerciement

Je tiens avant tout à remercier Dieu tout puissant de m'avoir donné la force et la volonté pour achever ce modeste travail.

Mes remerciements vont également à mon promoteur Mr ZITOUNI .Ali qui m'as toujours accueilli à bras ouverts et à tout moment, de m'avoir assisté le long de la réalisation De ce travail, qu'il trouve ici mes sincères gratitudees et mes profondes reconnaissances pour tous les efforts qui ont déployé dans ce sujet, ainsi que de sa compréhension et de sa patience.

Je remercie également tous les enseignants qui siègent à ce Jury, pour la critique qu'ils feront de notre travail,

- Mr ATTOUSSI sadek qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.

- Madame ALLIOUI nora qui nous a fait l'honneur de bien vouloir juger ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme SERIDI souad (Directrice de L'I.T.G.C) et Melle GUERFA wafa (ingénieur à la même station) pour leurs disponibilités et aides précieuses.

Enfin, je veux souligner les contributions efficaces de tous mes Proches et Amis qui, à des titres divers, m'ont aidé et soutenus, et toute la promotion phytopathologie.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents soucieux de ma réussite et à qui je ne saurais jamais exprimer toute ma reconnaissance, qu'ils trouvent ici l'accomplissement de leurs vœux et l'expression de ma profonde gratitude.

*A mon mari hichem, mes frères et sœurs qui m'ont soutenu tout le temps,
, A tous ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles. Je dédie ce modeste travail.*

Hadjer

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Composition moyenne du grain du blé dur	04
02	Evolution des superficies récoltées, production et rendement durant la période 1996-2007(statistiques agricoles, Ministère de l’agriculture série B).	10
03	Les principales maladies du blé	14
04	La température dans la région de Guelma durant la Compagne 2012	45
05	La pluviométrie et l’humidité dans la région de Guelma durant la compagne 2012-2013	45
06	caractéristiques pédologiques du site d’essai	46
07	les dates des stades phénologiques	49
08	Les opérations culturales effectuées	50
09	Caractéristiques de la variété VITRON	51

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Les différents stades de développement du blé	08
02	Evolution des superficies (A), de la production (B) , et du rendement (C) du blé en Algérie	11
03	Feuilles de blé infectées par la rouille brune (<i>Puccinia recondita</i>) dans (B) et par la rouille jaune (<i>Puccinia striiformis</i>) dans (A)et par la rouille noire (<i>Puccinia graminis</i>) dans (C).	17
04	Feuille de blé infectée par la tache bronzé ou auréolée (<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>)	20
05	Feuille de blé infectée par la Septoriose .	20
06	Feuille infectée par l'oïdium dans (A)	23
07	Racine et épi infectés par la fusariose (la pourriture racinaire dans (A) et la fusariose de l'épi dans (B).	23
08	Feuille de blé infecté par l'helminthosporiose	25
09	Epi de blé infectée par le charbon nu (<i>Ustilago tritici</i>)	25
10	Feuilles de blé charbonnées par <i>Urocystis agropyri</i>	27
11	Epi de blé infecté par la carie commune	27
12	Epi de blé infecté par le piétin échaudage	29
13	Epi de blé infecté par l'ergot du seigle	29
14	Epi de blé infecté par le mildiou	30
15	Voies de synthèse des stérols fongiques et mode d'action des inhibiteurs des groupes 1 et 2	38
16	Principaux sites d'inhibition de la production d'énergie par les fongicides multisites	39

17	Situation géographique de l'I.T.G.C de Guelma. (Site de l'essai).	44
18	Schéma du dispositif expérimental de l'essai.	47
19	Photo du dispositif expérimental de l'essai (photo personnelle)	49
20	Nombre de plants par mètre carré pour les différents traitements	60
21	Nombre de talles par mètre carré pour les différents traitements	61
22	Nombre d'épis par mètre carré pour les différents traitements	62
23	Hauteur des plantes pour les différents traitements	63
24	Nombre de grains par épi pour les différents traitements	64
25	Poids de milles grains (PMG) pour les différents traitements	65
26	Rendements par hectare pour les différents traitements	66

.....	VI
Résumé.....	I
Remerciements.....	II
Dédicaces.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des figures.....	V

TABLE DES MATIERES

Partie bibliographique

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

Chapitre1 : données générales sur le blé dur

1-1 Historique et origine.....	03
1-2-Classification et origine géographique.....	03
1-2-1-Classification.....	03
1-2-2- Origine génétique.....	03
1-2-3-Origine géographique.....	04
1-3 Description	
1-3-1 -Caractères morphologiques	
1-3-1-1.Le grain.....	04
1-3-1-2.Appareil Végétatif	04
1-3-1-3.Appareil reproducteur.....	05
1-3-2.Caractères physiologiques.....	06
1-3-2-1.Période végétative.....	06
1-3-2-2.Période reproductrice.....	07
1-4-Exigences écologiques du blé dur.....	09
1-5-Origine et répartition de la culture du blé en Algérie.....	09

.....	VII
1-6- Rendement et évolution de la production du blé en Algérie.....	09
Chapitre 2: Les contraintes du blé en Algérie	
2-1- Les maladies infectieuses.....	12
2-1-1- Maladies à virus.....	12
2-1-2-Maladies à bactéries.....	12
2-1-3- Les maladies causées par les nématodes et autres ravageurs.....	13
2-1-4 - Les adventices (les mauvaises herbes)	13
2-1-5- Les maladies à champignons (fongiques).....	13
2-1-5-1-Les rouilles.....	15
2-1-5-2-La tache auréolée.....	18
2-1-5-3- Les Septoriose.....	18
2-1-5-4 -L'oïdium.....	21
2-1-5-5- Les fusarioses.....	21
2-1-5-6- Helminthosporioses.....	24
2-1-5-7-Le Charbon nu	24
2-1-5-8-Le charbon foliaire	26
2-1-5-9-La carie commune.....	26
2-1-5-10-Le piétin échaudage	28
2-1-5-11-L'Ergot du seigle	28
2-1-5-11-Le mildiou.....	30
Chapitre 3 : Moyens de lutte et modalités de traitement	
3-1- La lutte culturale.....	31
3-2- La lutte physique.....	31
3-3 - La lutte biologique.....	31

3-4 - La lutte chimique.....	32
3-4-1-Les produits fongicides.....	32
3-4-1-1-Différents types de fongicides	
a) Fongicides de contact.....	33
b) Fongicides pénétrants.....	33
c) Fongicides systémiques.....	33
3-4-1-2- Caractères généraux des fongicides.....	34
3-4-2 -Mode d'action des fongicides.....	34
3-4-2-1- Composés agissant directement sur le parasite.....	35
3-4-2-2- Composés agissant au niveau de la relation parasitaire	40
3-4-3-Modalité de traitement chimique.....	40
3-4-3-1-Traitement de semence.....	40
3-4-3-2-Traitement foliaire.....	41
3-4-4-Phénomène de résistance des agents pathogène aux fongicides.. ...	41

Partie expérimentale

1- Matériels et méthodes

1-1-Caractéristiques du site de l'expérimentation.....	43
1-1-1-Localisation.....	43
1-1-2-Caractéristiques climatiques de la région.....	44
1-1-2-1-Température.....	45
1-1-2-2-Pluviométrie.....	45
1-1-3-Caractéristiques pédologiques.....	45
1-2-Installation et conduite de l'essai.....	46
1-2-1-Mise en place de l'essai (Dispositif expérimental).....	46

.....	IX
1-2-2-Stades phénologique.....	49
1-2-3-préparation de la parcelle d'essai.....	50
1-3-Matériels végétales et fongiques.....	51
1-3-1-Matériel végétal.....	51
1-3-2-Produits fongicides.....	51
1-3-2-1-Caractéristiques des produits fongicides.....	52
1-3-2-1-1-FALCON	52
1-3-2-1-2-OPUS.....	53
1-3-2-1-3-ARTEA.....	54
1-3-2-1-4- PROSARO	55
1-4-Paramètres étudiés.....	56
1-4-1-Paramètres de production	56
1-4-2-Notation des maladies.....	58
1-4-2-1-Les principales maladies observées dans la parcelle d'essai.....	58
1-4-2-2-Estimation des maladies au champ.....	58
1-5-Traitement statistique	59
2-Résultats et discussions	
2-1-Résultats	60
2-1-1-Paramètres de production	60
2-1-2- Notation des maladies.....	67
2-1-2-1-Les principales maladies observées dans la parcelle d'essai.....	67
2-1-2-2-Estimation des maladies au champ.....	68
2-2-Discussions	71
2-2-1-Paramètres de production.....	71
2-2-2-Notation des maladies.....	71

Conclusion.....73

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Les céréales et plus particulièrement le blé constituent la première production agricole mondiale. D'après la FAO (2011), la production céréalière mondiale est de 2.300 milliards de tonnes, dont 694,8 millions de tonnes de blé.

En Algérie la production nationale a passé de 30 millions de quintaux en 2004 à 56 millions quintaux en 2012 selon la FAO, mais elle reste toujours insuffisante pour couvrir le déficit national et ne peut satisfaire que 60% des besoins de la population, avec une consommation moyenne annuelle de 185 kg par habitant, devant une consommation mondiale moyenne de 155 kg par habitant et par année (MADR ,2004).

La faible production céréalière, particulièrement celle du blé, est due à plusieurs facteurs dont les plus importants sont : les pratiques culturales, les aléas climatiques et l'utilisation des variétés anciennes à faible rendement, et l'application des produits phytosanitaires non adéquats. Il y a 12 000 ans, l'homme a découvert l'agriculture en Mésopotamie, depuis lors il n'est pas arrêté sa recherche pour des techniques de lutte contre les ravageurs de cultures et les différents agents pathogènes, Millardet propose en 1885 la bouillie bordelaise (Galet, 1977) depuis cette date plusieurs formules actives contre les divers maladies cryptogamique sont inventés chaque année, l'importance de l'utilisation des produits phytosanitaires et leurs influence sur le rendement a encouragé les agriculteurs à les utiliser à grande échelle, La France est le plus gros consommateur de pesticides de l'Europe et le deuxième dans le monde après l'U.S.A, (NATHANAËL, 2009), l'aboutissement à un usage rationnel de ces pesticides demeurent un défi pour la recherche en agronomie.

Le blé peut être attaqué par de nombreuses maladies à différents stades de son développement, ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées et aussi les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion de ces maladies.

Pour lutter contre les maladies fongiques du blé, il est nécessaire de faire appel à la phytopharmacie « étude des substances et des préparations (produits phytopharmaceutiques) destinées à protéger les cultures de leurs parasites et ravageurs, à améliorer la production et la préservation des produits récoltés.

Introduction

Plusieurs produits fongicides peuvent être utilisés pour lutter contre les maladies fongiques du blé dur, cependant l'efficacité du produit reste dépendante de certains facteurs notamment la nature de la matière active.

L'objectif visé de notre travail est d'étudier l'effet de l'utilisation d'un programme traitement à base de combinaison de plusieurs fongicides pour contrôler les maladies fongiques d'une culture du blé dur, la variété VITRON est le sujet de cette étude, l'évaluation des paramètres de production sont les principaux éléments utilisés pour apprécier l'efficacité des fongicides objet de notre essai, en outre on a estimé l'incidence et la sévérité des maladies les plus fréquentes sur la culture à fin de recommander des programmes de traitement de fongicides sur la culture de blé dur dans notre région.

Les produits faisant l'objet de cette étude sont : FALCON, ARTEA, OPUS et PROSARO, ces fongicides appartiennent aux fongicides systémiques.

Notre travail comportera trois parties

- 1- Une revue bibliographique
- 2- La mise en évidence du matériel et les méthodes utilisées lors de l'expérimentation.
- 3- Les résultats et leurs discussions, et une conclusion.

1-1 Historique et origine

Le blé est l'une des premières espèces cultivées et récoltées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans, dans le Croissant Fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (CROSTON et WILLIAMS, 1981). Des restes de blés, diploïde et tétraploïde, remontant au VIII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (HARLAN, 1975).

1-2-Classification et origine géographique

Le blé est une céréale à paille, Il s'agit d'un produit de base pour l'alimentation humaine et animale.

On distingue deux espèces de blé: le blé tendre et le blé dur. Le blé dur est essentiellement cultivé pour la semoulerie en vue de fabrication des pâtes alimentaires, ou pour la galette traditionnelle et le couscous, le grain du blé tendre étant le grain de céréale le plus riche en azote (en moyenne 110 g de matières azotées digestibles par kilogramme de matière sèche) est utilisé pour la fabrication du pain du boulanger ou à usage fourragère (Larousse agricole, 2013) .

1-2-1-classification

Le blé dur est classé d'après le nombre de ses chromosomes au groupe des Tétraploïdes $2n = 28$ chromosomes.

La position systématique du blé selon (CHADEFEAU et EMBERGER, 1960) :

Embranchement :	<i>Phanérogames</i>
Sous embranchement :	<i>Angiospermes</i>
Phylum :	<i>Liliiflores</i>
Ordre :	<i>Germinales</i>
Famille :	<i>Graminacées</i>
Sous famille :	<i>Festucoïdees</i>
Genre :	<i>Triticum</i>
Espèce :	<i>Triticum durum</i>

1-2-2 origine génétique

Le *Triticum durum* provient du croisement entre *Triticum monoccum* apportant le génome (A) et *Aegilops speltoides* donnant le génome (B), Ainsi le blé dur possède 28 chromosomes provenant des génomes (A) et (B). (CLEMENTI-GRANDCOURT et PRATS, 1970).

1-2-3 Origine géographique

Le Moyen- orient où coexistent les deux espèces et où se rencontrent de nombreuses formes de blé dur, serait le centre géographique. A partir de cette zone d'origine, l'espèce s'est différenciée dans trois centres ; Le bassin occidental de la Méditerranée, le sud de L'UR.S.S et le proche orient. Vavilot a considéré l'Afrique du nord comme un centre secondaire d'origine du *Triticum durum*. (GRIGNAC, 1978) in (KACEM ,1992).

1-3- Description

1-3-1 Caractère morphologique

1-3-1-1.Le grain

Les fruits sont des caryopses (akène des céréales) ou fruits secs indéhiscent dont les parois sont soudées à celles de la graine et aussi blanc ou moins roux et ovoïdes, le caryopse de blé est nu (SOLTNER, 1999).

La coupe de grain présente trois parties :

Des enveloppes, le germe et l'albumen.

Le blé présente une composition moyenne puisque les divers constituants des caryopses ont des compositions très différentes (Tableaux N°1)

Tableaux N°1 : Composition moyenne du grain du blé dur (BELAID, 1986) in (BOULAHBAL, 1997)

Matière sèche	Lipide	Glucides	Sels minéraux	Protéines
86 %	2 à 5 %	60 à 80 %	0.8 à 3 %	7 à 12 %

1-3-1-2.Appareil Végétatif

- **Système racinaire:**

Le système racinaire du blé est du type fasciculé.

En général, 55% du poids total des racines se trouvent entre 0 et 25 cm de profondeur, 18% entre 25 et 50 cm, 15% entre 50 et 75 cm et 12% au-delà.

Dans les terres profondes, les racines vont chercher l'eau en profondeur.

On distingue : cinq ou six racines primaires

Un grand nombre de racines secondaires.

- **Systeme aérien:**

a) Feuilles : Des feuilles longues de couleur vert clair et jaunissent à la maturité.

Elles comprennent un limbe, une gaine et une ligule

- Le limbe est rubané et terminé par une pointe

- La gaine correspond plus ou moins au pétiole de la feuille, elle joue un rôle de soutien de la tige mince

- La ligule est une expansion membraneuse qui se trouve à la jonction du limbe et de la gaine.

b) Tiges : Elles partent du plateau de tallage. Ce sont des chaumes formés d'entre-nœuds séparés par des nœuds. Elles sont simples (non ramifiées) droites, lisses ou cannelées. Leur longueur est un caractère variétal héréditaire qui est largement influencé par les conditions écologiques du milieu.

On compte 5 à 6 nœuds par tige. Ces nœuds sont pleins. Les entre-nœuds sont plus ou moins longs, plus ou moins creux et ont une paroi plus ou moins épaisses, leur longueur est variable.

Le blé est une plante qui talle. On distingue le maître brin ou talle primaire, puis se forment les talles secondaires, tertiaires, etc.

c) Inflorescences: Ce sont des épis qui apparaissent lorsque le développement des tiges est terminé. Chaque épi se compose d'un axe ou rachis portant de nombreux épillets. Les épillets sont au nombre de un par article. Ils sont directement attachés sur le rachis.

d) Fruits : allongés de texture vitreuse et souvent riche en albumen.

- Après fécondation, chaque fleur donne naissance à un fruit unique : le grain de blé

- Le grain de blé est en même temps un fruit et une graine

- Le grain de blé est entouré par les glumes et les glumelles que l'on enlève par simple battage et qui constituent les balles. (SOLTNER, 1999).

1-3-1-3.Appareil reproducteur

Le blé est une plante autogame. C'est-à-dire que la fécondation a lieu avant l'épanouissement des fleurs, à l'intérieur des glumelles avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur.

L'axe de l'épi porte des épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs qui sont enveloppées par les glumes. (SOLTNER, 1999).

Chaque tige peut produire un épi composé d'un axe ou rachis portant de nombreux épillets. Les épillets sont séparés par de courts entre-nœuds. Chaque épillet est un axe reproducteur condensé, comprenant deux bractées stériles (appelées glumes) qui enveloppent deux à cinq fleurs.

Chaque fleur est portée par un court pédicelle et renfermée entre deux bractées appelées glumelles, la fleur hermaphrodite possède trois étamines et le pistil comprend une seule loge, un seul ovule et deux styles se terminant chacun par un stigmate plumeux. Le blé est une espèce surtout autogame, pollinisée par le vent. Après fécondation, chaque fleur donne naissance à un fruit unique, le grain de blé. (CIRAD et GRET, 2009).

1-3-2. caractère physiologiques

Le cycle évolutif du blé se divise en trois grandes périodes :

1-3-2-1.période végétative

De la germination à l'ébauche de l'épi (voir Fig. N°01)

➤ Phase germination-levée:

Elle correspond à l'entrée de la semence en vie active et au tout début de croissance de l'embryon et exige :

1- une température supérieure à 0°C (zéro de végétation du blé)

La somme de température à ce stade selon (GATES, 1985) varie entre 120°C et 150°C.

2- le grain de blé a besoin d'eau, quand le grain absorbe entre 20 et 26 % de son poids d'eau cela correspond à une teneur minimum en eau de 35 à 40 %, la germination peut alors se faire. (CIRAD et GRET, 2009).

Sa levée étant souvent capricieuse par l'excès d'eau ainsi que par les fusarioses, le piétin échaudage et la rouille. (BETTICHE et BOUZEKRI, 2000).

➤ Phase levée -tallage:

La phase tallage débute par l'émission de la troisième feuille du jeune plant de blé elle est caractérisée ensuite par :

- ✓ La formation du plateau de tallage.
- ✓ L'émission des talles.
- ✓ La sortie de nouvelles racines (racine de tallage).

Ce stade le blé dur exige une somme de température répartie comme suit:

Stade tallage : La somme de température est de 450°C depuis le semis.

Plein tallage: La somme de température est de 500 à 600 °c. Cette phase nécessite peu d'eau, mais en revanche sa réussite dépend plus de l'aptitude du blé à taller et de la vitesse d'apparition de ses talles (GAUTHIER, 1990). L'importance du tallage dépendra de la variété, de la densité de semis ainsi que la multiplicité des adventices et de la nutrition azotée.

1-3-2-2.période reproductrice :

Selon SOLTNER (1999), cette période est marquée par plusieurs stades:(Voir Figure N°1).

Stade A: Appelé aussi stade de l'initiation florale.

Stade B:Il correspond à peu près au stade « épi 1 cm », il marque le départ de la montaison,ce stade signifie également l'arrêt du tallage.

La durée de la phase A-B est de 30 à 60 jours.

La somme de température est de 600°C depuis la levée (GATES, 1985).

➤ Stade montaison et gonflement:

La plante atteint progressivement sa hauteur maximum, on observe un gonflement formé par l'épi à la partie supérieure de la tige, durant ce stade apparaissent les glumelles puis les anthères et les ovaires.

La somme de température est de 250°C après épi à 1 cm.

(BALDY, 1974) in (OULD SIDI BRAHIM, 1990), estime qu'un déficit hydrique ou un coup de chaleur et de gelées sous abris diminuent le nombre d'épillets formés, le développement des organes sexuels ainsi que l'allongement du dernier entre nœuds des tiges.

➤ Stade épiaison :

Ce stade est caractérisé par : L'apparition de l'épillet terminal du premier épi sur au moins 50 % des plantes.La somme de température est de 1200°C après le semis. Durant toute la période de l'épiaison, la consommation en eau est maximale (GATE ,1985).

➤ Stade fécondation et floraison:

Ce stade est marqué par l'apparition des étamines hors des glumelles , donc la fécondation des éléments vers les ovaires fécondés alors que la croissance des autres parties de la plante est stoppée .Une alimentation insuffisante de la plante, des conditions atmosphériques défavorables froid, évapotranspiration trop importante etc....contrarient la fécondation.

La sécheresse peut réduire le nombre de grains mais lorsque l'humidité revient il ya compensation partielle en raison de l'augmentation du poids des 1000 grains.

➤ **Stade de maturation des graines :**

La maturation s'étale en moyenne sur 50 jours elle est marquée par la migration des réserves élaborées par les feuilles vers grains. (SIMON et al, 1989) in (BOULAHBAL, 1995).

Les grains acquièrent leur formes et leur taille définitive, puis leur consistance évolue, ils passent du stade laiteux au stade pâteux puis au stade grain dur (CIRAD et GRET,2009).

La durée totale du cycle est de l'ordre de cent vingt à cent cinquante jours en milieu tropicale (CIRAD et GRET, 2009) renferme un certain nombre de stades phénologique caractérisés chacun par des processus physiologiques très appropriés (TOTTMAN, 1987).

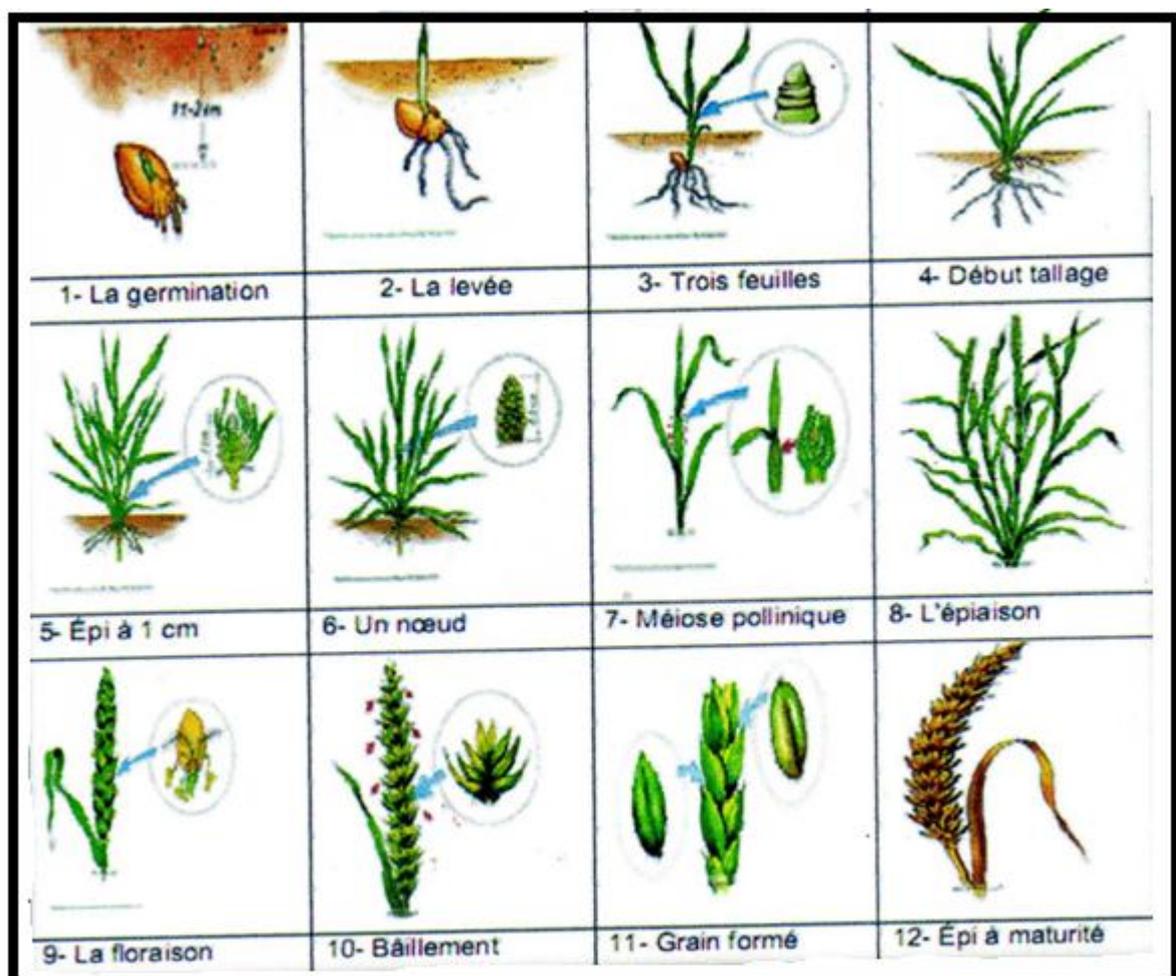


Figure 1 : Les différents stades de développement du blé (Anonyme, 2004).

1-4-Exigences écologiques du blé dur

Le blé dur n'a pas les mêmes exigences que le blé tendre, il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité, des rendements moyens (en général inférieurs à ceux du blé tendre, sauf pour les variétés récentes), une sensibilité à certaines maladies cryptogamiques plus grande que chez le blé tendre. Le blé dur exige un sol sain et profond et bien structurés, à PH voisin de la neutralité. Les sélections effectuées par les agriculteurs et par les chercheurs ont privilégié quelques caractères: La nudité des graines (qui facilite le battage), la faible longueur de la tige, la résistance aux maladies, et enfin l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau. (CIRAD et GRET, 2009).

1-5-Origine et répartition de la culture du blé en Algérie

Les blés cultivés en Algérie appartiennent pour la presque totalité aux espèces *aestivum L.* et *durum Desf.* A l'intérieur de chaque espèce existe plusieurs variétés botaniques, et à l'intérieur de chaque variété botanique de nombreuses formes différentes par leurs aptitudes physiologiques et culturales.

La superficie cultivée annuellement en blé (blé dur et blé tendre) est de l'ordre de 1785200 ha. Cette superficie est répartie en cinq zones de cultures (GUETTOUCHE, 1990) :

La zone littorale : Caractérisée par une pluviométrie supérieure à 600 mm, est une zone de culture intensive occupant 18 % de la surface cultivée soit: 323000 ha.

La zone comprise entre les isohyètes 500 et 600 mm occupe 6 % de la surface cultivée soit : 107000 ha.

La zone comprise entre les isohyètes 400 et 600 mm qui correspond à la zone des hauts plateaux occupe 47 % de la surface cultivée soit: 845200 ha.

La zone comprise entre les isohyètes 400 et 500 mm, correspond à la zone des plaines basses telliennes. Elle occupe environ 15 % de la surface soit: 269000 ha.

La zone comprise entre les isohyètes 350 et 400 mm, elle occupe 14 % de la surface totale soit : 251000 ha.

1-6. Rendement et évolution de la production du blé en Algérie

La production de blé en Algérie se caractérise par une grande irrégularité due aux conditions climatiques. Il n'est donc pas très significatif de comparer les chiffres globaux d'une campagne à l'autre. (BAZERBACHI, 1973)

Le blé occupe une place importante dans l'économie algérienne. Il couvre $1,5 \times 10^6$ ha sur les $3,0 \times 10^6$ ha consacrés à la céréaliculture. Le rendement est faible et irrégulier, il

est de l'ordre de 10 q/ha. La production couvre près de 41% des besoins. En effet les capacités productives du blé sont relativement moins bonnes que celles de l'orge puisque sur plus de 120 années (1876 à 1996), la distribution fréquentielle des rendements montre que seuls 59 campagnes sur les 120 des rendements du blé se situent dans la plage des 4 à 6 q/ha (AMOKRANE, 2001). L'évolution des superficies récoltées ainsi que de la production et du rendement durant la période 1996-2007 sont représentés au niveau du tableau 02 et Figure02.

Tableau N° 02 : Evolution des superficies récoltées, production et rendement durant la période 1996-2007 (statistiques agricoles, Ministère de l'agriculture série B).

Années	Superficies récoltées (ha)	Productions (q)	Rendement (q/ha)
1996	1 585 500	20 345 700	12,8
1997	590 920	4 554 640	7,71
1998	1 707 240	1 5000 000	8,79
1999	889 090	9000 000	10,12
2000	554 470	4 863 340	8,77
2001	1 112 180	12 788 650	11,1
2002	813 890	9 509 670	11,7
2003	1 265 370	18 022 930	14,2
2004	1 307 590	20 017 000	15,3
2005	1 042 894	15 687 090	15,0
2006	1 162 880	17 728 000	15,2
2007	1 187 620	15 289 985	12,9

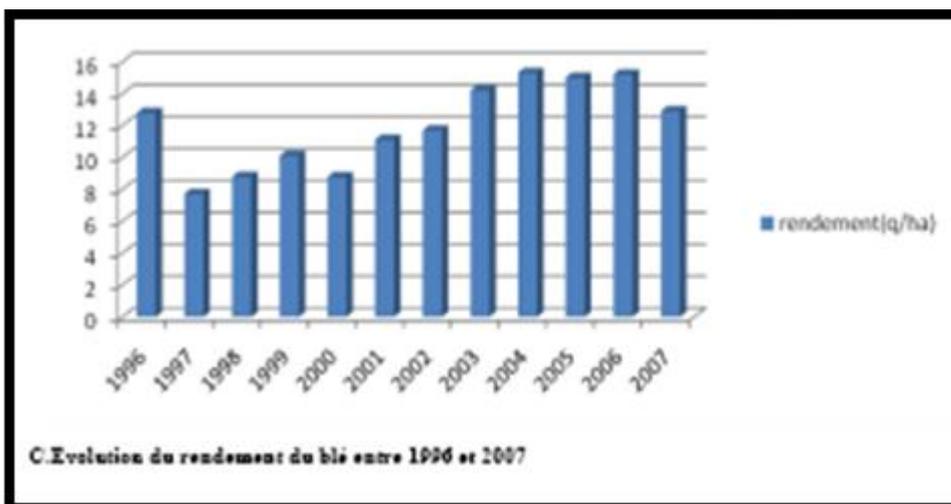
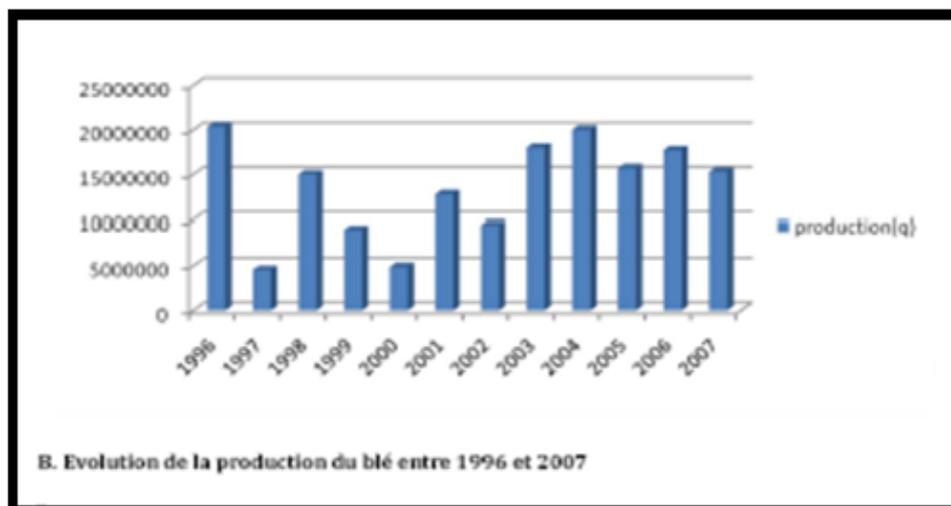
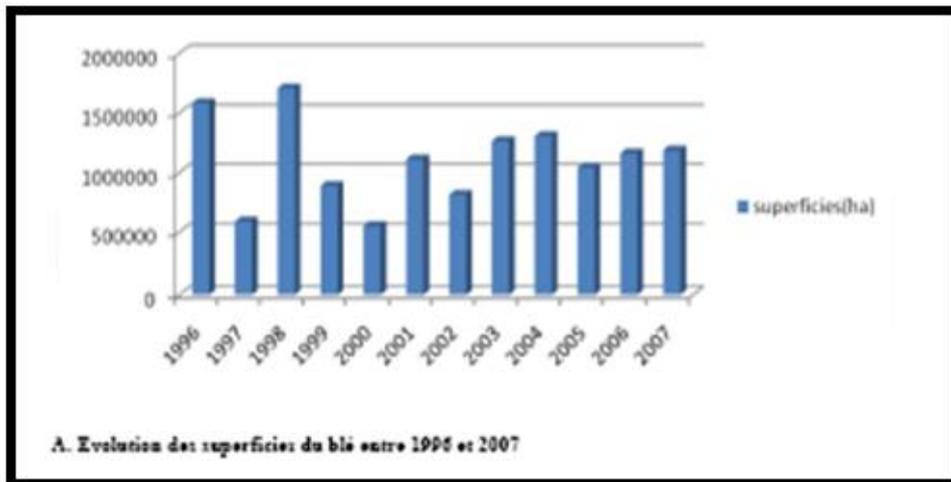


Figure2 : Evolution des superficies (A), de la production (B) , et du rendement (C) du blé en Algérie. (AMOKRANE, 2001).

La culture du blé en Algérie est confrontée à de nombreuses difficultés, à la fois liés à l'utilisation de techniques culturales modernes et l'utilisation des pesticides et les engrais appropriés, ou celles relatives au climat et aux différentes maladies courantes des blés tel que les rouilles, les maladies charbonneuses, les caries et la septoriose.

Les blés peuvent s'infecter par deux types de maladies :

- **Les maladies infectieuses**, sont causées par des agents biotiques. Ces pathogènes vivants et infectieux (champignons, bactéries, virus, nématodes, insectes) envahissent les tissus de l'hôte s'y multiplient et sont capables d'être transmis à une plante saine (AGRIOS, 1968).
- **Les maladies non infectieuses** causées par des agents abiotiques sont très variées, se ramènent généralement à des conditions de milieu défavorables et des anomalies physiologiques et génétiques (MESSIAEN, 1991). (Tableau 03)

2-1-Les maladies infectieuses

2-1-1-maladies à virus :

Le plus important virus signalé en Algérie est le BYDV « Barley yellow dwarf virus = Virus de la jaunisse nanisante de l'orge». Il a été rapporté par plusieurs auteurs tels que (SAYOUD 1987), (BOUBETRA et MOHAMED, 1998). En plus, (BENMOKHTAR et KAFI, 1999) ont confirmé la présence de WSMV « Wheat Streak Mosaic Virus = Virus de la Mosaïque Striée», WSSMV « Wheat Spindle Streak Mosaic Virus = Virus de la mosaïque striée en fuseaux du blé » et BSMV « Barley Stripe Mosaic = virus de la mosaïque striée de l'orge». Ces virus ont causé des pertes considérables dans plusieurs régions du monde.

La pénétration des particules de virus dans la plante se fait par des piqûres d'insectes ou d'autres vecteurs comme les nématodes ou par les champignons, en bref par les blessures (CORBAZ, 1990).

2-1-2-maladies à bactéries

L'impact des maladies bactériennes en Algérie est généralement confondu avec d'autres agents, cependant, certains travaux ont pu identifier sur les semences de blé *Clavibacter tritici*, *Erwinia rhapontici*, *Xanthomonas translucens* (Boukhris, 1992), *Pseudomonas viridiflava*, *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae pv atrofaciens* (DJEBARI, 2005).

Les bactéries pénètrent dans la plante par des blessures ou des ouvertures naturelles, stomates, pores aquifères, lenticelles (CORBAZ, 1990).

2-1-3- Les maladies causées par les nématodes et autres ravageurs

Les nématodes sont un groupe important d'organismes parasites des plantes, provoquant des pertes de cultures directement par leurs activités parasites sur les plantes qu'ils infectent et aussi indirectement, en agissant comme vecteurs de virus de plantes. (STRANGE, 2003), en Algérie, la présence d'*Heterodera avenae* est signalée dans plusieurs régions céréalières telles que Tiaret, Sétif, Batna et Adrar (HARROUCHE, 1998).

Ces agents blessent les parties souterraines de la plante, et provoquent des déformations du système racinaire.

Les blessures mécaniques causées par les ravageurs peuvent causer des dégâts aussi importants que celles causés par les maladies (ZILLINSKY, 1983). Parmi les ravageurs les plus connus en Algérie on peut citer d'après TAGHLIT (1986) : les insectes (la punaise des céréales) ; les oiseaux (les moineaux, la tourterelle) et les rongeurs (les rats des champs et les souris).

2-1-4- Les adventices (les mauvaises herbes)

Parmi les nombreux ennemis des cultures, les mauvaises herbes occupent une place très importante. Les repousses des cultures précédentes ou les rejets des cultures voisines sont également considérées comme des mauvaises herbes.

Elles comprennent les plantes adventices qui exercent une concurrence avec les plantes cultivées. Elles peuvent être nuisibles par compétition pour les éléments nutritifs, l'eau, la lumière l'air. Elles peuvent être aussi hôtes de parasites nuisibles pour la plante cultivées ou exercent un gêne mécanique dans la croissance ou la récolte de la plante cultivée. (RICHARD et DARY, 1985).

Les principales mauvaises herbes qu'on trouve dans les champs de blé (HAMMADACHE, 1995., TANJI, 2000., TANJI, 2002) sont :

- ✓ *Avena sterilis* (Folle avoine).
- ✓ *Phalaris paradoxa* (L'alpuste).
- ✓ *Sinapis arvensis* (Moutarde des champs).
- ✓ *Medicago hispida* (Luzerne).

2-1-5- Les maladies à champignons (fongiques)

Pour déterminer si un champignon qui pousse sur une plante malade est un agent pathogène ou un saprophyte, une première étude au microscope, la morphologie de son mycélium, les structures de fructification, et les spores, le champignon peut alors être identifié et contrôlé d'une manière appropriée (AGRIOS, 1968).

En absence de la plante hôte, les champignons responsables des maladies du blé se conservent dans différents supports comme la semence, les débris et le sol, Le mode de conservation est important à connaître, puisqu'il détermine, en partie la stratégie de lutte à adopter.

Les maladies transmises par les semences sont essentiellement les charbons et les caries, le degré d'infestation d'un champ par ces agents pathogènes est directement lié à l'état sanitaire de la semence.

Tableau 3 : Les principales maladies du blé :.(EZZAHIRI ,2001)

Mode de conservation	Agents pathogènes	Maladies
Sol	<i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium graminearum</i> <i>Cochliobolus sativus</i>	Pourritures racinaires
	<i>Urocystis agropirii</i>	Charbon foliaire
Semence	<i>Ustilago nuda</i>	Charbon nu
	<i>Tilletia caries</i>	Carie commune
	<i>Septoria nodorum</i>	Septorioses des épis (Glume Blotch)
Chaumes	<i>Erysiphe graminis f.sp. tritici</i>	Oïdium
	<i>Septoria tritici</i>	Septoriose des feuilles (leaf blotch)
	<i>Septoria nodorum</i>	Septoriose des épis (Glume blotch)
	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	Tache bronzée
Feuilles +hôtes alternatifs	<i>Puccinia triticina</i>	Rouille brune
Repousses des plantes hôtes	<i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i>	Rouille noire
	<i>Puccinia striiformis</i>	Rouille jaune

2-1-5-1-les rouilles

Les rouilles sont peut-être les maladies des céréales les plus destructrices et aussi les plus connues. Elles sévissent à peu près partout dans le monde, là où les céréales sont cultivées. Toutes les parties aériennes des plantes sont susceptibles d'être attaquées, depuis la plantule jusqu'à la plante mature.

Le champignon responsable de cette maladie est *Puccinia sp.*, appartient à la classe des Basidiomycètes groupe des Phragmobasidiomycètes ordre des urédinales famille des *Pucciniaceae*. (ZILLINSKY, 1983)

On distingue plusieurs rouilles ; rouilles brunes, rouilles jaunes, rouilles noires.

a) -La rouille brune

L'agent causal: *Puccinia triticina*, *P.recondita*

Symptômes : De forme circulaire ou légèrement elliptique, les pustules sont plus petites que dans le cas de la rouille noire, en général, elles ne confluent pas et contiennent des masses d'urédospores dont la couleur allant de l'orange vers la couleur brune orangé. L'infection se manifeste essentiellement sur les gaines et sur la face supérieure des limbes et parfois sur le col de l'épillet sur les barbes. (PRESCOTT et al, 1987), le doigt prend la coloration brune au passage sur le limbe. Voir **Fig. 03 (B)**

La température douce entre 15 à 20°C et l'humidité à l'automne sont des facteurs favorables à la maladie.

La maladie est observée en fin de la montaison. (ANONYME, 2009)

Propagation et évolution : Ordinairement légères, les infections primaires sont produites par des urédospores transportées parfois de très loin par le vent, des générations successives d'urédospores se produisent tous les 10 à 14 jours.

Importance: Les infections précoces graves peuvent occasionner un abaissement considérable du rendement, en réduisant notamment le nombre de grains par épi, leur poids et leur qualité. (PRESCOTT et al, 1987).

b)- La rouille jaune

L'agent pathogène causal est : *Puccinia striiformis*

Symptômes : Les pustules contenant des urédospores de couleur jaune orangé forment en général d'étroites stries le long des feuilles, mais peuvent également se former sur les gaines les cols d'épi et la tige. Voir **Fig. 03 (A)**.

Evolution : Les infections primaires sont occasionnées par des urédospores transportées parfois de très loin par le vent, à la faveur de l'humidité (eau de pluie ou d'arrosage) et

d'une température ambiante de 10 à 20°C, la maladie progresse rapidement, si la température s'élève à plus de 25°C, la prolifération d'urédospores s'interrompt, ou diminue. (PRESCOTT et al, 1987).

c)- La rouille noire

L'agent causal : *Puccinia graminis*

Symptômes: Les premiers symptômes s'observent en général vers la mi-juin sous forme d'urédospore, brun, roux, allongées sur les gaines et les tiges en ligne le long de nervures. A l'approche de la maturité, des téléospores de teinte brun noir se forment à la place des urédospores. (LAFFONT, 1985). Voir **Fig. 03 (C)**

Propagation et évolution : Les infections primaires sont généralement légères et sont produites par des urédospores transportées parfois très loin par le vent, l'humidité (pluie ou arrosage) et des températures modérées sont propices au développement de la maladie. A l'approche de la maturité, des téléospores de teinte brun noir se forment à la place des urédospores.

Importance : Si l'infection a lieu au cours des premières étapes du cycle de végétation, la maladie peut avoir de graves conséquences ; diminution du tallage, du poids spécifique et de la qualité des grains, si les conditions du milieu favorisent l'infection, toute la récolte peut être perdue. (PRESCOTT et al, 1987).

- **Moyens de lutte contre les rouilles**

L'emploi de fongicides appropriés peut contrôler efficacement les rouilles (LAFFONT, 1985). Le moyen pratique pour lutter contre les rouilles, est la culture des variétés résistantes aux rouilles. (BAZEBACHI, 1973).



(A)



(B)



(C)

Fig. 03 : Feuilles du blé infectées par la rouille brune (*Puccinia recondita*) dans (B) et par la rouille jaune (*Puccinia striiformis*) dans (A) et par la rouille noire (*Puccinia graminis*) dans (C).

B « photo personnelle » prise à la station.

A et C (ANONYME, 2008)

2-1-5-2-- la tache auréolée

elle est depuis 1988 la maladie des blés (durs et tendres) la plus répandue surtout dans la région est (Skikda, Annaba, Guelma , Constantine, S.Ahras).elle est présente toutes les années et cause des pertes de rendement loin d'être négligeables.(ANONYME,2007).

L'agent causal : *Pyrenophora tritici-repentis*

Symptômes : Elle apparait plus tôt que la septoriose. A ces débuts on voit sur les feuilles, celles du bas généralement, des taches jaunâtres de forme ovale ou losangiques au milieu desquelles apparait un gros point de couleur brunâtre. Plus tard, en grandissant, ces taches prennent des formes irrégulières et sont de couleur brun foncé et entourées d'une auréole jaune« un halo jaune ». (ANONYME,2008). Voir (**Fig. 04**).

Biologie et transmission: Le champignon se conserve sur les chaumes. En automne, lorsque les conditions de température et d'humidité sont favorables, des spores (ascospores) sont éjectées et vont infecter les plantules de blé. A partir de cette infection, des symptômes se développent en produisant d'autres spores (conidies) qui à leur tour vont infecter d'autres feuilles et d'autres plantes. Ainsi la maladie se propage en plusieurs cycles pendant la saison. Les conditions optimales de température de développement de la maladie se situent entre 10 et 25°C et une humidité relative de 70% à 100%. Elle est stoppée par des températures supérieures à 28°C. (ANONYME, 2007).

- **Moyens de lutte :** en plus des labours profonds, des rotations et des variétés résistantes, la lutte chimique donne des résultats probants.

-Commencer à traiter dès l'apparition de 2 à 3 taches en moyenne sur les feuilles.

-Répéter le traitement dès l'apparition de nouveaux symptômes.

2-1-5-3- Les Septorioses :

C'est la deuxième maladie la plus répandue après la tache auréolée. et ce même dans les mêmes régions. Elle a eu un impact important en 2006, aussi bien sur les blés durs que sur les blés tendres. (ANONYME,2007).

- **L'agent causal :** La maladie peut être provoquée par trois champignons qui sont :

Mycosphaerella graminicola (*Septoria tritici*)

Leptosphaeria nodorum (*Septoria.nodorum*)

Leptosphaeria avenaria (*Septoria avenae*)

Ces champignons présentent des différences sur le plan des symptômes et de la biologie.

Symptômes : L'infection initiale se manifeste par l'apparition de taches ou lésions chlorotiques oblongues ou allongées de forme irrégulière. A mesure que ces taches s'étendent, elles prennent une couleur jaune paille claire et légèrement nécrotique, mouchetées de nombreux petits points noirs (pycnides).les lésions causées par *Septoria tritici* sont linéaires et limitées latéralement par les nervures, alors que celles occasionnées par *Septoria nodorum* et par *Septoria avenae* sont lenticulaires. Toutes les parties aériennes de la plante peuvent être affectées. L'infection, si elle est légère, ne produit que quelques taches dispersées, mais dans le cas d'infection grave, les feuilles et les épis peuvent être totalement détruits.il est ordinairement difficile d'identifier les espèces sur le terrain et il est souvent nécessaire d'avoir recours pour cela à l'examen microscopique. Voir **(Fig. 05)**

Propagation et évolution : Ce sont d'abord les feuilles inférieures qui sont atteintes,mais si les conditions sont favorables, l'infection se propage et affecte les feuilles supérieures et les épis.(PRESCOTT et al, 1987).

La pluie joue un grand rôle dans la dispersion des spores, la germination des spores demande une humidité de l'air supérieur à 85 % pendant 12 heures consécutives, et une température minimale de 6 à 8 °c. (LAFFONT,1985).La maladie apparait dès le mois de mars.

- **Moyens de lutte**

- Choix de variétés tolérantes
- Traitement de semence et pulvérisation foliaire à la montaison puis à l'épiaison avec des fongicides appropriés.

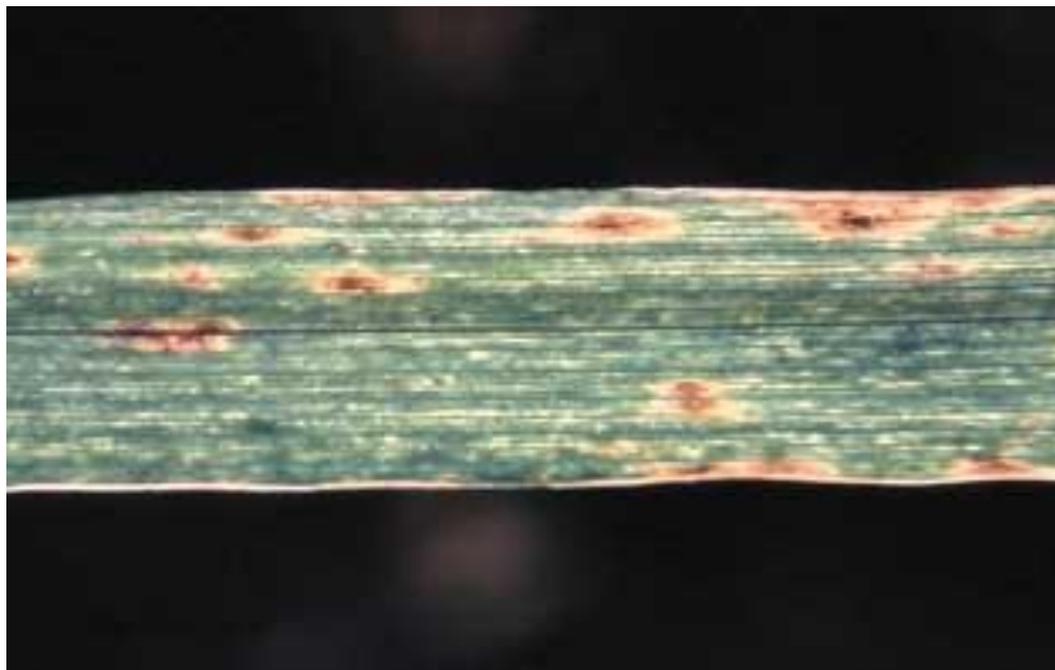


Fig.04 : Feuille de blé infectée par la tache bronzé ou auréolée (*Pyrenophora tritici-repentis*) (ANONYME, 2008)



Fig. 05: Feuille de blé infectée par la Septoriose. (ANONYME, 2008)

2-1-5-4 -L'oïdium

L'agent causal: *Erysiphe graminis*

Symptômes : les premiers symptômes de la maladie sont ;L'apparition de colonies de mycélium , de conidies s'étendant comme un duvet ou une poudre très fine , de couleur blanche ou gris clair, sur la face supérieure des limbes et de gaines, sur les feuilles les plus basses .la couche de mycélium s'enlève facilement , en frottant simplement avec les doigts. En cas d'infections grave les feuilles dégènèrent et meurent.Voir **Fig. (06)**

Propagation et évolution: Un climat frais (15à 22°C), nuageux et humide (75 à 100% d'humidité relative), favorise la propagation et l'évolution de la maladie.

Importance : Si l'infection a lieu au cours des premières étapes du cycle de végétation, dans des conditions propices, la maladie peut occasionner une baisse considérable de rendement, notamment quand elle se propage avant la formation des épis. (PRESCOTT et al, 1987).

- **Moyens de lutte :** Bien que la maladie ne soit pas très importante sur les blés, lorsqu'elle touche les dernières feuilles le traitement devient opportun.
- utiliser un produit performant et persistant pour limiter les contaminations ultérieures.

2-1-5-5- Les fusarioses:

Les agents causaux : *Fusarium avenaceum* , *F. graminearum*, *F. culmorum*

Symptômes: parmi les fusarioses du blé, **la fusariose de l'épi** et **les pourritures racinaires** sont les plus fréquent en algérie.les épillets commerçant à se décolorer et finissent par donner à l'épi une couleur blanchâtre.

La base de tiges devient entourée de lésions brun foncé.les grains sont échaudés et décolorés. (ANONYME, 2008).

Propagation et évolution

- **La fusariose de l'épi** (*F. graminearum*) est favorisée par des temps doux et pluvieux entre le stade de la floraison et le stade de la formation des graines. En plus de comporter des risques de pertes de rendement considérables, la fusariose peut produire des mycotoxines dangereuses pour le bétail et l'humain (LACROIX, 2008).

La maladie se propage d'une fleur à l'autre par croissance du mycélium le long de l'épi.

(PRESCOTT et al, 1987).**Fig. 07(C).**

-La pourriture racinaire (*Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*)

L'association des champignons responsables des pourritures avec les racines du blé est inévitable. Ce sont des champignons qui sont constamment présents dans le sol.ils infectent les racines du blé quand les conditions leur sont favorable.les principaux facteurs prédisposant à l'attaque de ces champignons sont le stress hydrique et des températures élevées. (EZZAHIRI, 2001).**Fig. 07(B)**

- **Moyens de lutte**

Les rotations et les labours profonds sont actuellement les moyens de limiter le développement de la maladie. Les traitements de la semence et foliaire ne sont pas très efficaces mais ils sont conseiller pour limiter l'expansion de la maladie

-traiter dès l'apparition des premiers symptômes sur les épis. (ANONYME, 2008)



(A)

Fig. 06 : Feuille infectée par l'oïdium (*Erysiphe graminis*). A) « photo personnelle » prise à la station



(B)



(C)

Fig. 07 : Racine et épi infectés par la fusariose (la pourriture racinaire dans (B) et la fusariose de l'épi dans (C)). (ANONYME, 2008)

2-1-5-6-Helminthosporioses

Causées par ; *Cochliobolus sativum* «*Helminthosporium sativum* »,*Syn.Bipolaris*,
Drechslera sorokiniana

Les lésions occasionnées par cette maladie sont de forme allongée ou ovale, généralement d'un brun foncé. Le centre prend une couleur qui va du brun clair au brun bronzé à mesure que les lésions murissent. Ces lésions sont entourées d'un anneau irrégulier de teinte plus sombre .les infections primaires se présentent ordinairement sur les feuilles inférieures et se manifestent par l'apparition de petites taches brun foncé. Cette maladie est fréquente dans les régions humides ou dans celles où les pluies sont abondantes. Quand l'infection survient au début du cycle de végétation et si les conditions du milieu sont propices, la maladie peut occasionner la défoliation complète de la plante.Le rendement diminuera alors considérablement et les grains seront échaudés (PRESCOTT, 1987).

Voir Fig. (08)

2-1-5-7-Le Charbon nu

Le charbon nu est causé par *Ustilago tritici*, il se développe bien sur le blé tendre que sur le blé dur. La maladie est signalée dans les trois pays du Maghreb. Son importance est tributaire de la désinfection des semences (BOUFENAR-ZAGHOANE et ZAGHOANE, 2006). Les symptômes du charbon sont visibles entre la floraison et la maturité. Au début, les épis infectés sont noirs et apparaissent un peu plutôt que les épis sains. Les enveloppes de la graine ainsi que leur contenu sont détruits et remplacés par une masse noirâtre, constituée de spores de champignon (EZZAHIRI, 2001).

Voir Fig. (09)



Fig. 08 : Feuille du blé infecté par l'helminthosporiose (ANONYME, 2008)



Fig.09 : Epis de blé infectés par le charbon nu (*Ustilago tritici*) (ANONYME , 2008)

2-1-5-8-Le charbon foliaire

Le charbon foliaire est une maladie du blé causée par *Urocystis agropyri*, elle s'attaque plus particulièrement les blés durs. Elle est rencontrée dans les trois pays du Maghreb, aussi bien dans les plaines que dans les plateaux et les montagnes (BOUFENAR-ZAGHOUE et ZAGHOUE, 2006). Les plantes atteintes manifestent des stries longitudinales le long des feuilles tordues. Des masses sporifères noirâtres apparaissent au niveau des stries entre les veines de la feuille (EZZAHIRI, 2001).**Fig. (10)**

2-1-5-9-La carie commune

Comme le charbon nu, C'est une maladie qui affecte uniquement l'épi causée par *Tilletia caries*, *Tilletia foetida*. C'est après la floraison que les premiers symptômes apparaissent. Les plantes infestées sont un peu plus courtes que les plantes saines et de couleur plus foncée ; Les épillets s'écartent du rachis et l'épi est d'un vert plus foncé. Plus tard les épis infestés sont blanchâtres et les graines sont remplies d'une poudre noire.(ANONYME, 2008).**Fig.(11)**

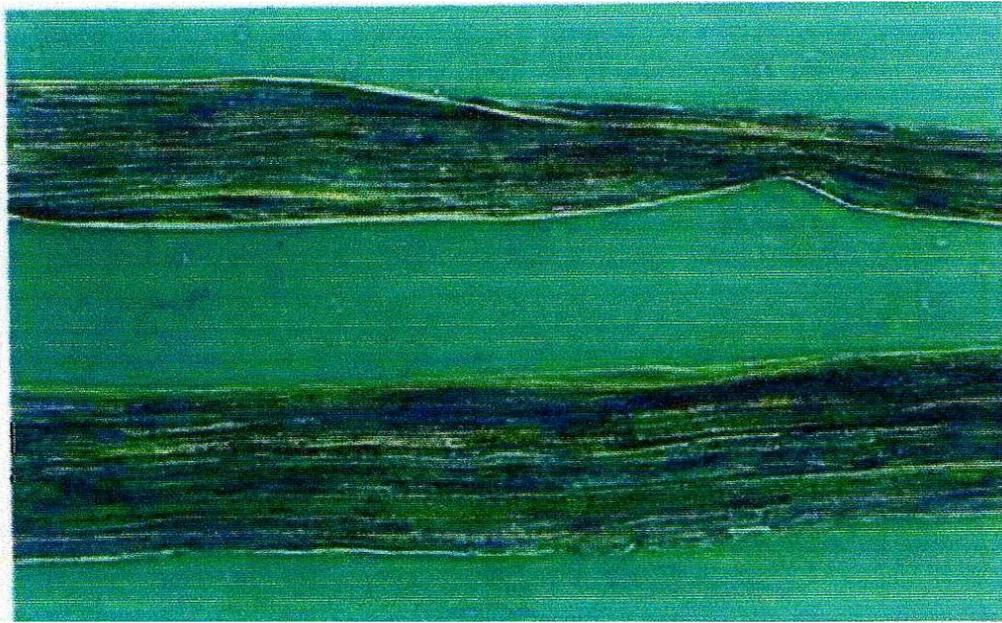


Fig (10) : Feuilles de blé charbonnées par *Urocystis agropyri*. A noter les stries gris foncé. (ZILLINSKY , 1983)



Fig. (11) : Epi de blé infecté par la carie commune. (ANONYME, 2008)

2-1-5-10-Le piétin échaudage

Cette maladie est causée par *Gaeumannomyces graminis*. Ce champignon est surtout présent dans les sols cultivés en blé, plus particulièrement sur les parcelles de monoculture (BOULAL et al., 2007). La maladie n'est remarquée qu'après l'épiaison. Le feuillage pâlit, les épis blanchissent et mûrissent prématurément. Les épis sont stériles ou comportent des grains ridés (ZILLINSKY, 1983). **Fig.(12)**

2-1-5-11-L'Ergot du seigle

Cette maladie causée par *Claviceps purpurea* caractérise par le remplacement de quelques grains par une masse oblongue, dur et brune à noire. Cette masse est en fait un sclérote (masse dense de mycélium). Le sclérote est généralement de taille supérieure à celle du grain. Le seigle est particulièrement sensible à cette maladie (LACROIX, 2002). **Fig.(13)**



Fig. 12 :Epis de blé infecté par le piétin échaudage) « photo personnelle » prise à la station



Fig. 13 : Epi de blé infecté par l'ergot de seigle (ANONYME, 2008)

2-1-5-11-Le mildiou

Un tallage excessif, des tiges courtes, dressées irrégulières ou tordues, d'un vert jaunâtre, des feuilles épaisses, verticales et en général verticillées, sont les symptômes de cette maladie qui est causée par *Sclerophthora macrospora*.. Le mildiou affecte les céréales cultivées sur des terres trop irriguées ou gorgées d'eau,des températures de 10 à 25°C accélèrent son développement.(PRESCOTT et al,1987).**Fig. 14**



Fig.14 : Epi de blé infecté par le mildiou (ANONYME, 2008)

Il existe plusieurs moyens de lutte

3-1- La lutte culturale

C'est l'ensemble des moyens propres à protéger les cultures en employant des méthodes agricoles appropriées: rotation des cultures, variétés résistantes...etc. (DEGUINE et al, 2008), pour réduire l'utilisation des traitements phytosanitaires

3-2-La lutte physique

Pour lutter contre les maladies de plante, notamment les maladies cryptogamiques, Il faut ;

- Empêcher la conservation des agents phytopathogènes dans l'environnement ; Les débris de plantes malades, sont susceptibles de produire un inoculum capable d'attaquer les plantes cultivées saines placées dans un substrat sain, en vue de limiter ces sources potentielles de contamination, plusieurs méthodes préventives peuvent être utilisées, notamment la destruction par le feu des débris végétaux infectés ou leur enfouissement dans le sol (VAN DER PLANK, 1963) in (MECHARA et ACILA, 1999).

- S'il y a par exemple une présence accrocheuse de carie dans un champ de blé on évite de l'utiliser comme source de semence, il est nécessaire d'éliminer le lot de semence (SEGUIN, 1995).

- Labour profond, selon (CHAMPION et RAYNAL, 1993) du sol contaminé par la carie jusqu'à une profondeur supérieure à la profondeur de semis pour la culture réduit l'apparition de la maladie.

3-3 - La lutte biologique

Le traitement chimique représente une solution de facilité, qui correspond aussi au besoin absolu de l'homme, désirant un résultat rapide et total. La lutte biologique au contraire n'a aucune efficacité relative et demande d'avantage de connaissance et d'observations.

La lutte biologique est le contrôle des maladies des plantes au moyen de champignons, de bactéries ou de virus. A l'heure actuelle : moins de 1 % des produits contre les maladies des plantes sont des biopesticides (LEPOIVRE, 2003). L'utilisation de micro-organismes entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement. Les micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les microchampignons, les nématodes et les protozoaires. À ce jour, plusieurs milliers de micro-organismes entomopathogènes et pathogènes des mauvaises herbes ont été décrits et plus d'une centaine d'espèces sont utilisées aux champs (IGNOFFO, 1970, 1973). Les formulations de biocides à base de micro-organismes deviennent de plus en plus

performantes avec des prix compétitifs (Ahmed *et al.* 1994; STARNES *et al.*, 1993). Selon Ahmed, (1994), l'utilisation des insecticides microbiens augmente rapidement, de 10 à 25 % par année.

3-4- La lutte chimique

La lutte chimique contre les maladies des plantes a commencé en 1865 avec l'utilisation de la bouillie bordelaise contre l'oïdium et le mildiou de la vigne. L'emploi d'insecticides (les acides benzoïques, le parathion) et d'herbicides (2.4.D ; acide dichloro-2,4 phénoxyacétique, le MCPA ; chlorométhyl-2-phénoxyacétique) n'a eu lieu qu'à la fin de la seconde guerre mondiale. Avec ces produits débute une ère nouvelle ; celle des produits de l'agrochimie, phytosanitaire ou encore appelés pesticides (herbicides ; pour éliminer les mauvaises herbes ou les plantes adventices concurrentes, insecticides ; Pour écarter les insectes ravageurs et fongicides ; Pour lutter contre les champignons parasite.) c'est l'ère de la phytopharmacie (RICHARD *et al.*, 1985).

3-4-1-Les produits fongicides

En 1913 le premier produit fongicide de la chimie organique de synthèse est développé: il s'agit du chlorophénoxychlorure de mercure. En 1931 les premiers dithiocarbamatessont découverts. L'introduction des fongicides systémiques vers la fin des années 1960 ouvre la porte à des fongicides d'une troisième catégorie, parmi ceux –ci se trouvent les benzimidazoles, qui se sont heurtés à des problèmes de résistance des pathogènes, ce qui indiquait que ces composés n'étaient pas une solution finale dans la lutte contre les maladies.

En 1973 apparait le triadiméfon, élément de la famille des triazoles. En 1977, sont apparues des publications de substances antifongiques n'ayant aucune activité fongitoxique *in vitro*, mais agissant *in vivo* tel le foséthyl. En fait ces nouvelles matières actives stimulent des réactions de défense de la plante hôte ou inactivent des composés de parasites nécessaires au développement normal de la maladie. En fin, des données récentes de la littérature font état du développement des fongicides dont la matière active est un dérivé synthétique de produits naturels (AMMERMANN *et al.*, 1992) et (GODIN *et al.*, 1992) in (MEEUS, 1993).

Les fongicides appliqués dans les céréales appartiennent à de nombreuses familles chimiques: Ils sont d'origine minérale ou inorganique, de contact ou systémique, ils agissent sur les champignons en un seul site d'action ou en plusieurs sites (MEEUS, 1993).

3-4-1-1-Différents types de fongicides

En fonction de la mobilité du produit, les fongicides peuvent être classés en trois groupes (MEEUS, 1993)

a) Fongicides de contact

Ils fournissent une protection au niveau du lieu de leur application, parmi les fongicides de contact utilisés pour les céréales, on distingue le groupe des fongicides polyvalent où on trouve les dithiocarbamates, le chlorothalonil, l'anilazine et le dithianon qui ont un spectre d'activité assez large et ont la propriété d'inhiber plus fortement la germination des spores que la croissance mycélienne. La majorité des fongicides de contact ou de surface sont fortement liposolubles de telle sorte que les molécules sont retenues au niveau de la cuticule et ne peuvent migrer à l'intérieur de la plante.

b) Fongicides pénétrants

Ils tuent une infection installée au niveau du site d'application grâce à une action au niveau des assises cellulaires sous-jacentes aux surfaces traitées (MEEUS, 1993).

c) Fongicides systémiques

Les fongicides systémiques sont ceux qui pénètrent et se déplacent dans la plante par les vaisseaux du xylème et du phloème. La plupart des nouveaux fongicides sont dans cette catégorie (BOSSEUR, 2001). Ils peuvent avoir une action curative, ayant des limites variables.

Selon le même auteur, le transfert d'un produit systémique dans une plante peut s'effectuer des différentes manières :

- Il peut entrer dans la plante et emprunter la voie du système de l'évapotranspiration, c'est-à-dire le xylème : voie apoplastique au travers des parois cellulaires (acropétale).
- Il peut suivre le trajet des produits issus de la photosynthèse, c'est-à-dire le phloème : voie symplastique passe au travers des cytoplasmes (basipétale).
- Il utilise la voie apoplastique et symplastique et est appelé dans ce cas ambimobile.

Selon (CORBAZ, 1990), en fonction du moment de leur application par rapport à l'infection, les fongicides peuvent encore être classés en :

➤ Fongicides préventifs

Traitement qui consiste à intervenir avant l'apparition des symptômes de la maladie c'est-à-dire avant que celui-ci ne soit défailant

➤ Fongicides curatifs ou chimio thérapeutique.

Traitement dont le but est d'obtenir la guérison d'une culture malade, c'est-à-dire la disparition de sa maladie.

3-4-1-2- Caractères généraux des fongicides

Pour être commercialisé, un produit phytosanitaire doit être homologué (autorisé) et plusieurs points doivent être pris en considération:

- **Qualités requises**

On exige d'un bon produit les caractéristiques suivantes (CORBAZ, 1990) :

➤ Une très haute activité contre un champignon parasite ou un groupe de parasites, La mesure de son activité est donnée par la DL50 (Dose Létale à laquelle 50% des organismes meurent).

- Une phytotoxicité très faible non préjudiciable sur la plante traitée.
- Une faible toxicité pour l'homme et les animaux.
- Une faible action sur l'environnement, sans incidence sur la flore et la faune.
- L'étiquette doit mentionner la matière active, la dose d'emploi recommandée, le champ d'application, le numéro de contrôle et la classe de toxicité.

- **Présentation commerciale**

Les produits sont mis en vente sous quatre formes principales (CORBAZ, 1990):

-les poudres mouillables: Représentent une très grande majorité et forment une suspension contenant des particules de 2 à 20µm de diamètre.

-Les émulsions:La matière active est en suspension dans un liquide.

-Le poudrage:Matière sèche ne nécessitant pas l'adjonction d'eau, la grosseur des particules se situe entre 10 et 40µm. Dans les poudres mouillables, la matière active représente 25 à 50% du produit commerciale. Dans les poudrages, elle ne représente que 7.8 à 8%, le reste est constitué de support, de collant, de stabilisateur ou de mouillant.

-Les granulés:Réservés aux insecticides mais quelques fois contiennent des fongicides, ils permettent d'épandre la substance au pied des plantes et représentent donc une économie de matière active/ha.

- Les micro-granulés:représentant une « sous-forme » des granulés, sont utilisés pour la désinfection des couches.
- Les enrobages de graines ne diffèrent que légèrement de la poudre mouillable (addition de colorant et de collant).

3-4-2-Mode d'action des fongicides

Pour croître et se développer, comme tout organisme vivant, un champignon a besoin de réaliser un certain nombre de fonctions dites « vitales » (SIMON, 1994)

- Il doit produire de l'énergie (respiration).
- Il doit avoir des échanges avec l'extérieur (le phénomène de perméabilité contrôle l'entrée et la sortie de l'eau et des substances nutritives à travers les membranes cellulaires).
- Il doit pouvoir se diviser (Mitose et Méiose) permettant ainsi sa croissance et sa reproduction.
- Il doit également produire certaines molécules indispensables à sa survie.

Les différents produits fongicides, qui ont montré une efficacité contre un certain groupe de parasites, interfèrent avec l'une ou l'autre des fonctions citées ci-dessus, et entraînent des altérations conduisant à l'inhibition partielle ou complète de la croissance du parasite (SIMON et al, 1994).

Selon SEMAL (1989), les substances antiparasitaires peuvent avoir des effets sur le parasite, sur la relation parasitaire ou sur la plante hôte, et en fonction du nombre de sites de leurs actions, ils peuvent être classés en deux catégories:

***composés unisites ou oligosites:** Agissant sur un petit nombre de sites.

***composés multisites:** Agissant sur plusieurs sites.

3-4-2-1- Composés agissant directement sur le parasite:

Dans ce groupe, on trouve surtout les composés unisites ou oligosites qui sont des produits systémiques pénétrant par les racines ou les feuilles et répartis dans la plante par l'intermédiaire du système vasculaire, ils agissent sur un nombre très limité de cibles (oligosites) souvent même sur une seule (unisites).

Selon SEMAL (1989) in (MECHARA et ACILA, 1999), les composés unisites peuvent entraîner des altérations au niveau de différentes fonctions vitales du parasite.

3-4-2-1-1-Action sur la respiration:

Les fongicides cis-crotonanilides essentiellement utilisés en céréales pour combattre les maladies charbonneuses présentent une activité spécifique vis-à-vis des basidiomycètes, ils interagissent chez le parasite avec une protéine mitochondriale contenant du fer et inhibe de la sorte une enzyme de la chaîne respiratoire (SEMAL, 1989) in (MECHARA et ACILA, 1999).

3-4-2-1-2-Action sur les membranes :

Le cytoplasme cellulaire est séparé du milieu extérieur par une membrane qui comprend des protéines, des phospholipides et des stérols jouant un rôle stabilisateur de la structure membranaire (MEEUS, 1993)

SEMAL (1989) in (MECHARA et ACILA, 1999) révèle que chez la plupart des champignons (Ascomycètes, Basidiomycètes et champignon imparfaits), l'ergostérol est le principal stérol membranaire, les inhibiteurs de la synthèse d'ergostérol montrent un spectre de toxicité très large à l'égard des champignons, les matières actives qui possèdent ce mode d'action sont très diverses et appartiennent aux groupes de triazoles, des pyrimidines carbinols, des imidazoles, des trichloroéthylformamides et des morpholines.

Le même auteur affirme que les fongicides agissant sur la biosynthèse des stérols n'ont pas tous les mêmes cibles enzymatiques et peuvent être classés en deux groupes:

- Le premier groupe rassemble les matières actives provoquant l'accumulation de stérols méthylés en C_4 et C_{14} par inhibition de la C_{14} déméthylase. **Fig (15)**.
- Le deuxième groupe comprend les fongicides inhibant la synthèse des stérols en provoquant l'accumulation des stérols non méthylés, comportant une ou deux doubles liaisons.

3-4-2-1-3-Inhibition de la synthèse des parois:

Il s'agit de l'inhibition de la synthèse des chitines, glucanes, etc...

Selon SEMAL (1989) in (MECHARA et ACILA, 1999). ce groupe renferme:

- Les organophosphorés qui empêchent le transfert des précurseurs de chitine au travers de la membrane en inhibant la synthèse de certains phospholipides membranaires.
- Les polyoxines qui inhibent la synthèse de la chitine en agissant comme compétiteur de la chitine synthase. elles sont inactives sur les oomycètes qui sont dépourvus de chitine.

3-4-2-1-4-Composés antimétaboliques:

La plus part des composés antimétaboliques n'altèrent pas la duplication de l'ADN mais perturbent la ségrégation des chromosomes en empêchant la formation et/ou le fonctionnement des fuseaux achromatiques, ces composés toxiques sont spécialement actifs sur la croissance mycélienne et ont peu d'effet sur la germination des spores, les principaux fongicides de ce type appartiennent à la famille de Benzimidazole, des thiophanates et des phénylcarbammates.

Le carbendazine (métabolite des benzimidazoles et des thiophanates) se fixe sur une protéine (la tubuline) constituant des microtubules des fuseaux achromatiques. la spécificité du carbendazine vis-à-vis des champignons résulte de sa faible affinité pour les tubulines des plantes supérieures et des animaux (SEMAL, 1989) in (MECHARA et ACILA, 1999).

3-4-2-1-5-Interférence avec la synthèse des protéines:

Certains antibiotiques sont actifs contre certaines phyto bactérioses ou certaines maladies fongiques.

La résistance des champignons résulte d'une pénétration réduite de ces antibiotiques dans la cellule fongique ou provient de modification de sites récepteurs au niveau des ribosomes (SEMAL, 1989) in (MECHARA et ACILA, 1999).

3-4-2-1-6-Interférence avec la synthèse des mélanines:

Le tricyclazole est actif contre la pyriculariose du riz, cette matière active est sans effet sur la germination, la croissance ou la sporulation de *Pyricularia oryzae*, mais inhibe la pigmentation du mycélium en empêchant la synthèse de précurseur des mélanines, avec corrélativement une perte du pouvoir pathogène, la mélanine (ou un de ses précurseurs oxydés) semble conférer aux parois de l'appressorium la rigidité nécessaire à la pénétration dans l'hôte (SEMAL, 1989).

3-4-2-1-7-Interférence avec la synthèse d'acide ribonucléique (ARN)

Les hydroxypyrimidines (éthirimol, diméthirimol) sont des anti-oïdiums spécifiques qui inhibent la formation des *appressoria* en agissant sur l'adénosine désaminase et en inhibant corrélativement la synthèse des ARNs. (SEMAL, 1989) in (MECHARA et ACILA, 1999). En plus des unisites et des oligosites, certains composés multisites sont également actifs sur le parasite, et on trouve dans ce groupe, les produits minéraux à base de cuivre et de soufre, les organomercuriques, les dithiocarbamates, les phtalimides, les hydroxyquinoleines, les guanidines, etc.

Ils sont réservés à la protection externe préventive ; leur activité antifongique inhibe essentiellement la production et/ou les transferts d'énergie chez les champignons et leurs effets sont plus marqués sur la germination des spores (associé au catabolisme des substances de réserves, lipides et glucides) que sur la croissance mycélienne (SEMAL, 1989). Certains d'entre eux organomercuriques, dithiocarbamates, manèbe, etc. Interfèrent dans les processus respiratoires et peuvent inactiver les enzymes et les coenzymes impliqués (MEEUS, 1993). Les principaux réserves d'énergie étant constituées de lipides et de polysaccharides, il apparaît que la coenzyme-A- sulfidrique (CoASH) représente un site d'action privilégié de tels fongicide de même que la triose-phosphate déshydrogénase (SEMAL, 1989) in (MECHARA et ACILA, 1999). (voir Fig. 16).

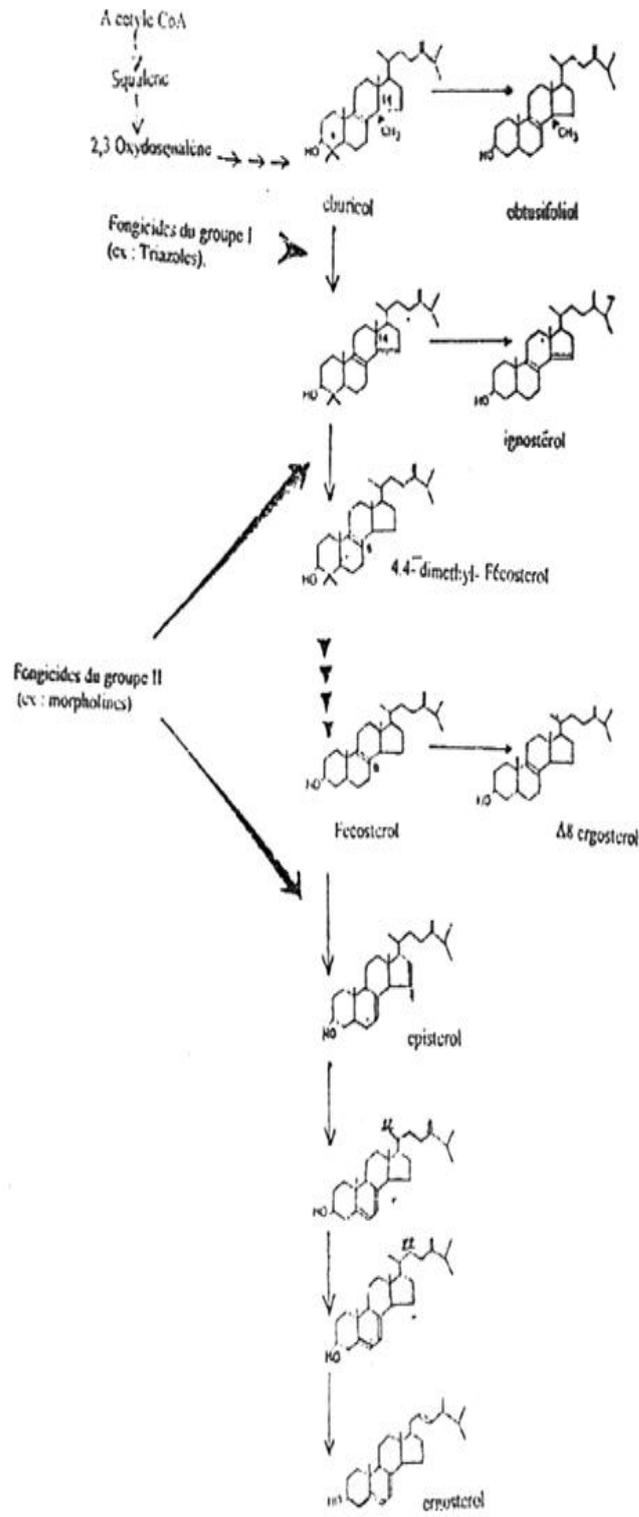


Figure 15= Voies de synthèse des stérols fongiques et mode d'action des inhibiteurs des groupes 1 et 2 (MEEUS, 1993) In (Mechara, R. et Adila, S., 1999)

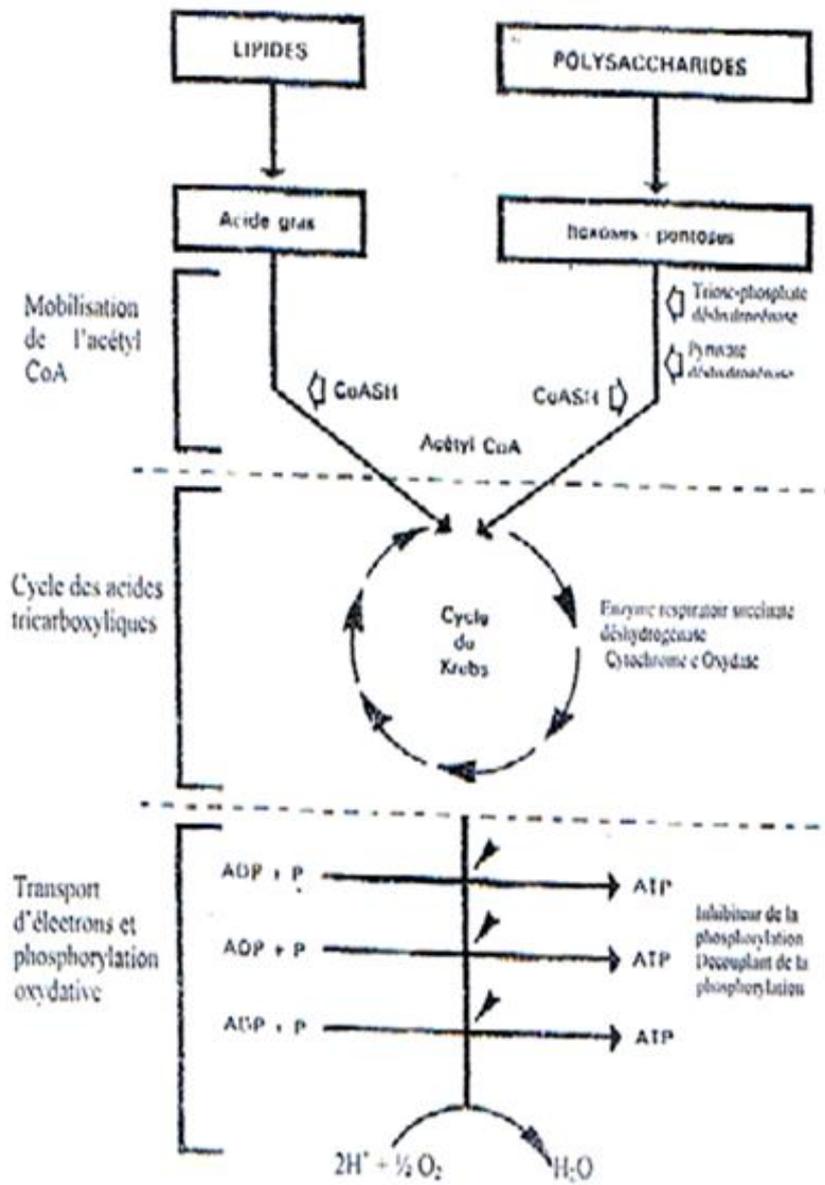


Fig 16 : Principaux sites d'inhibition de la production d'énergie par les fongicides multisites (SEMAL, 1989) In (Mechara, R., Acila, S., 1999)

3-4-2-2- Composés agissant au niveau de la relation parasitaire :

Dans certains cas, la protection phytosanitaire peut être obtenue, par le traitement des plantes avec des produits dépourvus de toxicité, mais interférant avec l'établissement ou le développement d'une relation parasitaire compatible, en induisant la résistance de l'hôte ou en activant des composés du parasite indispensables au déroulement normal de la pathogénèse (SEMAL, 1989) in (MECHARA et ACILA, 1999). :

a- Composés agissant sur la sensibilité de l'hôte:

L'infection préalable de plantes par des champignons, bactéries ou virus, peut induire chez celles-ci une résistance vis-à-vis d'inoculations ultérieures par des agents pathogènes apparentés (prémunition) ; De même le traitement avec certains constituants extraits de parois d'agents pathogènes peut aboutir à un résultat analogue. Plusieurs substances organiques de synthèse ont fourni des résultats intéressants dans ces domaines ; parmi ces composés on peut citer : le phosethyl d'aluminium et le triphenylphosphite.

b-Composés agissant sur des molécules émises par le parasite:

Le même auteur, révèle que l'inhibition de la biosynthèse des toxines ou de l'activité de certains enzymes émises par un agent pathogène constitue également, une autre approche du contrôle des maladies. Ainsi le traitement des plantes par les organophosphorés inhibe l'activité de certains enzymes (cutinases) et empêche la pénétration du parasite dans la plante traitée.

3-4-3-Modalités de traitements chimiques**3-4-3-1-Traitement de semence:**

Depuis que l'agriculture existe, les semences constituent le point de départ presque de toutes les productions végétales. L'existence même de la récolte dépend directement de la survie du semis ; la protection de la semence qui est de ce fait une étape fondamentale dans l'itinéraire cultural, est un facteur primordial de la réussite des semis ; elle apporte une sécurité pour la semence, qui peut ainsi optimiser sa fonction de transmission d'un potentiel génétique élevé (DUBOIS et al, 1985) In (MECHARA et ACILA, 1999).

Dans la littérature, on parle de traitement de semence contre la carie du blé, dès 1637, l'expérimentation de sel et de chaux est signalée en 1750, celle de l'arsenic et des premiers composés mercuriques (chlorure mercurique) en 1755 et celle du sulfate de cuivre en 1761. Les traitements se faisaient au début du 20^{ème} siècle, on parle encore du chlorure mercurique et du sulfate de cuivre mais leur emploi ne s'est pas développé à cause :

- Soit de leur difficulté et danger de manipulation.
- Soit de leur effet néfaste sur la germination.

La mise au point pendant la première guerre mondiale de composés organomercuriques moins dangereux a contribué au développement de ces composés qui ont permis de contrôler, la plupart des maladies transmises par les semences voire même d'éradiquer quasi-complètement certaines d'entre elles (charbon couvert) qui autre fois causaient d'importantes pertes à la fois quantitatives et qualitatives, cependant la toxicité du mercure a conduit les utilisateurs (agriculteurs mais surtout stations de traitement) à réclamer des produits moins toxiques (DUBOIS et al, 1985) in (MECHARA et ACILA, 1999).

Le manèbe apparut dans les années 50, le thiabendazole et l'oxyquinolate de cuivre dans les années 60, et le triacétate de guazatine dans les années 70, ont progressivement remplacé en Europe les composés organomercuriques. Dans les années 70 sont apparus des produits plus spécifiques tels que : la carboxine (anti-charbon), l'éthirimol (anti-oïdium) et l'imazalil (contre l'helminthosporiose) ; produits non utilisables seuls mais associés à des matières actives de base, à plus large spectre. Dans les années 80, s'est développé l'usage en traitements de semence des matières actives appartenant au groupe des I.B.E (inhibiteurs de la biosynthèse de l'ergostérol) : Fluriafol, triadimérol, bitertanol et diniconazol, ainsi que quelques autres matières actives déjà développées pour les traitements en végétation : iprodione et prochlorose, vers la fin des années 80, se sont développées des races de champignons résistants à certains fongicides (charbon nu de l'orge, résistant à la carboxine et tous produits de la même famille, *Fusarium nivale*, résistants aux benzimidazoles et *Helminthosporium gramineum*, résistant au mercure) ce qui conduit au renouvellement accéléré des gammes de produits de traitement de semences, principalement sur orge et blé dur (ANONYME, 1993).

3-4-3-2-Traitement foliaire:

L'utilisation des fongicides foliaires à large spectre est un maillon déterminant de la chaîne des facteurs de production qui génèrent le rendement final. Grâce à leur emploi judicieux et à leur performance, ils permettent de créer une valeur ajoutée, améliorant la rentabilité économique, face au complexe de maladies pouvant se développer lors de chaque campagne agricole, l'emploi de fongicides polyvalents est une nécessité. Dès la montaison, l'ensemble des maladies est présent en incubation ou déjà visible, un produit à large spectre d'activité est déterminant pour la réussite de la lutte (LAFFONT et al, 1985).

3-4-4-Phénomène de résistance des agents pathogène aux fongicides :

La résistance aux fongicides c'est une réduction stable de la sensibilité d'un champignon à un fongicide donné. Cette réduction de la sensibilité résulte, la plupart du temps, d'une sélection de souches résistantes présentes naturellement à l'intérieur de la population d'un champignon, beaucoup plus rare (une fois sur 100 millions), la résistance

peut être le résultat d'une mutation génétique chez une souche du champignon. (BACON, 2002).

SEMAL (1989) in (MECHARA et ACILA, 1999), signale qu'une modification génétique affectant un seul processus biochimique, essentiel à l'expression de l'effet toxique chez le parasite est susceptible de donner naissance à une souche résistante qui peut avoir :

- Une « résistance croisée positive » : Si cette même souche de champignon résiste simultanément à deux fongicides, et les mêmes gènes sont impliqués dans ce phénomène.
- Une « résistance double » : si des gènes différents sont concernés.
- Une « résistance croisée négative » : si un même gène entraîne simultanément la résistance à un composé donné et la sensibilité à un autre.

Parmi les facteurs favorisant un développement rapide de la résistance, certains sont liés au parasite et aux conditions de son développement alors que d'autres dépendent du fongicide et des modalités de son utilisation ; Ainsi la résistance apparaît plus rapidement chez un parasite ayant plusieurs cycles annuels et susceptible de produire un grand nombre de spores facilement disséminable que chez celui n'ayant qu'un cycle par saison. Par ailleurs, des conditions climatiques ou culturales favorables aux maladies fongiques (fumures déséquilibrées, choix de variétés végétales très productives mais sensibles, rotation simplifiée), favorisent le développement de la résistance, de même des différences notables existent entre les fongicides : avec les fongicides unisites, les possibilités d'adaptation des champignons sont plus probables que dans le cas d'application des multisites ; et la résistance vis-à-vis de matières actives toxiques apparaîtra d'autant plus rapidement que celles-ci seront utilisées de manière intensive, dans le temps (répétition des traitements) et dans l'espace (application sur des surfaces très étendues) (SEMAL, 1989 et LEROUX, 1993).

SEMAL (1989) in (MECHARA et ACILA, 1999) signale également que les substances antiparasitaires systémiques (ou les métabolites actifs résultant de leur bioconversion), agissent généralement en exerçant un effet lié à la présence de récepteurs spécifiques présents dans les cellules fongiques ou bactériennes concernées ; le développement des souches résistantes résulte souvent de la sélection de mutants présentant des sites récepteurs modifiés, qui ne fixent plus le toxique ou chez lesquels la pénétration, le transport ou la bioconversion de la matière active ne s'effectue plus. Dans d'autres cas, les facteurs de résistance sont liés à la production d'enzymes qui inactivent le toxique (détoxification).

1- Matériel et méthodes

Le but de notre essai est d'étudier l'effet de l'utilisation d'un programme de deux traitements fongicides pour le contrôle des maladies fongiques sur une culture de blé dur d'une variété VITRON. Les produits faisant l'objet de cette étude appartiennent au groupe des fongicides systémiques qui sont (FALCON, OPUS, ARTEA et PROSARO).

1-1-Caractéristiques du site de l'expérimentation

1-1-1-Localisation

L'essai a été mené durant la campagne 2012-2013 au niveau de l'institut technique des grandes cultures (I.T.G.C) de Guelma (Fig.17) située à une altitude de 272 m (Longitude : 7° 26' N .Latitude : 36°27' E), et d'une surface de 38ha dont 34ha pour la multiplication de semence et 4 ha pour les essais d'expérimentations. Notre parcelle d'essai se situe au Sud-est de la station sur une superficie de 592.8 m².

La station s'intéresse essentiellement à la culture des céréales, aux légumes secs et aux cultures fourragères.

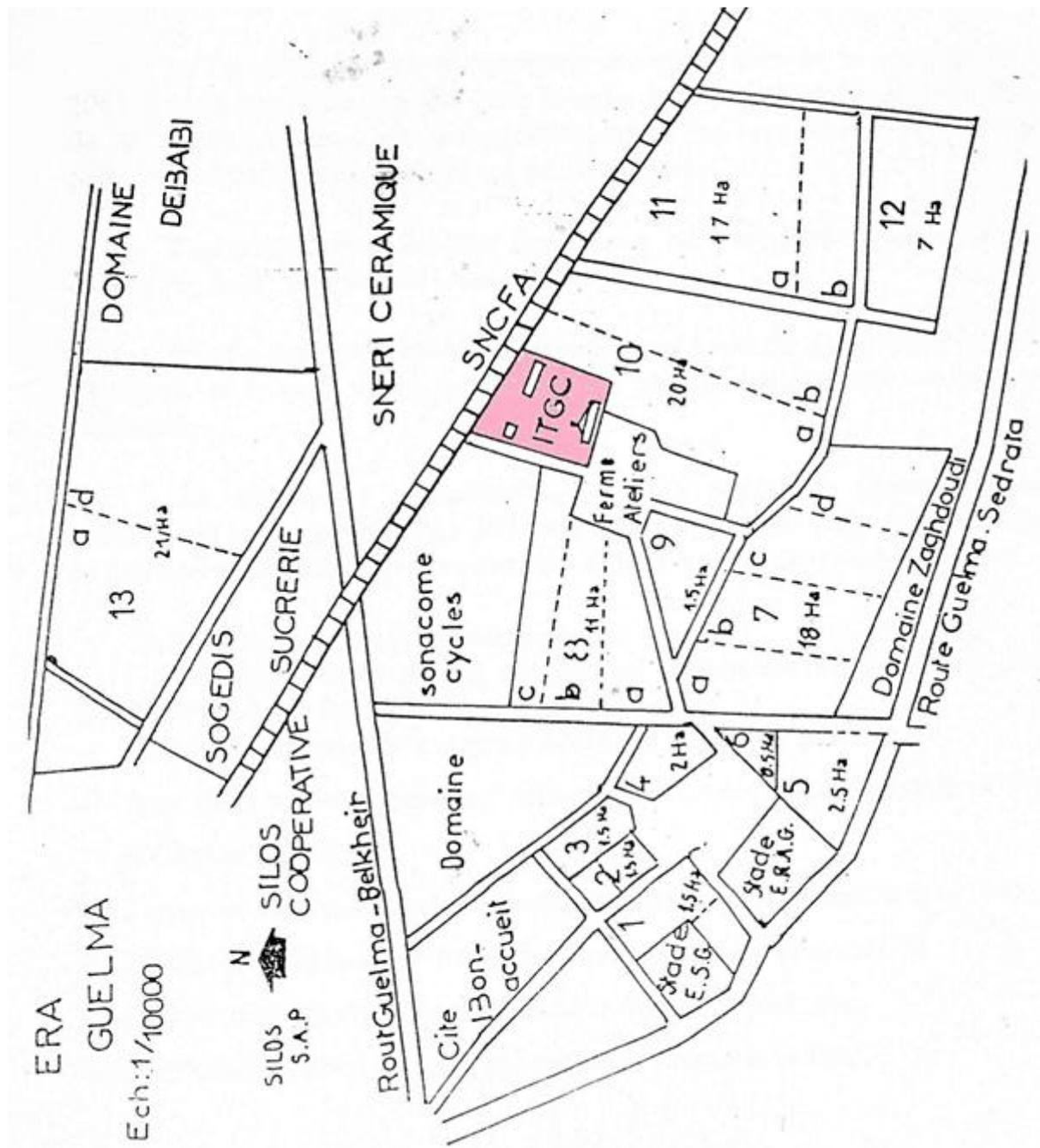


Figure 17 : Situation géographique de l'I.T.G.C de Guelma. (Site de l'essai).

1-1-2- Caractéristiques climatiques de la région :

La wilaya de Guelma est située dans l'étage bioclimatique sub-humide, caractérisé par deux longues saisons, un été sec et chaud et un hiver froid et pluvieux.

1-1-2-1-Température

Tableau N °04 :La température dans la région de Guelma durant la

Compagne 2012-2013 (D'après la station météorologique de Belkhir, Guelma)

Mois	Température (C°)		
	Minimum	Maximum	Moyenne
Janvier	4,65	16,13	9,77
Février	4,10	15,41	9,07
Mars	7,85	20,77	13,55
Avril	8,71	23,55	15,55

D'après le tableau 04, les températures moyennes d'hiver (9.77-9.07°C et du printemps (13.55, 15.55°C) sont saisonnières.

1-1-2-2-Pluviométrie

En Algérie la production céréalière est étroitement liée aux quantités de pluies et à leur répartition dans le temps. Dès la germination l'eau se comporte en un facteur limitant de la croissance, les besoins en eau durant le cycle de développement sont en fonction du stade végétatif et des conditions climatiques.

Ce paramètre est déterminé par la quantité de pluie mensuelle accumulé (Tableau N °05).

Tableau N° 05 :La pluviométrie et l'humidité dans la région de Guelma durant la compagne 2012-2013 d'après l'I.T.G.C

Mois	Précipitation (mm)	Humidité (H%)
Janvier	90,7	76,5
Février	107,9	74
Mars	65	71
Avril	42	72

D'après le tableau 05, on constate que la répartition pluviométrique est irrégulière, concentré pendant les saisons d'hiver (90.7-107.9mm) et faible au printemps (65-42mm).

1-1-3-Caractéristiques pédologiques

Le sol constitue le milieu de vie des plantes, en grande partie sa nourriture minérale, on ne peut pas avoir une culture saine avec un meilleur rendement sans éparer un sol de bonne qualité. Il est important de s'attarder à la propriété du sol, puisque c'est sa composition et ses caractéristiques qui détermineront la qualité de récoltes. Les caractéristiques du sol de la station sont résumées dans le tableau 06.

Tableau N°06: caractéristiques pédologiques du site d'essai d'après l'I.T.G.G

Texture du sol	Argilo-limoneuse
Taux de la matière organique	2,20 %.
Teneur en carbonates	3,78 %.
PH	7.1.
Conductivité électrique	37,8 $\mu\text{s}/\text{cm}$.
Taux des sels solubles	18.5 mg/l.

1-2-Installation et conduite de l'essai

1-2-1-Mise en place de l'essai (Dispositif expérimental):

Le dispositif expérimental est localisé sur un terrain appartenant à l'institut technique moyen d'agriculture (I. T. M.A) à proximité des terrains de la station de l'I.T.G.C. Le dispositif expérimental qu'on a adopté est de type « blocs aléatoires complets, La surface exploitée est d'environ 764.4 m², elle est divisée en 4 blocs (répétitions). Chaque bloc comprend sept micro-parcelles (une micro-parcelle témoin et six micro-parcelles traités par certaines combinaisons de quatre fongicides appliqués en deux traitements d'intervalle d'un mois.

Chaque micro-parcelle s'étend sur 12 m²(10 x 1.2 m), elle est divisée à son tour en 06 lignes, avec un espacement interligne de 20 cm

La distance qui sépare les micro-parcelles et les quatre blocs est de 1m. (Figure N° 18, 19).

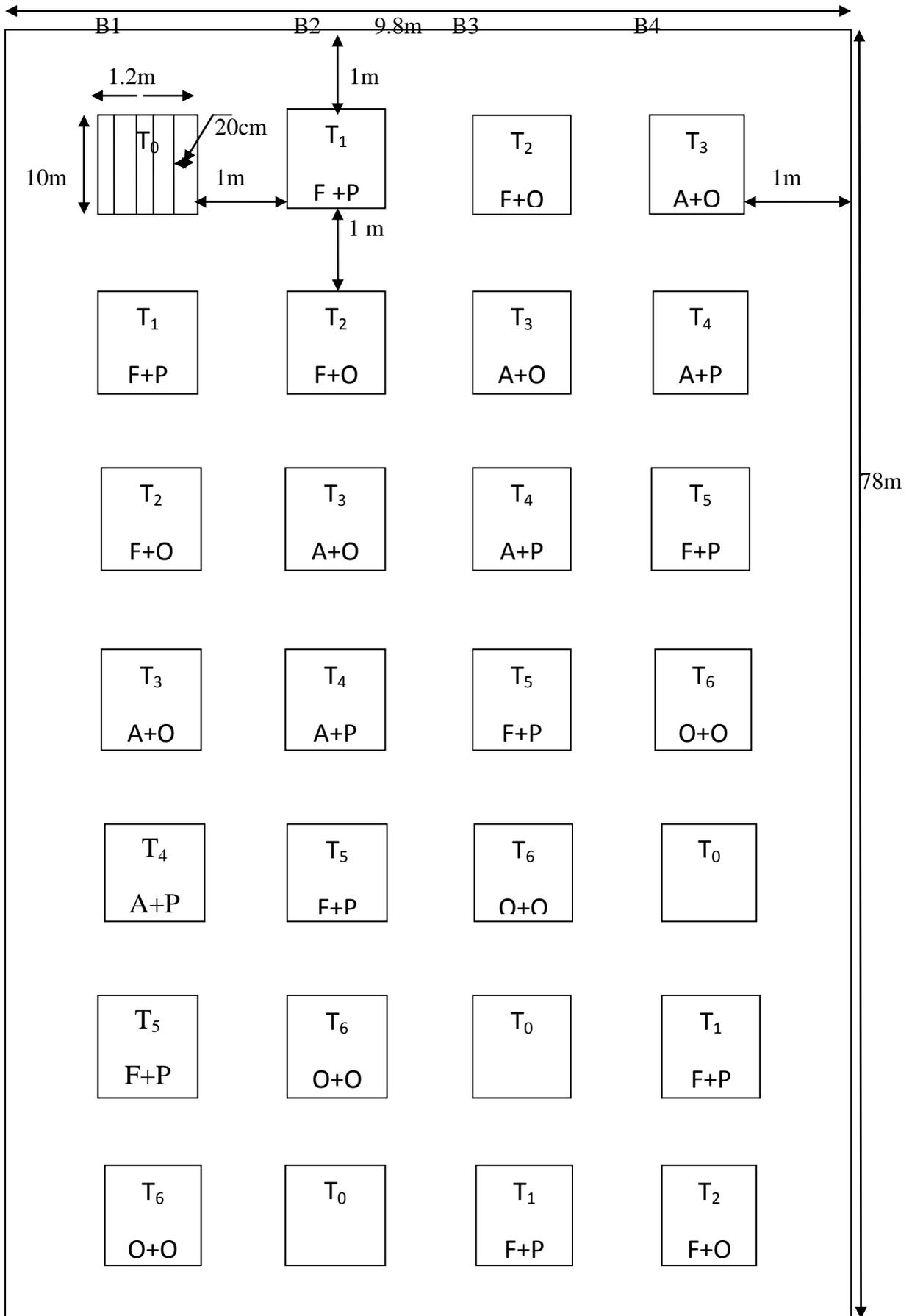


Figure N° 18 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai.

B₁, B₂, B₃, B₄ : Les blocs (les répétitions).

T₀ :Témoin (micro-parcelle non traité).

T₁: Micro-parcelle traitée avec FALCON à la dose de 0.8 l/ha et avec PROSARO à la dose de 0.8 l/ha au (F+P).

T₂ : Micro-parcelle traité avec FALCON à la dose de 0.8 l/ha et avec OPUS à la dose de 1 l/ha (F+O).

T₃ : Micro-parcelle traitée avec ARTEA à la dose de 0.5 l/ha et avec OPUS à la dose de 1l/ha (A+O).

T₄ : Micro-parcelle traitée avec ARTEA à la dose de 0.5 l/ha au et avec PROSARO à la dose de 0.8 l/ha (A+P).

T₅ :Micro-parcelle traité avec FALCON à la dose 0.8 l/ha et avec PROSARO à la dose de 0.8 l/ha (F+P).

T₆: Micro-parcelle traitée avec OPUS à la dose de 1 l/ha et avec OPUS à la dose de 1l/ha (O+O).

F: FALCON

A :ARTEA

O: OPUS

P: PROSARO

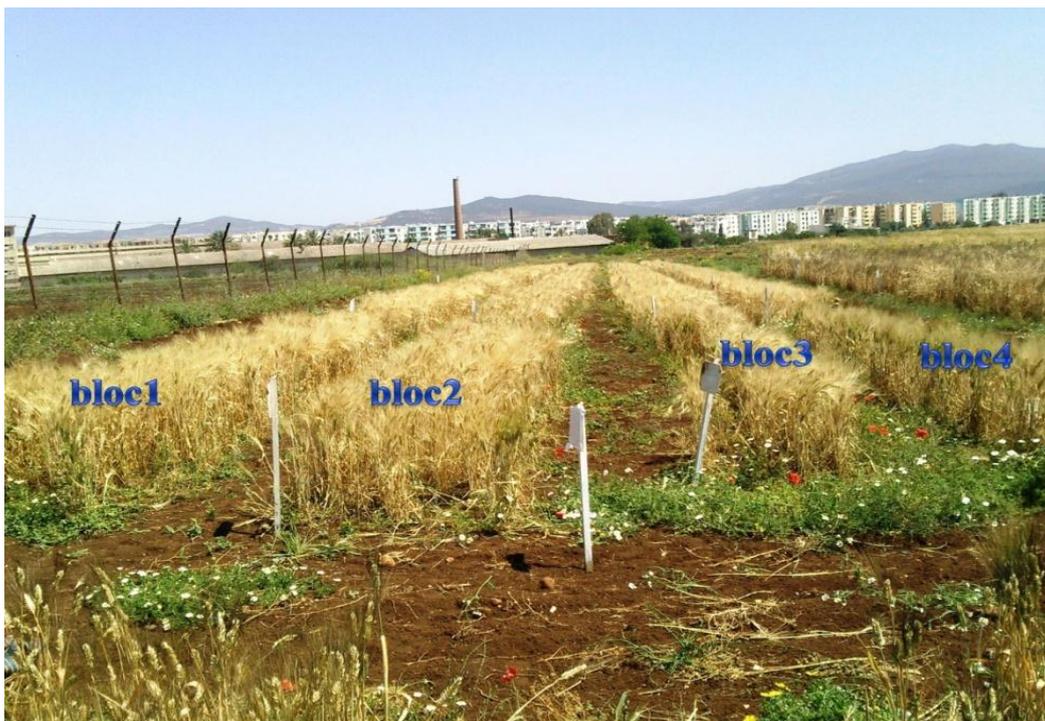


Fig. N° 19 : Photo du dispositif expérimental de l'essai (photo personnelle prise à la station).

2-2-Stades phénologique

Afin de déterminer les stades phénologique avec précision, des visites régulières hebdomadaires ont été effectués pendant toute la saison, le tableau (07)résume les dates de chaque stade phénologique.

Tableau N° 07 : Les dates des stades phénologique.

Stade phénologique	Date correspondant
Levée	31-12-2012
Tallage	18-01-2013
Montaison	01-03-2013
Gonflement	15-03-2013
Epiaison	03-04-2013
Floraison	15-04-2013
Maturité Physiologique	26-05-2013

1-2-3-préparation de la parcelle d'essai :

Le travail du sol est réalisé par une série de façons culturales réalisées à l'aide d'instruments aratoires et destinés à créer dans le sol un milieu favorable au développement des plantes cultivées. Elles peuvent être exécutées avant la mise en place d'une culture, ou pendant son développement.

En plus des opérations mentionnées sur le tableau 08, des désherbages manuels ont été effectués pendant les différents stades phénologiques de la culture. En outre un désherbage mécanique a été appliqué dans l'espace entre les micro-parcelles plusieurs fois à l'aide d'un motoculteur.

Tableau N°08 :Les opérations culturales effectuées

Labour Profond (charrue à socs)	Croisage « cultivateur »	Date de réalisation des opérations culturales effectuées				Traitement par les produits phytosanitaires Her. Herbicide Fon. fongicide		Incidences Climatiques sur l'installation de la culture
		Engrais de fond	Recroisage (cultivateur)	Préparation de lit de semence (herse)	Date de semis	Traitements	Dates	
Fin Septembre	1 ^{ère} semaine d'octobre	2Qx/ha (TSP) 46% Avant semis *1/3au semi *2/3au stade 3 noeuds	3 ^{ème} semaine de novembre	Avant le semis	16/12/2012	1 ^{er} trait F,A,O (Fon) 2 ^{ème} trait P,O(Fon) Traxox + Zoom (Herb)	3/4/2013 5/5/2013 18/2/2013	Néant

1-3-Matériels végétales et fongiques

1-3-1-Matériel végétal

Le matériel végétal est représenté par une seule variété de blé dur (VITRON) (Tableau N°09), la semence fournie par l'I.T.G.C de Guelma est traitée par DIVIDEND juste avant la semis. Ce produit est un fongicide appartient à la famille des triazoles, il inhibe la biosynthèse de l'ergostérol, ce fongicide n'a pas d'influence sur le contrôle des maladies qui se développe pendant les stades qui suivent la levée, l'effet de ce fongicide se termine après la germination des graines.

Tableau N°09 : Caractéristiques de la variété VITRON selon (BOUFENAR et al, 2006)

Origine	Espagne
Dénomination locale	Hoggar
Type de variété	Lignée pure
Caractéristiques morphologiques	Compacité de l'épi : compact Couleur de l'épi : blanc Hauteur de la plante à la maturité :90-100 cm
Caractéristiques qualitatives	Poids de mille grains(PMG) : élevé Mitadinage : résistante Moucheture : résistante
Caractéristiques culturales	Cycle végétatif : semi-précoce Tallage : moyen Résistance : Au froid : résistante A la verse : tolérante A la sécheresse : sensible
Productivité	Rendement en grain optimale : 60 qx/ha

1-3-2-Les Produits fongicides

Notre étude a porté sur quatre fongicides homologués par le ministère d'agriculture, les fongicides : FALCON, OPUS, ARTEA ont été déjà testés au niveau de la station par contre le produit PROSARO est nouvellement introduit cette année à la station, ces quatre fongicides sont destinés pour les traitements des cultures du blé dur contre les maladies fongiques, ils sont commercialisés par plusieurs sociétés.

1-3-2-1-Caractéristiques des produits fongicides

1-3-2-1-1-FALCON

Ce produit est fourni par la société Bayer Crop Science, vendu dans des emballages de cinq litres du produit en suspension.

Les caractéristiques de ce produit selon (ANONYME b ,2012) sont comme suit :

-Formulation: La formulation est un concentré émulsionnable (EC)

-Caractéristique de la matière active:

- Famille Chimique : Ce fongicide appartient à la famille des Spirocétalamines + Triazoles

-Composition: Il est composé de: 167 g/l de Tebuconazole, 43g/l de Triadéminol et 250g/l de Spiroxamine

-Mode d'action :

Chaque composant de ce fongicide possède une action précise.

Tebuconazole: possède une action préventive et curative assurant une efficacité fiable avant et après l'infection par le pathogène, il agit sur les stérols du champignon et provoque l'inhibition d'enzymes impliqués dans leur synthèse, entraînant ainsi une perturbation du fonctionnement et de la formation des membranes en détruisant les parois des cellules des stéroisanes cellulaires des champignons.

Triadiméno: Agit de manière systémiques, il permet une efficacité sure avant et après l'infection par le champignon, il agit par l'inhibition de la biosynthèse de l'ergostérol.

Spiroxamine: Agit de manière systémique par l'inhibition des stérols en détruisant les parois des cellules et des membranes du champignon.

-Caractéristiques de la formulation :

- **Spectre d'activité**

Falcon est doté d'un très large spectre d'activité, c'est un fongicide multisite, il agit de manière préventive et curative ;

Action préventive: Appliqué au moment de la contamination (incubation) avant l'infection, FALCON inhibe la formation des tubes germinatifs des spores du champignon pathogène et arrête ainsi son développement à l'intérieur des cellules de la plante.

Action curative: FALCON, grâce à la spiroxamine, arrête efficacement toutes les structures de développement du champignon déjà installé dans la plante.

Utilisation et dose d'emploi

La dose utilisée est de l'ordre 0.8 l/ha, le volume de ce produit pour une surface de 12 m² est de l'ordre de 0.96 ml, pour traiter toutes les micro-parcelles avec FALCON selon le plan d'essai, on a pris 11.5 ml (0.8*4*3) de ce produit mélangé avec 3.5l d'eau dans un pulvérisateur à dos.

Persistance d'action :

FALCON a une longue rémanence de 6 à 8 semaines.

1-3-2-1-2-OPUS

Les caractéristiques de ce produit selon (ANONYME, 2011) sont comme suit :

-Formulation : La formulation est sous forme de suspension concentrée (SC) fournie par la société BASF.

- **Propriétés physico-chimiques :**

Densité : La densité de ce produit est égale à 1,04

Inflammabilité : Ce produit est non inflammable

- **Caractéristiques de la matière active :**

L'époxiconazole est une matière active découverte par les laboratoires du Centre agronomique de BASF Limburgerhof. L'époxico-nazole appartient au groupe chimique des triazoles.

-Nom chimique : Le nom chimique de ce fongicide est : (2RS, 3SR-1-[3-(2chlorophényl)-2-(4-fluorophényl)=propyl]-1H-1,2,4-triazole .

-Formule brute : Sa formule brute est : C₁₇H₁₃C₁N₃O

-Composition : Opus est composé de 125 g/l d'époxiconazole

-Mode d'action : L'époxiconazole est un fongicide systémique à action :

Préventive : il inhibe la croissance des tubes germinatifs du champignon qui ne peut plus pénétrer dans la feuille.

Curative : il conduit à « l'encapsulation » des haustoria par la plante elle-même. Les haustoria perdent leur fonction de nutrition du champignon. Ce dernier meurt à la surface de la feuille. Les nouvelles spores ne se forment plus. L'attaque est stoppée. L'époxiconazole inhibe la biosynthèse d'ergostérol, un des constituants de la membrane cellulaire.

La perméabilité sélective des membranes est perturbée. Grâce à la très grande affinité de l'époxiconazole pour l'enzyme C14 dé-méthylase, la biosynthèse de l'ergostérol est bloquée rapidement et fortement.

Usages et doses autorisées : La dose utilisée au premier traitement est de 1 l/ha soit 1.2ml dans 12m², pour 4 répétitions traités par ce produit, on a utilisé une dose de 4.8ml (1*2*4) mélangé à 3.5l d'eau dans un pulvérisateur à dos

1-3-2-1-3-ARTEA

Les caractéristiques de ce produit selon (ANONYME a, 2012) sont comme suit :

-Formulation : La formulation sous forme de Concentré Emulsionnable (EC) fournie par Syngenta.

-Description : Artea est un fongicide systémique polyvalente de la famille chimique des **triazoles** utilisé pour la lutte contre les principales maladies cryptogamiques des céréales.

-Composition : Artea contient 80 g/l de Cyproconazole et 250 g/l de Propiconazole. -

Caractéristiques techniques : Artea agit de manière systémique, préventive, curative et éradiquant et assure une protection durable. Il pénètre rapidement dans les tissus verts des végétaux, sa longue durée d'action assure aux céréaliculteurs une protection de quatre semaines.

Ce produit est efficace contre les principales maladies cryptogamiques des céréales et protège les cultures même en temps pluvieux, son application est flexible durant tous les stades de croissance des céréales et assure une protection des parties non traitées de la plante ainsi qu'une meilleure qualité et productivité.

-Compatibilité

Artea est compatible avec la plupart des insecticides communément utilisés. Néanmoins il est recommandé de faire un test de compatibilité physique au préalable.

Dose d'emploi : la dose utilisée est de l'ordre 0.5l/ha soit 0.6ml dans 12 m², pour toutes les micro-parcelles traitées par ce produit, on a utilisé 4.8ml (0.5*8) mélangé à 1.75 l d'eau dans un pulvérisateur dos.

1-3-2-1-4- PROSARO

Les caractéristiques de ce produit selon (ANONYME c ,2012) sont comme suit :

- Formulation : La formulation est en concentré émulsionnable fournie par la société Bayer Crop Science.

- **Caractéristiques de la matière active :**

-Substance active :La substance active dans ce produit est : prothioconazole

-Composition : Ce produit contient :prothioconazole 125 g/l, soit 12.7% (m/m)
tébuconazole 125 g/l, soit 12.7% (m/m)

Famille chimique : PROSARO appartient à la famille des triazoles

-Stabilité chimique:Ce produit est stable dans les conditions recommandées de stockage.

-Mode d'action : Ce produit est Systémique avec un mode d'action particulier pour un triazole (deux sites d'action distincts sur la biosynthèse des stérols).

Il se caractérise par sa haute performance d'efficacité, sa polyvalence et sa persistance sur de nombreuses maladies des céréales, des crucifères oléagineuses, des pois protéagineux et des féveroles.

Dose d'emploi : La dose utilisée est de l'ordre 0.8l/ha soit 0.96ml dans 12m², la dose utilisée pour traiter les micro-parcelles par ce produit est de l'ordre de 11.5ml mélangé à 3.5ld'eau dans un pulvérisateur dos.

- **Méthode de pulvérisation au cours du traitement**

On a utilisé un pulvérisateur à dos de 16 litre à pompe manuelle, le premier traitement a eu lieu pendant le stade début d'épiaison (3 avril 2013), le deuxième traitement a été effectué le 05 mai qui a coïncidé le stade fin floraison .pour une efficacité de traitement fongicide , on choisit des conditions climatiques favorables (taux d'humidité inférieur à 50%, période de fortes chaleurs, vitesse du vent inférieure à 5 m/s), la prise en compte du stade de la plante et de la couverture souhaitée ainsi qu'une réflexion sur la stratégie d'application sont indispensables .

La pulvérisation consiste à fractionner un volume de bouillie (eau + produit phytopharmaceutique) en gouttelettes. Ces gouttelettes doivent atteindre la cible en nombre adapté au mode d'action du produit et y être réparties de façon homogène sur les plantes en limitant les pertes et la pollution.

* Une pulvérisation optimale est le résultat croisé de :

-un pulvérisateur adapté, entretenu et réglé.

-une buse en bon état, adaptée à l'objectif.

-une dose de produit efficace.

-une prise en compte des conditions climatiques, tant pour la plante que pour la gouttelette.

Pour un même volume de pulvérisation, plus les gouttes sont fines, plus elles sont nombreuses, plus la surface couverte est importante et plus la rétention est élevée.

1-4-Paramètres étudiés

1-4-1-Paramètres de production :

1-4-1-1-Nombre de plants par mètre carré :

Ce paramètre a été déterminé au stade levé (stade 2 à 3 feuilles), pour chaque micro parcelle, le nombre de plants a été estimé à l'aide d'un quadrant d'un « mètre-carré ».

1-4-1-2-Nombre de talles par mètre carré :

Le nombre de talles par plante pour les différents traitements (micro-parcelles) a été déterminé au « stade tallage » dans un échantillon d'un mètre carré pour chaque micro-parcelle.

1-4-1-3-Nombre d'épis par mètre carré :

Au stade épiaison, le nombre des épis par plante a été compté pour les différents traitements ; en comptant les épis par m² dans un échantillon d'un mètre carré.

1-4-1-4-Hauteur des plantes :

En vue d'estimer le degré d'altération enregistrées chez les plantes malades, la mesure de la hauteur des plantes a eu lieu au stade épiaison, ce paramètre a été mesurée à l'aide d'une règle graduée, de la base de la plante jusqu'au barbes de l'épi d'un échantillon de cinq tiges prise au hasard pour toutes les parcelles.

1-4-1-5-Nombre de grains par épi :

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

1-4-1-6-Poids de mille grains (PMG):

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 après le battage, le comptage a été effectué à l'aide d'un compteur de grains, qui nous permet d'avoir un échantillon de 1000 grains conserver dans des petits lots pour chaque parcelle élémentaire, pour les pesés, on a utilisé une balance de précision (0.00)

1-4-1-6- Rendement par hectare (estimé) :

En raison de contraintes de temps on n'a pas pu attendre la maturité agronomique pour calculer le rendement, qui sera probablement pendant la fin du mois de juin, donc on a estimé le rendement par hectare, par le calcul en rapport avec le nombre d'épis par mètre carré, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains selon la formule suivante:

(Nombre d'épis par mètre carré X le nombre de grains par épi X le poids de mille grains (gr) = production en gramme par mètre carré) et rapporte le chiffre obtenu en quintaux par hectare.

1-4-2-Notation des maladies:

1-4-2-1-Les principales maladies observées dans la parcelle d'essai

Des prospections sur terrain ont été entreprises pour le recensement des différentes maladies rencontrées au niveau de la parcelle d'essai.

Des visites ont été réalisées au niveau de chaque micro-parcelle pour le recensement des maladies, on a enregistré les observations une seule fois juste avant le premier traitement fongicide et la deuxième et la troisième observation après le 1^{er} et le 2^{ème} traitement consécutive, par l'observation des plantes à l'œil nu et à l'aide d'une loupe en cas de nécessité, pour l'identification des maladies on a utilisé des guides mais également on fait recours aux ingénieurs de la station.

1-4-2-2-Estimation des maladies au champ

Pour estimer l'incidence et la sévérité des maladies on a utilisé la méthode décrite selon (ANONYME 02, 2011) :

- **L'incidence**

Elle est représentée par le pourcentage d'attaque ou d'infestation.

L'incidence d'une maladie dans une parcelle est déterminée par la mise d'un cadran d'un mètre carré au hasard dans chaque micro-parcelle de l'essai.

Dans chaque micro-parcelle, le nombre des plantes infectées est compté par rapport au nombre total puis une moyenne est calculée en utilisant les résultats obtenus pour toutes les micro-parcelles

$$\text{Incidence d'attaque (\%)} = \frac{\text{Nombre de plantes malades}}{\text{Nombre total de plantes}} \times 100$$

- **La sévérité**

Elle est représentée par l'importance des symptômes sur les différentes parties de la plante où se développe le pathogène.

On a utilisé l'échelle conventionnelle de 1 à 9 propres à chaque maladie, selon (SAARI et PRESCOT, 1975).in (BEN MOHAMED *et al.* 2000).

La plante très peu ou non atteinte par la maladie est classé en **1** dans l'échelle, la plante totalement touchée jusqu'à l'épi est classé en **9** dans l'échelle.

On a noté la sévérité des maladies fongiques, juste avant et après l'application de chaque traitement ou au moment de celle-ci. L'intervalle entre les deux traitements est de quinze jours. (4 évaluations à intervalles de 2 semaines « 1^{ère} évaluation a eu lieu le 1/4/2013, la 2^{ème} évaluation le 17/4/2013, la 3^{ème} évaluation le 2/05/2013 et la 4^{ème} évaluation le 12/05/2013 »).

1-5-Traitement statistique :

Les calculs statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel « Minitab 16.1 » pour calculer l'analyse de la variance à un facteur de classification, pour la comparaison multiple des moyenne en utilisant le test de FISHER.

2-Résultats et discussions

2-1-Résultats

2-1-1-Paramètres de production

2-1-1-1-Nombre de plants par mètre carré

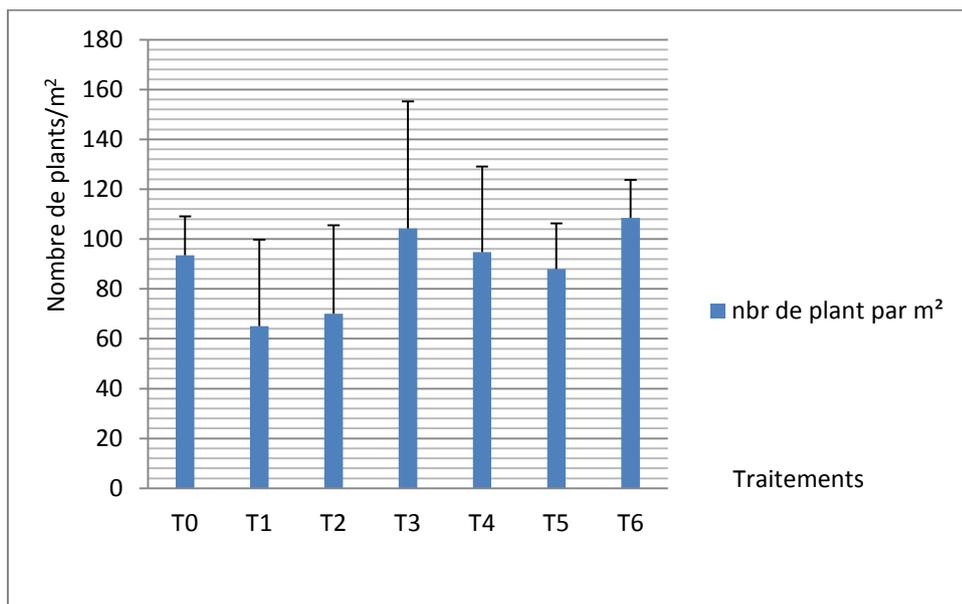


Fig. 20 :Nombre de plants par m² pour les différents traitements

L'analyse statistique des résultats a montré des différences non significatives entre le témoin et les différents traitements. (Annexe 01), et le nombre de plants par m² comme le montre la figure 20 est de l'ordre de 65 à 108 dans toutes les micro-parcelles de l'essai.

2-1-1-2-Nombre de talles par mètre carré:

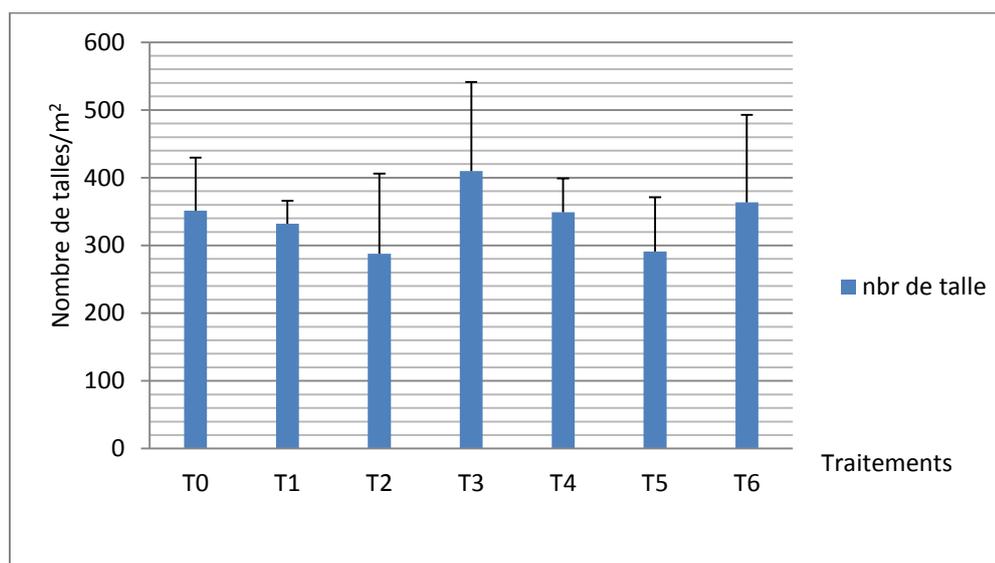


Fig. 21 : Nombre de talles par plante pour les différents traitements

L'analyse de la variance des résultats a montré des différences non significatives entre les traitements. (Annexe 02) .la figure 21 montre que le nombre de talles par m² varie de 287.75 à 363.5 dans toutes les micro-parcelles de l'essai.

2-1-1-3- Nombre d'épis par mètre carré

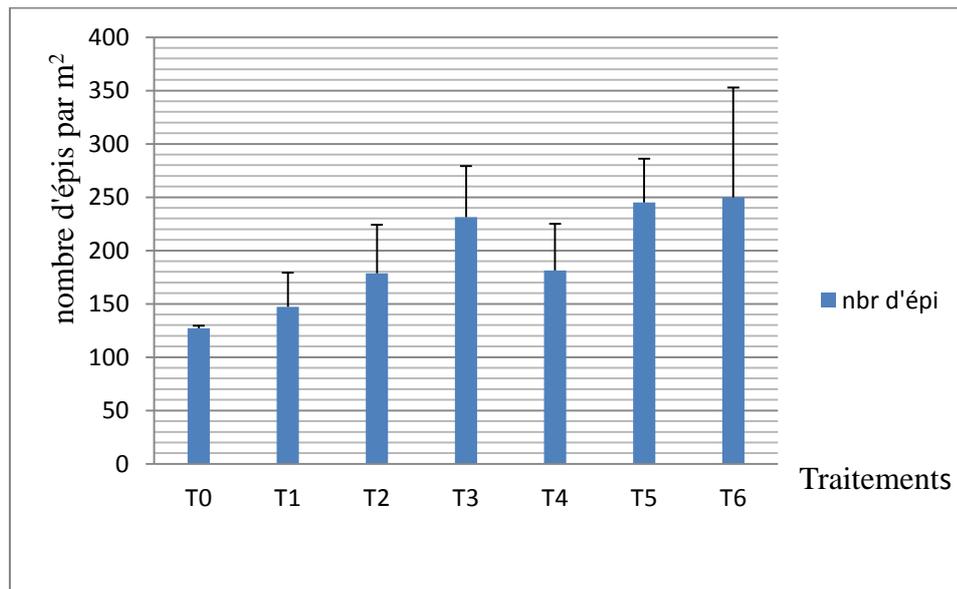
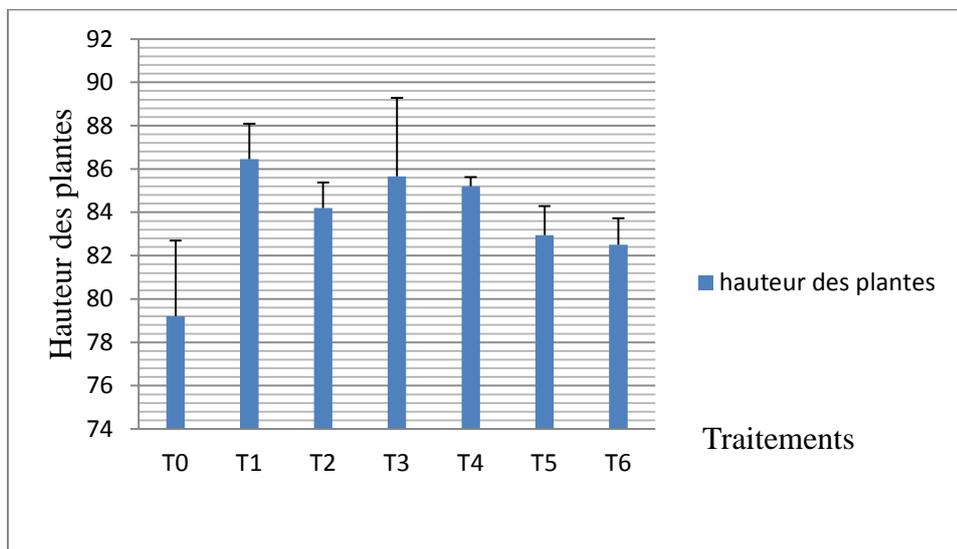


Fig. 22 : Nombre d'épis par plante pour les différents traitements

L'analyse de la variance a affiché des différences significatives entre les traitements (Annexe 3), la comparaison multiple des moyennes a montré la présence de quatre groupes, les parcelles traitées avec T5 (FALCON+PROSARO) ont donnés les meilleurs résultats « 245 » suivies par celles traitées par T3 (ARTEA+OPUS) « 231.25 », T6 (OPUS+OPUS) « 221 » et un troisième groupe occupé par T4 (ARTEA+PROSARO) « 181.25 », T2 (FALCON+OPUS) « 178.5 », Par contre les résultats des micro-parcelles T1 (FALCON+PROSARO) « 147.25 » ont donnés des résultats voisines à celle du témoin T0 « 127 » .

2-1-1-4-Hauteur des plantes :

**Fig. 23 : Hauteur des plantes pour les différents traitements**

Des différences significatives ont été notées entre les traitements (Annexe04). La comparaison multiple des moyennes a montré la présence de quatre groupes ; trois groupes de résultats satisfaisantes par rapport à un quatrième groupe qui comporte le témoin, les parcelles traitées avec T1 (FALCON+PROSARO) ont donné les meilleurs résultats « 86.46 cm » suivie par celles traitées par T3 (ARTEA+OPUS) « 85.65 cm », T4 (ARTEA+PROSARO) « 85.20 cm », T2 (FALCON+OPUS) « 84.20 cm » et un troisième groupe occupé par T5 (FALCON+PROSARO) « 82.95 cm » et T6 (OPUS+OPUS) « 82.50 cm »

2-1-1-5-Nombre de grains par épi

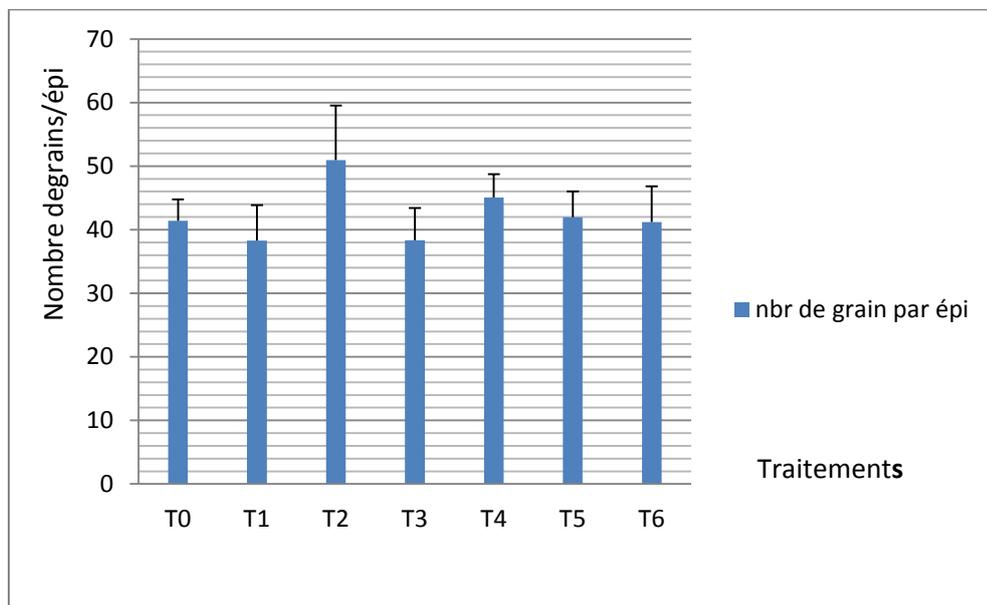
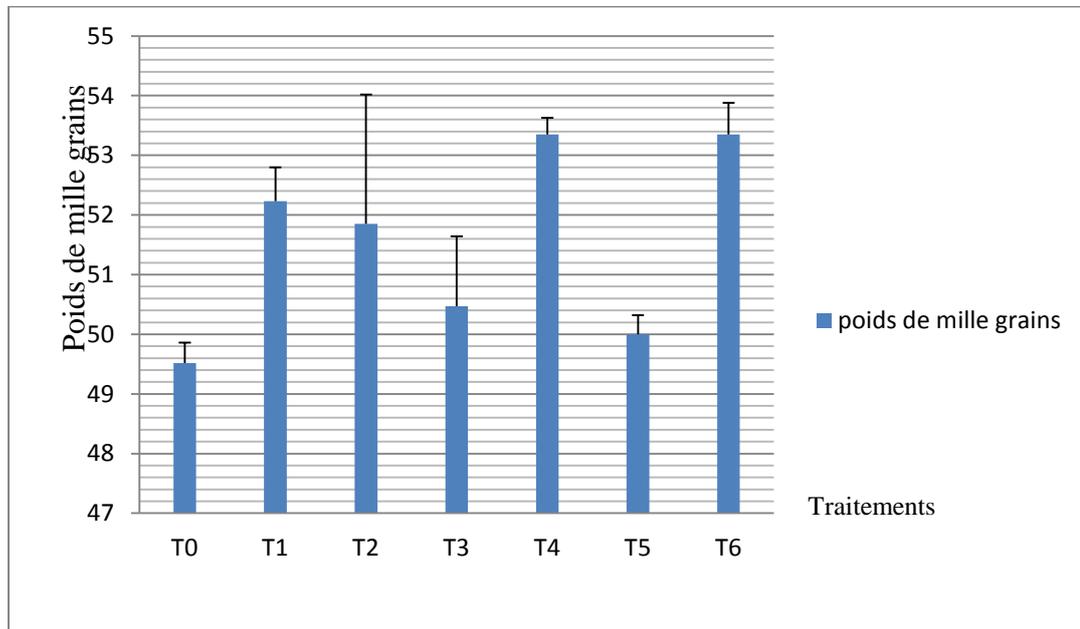


Fig. 24 : Nombre de grains par épi pour les différents traitements

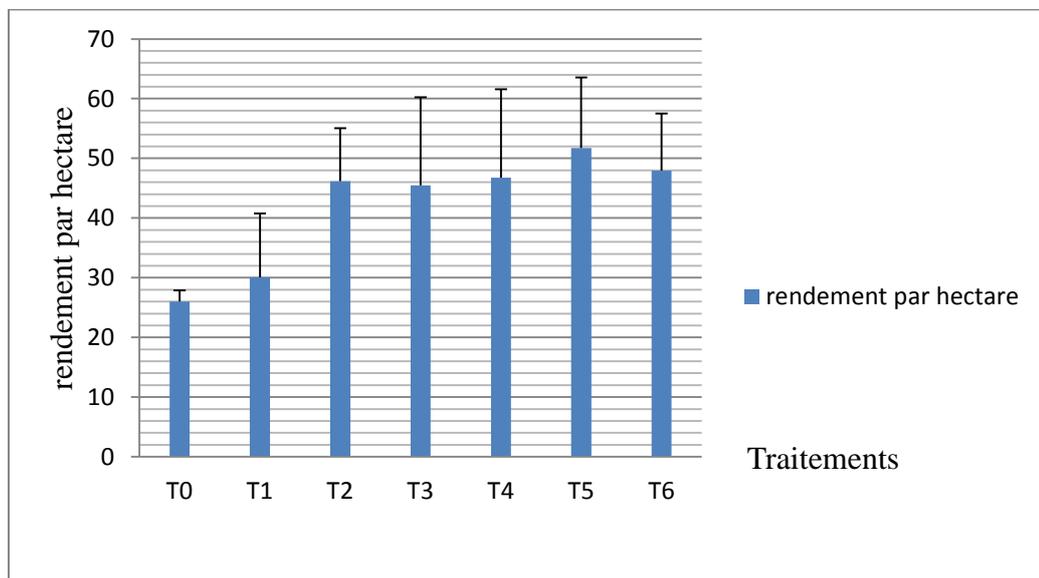
Des différences significatives ont été notées pour les différents traitements (Annexe 05). La comparaison multiple des moyennes a montrée la présence de trois groupes. Les résultats du 3ème groupes sont non satisfaisants, ce groupe est occupé par T5(FALCON+PROSARO) « 41.95 », T0(témoin) « 41.4 », T6(OPUS+OPUS) « 41.2 » T3(ARTEA+OPUS), « 38.35 », T1(FALCON+PROSARO) « 38.3 » par contre des meilleurs résultats ont été obtenus par T2(FALCON+OPUS) « 50.95 » suivie par T4(ARTEA+PROSARO) « 45.05 »

2-1-1-6-Poids de milles grains (PMG) :**Fig. 25 : poids de mille grains pour les différents traitements**

L'analyse de la variance montre une différence significative entre les différents traitements. (Annexe 06).

Des résultats non satisfaisants ont été obtenus avec T5 (FALCON+PROSARO) « 50 » qui est voisine à celles du témoin T0 « 49.52 ».

Tous les autres traitements ont donnés des résultats satisfaisantes, les meilleurs résultats ont été obtenues par T6(OPUS+OPUS), T4(ARTEA+PROSARO) « 53.35 » et des résultats obtenues par T1(FALCON+PROSARO) « 52.52 », T2(FALCON+OPUS) « 51.85 », T3(ARTEA+OPUS) « 50.47 » sont classés par ordre successive après les résultats de T6(OPUS+OPUS) « 53.35 » et T4(ARTEA+PROSARO) « 53.35 ».

2-1-1-7-Rendement par hectare :**Fig. 26 : Rendements par hectare pour les différents traitements**

L'analyse de la variance a montré des différences significatives entre les traitements (Annexe 07). Les résultats obtenus sont satisfaisants par rapport au témoin T0.

Les meilleurs résultats ont été obtenus par T5 (FALCON+PROSARO) « 51.73 », T6 (OPUS+OPUS) « 47.96 » et T4 (ARTEA+PROSARO) « 46.75 », suivis par celles de T2 (FALCON+OPUS) « 46.18 », T3 (ARTEA+OPUS) « 45.48 » et celles de T1 (FALCON+PROSARO) « 30.06 ».

2-1-2- Notation des maladies :

2-1-2-1-les principales maladies observées dans la parcelle d'essai

Les maladies fongiques du blé dur qu'on a trouvé dans notre parcelle d'essai sont : la rouille brune, l'oïdium, la septoriose et la tache auréolée.

Dans ce qui suit, nous présentons les caractéristiques de chaque maladie observée au niveau de notre parcelle d'essai.

A-l'oïdium

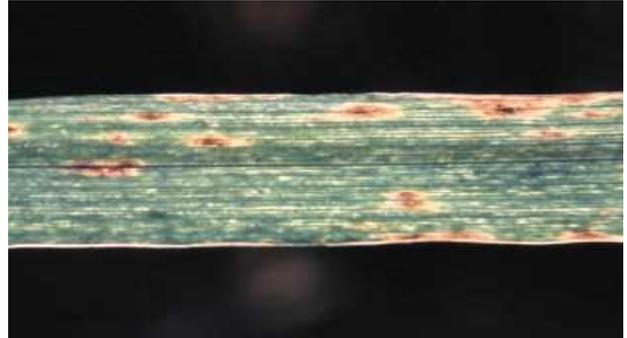
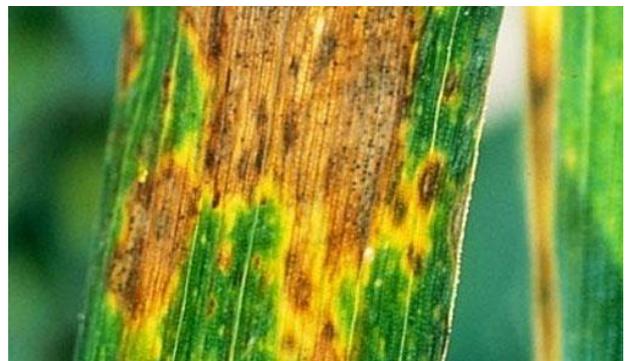


B- La rouille brune



C- Le piétin échaudage



E- La tache auréolée**D- La septoriose****2-1-2-2-Estimation des maladies au champ**

La rouille brune, l'oïdium, la septoriose, la tache auréolée et le piétin échaudage sont les maladies fongiques du blé dur qu'on a trouvé dans notre parcelle d'essai au cours de notre prospection, ces maladies ont été noté avec une graduation de gravité, pour la rouille brune, l'oïdium et le piétin échaudage ont été rencontré qu'à l'état de traces, (la rouille brune a été observée dans la parcelle T6 (OPUS+OPUS) au bloc 01, l'Oïdium dans la micro-parcelle T4 (ARTEA+PROSARO) au bloc 01, le piétin échaudage dans la parcelle T6 (OPUS+OPUS) au bloc 01, la micro-parcelle T4 (ARTEA+PROSARO) au bloc 02, la micro-parcelle T3 (ARTEA+OPUS) au bloc 02, la micro-parcelle T4(ARTEA+PROSARO) au bloc 03, et dans la micro-parcelle T1(FALCON+PROSARO) au bloc 02).

Cependant la tache auréolée et la septoriose ont été fortement fréquentes au niveau presque toutes les micro-parcelles. Pour évaluer l'efficacité des fongicides objets de notre étude on a opté pour déterminer la sévérité et l'incidence de ces deux maladies.

- **L'incidence** : Elle est représentée par le pourcentage d'attaque ou d'infestation.

✓ **La septoriose**

Avant le 1^{er} traitement

L'incidence d'attaque (%) = $(65/90) \times 100 = 72,22 \%$

Après le 1^{er} traitement

T0 L'incidence d'attaque (%) = $(73/90) \times 100 = 81,11\%$

T1, T2, T5 (traités par FALCON) = $(30/90) \times 100 = 33,33 \%$

T3, T4 (traités par ARTEA) = $(49/90) \times 100 = 54,55\%$

T6 (traité par OPUS) = $(55/90) \times 100 = 61,11\%$

Après le 2^{èmes} traitement

T0 = $(79/90) \times 100 = 87,77\%$

T1, T4, T5 (traités par PROSARO) = $(15/90) \times 100 = 16,66\%$

T2, T3, T6 (traités par OPUS) = $(20/90) \times 100 = 22,22\%$

✓ **La tache auréolée**

Avant le 1^{er} traitement

L'incidence d'attaque (%) = $(80/90) \times 100 = 88\%$

Après le 1^{er} traitement

T0 = $(85/90) \times 100 = 94\%$

T1, T2, T5 (traités par FALCON) = $(45/90) \times 100 = 33,33 \%$

T3, T4 (traités par ARTEA) = $(49/90) \times 100 = 54,55\%$

T6 traité par (OPUS) = $(55/90) \times 100 = 61,11\%$

Après le 2^{ème} traitement

T0 (témoin) = $(82/90) \times 100 = 91,11\%$

T1, T4, T5 (traités par PROSARO) = $(20/90) \times 100 = 22,22 \%$

T2, T3, T6 (traités par OPUS) = $(25/90) \times 100 = 27,77 \%$

- **La sévérité**

Elle est représentée par l'importance des symptômes sur les différentes parties de la plante ou se développe le pathogène.

- ✓ **La septoriose**

Avant le 1^{er} traitement : 6/9

Après le 1^{er} trait

T0 = $(80/90)*100=6/9$

T1, T2, T5 (traités par FALCON) = 3/9

T3, T4 (traités par ARTEA) = 4/9

T6 traité par (OPUS) = 5/9

Après le 2^{ème} traitement

T0 (témoin) = 6/9

T1, T4, T5 (traités par PROSARO) = 2/9

T2, T3, T6 (traités par OPUS) = 4/9

- ✓ **La tache auréolée**

Avant le 1^{er} traitement = 5/9

Après le 1^{er} traitement

T0 = $(85/90)*100=7/9$

T1, T2, T5 (traités par FALCON) = 4/9

T3, T4 (traités par ARTEA) = 5/9

T6 traité par (OPUS) = 6/9

Après le 2^{ème} traitement

T0 (témoin) = 6/9

T1, T4, T5 (traités par PROSARO) = 4/9

T2, T3, T6 (traités par OPUS) = 3/9

2-2-Discussions

2-2-1-Paramètre de production

L'analyse de la variance a montré des résultats non significatifs concernant le nombre de plants par m² et le nombre de talles par plant, ce qui signifie que ces deux paramètres ne sont pas sous l'influence des fongicides utilisés, du fait que les traitements fongicides ont été appliqués pendant le stade épiaison et le stade laiteux- pâteux, et les 2 paramètres ont été évalués trois semaines auparavant.

Les résultats selon la figure 26, ont montrés un rendement plus élevé chez les micro-parcelles traités T4(ARTEA+PROSARO), T5(FALCON+PROSARO), T6(OPUS+OPUS), pour le résultat du micro-parcelle traité avec T4 est influencé par le nombre d'épis par m², le poids de mille grains et le nombre de grains par épi, cependant le rendement des micro-parcelles traitées T5(FALCON+PROSARO) et T6(OPUS+OPUS) est en rapport avec le poids de mille grains et le nombre d'épis par m².

Le rendement des micro-parcelles traitées T2 (FALCON+OPUS),T3 (ARTEA+OPUS) est considérable, le rendement des parcelles traitées T2(FALCON+OPUS) est influencé par le poids de mille grains, et le nombre d'épis par m² et surtout par le nombre de grains par épi, tandis que le rendement des parcelles traitées T3(ARTEA+OPUS) est influencé par les trois paramètres qui contrôlent le rendement(poids de mille grains , le nombre de grains par épi et le nombre d'épis par m²).

2-2-2-Notation des maladies :

Les maladies fongiques du blé dur qu'on a trouvé dans notre parcelle d'essai sont : la rouille brune, l'oïdium, la septoriose et la tache auréolée avec un graduant de gravité entre les différents traitements, que soit pour l'incidence ou la sévérité, pour la rouille brune, l'oïdium et le piétin échaudage n'ont été rencontré que pour un nombre limité d'individu, tandis que la tache auréolée et la septoriose sont fortement fréquentes au niveau des micro-parcelles.

L'apparition de ces maladies est fortement liée au taux relativement élevé de l'humidité qui a régnée au cours de la saison, elle varie de 76,5% à 74% en l'hiver et de 71% à 72% au printemps, accompagné de température journalière relativement importante (16,13 à 15,41C° en hiver et 20,77 à 23,55 C° en printemps) ce qui explique le développement des maladies cryptogamiques au niveau de la parcelle d'essai, notant que les feuilles situées à la

base sont plus susceptibles d'être attaquées du fait que l'humidité soit importante à ce niveau. Pour la septoriose, la température optimale pour la germination se trouvant entre 20 et 25°C pendant 48h et une humidité voisine de 90%, (EZZAHIRI, 2001), l'humidité est indispensable pour tous les stades d'infection ; germination des spores, pénétration, et développement du mycélium, dans le cas des ascomycètes une forte humidité est nécessaire pour la libération des ascospores de leur ascocarpe.

Les parcelles traitées avec les fongicides ont données des résultats satisfaisants après les deux traitements fongicides par rapport au témoin concernant la sévérité et l'incidence.

Que ce soit la septoriose ou la tache auréolée les micro-parcelles traitées par les fongicides ont données des bons résultats après les 1^{er} traitements, et d'après les résultats obtenus on peut noter que les micro-parcelles traitées avec FALCON (T1, T2, T5) ont marqués les meilleurs résultats, suivie celles traitées par ARTEA (T3, T4), puis celle traitées par l'OPUS (T6). Donc le produit FALCON est efficace que l'ARTEA qui est lui-même efficace que l'OPUS dans le 1^{er} traitement.

Des meilleurs résultats pour l'incidence et la sévérité ont été obtenus après les 2^{ème} traitements concernant les micro-parcelles traitées par PROSARO (T1, T4, T5) suivi par celles traitées par l'OPUS (T2, T3, T6). Donc le produit PROSARO est efficace que l'OPUS dans le 2^{ème} traitement.

Les micro-parcelles traitées d'un rendement plus élevé qui sont T4 (ARTEA+PROSARO), T5 (FALCON+PROSARO), T6 (OPUS+OPUS), ont marqués une incidence et une sévérité faible après l'application des deux traitements, les micro-parcelles de rendement faible ont notés des incidences et des sévérités élevées. Si on prend comme exemple le traitement T5 qui comporte la combinaison de deux traitements FALCON et PROSARO, et comme on a noté que l'ARTEA est le meilleur produit au premier traitement et PROSARO est le meilleur produit au 2^{ème} traitement, ce qui explique que la combinaison des deux produits dans cette micro-parcelle a donnés un rendement élevé. la même explication pour T4 (ARTEA+PROSARO).

Conclusion

Conclusion

Des visites hebdomadaires parfois quotidiennes sur le site d'expérimentation, de I.T.G.C de Guelma, pendant sept mois d'investigation et de suivi des différents travaux culturaux, et de contrôle et d'observation des maladies cryptogamiques, nous ont permis de connaître les différentes maladies du blé sur le champ, les conditions favorables pour leur prolifération, mais surtout l'estimation de leurs sévérité, de leurs incidence, d'apprendre le processus de la conduite culturale des grandes cultures notamment celle du blé dur, et à tenir des recherches sur le terrain.

Dans le but de contrôler les maladies cryptogamique du blé dur on a essayé de tester plusieurs combinaisons de fongicides dans le but de trouver un meilleur programme qui sera recommandé, pour avoir un meilleur rendement, notre étude a porté sur une variété du blé dur de bons caractères technologiques VITRON, et qui présente une bonne adaptation au climat de notre région, pour maintenir ou augmenter la valeur de ces qualités, à cet effet on a testé quatre types de fongicides homologués en Algérie, FALCON,ARTEA,PROSARO et OPUS.

Nos résultats montrent que le nombre de plants par m² et le nombre de talle par m² allant de 65 à 108.5 , et 287.75 à 410 pour les deux paramètres respectivement et dans toutes les micro-parcelles, du fait que ces deux paramètres ont été mesurés avant l'application des fongicides, la même observation a été noté pour le nombre de grains par épi qui semble plus au moins constant qui varie de l'ordre 38.3 à 50.95, ce qui indique que la sévérité et l'incidence des maladies cryptogamiques n'ont pas eu une influence vigoureuse sur ce paramètre.

La rouille brune, l'oïdium, la septoriose ,la tache auréolée et le piétin échaudage sont les maladies fongiques du blé dur qu'on a signalé dans notre parcelle d'essai, ces maladies ont été noté avec un taux de gravité variable, pour la rouille brune, l'oïdium et le piétin échaudage n'ont été rencontré qu'à l'état de traces, pendant que la tache auréolée et la septoriose sont fortement fréquentes au niveau des micro-parcelles. L'humidité élevée dans cette année été un facteur favorisant de l'apparition de ces maladies.

Sur la base des résultats obtenus lors du calcul de la sévérité, l'incidence (après le premier traitement) et le rendement, il semble que le produit Falcon avoir plus d'efficacité sur la septoriose et la tache auréolée que le produit ARTEA, ce dernier semble plus efficace que le produit OPUS. D'après les résultats obtenus après le 2^{ème} traitement, on peut

Conclusion

conclure que les deux fongicides utilisés au 2^{ème} traitement peuvent être classés selon leur efficacité comme suite ; le PROSARO paraît le meilleur suivi par l'OPUS.

Les résultats du rendement obtenus sont plus élevés chez les micro-parcelles traitées T4(ARTEA+PROSARO), T5(FALCON+PROSARO), T6(OPUS+OPUS), pour le résultat du micro-parcelle traité avec T4 est influencé par le nombre d'épis par m², le poids de mille grains et le nombre de grains par épi, cependant le rendement des micro-parcelles traitées T5(FALCON+PROSARO) et T6(OPUS+OPUS) est en rapport avec le poids de mille grains et le nombre d'épis par mètre carré, Le rendement des micro-parcelles traitées T2(FALCON+OPUS),T3(ARTEA+OPUS) arrive en deuxième position, pour le T2(FALCON+OPUS) est influencé par le poids de mille grains, et le nombre d'épis par m² et surtout par le nombre de grains par épi, tandis que le rendement des parcelles traitées T3 est influencé par les trois paramètres qui contrôlent le rendement(poids de mille grains, le nombre de grains par épi et le nombre d'épis par mètre carré).

D'après ce travail de terrain on peut conclure que la protection des cultures du blé dur nous oblige à envisager des études plus approfondies sur les différents produits commercialisés en Algérie, et choisir des doses efficaces contre les maladies cryptogamiques présentes dans notre pays, ainsi de tester d'autres combinaisons de fongicides, sur les différentes variétés cultivées, et même sur d'autres cultures, afin d'obtenir un programme de traitement fiable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1-Agrios, G. N., 1968: plant pathology. Academic press, New York, San Francisco, London, USA :p703.
- 2-Ahmed, S. I. et S. R. Leather., 1994: Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management - some points for consideration. Intern. J. Pest Management: p40-287-292.
- 3-Afrikjan, E. G., TchilingirlnV. A. et L. A. Tchil-Akopln. 1969: Bakterialniincekticidniipreparat BIP-805. Biol. j. Armenii, t :p 23
- 4-Amokrane, A., 2001 : Evaluation et utilisations de trois sources de germoplasme de blé dur(*Triticumdurum*Desf). Thèse. Maj, Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna :P 80.
- 5-Anonyme, 1993 : Vincit : Fiche technique J.C.A.SOPRA :p19.
- 6-Anonyme, 2004. Le blé .[www.le blé.htm](http://www.leblé.htm).
- 7- Anonyme, 2007 : Notice technique n°05 sur La gestion des principales maladies foliaires des blés .Syngenta :p 02.
- 8-Anonyme, 2008 : Maladie et insectes des céréales en Algérie.Syngenta. :p16.
- 9-Anonyme, 2009 : Guide pratique sur les Maladies des céréales. Pays de la Loire :p9.
- 10-Anonyme, 2011 : Fiche technique. BASF. p 01-02-03.
- 11-Anonyme a, 2012 : L'assurance du rendement sain. Syngenta. p02.
- 12-Anonyme b, 2012 : Fiche technique. Bayer Crop Science. p01-02.
- 13-Anonyme c ,2012 : Fiche technique. Bayer Crop Science. p01-02.
- 14-Bacon, R., 2002 : La résistance aux fongicides. Canada : p15
- 15-Ben mohamed L., *et al.* (2000) : Effet du génotype, de la date de semis, de la fertilisation azotée et potassique et des fongicides sur le développement de *Septoria tritici* : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 402000, p 349- 356
- 16-Benmokhtar, T et Kafid., 1999 : Contribution à l'étude des virus des céréales, caractérisation biologique des virus de la mosaïque du blé et de l'orge : WMSV, BSMV. Thèse. Ing. Agr. INA. El-Harrach :P-55 -56.
- 17-Bettiche, F et Bouzekri,W.,2000 : Effet de la rouille brune du blé *Puccinia recondita F.Sptritici* sur quelque paramètres physiologique et biochimique du blé dur *Triticum durum*. option phytotechnie.faculté d'EL-Taref :P 13.
- 18-Bosseur,S.,Colas,P., Malveau,E et Noacki ,C .,2001 : Les fongicides. France .p 6-7.
- 19-Boubetra, S et Mouhamedi, F., 1998 : Contribution à l'étude des virus affectant les céréales au niveau de la région du centre d'Alger. Mem.ing. I.N.A. El Harrach. P 69-74.

- 20-Boufenar-Zaghouane , F.,Zaghouane O., 2006 : Le guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. ITGC/ICARDA. 1^{ère} édition. P152.
- 21-Boulahbal, O.,1995 : Détermination de la dose optimale du phosphore pour l'estimation des besoins en engrais phosphaté du blé tendre(Ascard 1995) sur un sol de Sidi belabes, thèse d'ingénieur, option production végétale université de Blida :P 14-25 .
- 22-Boulal, H., Zaghouane, O., El mourid, M., Rezghi, S., 2007 : Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie).ITGC/ICARDA : p 176.
- 23-Champion,R., et Raynal,G.,1993 :La carie commune du blé ; une revenante. Phytoma-la défense des végétaux-N°450 :p 16-20.
- 24-Clement-grandacourt, M et prats , J ., 1970:Céréales:Paris, Baillièrre, P14-25.
- 25-Corbaz,R., 1990 : Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes.presses polytechniques et universitaires Romandes
- 26-Croston, R.P., J .T. Williams., 1981: A world survey of wheat genetic resources. IBRGR.Bulletin n°80: p 37-59.
- 27-Djebari, B. 2005 : Contribution à la connaissance des bactérioses du blé, de l'orge et du triticale. Mem. Maj. Agr., INA. El-Harrach :P 92
- 28-Deguine,j.p.,ferron , p et al.,2008 : protection des cultures de l'agrochimie à l'agroécologie.Quae .France :p176.
- 29-Ezzahiri.b., 2001 : les maladies du blé « identification, facteurs de développement et méthodes de lutte, Transfert de technologie en agriculture N77 février 2001 :p1-2.
- 30- Galet P. 1977 Les maladies et les parasites de la vigne, Volume 1, Impr. du Paysan du Midi, 1977 - 1876 pages
- 31-Gauthier. j .1990 : Notion d'agriculture :P223.
- 32-Harlan, J., 1975: Crops and man. Eds John Wiley and Sons.NY: p 350.
- 33-Hammadache, A., 1995 : Les mauvaises herbes des grandes cultures. Revue Céréaliculture .ITGC. Alger :p 40.
- 34-Harrouche, F., 1998 : Aperçu sur l'infestation de quelques parcelles de céréales par *Heteroderaavenae* dans la région de Staouali. Mémoire.Ing. INA.EL Harrach : P 83.
- 35-Ignoffo, C. M. 1970: Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecology of Animal Contributions by Habitat Management, Tallahassee, Florida. Tall Timbers Research Station:p47-57.
- 36-Kacem CH 1992: essai de fertilisation NPK sur blé dur. Thèse d'ingénieur science du sol. EL-Harrach : P 6-11-4.
- 37-Lacroix , m .,2002 : Maladies des céréales et de la luzerne.Québec :P14.
- 38-Lacroix, 2008 : Guide d'identification des maladies des céréales. Le bulletin des agriculteurs.

- 39-Laffont, J.M., Senellart, J., Sylvestre, M., et Thomas, M., 1985 : Les maladies des céréales et du maïs. Agis-Nathan international (Edition de la nouvelle librairie): p18-96.
- 40-Lepoivre, P., 2003 : Phytopathologie : bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte :. Edition De Boeck université Bruxelles. P289.
- 41-Leroux, P., 1993 : Fongicides et doses réduites, faut-il y résister pour vaincre les résistances. Perspectives agricoles, N°185 (novembre). INRA: p 88-130.
- 42-MADR, 2004 : Évaluation des productions agricoles. Rapport sur la situation agricole 2004 : p20-21.
- 43-Mechara, R., Acila, S., 1999 : Étude de l'efficacité de quelques fongicides sur la carie du blé (*Tilletia caries*), thèse d'ingénieur, option amélioration des plantes, université de Tessa : P 24-26-29-30-32-33-34.
- 44-Meeus, P., 1993 : Optimisation de l'utilisation des fongicides inhibiteurs de la biosynthèse des stéroïdes dans la lutte contre les maladies foliaires de l'orge en Belgique. Dissertation de doctorat ; p32-61.
- 45-Messien, C. M., 1991 : Les maladies des plantes maraichères. INRA. Paris ; P131
- 46- Nathanaël P. *et al.* 2009 : Produits phytosanitaires et protection Intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitement (IFT) NESE n° 32, mars 2009, pp. 61-94
- 47-Ould sidi brahim, J., 1990 : Essai d'irrigation de complément sur une variété waha de blé dur, option hydraulique, institut d'EL Harrach : P8
- 48- Prescott, J.M., Burnett, P.A., Saari, E.E., Ransom, J., Bowman, J., De Milliano, W., Singh, R.R., Bekele, G., 1987 : Maladies et ravageurs du blé., CIMMYT. P 2-5-6-21-25.
- 49-Richard, C., Dary, J.L., et Laffont, J.M., 1985 : Produits phytosanitaires, recherche, développement, homologation (édition de la nouvelle librairie). Paris : P5-6-8.
- 50-Sayoud, R. 1987. Les maladies des céréales. Céréaliculture 17 : 20-21 pp.
- 51-Séguin, B., 1995 : Les maladies transmises par les semences. Perspectives agricoles N°203 : p 35-42.
- 52-Simon, M., Vegh, I., et Ponchet, J., 1972 : les principales maladies cryptogamiques des céréales. I.N.R.A. Département de pathologie végétale : P55-75.
- 53-Soltner (1999) : les grandes productions végétales, 19^{ème} édition. P 21-19-17-37-11-13
- 54-Starnes, R. L., C. L. Liu et P. G. Marone. 1993: History, use and future of microbial insecticides. Amer. Entomol. p 83-91.
- 55-STRANGE, R., 2003: Introduction to plant pathology. Wiley. England. P122.
- 56-Taghli, F. 1986 : Lutte intégrée contre les ennemis, ravageurs et prédateurs des céréales. INA Alger. P 15.

57-Tanji, A. 2000 : Mauvaises herbes du blé et de l'orge dans le périmètre du Tadla. Al Awamia102 : p 49-57.

58-Tanji, A. 2002 : Synthèse de 117 essais de désherbage chimique u blé dur réalisés au Maroc entre 1970 et 2001. Al Awamia106: p 11-38

59-Tottman,D.R., 1987.The décimal code for the growth stages of cereals ,within illustrations .

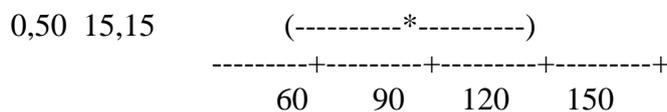
60-Zillinsky, F.J., 1983 : Maladies communes des céréales à paille. Guide d'identification CIMMYT. P58,141.

Annexe I

Nombre de plants par m² :

Minitab .One-way ANOVA: T0 :Témoin , T1 :(F+P), T2: (F+O), T3 :(A+O), T4 : (A+P), T5: (F+P), T6: (O+O).

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	93.5 ± 15.59	65 ± 34.73	70 ± 35.57	104.25 ± 50.94	94.75 ± 34.31	88 ± 18.28	108.5 ± 15.15



Pooled StDev = 31,74

Grouping Information Using Fisher Method

N	Mean	Grouping
T6 4	108,50	A
T3 4	104,25	A
T4 4	94,75	A
T0 4	93,50	A
T5 4	88,00	A
T2 4	70,00	A
T1 4	65,00	A

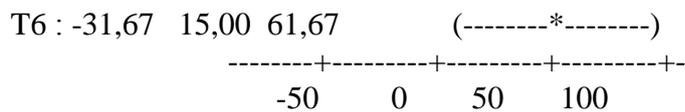
Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

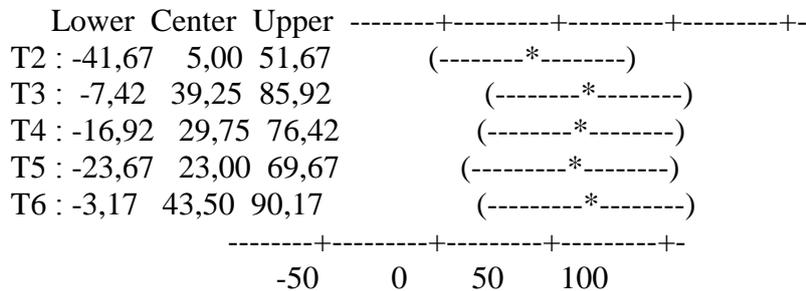
Simultaneous confidence level = 60,11%

T0 subtracted from:

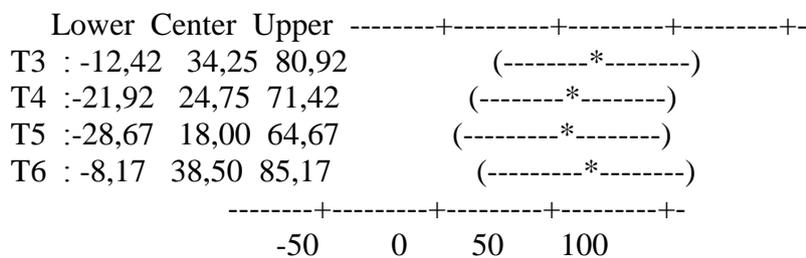
	Lower	Center	Upper	
T1 :	-75,17	-28,50	18,17	(-----*-----)
T2 :	-70,17	-23,50	23,17	(-----*-----)
T3 :	-35,92	10,75	57,42	(-----*-----)
T4 :	-45,42	1,25	47,92	(-----*-----)
T5 :	-52,17	-5,50	41,17	(-----*-----)



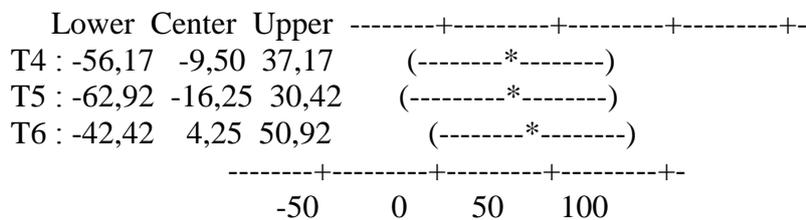
T1 subtracted from:



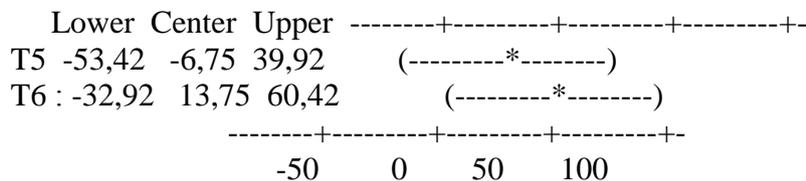
T2 subtracted from:



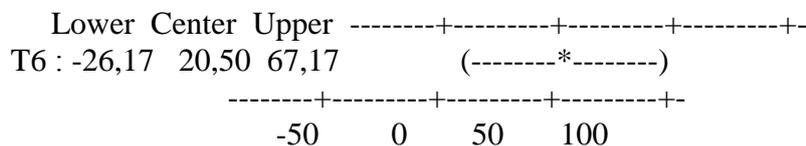
T3 subtracted from:



T4 subtracted from:



T5 subtracted from:



Annexe II

Nombre de talles par mètre carré:

Minitab .One-way ANOVA: T0:Témoin,T1:(F+P),T2: (F+O),T3:(A+O), T4 : (A+P), T5: (F+P),T6: (O+O).

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	351.5 ± 78.06	332 ± 34.19	287.75 ± 118.5	410 ± 131.49	349 ± 49.85	291 ± 80.03	363.5 ± 129.46

One-way ANOVA: T0:Témoin; T1:F+P; T2:F+O; T3:A+O; T4:A+P; T5:F+P; T6:O+O

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	6	43429	7238	0,79	0,589
Error	21	192723	9177		
Total	27	236152			

S = 95,80 R-Sq = 18,39% R-Sq(adj) = 0,00%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-+-----+-----+-----+-----
T0:Témoin	4	351,50	78,06	(-----*-----)
T1:F+P	4	332,00	34,19	(-----*-----)
T2:F+O	4	287,75	118,50	(-----*-----)
T3:A+O	4	410,00	131,49	(-----*-----)
T4:A+P	4	349,00	49,85	(-----*-----)
T5:F+P	4	291,00	80,03	(-----*-----)
T6:O+O	4	363,50	129,46	(-----*-----)

-+-----+-----+-----+-----
200 300 400 500

Pooled StDev = 95,80

Grouping Information Using Fisher Method

	N	Mean	Grouping
T3:A+O	4	410,00	A
T6:O+O	4	363,50	A
T0:Témoin	4	351,50	A
T4:A+P	4	349,00	A
T1:F+P	4	332,00	A
T5:F+P	4	291,00	A
T2:F+O	4	287,75	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 60,11%

T0:Témoin subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
T1:F+P	-160,37	-19,50	121,37	(-----*-----)
T2:F+O	-204,62	-63,75	77,12	(-----*-----)
T3:A+O	-82,37	58,50	199,37	(-----*-----)
T4:A+P	-143,37	-2,50	138,37	(-----*-----)
T5:F+P	-201,37	-60,50	80,37	(-----*-----)
T6:O+O	-128,87	12,00	152,87	(-----*-----)

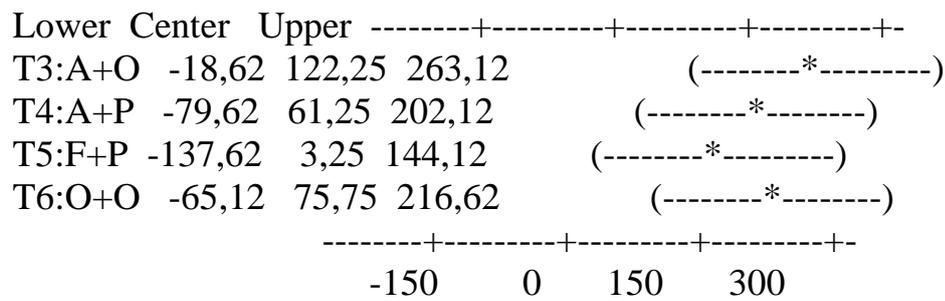
-----+-----+-----+-----+
-150 0 150 300

T1:F+P subtracted from:

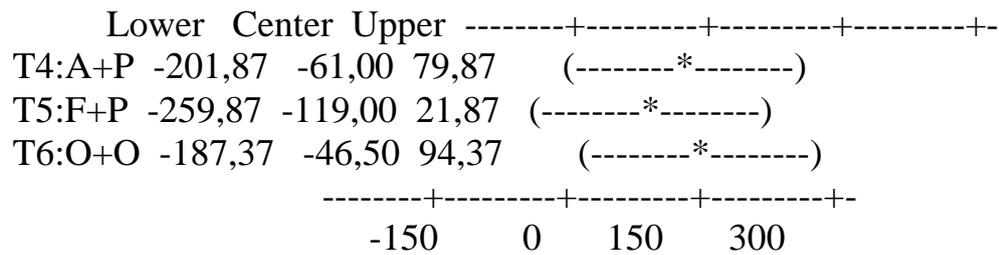
	Lower	Center	Upper	
T2:F+O	-185,12	-44,25	96,62	(-----*-----)
T3:A+O	-62,87	78,00	218,87	(-----*-----)
T4:A+P	-123,87	17,00	157,87	(-----*-----)
T5:F+P	-181,87	-41,00	99,87	(-----*-----)
T6:O+O	-109,37	31,50	172,37	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-150 0 150 300

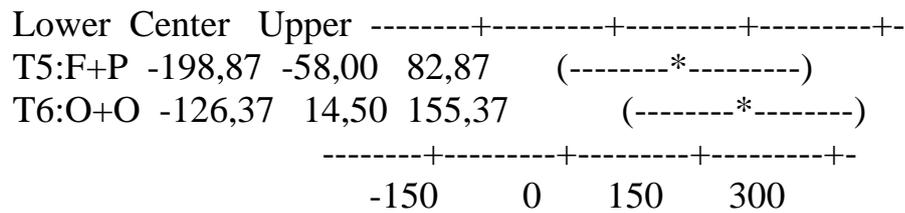
T2:F+O subtracted from:



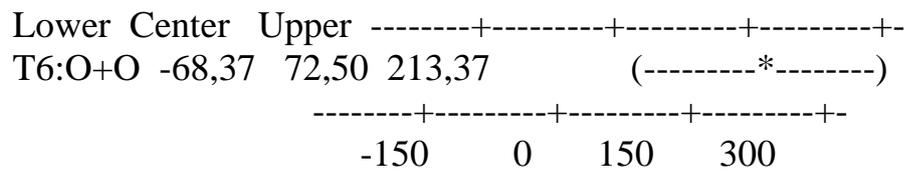
T3:A+O subtracted from:



T4:A+P subtracted from:



T5:F+P subtracted from:



Annexe III

Nombre d'épis par mètre carré :

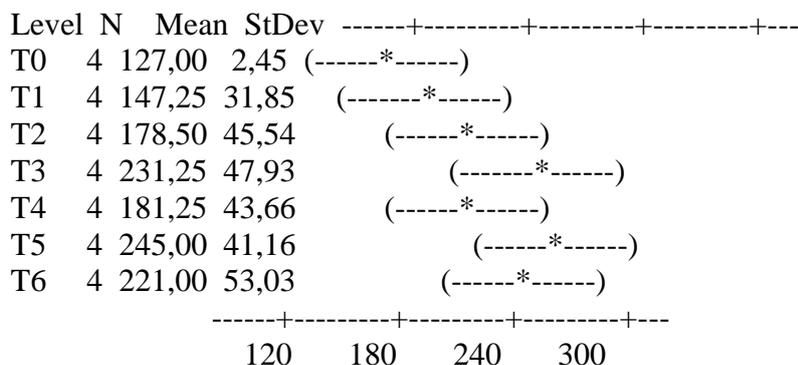
Minitab .One-way ANOVA: T0:Témoin,T1:(F+P),T2: (F+O),T3:(A+O), T4 :(A+P), T5 :(F+P),T6: (O+O).

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	127 ± 2.45	147.25 ± 31.85	178,5 ± 45.54	231.25 ± 47.93	181.25 ± 43.66	245 ± 41.16	221 ± 53.03

Source DF SS MS F P
 Factor 6 46771 7795 4,62 0,004
 Error 21 35409 1686
 Total 27 82180

S = 41,06 R-Sq = 56,91% R-Sq(adj) = 44,60%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



PooledStDev = 41,06

Grouping Information Using Fisher Method

N Mean Grouping
 T5 4 245,00 A
 T3 4 231,25 A B
 T6 4 221,00 A B
 T4 4 181,25 B C
 T2 4 178,50 B C
 T1 4 147,25 C

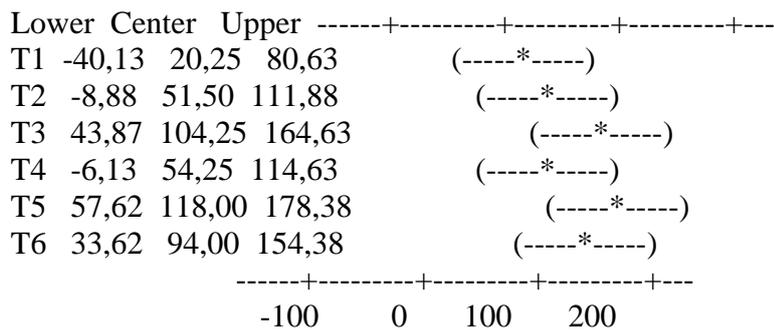
T0 4 127,00 C

Means that do not share a letter are significantly different.

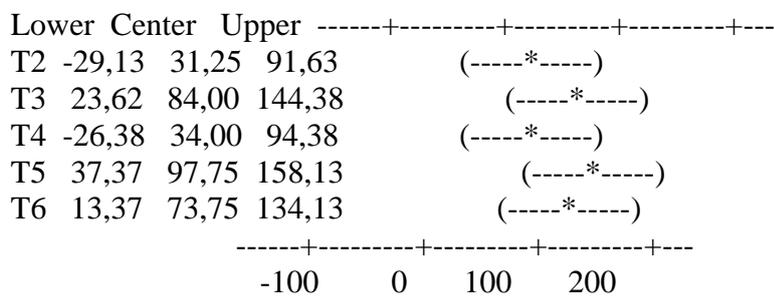
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 60,11%

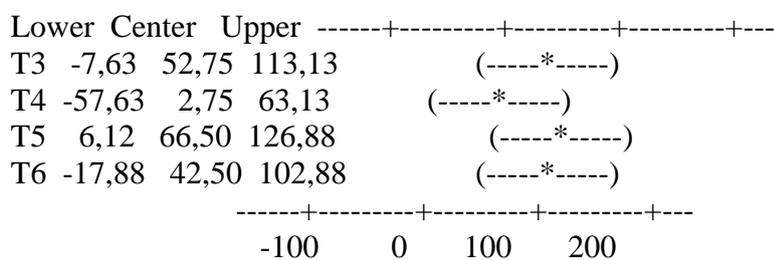
T0 subtracted from:



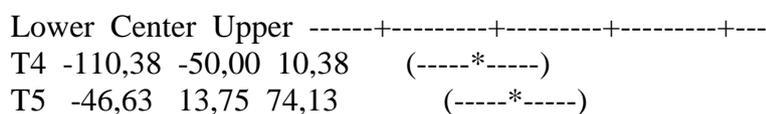
T1 subtracted from:



T2 subtracted from:



T3 subtracted from:



T6 -70,63 -10,25 50,13 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+-----+-----
 -100 0 100 200

T4 subtracted from:

Lower Center Upper -----+-----+-----+-----+-----+-----
 T5 3,37 63,75 124,13 (-----*-----)
 T6 -20,63 39,75 100,13 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+-----+-----
 -100 0 100 200

T5 subtracted from:

Lower Center Upper -----+-----+-----+-----+-----+-----
 T6 -84,38 -24,00 36,38 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+-----+-----
 -100 0 100 200

Annexe IV :

Hauteur des plantes (cm) :

Minitab .One-way ANOVA: T0:Témoin,T1:(F+P),T2: (F+O),T3:(A+O), T4 : (A+P), T5: (F+P),T6: (O+O).

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	79.20	86.46	84.20	85.65	85.20	82.95	82.50
	±	±	±	±	±	±	±
	3.50	1.63	1.17	3.63	0.43	1.34	1.22

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	6	144,76	24,13	5,11	0,002
Error	21	99,15	4,72		
Total	27	243,91			

S = 2,173 R-Sq = 59,35% R-Sq(adj) = 47,74%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
T0	4	79,200	3,502	(-----*-----)
T1	4	86,465	1,636	(-----*-----)
T2	4	84,200	1,178	(-----*-----)
T3	4	85,650	3,638	(-----*-----)
T4	4	85,200	0,432	(-----*-----)
T5	4	82,950	1,340	(-----*-----)
T6	4	82,500	1,225	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
78,0 81,0 84,0 87,0

PooledStDev = 2,173

Grouping Information Using Fisher Method

N	Mean	Grouping
T1	4 86,465	A
T3	4 85,650	A B
T4	4 85,200	A B
T2	4 84,200	A B
T5	4 82,950	B

T6 4 82,500 B
 T0 4 79,200 C

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 60,11%

T0 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
T1	4,070	7,265	10,460	(-----*-----)
T2	1,805	5,000	8,195	(-----*-----)
T3	3,255	6,450	9,645	(-----*-----)
T4	2,805	6,000	9,195	(-----*-----)
T5	0,555	3,750	6,945	(-----*-----)
T6	0,105	3,300	6,495	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -5,0 0,0 5,0 10,0

T1 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
T2	-5,460	-2,265	0,930	(-----*-----)
T3	-4,010	-0,815	2,380	(-----*-----)
T4	-4,460	-1,265	1,930	(-----*-----)
T5	-6,710	-3,515	-0,320	(-----*-----)
T6	-7,160	-3,965	-0,770	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -5,0 0,0 5,0 10,0

T2 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
T3	-1,745	1,450	4,645	(-----*-----)
T4	-2,195	1,000	4,195	(-----*-----)
T5	-4,445	-1,250	1,945	(-----*-----)
T6	-4,895	-1,700	1,495	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -5,0 0,0 5,0 10,0

T3 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
T4	-3,645	-0,450	2,745	(-----*-----)

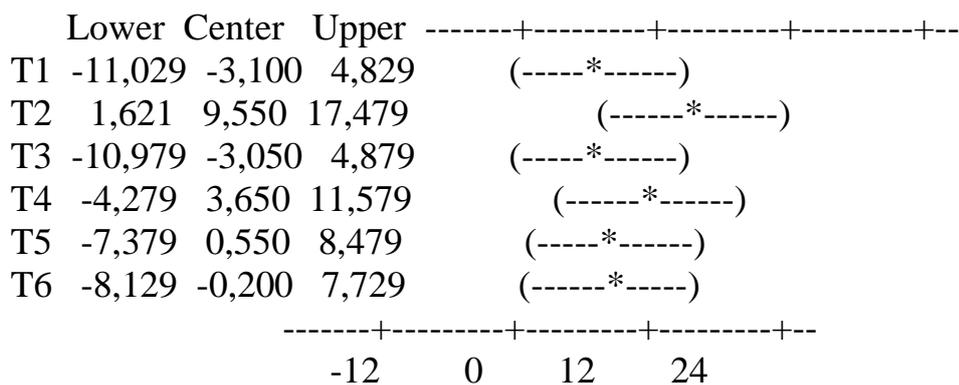
T4 4 45,050 A B
 T5 4 41,950 B
 T0 4 41,400 B
 T6 4 41,200 B
 T3 4 38,350 B
 T1 4 38,300 B

Means that do not share a letter are significantly different.

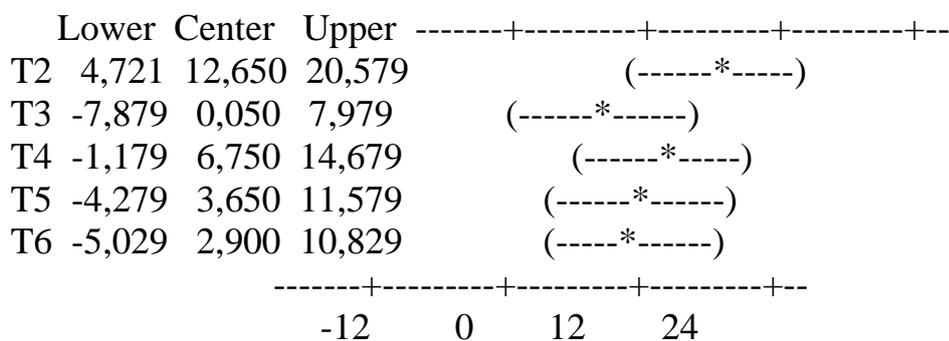
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 60,11%

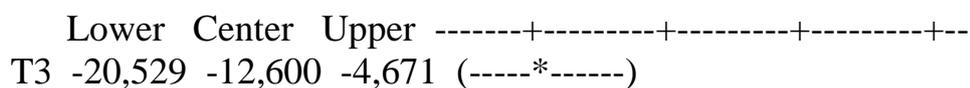
T0 subtracted from:



T1 subtracted from:



T2 subtracted from:



T4	-13,829	-5,900	2,029	(-----*-----)
T5	-16,929	-9,000	-1,071	(-----*-----)
T6	-17,679	-9,750	-1,821	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----

-12 0 12 24

T3 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----
T4	-1,229	6,700	14,629	(-----*-----)
T5	-4,329	3,600	11,529	(-----*-----)
T6	-5,079	2,850	10,779	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----

-12 0 12 24

T4 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----
T5	-11,029	-3,100	4,829	(-----*-----)
T6	-11,779	-3,850	4,079	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----

-12 0 12 24

T5 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----
T6	-8,679	-0,750	7,179	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----

-12 0 12 24

Annexe VI :

Poids de mille grains (PMG):

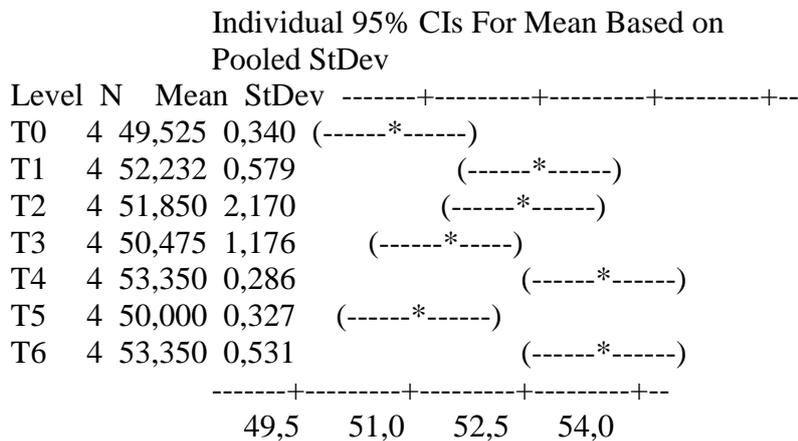
Minitab .One-way ANOVA: T0:Témoin,T1:(F+P),T2: (F+O),T3:(A+O), T4 : (A+P), T5: (F+P),T6: (O+O).

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	49.52	52.52	51.85	50.47	53.35	50	53.35
	±	±	±	±	±	±	±
	0.34	0.57	2.17	1.17	0.28	0.32	0.53

One-way ANOVA: T0; T1; T2; T3; T4; T5; T6

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	6	58,78	9,80	9,78	0,000
Error	21	21,04	1,00		
Total	27	79,82			

S = 1,001 R-Sq = 73,64% R-Sq(adj) = 66,11%



PooledStDev = 1,001

Grouping Information Using Fisher Method

N	Mean	Grouping
T6	4 53,350	A
T4	4 53,350	A
T1	4 52,232	A B
T2	4 51,850	B C

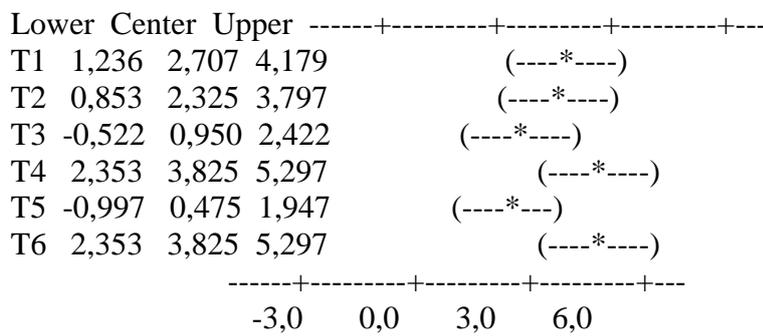
T3 4 50,475 C D
 T5 4 50,000 D
 T0 4 49,525 D

Means that do not share a letter are significantly different.

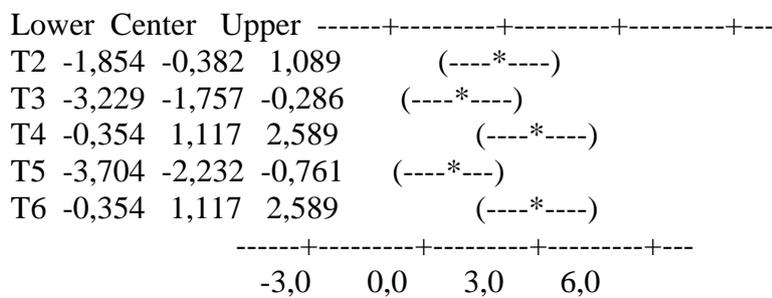
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 60,11%

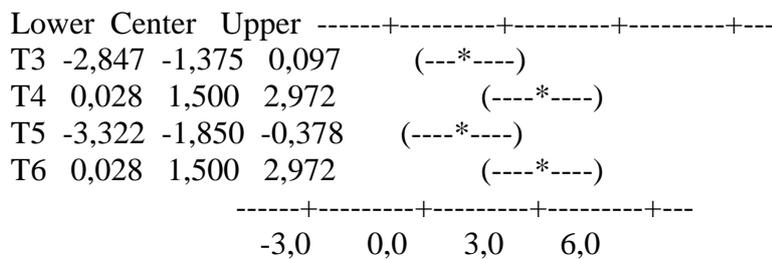
T0 subtracted from:



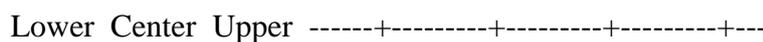
T1 subtracted from:



T2 subtracted from:



T3 subtracted from:



T4 1,403 2,875 4,347 (----*----)
 T5 -1,947 -0,475 0,997 (---*----)
 T6 1,403 2,875 4,347 (----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -3,0 0,0 3,0 6,0

T4 subtracted from:

Lower Center Upper -----+-----+-----+-----+-----
 T5 -4,822 -3,350 -1,878 (----*----)
 T6 -1,472 0,000 1,472 (----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -3,0 0,0 3,0 6,0

T5 subtracted from:

Lower Center Upper -----+-----+-----+-----+-----
 T6 1,878 3,350 4,822 (----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -3,0 0,0 3,0 6,0

Annexe VII

Rendement par hectare:

Minitab .One-way ANOVA: T0 :Témoin , T1 :(F+P), T2: (F+O), T3 :(A+O), T4 :(A+P), T5 :(F+P), T6: (O+O).

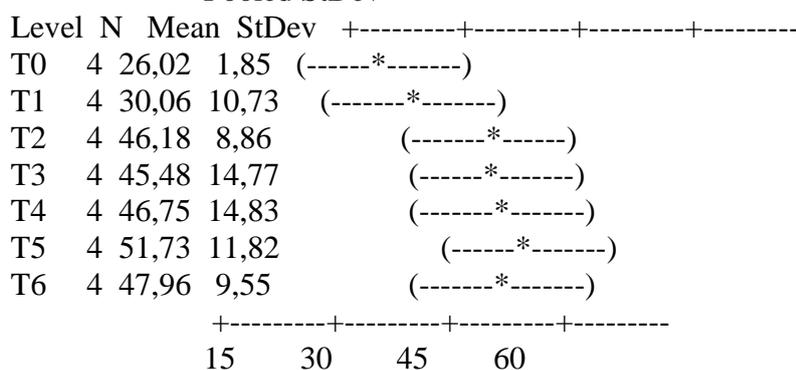
Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	26.02	30.06	46.18	45.48	46.75	51.73	47.96
	±	±	±	±	±	±	±
	1.85	10.73	8.86	14.77	14.83	11.82	9.55

One-way ANOVA: T0; T1; T2; T3; T4; T5; T6

Source DF SS MS F P
 Factor 6 2321 387 3,13 0,024
 Error 21 2599 124
 Total 27 4919

S = 11,12 R-Sq = 47,18% R-Sq(adj) = 32,09%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Pooled StDev = 11,12

Grouping Information Using Fisher Method

N Mean Grouping
 T5 4 51,73 A
 T6 4 47,96 A
 T4 4 46,75 A
 T2 4 46,18 A B
 T3 4 45,48 A B

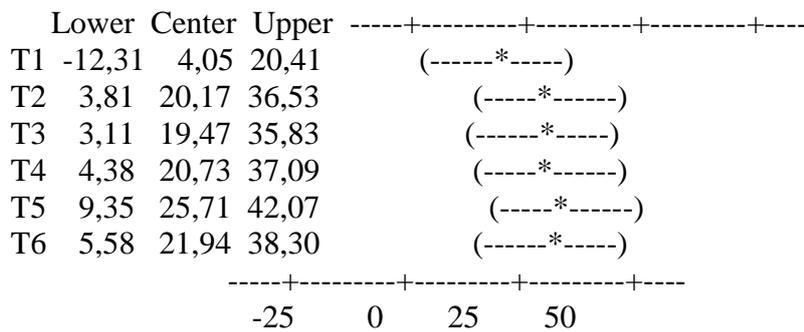
T1 4 30,06 B C
 T0 4 26,02 C

Means that do not share a letter are significantly different.

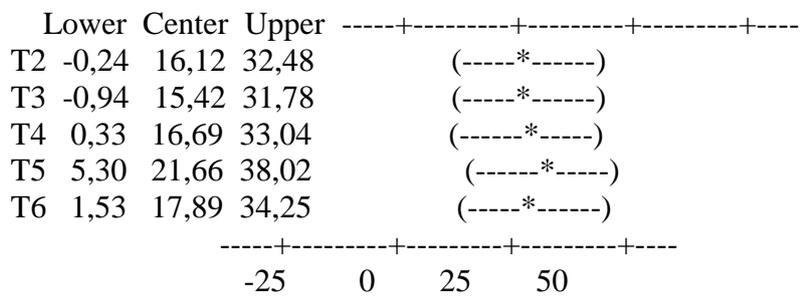
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 60,11%

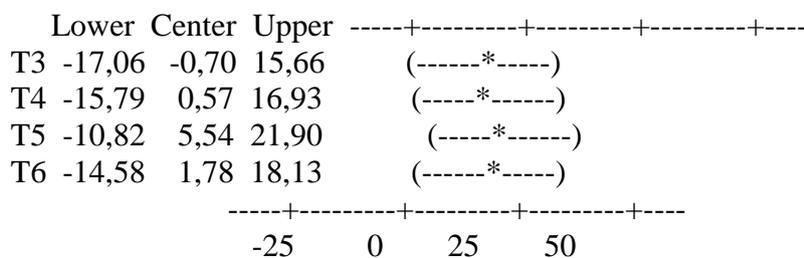
T0 subtracted from:



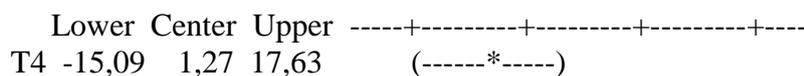
T1 subtracted from:



T2 subtracted from:



T3 subtracted from:



T5	-10,12	6,24	22,60	(-----*-----)
T6	-13,88	2,48	18,83	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-25 0 25 50

T4 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----
T5	-11,38	4,98	21,33	(-----*-----)
T6	-15,15	1,21	17,57	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-25 0 25 50

T5 subtracted from:

	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----
T6	-20,13	-3,77	12,59	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-25 0 25 50