

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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 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/Option : Phytopathologie et Phytopharmacie

Thème :

**Etude de l'efficacité de quelques fongicides sur le contrôle des
maladies foliaires du blé et l'impact du traitement sur le
développement et le rendement de la culture**

Présenté par : BOUKENSOUS wissem

Devant le jury composé de :

| | | |
|-----------------|---------------------|----------------------|
| Présidente : | Melle N. OUCHTATI | Université de Guelma |
| Examineur : | Mr A. ZITOUNI | Université de Guelma |
| Encadreur : | Melle N. ALLIOUI | Université de Guelma |
| Membre invité : | Mr S. BOUKHNAF | I.T.G.C. de Guelma |
| Membre invité : | Mme S. NEKAA-SERIDI | I.T.G.C. de Guelma |

Juin 2014

Remerciements :

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'a permis de réaliser ce mémoire en me donnant la force, la patience et la volonté.

Je tiens à remercier sincèrement et profondément mon promoteur Melle ALLIOUI, N., de bien vouloir accepté de diriger ce travail, pour ses précieux conseils, et pour avoir approfondi mes connaissances, par la mise à ma disposition de sa riche documentation et ses bonnes orientations.

J'exprime également mon profond respect aux membres du jury : Mme OUCHTATI N. et Mr ZITOUNI A. pour avoir accepté de juger et d'évaluer ce modeste effort.

Je remercie très vivement Mme NEEKAA, S., directrice de l'I.T.G.C. de Guelma pour m'avoir facilité l'accès à la station, pour son accueil et ses encouragements ainsi que tout le personnel de cette institution et plus particulièrement Mr BOUJAAJAA, F., (Ingénieur à l'I.T.G.C. de Guelma) pour sa contribution à la direction de ce travail, notamment le suivi sur terrain, et aussi pour son aide, ses encouragements et sa gentillesse.

Enfin je tien à exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Al Hamdou lillah, qui m'a donné la force de réaliser ce modeste travail synonyme de concrétisation de formation, de labeur et d'efforts, je dédie le fruit de ma patience, de ma persévérance :

*A ma raison de vivre et ma fleur de vie **ma mère**, symbole d'amour d'affection de bienveillance, pour sa patience, ses sacrifices, sa conscience, ses conseils qui ont éclairé mon chemin.*

*A **mon père** en reconnaissance de tout ce qu'il a fait pour moi tout au long de mon existence, pour son soutien moral, son encouragement continu, et pour sa compréhension.*

*A mon frère et mes sœurs : **Houssem, Rayenne et Lina**, symbole d'ambiance et de gaieté qui je les souhaite une vie pleine de bonheur et une carrière pleine de gloire.*

*A toute ma famille, à la famille : **Boukensous et Nacer**.*

A tous mes amis: Amel, Soumaya, Rahma, Djihad, Sara, Imen, Hadjer, Saida, Noussa, Said, Khaled.....

*A tous mes camarades de **Master 2 Phytopathologie et phytopharmacie** en particulier : Warda, Houria, Bochra, Salih, mars Boubaker, Zaki.....*

Aux gens que j'aime.

wissem

Liste des tableaux :

| N° | Titre | Page |
|-------------------|--|------|
| Tableau 01 | Superficies cultivées en blé en 2008 dans les principales willayas productrices de blé en Algérie. | 5 |
| Tableau 02 | Fongicides classés selon leur mode d'action. | 24 |
| Tableau 03 | Fongicides microbiens. | 32 |
| Tableau 04 | Fongicides dérivés de substances végétales ou animales. | 32 |
| Tableau 05 | Fongicides minéraux / chimiques. | 33 |
| Tableau 06 | La fiche variétale GTA dur. | 35 |
| Tableau 07 | Moyennes mensuelles des précipitations pour la région de Guelma 2013-2014. | 42 |
| Tableau 08 | Moyennes mensuelles des précipitations sur 12 ans pour la région de Guelma : 2004-2013. | 42 |
| Tableau 09 | températures moyennes mensuelle de la région de Guelma 2013-2014. | 43 |
| Tableau 10 | caractéristiques pédologiques du site d'essai d'après l'I.T.G.C. | 43 |
| Tableau 11 | dates repères des différents stades phénologiques de la culture. | 46 |
| Tableau 12 | Sévérité de la tache auréolée après l'application des traitements fongicides. | 52 |
| Tableau 13 | Analyse de la variance pour La sévérité de la tache auréolée. | 53 |
| Tableau 14 | Sévérité de l'oïdium après l'application des traitements fongicides. | 55 |
| Tableau 15 | Analyse de la variance pour La sévérité de l'oïdium. | 56 |
| Tableau 16 | Hauteur des plantes pour les différents traitements fongicides (cm). | 58 |
| Tableau 17 | Analyse de la variance pour la hauteur des plantes. | 58 |
| Tableau 18 | Nombre de plants par m ² pour les différents traitements. | 59 |
| Tableau 19 | Analyse de la variance pour le nombre de plants par mètre carré. | 60 |
| Tableau 20 | Nombre d'épis par m ² pour les différents traitements fongicides. | 61 |
| Tableau 21 | Analyse de la variance pour le nombre d'épis par mètre carré. | 62 |
| Tableau 22 | Nombre d'épillets par épi pour les différents traitements fongicides. | 63 |
| Tableau 23 | Analyse de la variance pour le nombre d'épillets par épi. | 64 |
| Tableau 24 | Nombre de grains par épi pour les différents traitements fongicides. | 65 |
| Tableau 25 | Analyse de la variance pour le nombre de grains par épi. | 66 |
| Tableau 26 | Poids de mille (1000) grains pour les différents traitements fongicides (g). | 67 |
| Tableau 27 | Analyse de la variance pour le poids de 1000 grains. | 68 |
| Tableau 28 | Analyse de la variance pour le rendement par mètre carré. | 69 |
| Tableau 29 | Le rendement par mètre carré pour les différents traitements fongicides (Q/ha). | 70 |

Liste des figures

| N° | Titre | Page |
|-----------------|--|------|
| Figure01 | Répartition de la production des céréales dans le monde 2013. | 4 |
| Figure02 | Origines génétiques des différentes espèces de blés. | 6 |
| Figure03 | Morphologie du blé. | 7 |
| Figure04 | le cycle de développement du blé. | 8 |
| Figure05 | Feuille de blé infectée par la septoriose (<i>S tritici</i>). | 10 |
| Figure06 | Feuille de blé infectée par la septoriose (<i>S. nodorum</i>). | 10 |
| Figure07 | Feuille de blé infectée par la rouille jaune <i>Puccinia striiformis</i> . | 11 |
| Figure08 | Feuille de blé infectée par la rouille brune <i>Puccinia recondita</i> . | 12 |
| Figure09 | Tige du blé infecté par la rouille noire <i>Puccinia graminis</i> f.sp. <i>tritici</i> . | 13 |
| Figure10 | 1 ^{ers} symptômes sur feuille de blé. | 14 |
| Figure11 | oïdium avec Cléistothèces sur blé. | 14 |
| Figure12 | oïdium sur épi de blé. | 14 |
| Figure13 | Feuille du blé infectée par la tache auréolée <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> . | 15 |
| Figure14 | charbon nu du blé <i>Ustilago tritici</i> . | 16 |
| Figure15 | grains cariés du blé. | 17 |
| Figure16 | épi du blé carié (à droite) comparé à un épi sain (à gauche). | 17 |
| Figure17 | Modes d'action biochimiques des fongicides des céréales. | 26 |
| Figure18 | Action du fongicide par contact. | 27 |
| Figure19 | Action du fongicide par pénétration. | 28 |
| Figure20 | Action systémique du fongicide. | 28 |
| Figure21 | Présentation commerciale du produit fongicide FALCON | 34 |
| Figure22 | Stratégies de traitements par Falcon. | 37 |
| Figure23 | Présentation commerciale du produit fongicide OPUS. | 38 |
| Figure24 | Présentation commerciale du produit fongicide PROSARO 250 (EC). | 39 |
| Figure25 | Situation géographique de l'I.T.G.C de Guelma. (Site de l'essai). | 41 |
| Figure26 | Schéma du dispositif expérimental de l'essai. | 45 |
| Figure27 | Echelle de notation des maladies a feuilles. | 47 |
| Figure28 | Efficacité des produits contre la tache auréolée du blé (<i>Pyrenophora</i> | 53 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| | <i>tritici-repentis</i>). | |
| Figure29 | Efficacité des produits contre l'oïdium du blé <i>Erysiphe graminis</i> f.sp. <i>tritici</i> . | 56 |
| Figure30 | Hauteur des plantes pour les différents traitements fongicides (cm). | 58 |
| Figure31 | Nombre de plants par m ² pour les différents traitements. | 60 |
| Figure32 | Nombre d'épis par m ² pour les différents traitements fongicides. | 62 |
| Figure33 | Nombre d'épillets par épi pour les différents traitements fongicides. | 64 |
| Figure34 | Nombre de grains par épi pour les différents traitements fongicides. | 66 |
| Figure35 | Poids de mille (1000) grains pour les différents traitements fongicides (g). | 68 |
| Figure36 | Rendement par hectare pour les différents traitements fongicides (Qx/ ha) | 70 |

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....01

Chapitre 1 : La culture du blé, exigences et contraintes03

1-1-Importance stratégique et économique du blé dans le monde.....03

1-2-Importance de la culture du blé en Algérie04

1-3-Caractéristiques du blé05

1-3-1- Classification botanique05

1-3-2- Structure génétique05

1-3-3- Morphologie du blé.....06

1-3-4- Physiologie du blé.....07

1-3-5- Exigences du blé07

1-4-Les principales maladies cryptogamiques des blés.....08

1-4-1- Maladies causant des symptômes localisés sur le feuillage..... 09

1-4-1-1- les septorioses du blé.....09

1-4-1-1-1- Description et préjudice.....09

1-4-1-1-2- Cycle biologique des septorioses du blé.....10

1-4-1-2- Les Rouilles11

1-4-1-2-1- Description et préjudice.....11

1-4-1-2-2-Cycle de développement des agents de rouille.....12

1-4-1-3- L'Oïdium du blé.....13

1-4-1-3-1- Description et préjudice.....13

1-4-1-3-2- Cycle biologique.....14

1-4-1-4-La Tache Auréolée du blé.....14

1-4-1-4-1- Description et préjudice.....14

| | |
|---|----|
| 1-4-1-4-2- Cycle de développement | 15 |
| 1-4-2- Maladies causant des symptômes sur les épis..... | 15 |
| 1-4-2-1- Le charbon nu du blé..... | 15 |
| 1-4-2-1-1- Description et préjudices | 15 |
| 1-4-2-1-2- Cycle biologique | 16 |
| 1-4-2-2- La carie commune du blé | 17 |
| 1-4-2-2-1- Description et préjudices..... | 17 |
| 1-4-2-2-2-Cycle biologique..... | 17 |

Chapitre 2 : Moyens de lutte contre les maladies cryptogamiques et modalités

| | |
|---|-----------|
| de traitement..... | 18 |
| 2-1- Lutte chimique..... | 18 |
| 2-1-1- Utilisation mondiale des fongicides..... | 18 |
| 2-1-2- Caractéristiques généraux des fongicides..... | 19 |
| 2-1-2-1- Présentation commerciale..... | 19 |
| 2-1-2-2- Qualité requise..... | 19 |
| 2-1-2-3- Conditions d'application des fongicides..... | 20 |
| 2-1-3- Différents types des fongicides..... | 21 |
| 2-1-3-1- Le groupe chimique..... | 21 |
| 2-1-3-2- Le mode d'action | 21 |
| 2-1-3-2-1- Mode d'action biologique..... | 21 |
| 2-1-3-2-2- Mode d'action biochimique..... | 24 |
| 2-1-3-3- Utilisation et mobilité des produits..... | 26 |
| 2-1-4- Phénomènes de résistance des champignons aux fongicides..... | 28 |
| 2-2- Lutte physique..... | 30 |
| 2-3- Lutte culturale..... | 30 |
| 2-4- Lutte biologique | 31 |

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

| | |
|-------------------------------|----|
| 3-1- Objectif de l'étude..... | 34 |
|-------------------------------|----|

| | |
|---|----|
| 3-2- Matériel végétal..... | 34 |
| 3-3- Fongicides utilisés..... | 34 |
| 3-3-1- provenance et caractéristiques des fongicides utilisés | 34 |
| 3-3-1-1-FALCON..... | 34 |
| 3-3-1-2- OPUS..... | 38 |
| 3-3-1-3- PROSARO 250 (EC)..... | 39 |
| 3-4- Description du site d'essai | 40 |
| 3-4-1- Localisation..... | 40 |
| 3-4-2- Caractéristiques climatiques..... | 40 |
| 3-4-2-1- : Pluviométrie..... | 42 |
| 3-4-2-2- : Température..... | 43 |
| 3-4-3- Caractéristiques pédologiques..... | 43 |
| 3-5- Installation et conduite de l'essai..... | 44 |
| 3-5-1- Préparation de la parcelle..... | 44 |
| 3-5-2- Mise en place de l'essai..... | 44 |
| 3-5-3- Conduite de l'essai..... | 44 |
| 3-5-4- Traitements fongicides | 46 |
| 3-6- Paramètres étudiés | 46 |
| 3-6-1- Notation des maladies..... | 46 |
| 3-6-1-1- Les principales maladies observées dans la parcelle d'essai..... | 46 |
| 3-6-1-2- La sévérité des maladies..... | 47 |
| 3-6-2- Paramètres morphologiques..... | 48 |
| 3-6-2-1- La hauteur des plantes..... | 48 |
| 3-6-3- Paramètres agronomiques..... | 48 |
| 3-6-3-1- Nombres de plants/m ² | 48 |
| 3-6-3-2- Nombre d'épis par plant..... | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 3-6-3-3- Nombre d'épillets par épi..... | 49 |
| 3-6-3-4- Nombre de grains par épi..... | 49 |
| 3-6-3-5- Poids de mille grains..... | 49 |
| 3-6-3-6- Rendement /ha..... | 49 |
| 3-7- Analyse statistiques des résultats..... | 50 |
| Chapitre 4 : Résultats et discussion..... | 51 |
| 4-1- Efficacité des fongicides utilisés contre les maladies cryptogamiques enregistrées.. | 51 |
| 4-1-1- Efficacité des produits contre la tache auréolée..... | 51 |
| 4-1-2- Efficacité des produits contre l'oïdium..... | 54 |
| 4-2- Effet du traitement sur le développement et le rendement de la culture..... | 57 |
| 4-2-1- Paramètres morphologiques..... | 57 |
| 4-2-1-1- La hauteur des plantes..... | 57 |
| 4-2-2- Paramètres agronomiques..... | 59 |
| 4-2-2-1- Nombre de plants par mètre carré..... | 59 |
| 4-2-2-2- Nombre d'épis par mètre carré..... | 61 |
| 4-2-2-3- Nombre d'épillets par épi..... | 63 |
| 4-2-2-4- Nombre de grains par épi..... | 65 |
| 4-2-2-5- Poids de 1000 grains..... | 67 |
| 4-2-2-6- Rendement par hectare..... | 69 |
| Conclusion :..... | 71 |
| Références bibliographiques. | |
| Résumé | |
| Abstract | |
| الملخص | |

Introduction :

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité, on estime que la demande s'élèvera à 1 milliard de tonnes en 2020 (**Ait Kaki, 2002**).

C'est la première céréale cultivée et largement consommée en Algérie et dans le monde (**Hamadache, 2001**). Cependant, sa production est très faible et reste loin de subvenir aux besoins des populations dans certains pays, notamment l'Algérie ; premier importateur de blé dur dans le monde (**Rejdal et Benbelkacem, 2002**) cité *in* **Zirem, 2002**).

Les faibles rendements obtenus chaque année sur ces cultures peuvent être attribués à différents facteurs abiotiques correspond aux différents stress, notamment, le stress hydrique, le stress thermique, l'excès ou carence des éléments du sol, les conditions climatiques..... ou des facteurs biotiques notamment l'attaque par les parasites et les ravageurs.

Les attaques parasitaires provoquent les maladies des cultures qui sont causées par une large gamme de macro et de micro-organismes végétaux et animaux comprenant : les insectes, les bactéries, les virus, les mauvaises herbes, les champignons,

Les maladies cryptogamiques (causées par les champignons) représentent 80% des maladies qui affectent les céréales (**Lepoivre, 2003**).

Agrios (1978) cité in Allioui (1997) signale que les maladies sont la cause de pertes annuelles de l'ordre de 135 millions de tonnes de céréales, et ce à l'échelle mondiale ; les maladies les plus répandues sont les maladies cryptogamiques, et sont celles qui causent le plus de dégâts comparativement aux autres.

Parmi les maladies cryptogamiques des céréales, certaines constituent des problèmes majeurs : cas des maladies transmises par la semence, facteur primordial de la productivité (maladies charbonneuses) et des maladies foliaires (Rouilles, Septoriose, tache auréolée et oïdium) où les pertes occasionnées par ces maladies peuvent atteindre plus de 50%. (**Rapilly, et al., 1971**).

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

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

Cette étude a pour but d'étudier l'efficacité de trois produits fongicides commercialisés en Algérie (Prosaro, Falcon et Opus) destinés à lutter contre les maladies cryptogamiques du blé.

Deux axes d'investigation sont pris en considération :

- L'efficacité des produits contre les maladies cryptogamiques.
- L'effet du traitement sur le développement et le rendement de la culture du blé (blé dur).

1- La culture du blé, exigences et contraintes :

1-1-Importance stratégique et économique du blé dans le monde :

« On ne peut pas appeler Homme d'état quelqu'un qui ignore tous les problèmes du blé »

Socrate

« Le blé est la monnaie des monnaie »

Lénine

« Dans les céréales, le secret de la réussite est de vendre moins cher que vous n'avez acheté et de faire quand même un bénéfice ».

Georges André

Les céréales constituent de loin la ressource alimentaire la plus importante au monde à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail. Le secteur des céréales est d'une importance cruciale pour les disponibilités alimentaires mondiales. La consommation de céréales par tête et par an est estimée à 171 kg /an dans le monde, elle atteint 209 Kg/ tête/ an au Proche Orient et en Afrique. **(Choueiri, 2003).**

En Méditerranée, la France est le premier producteur de blé. En 1996, elle a produit 36 millions de tonnes, et elle a enregistré les plus hauts rendements, avec 7 tonnes/ha. Des améliorations de rendements ont été obtenues un peu partout en Méditerranée et en Arabie Saoudite **(Fig. 01)**. Les plus importantes emblavures céréalières dans le monde, sont celles de la Turquie avec 14 millions d'hectares, de la France avec 8,8 millions d'hectares, de l'Espagne avec 6,7 millions d'hectares et enfin le Maroc avec 6 millions d'hectares. **(Fritas, 2012).**

Les prévisions préliminaires de la FAO (Food and Agricultural Organization) concernant la production mondiale de blé de 2013 s'établissent à 690 millions de tonnes, soit environ 28 millions de tonnes de plus qu'en 2012 et la deuxième récolte en importance jamais enregistrée. **(Anonyme, 2013).**



Figure 01 : Répartition de la production des céréales dans le monde 2013. [1]

1-2-Importance de la culture du blé en Algérie :

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins (**Kellou, 2008**).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière. (**Djermoun, 2009**).

Sur une superficie de 4,5 millions d'hectares consacrés aux cultures herbacées au cours de la campagne agricole 1997/1998, les céréales ont occupé un peu plus des 4/5 soit une superficie de l'ordre de 3,7 millions d'hectares emblavés. Le blé occupait au cours de cette campagne agricole 57 % des terres cultivées avec une superficie totale de 2,5 millions d'hectares (**Tab.01**). Cette culture est concentrée essentiellement dans la région des Hauts Plateaux dont on peut citer Oum El Bouaghi, Tiaret, Sétif. Souk Ahras, Tebessa, Sidi Bel Abbes et Saida. (**Fritas, 2012**).

Tableau 01 : Superficies cultivées en blé en 2008 dans les principales willayas Productrices de blé en Algérie (Anonyme (2008) cité in Fritas, 2012)

| Willayas | Superficies cultivées en blé (ha) |
|----------------|-----------------------------------|
| Oum el bouaghi | 116.705 |
| Tiaret | 113.338 |
| Souk Ahras | 122.000 |
| Sétif | 100.786 |
| Tebessa | 81.860 |
| Sidi bel Abbes | 42.980 |
| Batna | 37.000 |

1-3- Caractéristiques du blé :

1-3-1- Classification botanique :

Le blé dur obéit à la classification suivante (Bonjean et Picard 1990 in Allioui 1997) :

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Embranchement: | Spermaphytes. |
| Sous embranchement: | Angiospermes. |
| Classe: | Monocotylédones. |
| Ordre: | Glumiflorales. |
| Super ordre : | Comméliniflorales. |
| Famille: | Gramineae. |
| Tribu: | Triticeae. |
| Sous tribu: | Triticinae. |
| Genre: | <i>Triticum.</i> |
| Espèce: | <i>Triticum durum</i> Desf. |

1-3-2- Structure génétique :

Selon Allan (1987), on distingue des espèces de blé : le blé tendre et le blé dur. Elles appartiennent au genre *Triticum*, qui se subdivise en trois groupes distincts selon le nombre de chromosomes (Fig. 02) :

- *Triticum monococcum* : 14 chromosomes : diploïdes.
- *Triticum dicoccum (turgidum)* : 28 chromosomes : tétraploïdes, blé dur.
- *Triticum aestivum (sativum)* : 24 chromosomes : hexaploïde, blé tendre.

1-3-3- Morphologie du blé :

Selon **Hamadache (2001)** le blé comprend (**Fig. 03**) :

- ✓ Un appareil végétatif herbacé qui réunit :
 - Un système racinaire fasciculé (assez développé).
 - Une tige creuse et des feuilles engainantes.
- ✓ Une inflorescence composée d'épillets : c'est une plante autogame.
- ✓ Un fruit sec (à la fois graine et fruit) : le caryopse.

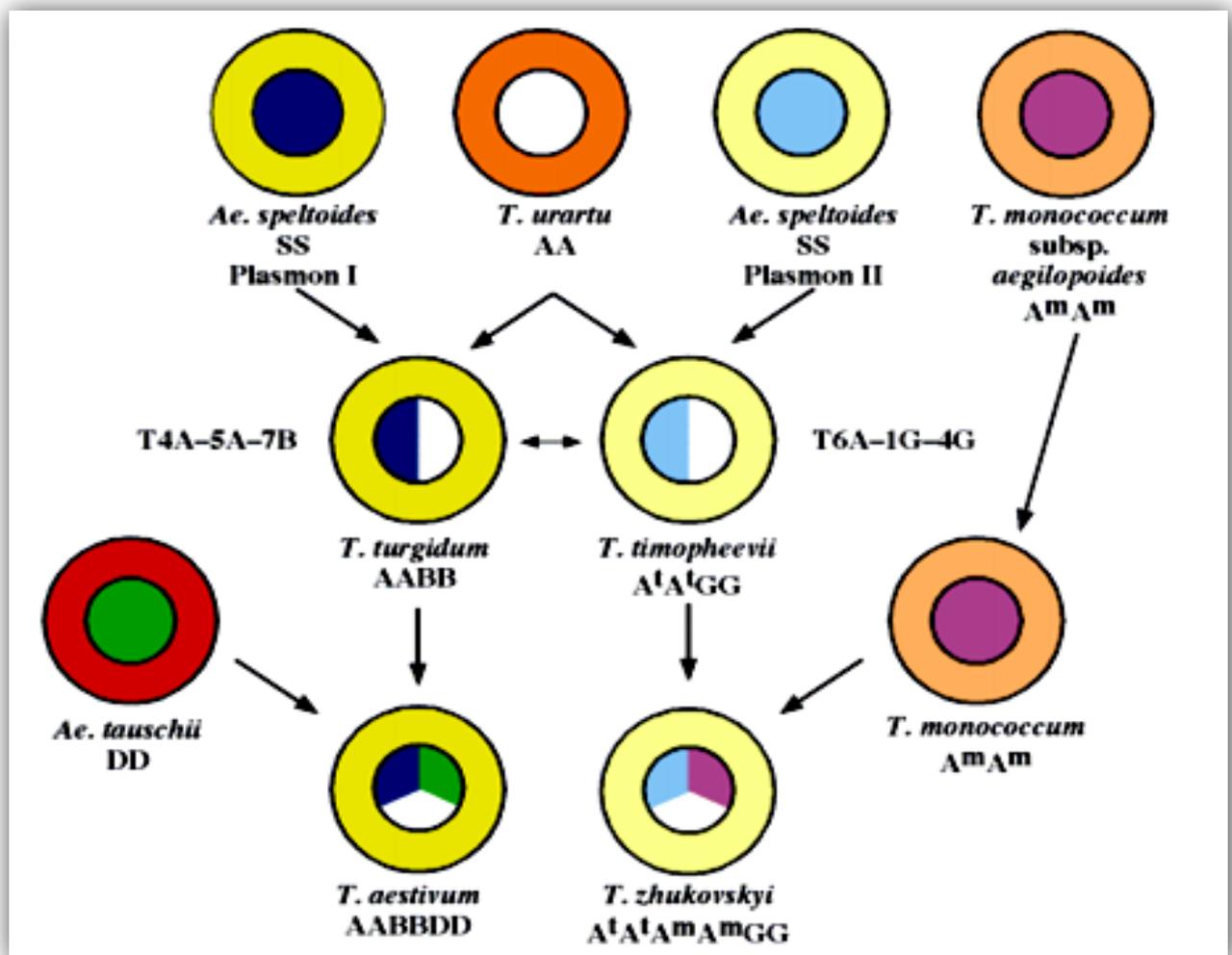


Figure 02: Origines génétiques des différentes espèces de blés (Felahi, et al., 2010).

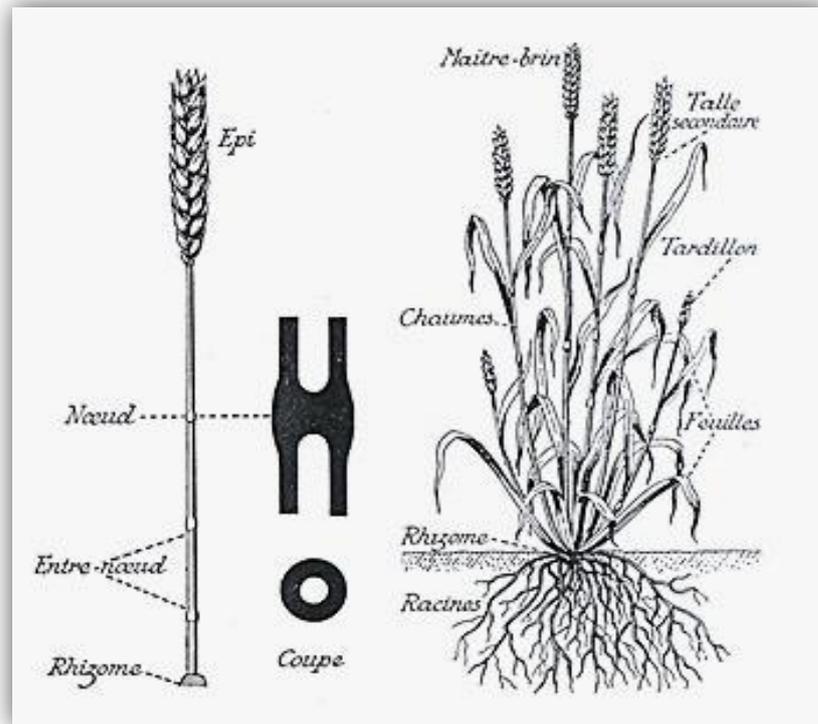


Figure 03 : morphologie du blé [2]

1-3-4- Physiologie du blé :

Selon Clément (1981), le cycle évolutif du blé se divise en trois grandes périodes (Fig. 04) :

- Période végétative : du semis au stade tallage.
- Période reproductive : du stade tallage herbacé à la floraison.
- Période de maturation : de la floraison à la récolte.

1-3-5- Exigences du blé :

- ❖ **Le sol** : le sol doit être profond (au moins 40 cm), bien ameubli et de bonne structure pour conserver l'humidité en fin de cycle. il doit être bien pourvu en calcium et riche en matière organique (Ouanzar, 2012).
- ❖ **La lumière** : de façon générale le début de croissance nécessite une faible intensité lumineuse (500 à 1000 lux) avec 12 à 16 heures de photopériodes (Clément, 1981).
- ❖ **L'eau** : la pluviométrie doit être comprise entre 400 et 600 mm par an. (I.T.G.C., 2011).
- ❖ **La température** : la température idéale pour le développement du blé est de 22 à 25°C. (Clément, 1981).

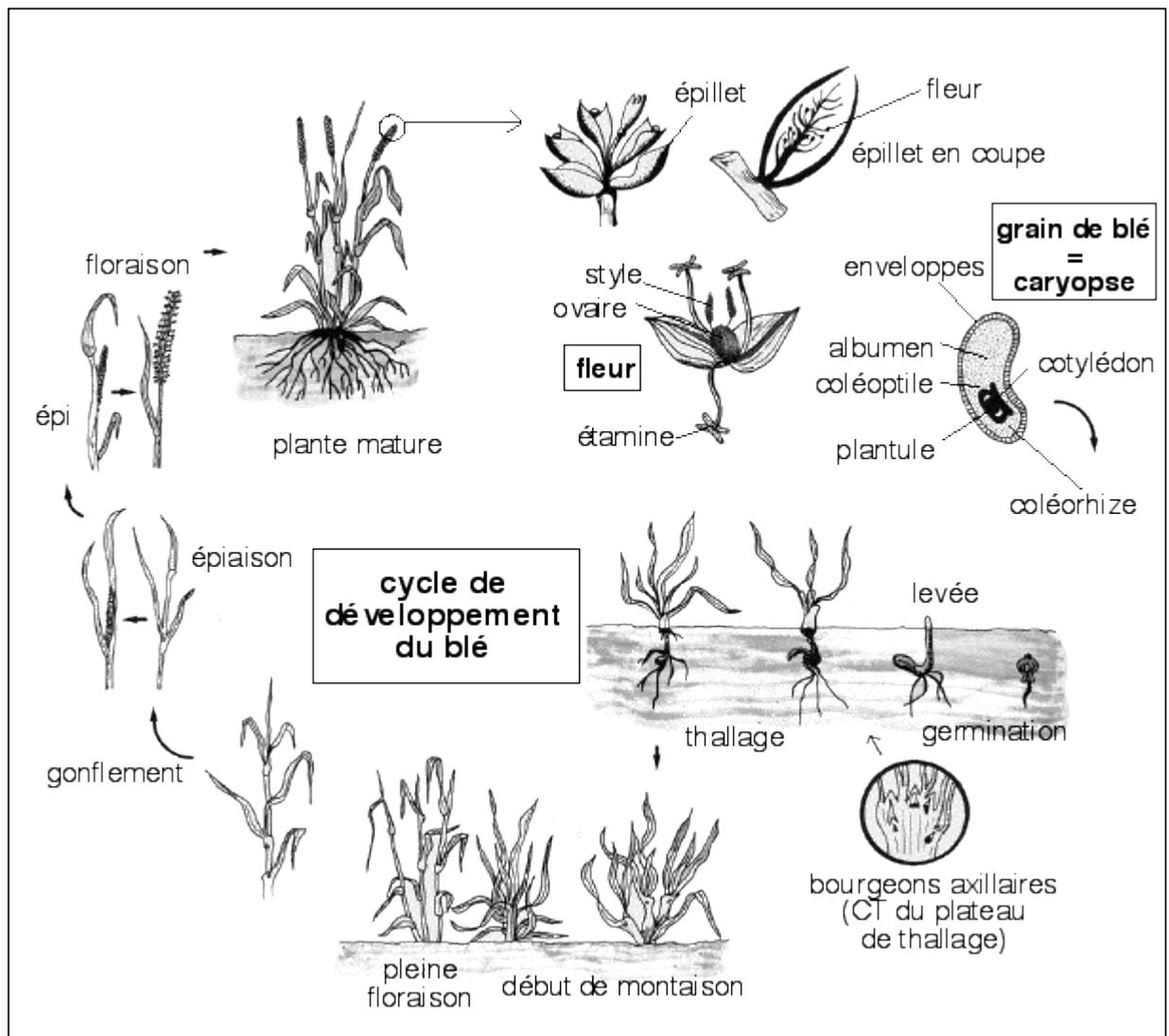


Figure 04 : le cycle de développement du blé [3].

1-4-Les principales maladies cryptogamiques des blés :

Les blés peuvent être attaqués par de multiples maladies durant leur cycle de développement, et subir des pertes de rendement importantes, surtout lorsque la variété utilisée est sensible et que les conditions de l'environnement sont favorables au développement des agents pathogènes notamment les agents cryptogamiques, les insectes, et les adventices qui causent des dégâts importants. (I.T.G.C., 2009).

Les maladies des céréales sont variées et peuvent induire des pertes entre 10 et 50 % du rendement globale si celles-ci n'ont pas subi de traitement. (**Basf, 2014 a**).

Selon **Laffont *et al.* (1985)**, les maladies des céréales se différencient selon deux critères de base :

- ✓ **Le site d'infection** : c'est-à-dire la partie de la plante qui est directement attaquée et qui par la suite entrainera indirectement des dommages sur toutes les autres parties.
- ✓ **Le mode de transmission** : qui pourra s'accomplir par l'air, le sol, ou mêmes par les semences.

En fonction de ces critères, les maladies des blés peuvent être classées en plusieurs groupes :

1-4-1- Maladies causant des symptômes localisés sur le feuillage :

1-4-1-1- les septorioses du blé :

1-4-1-1-1- Description et préjudice :

La nuisibilité et les dégâts de la septoriose peuvent atteindre jusqu'à 35 à 40 quintaux/ha en blé. La septoriose est souvent la maladie la plus fréquente et la plus préjudiciable. (**Arvalis, 2009**). Selon l'**I.T.G.C (2009)**, deux espèces de septoriose s'attaquent au blé :

➤ **Tache septorienne :**

La tache septorienne ou septoriose des feuilles (**Fig. 05**) est l'une des maladies cryptogamiques les plus répandues sur le blé. L'agent causal de cette maladie : *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*, est un champignon ascomycète ; les symptômes commencent par de petites taches de couleur brun rougeâtre irrégulières sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol. Les taches sont d'abord délimitées par les nervures pour ensuite s'étendre longitudinalement et prendre une couleur gris clair. Après l'apparition des nécroses sur le feuillage, on observe des ponctuations noires appelées pycnides.

➤ **Septoriose des feuilles et de l'épi :**

Les symptômes se manifestent sur le feuillage et sur les glumes, la gaine des feuilles et les nœuds. Sur les feuilles on peut observer des taches ovales ou lenticulaires brunes, elles peuvent être entourées d'une chlorose ou d'un jaunissement périphérique. (Fig.06).

L'agent causal, *Septoria nodorum* est un champignon ascomycète ; les attaques sont surtout observées dans les zones humides et la maladie peut être transmise par la semence.

1-4-1-1-2- Cycle biologique des septorioses du blé :

Dès l'automne, les premières contaminations sont essentiellement dues à la dissémination dans l'air des ascospores provenant des périthèces (la fructification, en forme de bouteille, renfermant les asques) formés sur les résidus de récolte. Cela entraîne la formation de pycnides qui sont des petites ponctuations noires au niveau des symptômes. Par temps humide, des spores sortent des pycnides. La pluie permet la dissémination des spores vers les étages foliaires du blé (phénomène de 'splashing'). Sur les feuilles atteintes, le pathogène peut effectuer sa phase sexuée qui aboutira à des périthèces produisant des ascospores libérées dans l'air dès l'automne. (I.T.G.C, 2012).



Figure 05: Feuille de blé infectée par la septoriose (*S. tritici*). (BASF, 2014 a).

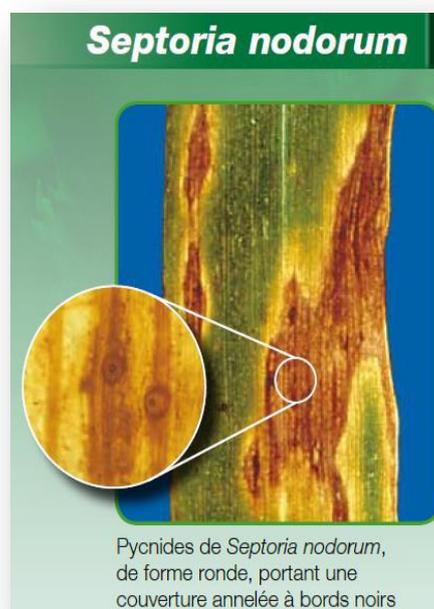


Figure 06 : Feuille de blé infectée par la septoriose (*S. nodorum*). (BASF, 2014 a).

1-4-1-2- Les Rouilles :

1-4-1-2-1- Description et préjudice :

Selon l'I.T.G.C (2009), trois espèces de rouilles s'attaquent au blé :

➤ Rouille jaune :

Arvalis (2009), signale que les pertes causées par la rouille jaune aux blés peuvent atteindre 40 à 50 quintaux/ha.

L'agent causal de la rouille jaune du blé, *Puccinia striiformis* est un champignon basidiomycète. Les symptômes apparaissent sous forme de pustules globuleuses, de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce (Fig. 07). Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles et sur les épis et les grains (I.T.G.C, 2009).



Figure 07: Feuille de blé infectée par la rouille jaune *Puccinia striiformis*. (BASF, 2014 a).

➤ Rouille brune :

La rouille brune a une nuisibilité forte, et les pertes occasionnées par cette maladie peuvent atteindre 40 à 50 quintaux/ha dans les cas les plus graves. (Arvalis, 2009). L'agent causal est : *Puccinia recondita*. Les symptômes sous forme de petites pustules circulaires ou ovales, de couleur orange ou brune (urédospores), apparaissent sur la face supérieure et parfois sur la face inférieure des feuilles (Fig. 08). En fin de saison ces pustules prennent une couleur noire (téleospores), ces spores constituent les spores de conservation du champignon, qui en absence du blé (hôte principal) se conservent sur des plantes vivaces (*Anchusa italica* : Bouglosse d'Italie

ou fausse bourrache), qui jouent le rôle d'hôte alternatif lui permettant d'accomplir son cycle végétatif. (I.T.G.C., 2009).



Figure 08 : Feuille de blé infectée par la rouille brune
Puccinia recondita [4].

➤ **Rouille noire ou rouille des tiges :**

La maladie est rare, mais peut se développer en fin de saison. Les pertes associées à la maladie sont actuellement minimales.

L'agent causal est *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. Les symptômes apparaissent sous forme de pustules plus longues que celles de la rouille brune, de couleur rouge-brique à marron foncé (Fig. 09), et se développent sur les feuilles, les tiges et les épis. L'hôte alternatif est *Berberis vulgaris* (épine vinette).

1-4-1-2-2-Cycle de développement des agents de rouilles :

Les contaminations primaires sont dues à des urédospores, spores émises à proximité de la parcelle par des repousses de céréales ou des graminées sauvages. Les pustules sur les feuilles contiennent des urédospores qui disséminées par le vent sont à l'origine de nouvelles contaminations. La germination des urédospores est optimale entre 15° et 20°, en présence d'eau libre. Au-delà de 30°, la maladie ne se développe plus. En fin de cycle, les téléospores (pustules noires) apparaissent. Ces organes contiennent des spores et constituent une forme de

conservation du champignon. En fonction des conditions climatiques, les cycles de champignon se succèdent plus ou moins rapidement. (I.T.G.C, 2012).



Figure 09 : Tige du blé infectée par la rouille noire *Puccinia graminis* f.sp.*tritici* [5]

1-4-1-3- L'Oïdium du blé :

1-4-1-3-1- Description et préjudice :

La nuisibilité de l'oïdium est beaucoup plus faible que celle de la septoriose et des rouilles, et les pertes engendrées sont de l'ordre de 0 à 10 quintaux/ha en blé. (Arvalis, 2009).

Les souches d'oïdium qui attaquent le blé ne sont pas les mêmes que celles s'installant sur d'autres cultures.

L'agent causal de l'oïdium, *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici* est un champignon ascomycète. Les premiers symptômes apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs (Fig. 10). Les cléistothèces (Fig. 11) constituent la forme de conservation de l'agent pathogène. En cas d'attaque sévère les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles et les glumes des épis (Fig. 12). L'oïdium est une maladie non transmissible par la semence. (I.T.G.C., 2009).

1-4-1-3-2- Cycle biologique :

La contamination primaire est due à deux types de spores : les conidies et les ascospores. Les conidies, issues de graminées contaminées, sont disséminées par le vent. Les ascospores, issues de périthèces (organes de conservation et fructification du champignon), sont présentes sur les débris de récolte. Sur la plante contaminée, la spore germée donne naissance à un mycélium et à des conidiospores qui donneront les conidies ; ils sont à l'origine des pustules cotonneuses blanches présentes sur les parties aériennes de la plante. Les conidies, disséminées par les vents, provoquent de nouvelles contaminations. En vieillissant, le champignon forme des périthèces. (I.T.G.C, 2012).



Figure 10 : 1^{ers} symptômes Sur feuille de blé [6].



Figure 11: oïdium avec Cléistothèces sur blé [7].



Figure 12: oïdium sur épi et feuille de blé [8].

1-4-1-4-La Tache Auréolée du blé :

1-4-1-4-1- Description et préjudice :

L'augmentation de la fréquence de la maladie est favorisée par les pratiques de conservation des sols. La tache auréolée hiverne sur la paille. L'infection demande au moins six heures de temps pluvieux, et des températures oscillantes de 15 à 28°C (Lacroix, 2008).

Selon le même auteur l'agent causal de la tache auréolée *Pyrenophora tritici-repentis*, la tache est brune, ovale et habituellement entourée par un halo jaune (Fig. 13). Un point brun

foncé est souvent présent au centre de la tâche. Les feuilles prématurément infectées fanent et tombent. Elle apparait plut tôt que la septoriose.

1-4-1-4-2- Cycle de développement :

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 du blé. A partir de cette infection, des symptômes se développent en produisant d'autre 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 (**Lacroix, 2008**).



Figure 13 : Feuille du blé infectée par la tache auréolée *Pyrenophora tritici-repentis* [9].

1-4-2- Maladies causant des symptômes sur les épis :

1-4-2-1- Le charbon nu du blé :

1-4-2-1-1- Description et préjudices :

Ezzahiri (2001) signale que, le charbon nu se développe aussi bien sur le blé tendre que sur le blé dur.

L'agent causal de cette maladie *Ustilago tritici*, est un champignon basidiomycète.

Les symptômes sont observables entre la floraison et la maturité. Les épis atteints sont noirs et apparaissent plus tôt que les épis sains (**Fig. 14**). Les épillets des plantes malades sont transformés en amas de spores brun olive foncé à noirs, les enveloppes de la graine ainsi que leur contenu sont remplacés par une masse de spores noires. Cette maladie se transmet par la semence. (**I.T.G.C., 2009**).



Figure 14 : charbon nu du blé *Ustilago tritici*. [10]

1-4-2-1-2- Cycle biologique :

Le mycélium se développe dans la plantule puis envahit les ébauches florales, les symptômes de la maladie s'extériorisent à l'épiaison. Les spores, disséminées par le vent sur les épis sains situés à proximité (jusqu'à 1,50 m), germent sur les stigmates des fleurs et émettent un filament qui pénètre dans l'embryon. Si le grain contaminé est utilisé comme semence, le champignon, présent à l'intérieur du grain, reprend son activité dès la germination. Il est parfois possible de trouver des grains bien formés, d'apparence normale, sur lesquels on observe seulement quelques agglomérations de chlamydospores. (**Lacroix, 2008**).

1-4-2-2- La carie commune du blé :

1-4-2-2-1- Description et préjudices :

La carie commune du blé était une maladie causée par un champignon basidiomycète : *Tilletia caries* ; *Tilletia foetida*. Les symptômes apparaissent au stade de remplissage du grain, le contenu de celui-ci est transformé en une masse poudreuse noire (**Fig.15**). Parmi les signes indiquant la présence d'épis cariés au niveau d'un champ au moment de remplissage du grain on cite : la couleur vert foncé des glumes et des glumelles, l'écartement des épillets du rachis, les plants infestés sont souvent plus courts que les plants sains et de couleur plus foncée (**Fig.16**). La carie est une maladie transmise par la semence. (**I.T.G.C., 2009**).



Figure 15 : grains cariés du blé [11]



Figure 16 : épi du blé carié (à droite) comparé à un épi sain (à gauche) [12]

1-4-2-2-2-Cycle biologique:

Lacroix (2008), signale que les spores du champignon se conservent dans le sol ou sur les semences. Elles donnent naissance à un mycélium qui pénètre la plantule dès la germination de la graine, puis progresse vers l'ébauche de l'épi. La contamination s'effectue au moment de la récolte à partir des spores contenues dans les grains infectés.

2- Moyens de lutte contre les maladies cryptogamiques et modalités de traitement :

2-1- Lutte chimique :

La protection contre les maladies demeure une des interventions les plus importantes dans la conduite des céréales. La rentabilité de la culture en est directement liée (**Dibet, 2013**).

Si les causes de ces maladies étaient énigmatiques, il semble bien que certaines mesures pour assurer la protection étaient préconisées. En effet, mille ans avant Jésus-Christ, HOMERE paraît connaître les qualités biologiques du soufre. DEMOCRITE, cinq siècles plus tard, recommande la pulvérisation d'huile d'olive sur les plantes pour empêcher le développement des maladies cryptogamiques (**Lhoste, 1960**).

PLINE préconise, dans le même but, la macération des semences dans un mélange de vin et de feuilles de cyprès triturées. Ces méthodes, dont l'efficacité n'a pas été contrôlée récemment, ne sont pas tellement éloignées de celles que l'on préconise aujourd'hui: utilisation des huiles minérales comme support de fongicides ou d'extraits antibiotiques de végétaux (**Lhoste, 1960**).

2-1-1- Utilisation mondiale des fongicides :

Selon **Zuber et Marcou (1954)**, au XVII^{ème} et surtout au XVIII^{ème} siècle, c'est l'époque des grandes découvertes dans les fongicides et particulièrement dans le domaine des traitements des semences de blé contre la carie.

Le sulfate de cuivre est préconisé par SCHULTHESS en 1761. PROUST en 1800, étudie ce mélange qui portera plus tard le nom de bouillie bordelaise (**Lhoste, 1961**).

Actuellement, les fongicides représentent plus de 40 % du marché avec la marque « TOUTIA » qui est d'ailleurs devenu une marque générique pour désigner les fongicides et dont l'efficacité est reconnue. (**Boulahbal, 1995**).

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

2-1-2- Caractéristiques généraux des fongicides :

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

2-1-2-1- Présentation commerciale :

Une spécialité fongicide se compose de matière active dont la nature et la teneur peut varier, et aussi d'autres substances telles que les supports, les solvants, les émulsifiants, les mouillants et divers adjuvants (Brique et Bahi, 2002).

Selon Corbaz (1990), les produits sont mis en vente sous quatre formes principales :

- ✓ **Les émulsions « Concentré émulsionnable (EC) », Emulsion de type huileux (EO), Emulsion de type aqueux (EW) » :** la matière active est en suspension dans un liquide.
- ✓ **Les granulés « Granulés solubles dans l'eau (SG), Granulés à disperser dans l'eau (WG) » :** sont plutôt réservés aux insecticides, mais quelque fois contiennent des fongicides, ils permettent d'épandre la substance au pied des plantes et représentent donc une économie de matière active/ha.
- ✓ **Le poudrage « poudre soluble dans l'eau (SP), poudre mouillable (WP) » :** contiennent en générale, excepté pour certaines spécialités, moins de 10% de la matière active mélangée à des charges inertes constituant la masse de la présentation commerciale.
- ✓ **Les pâtes et crèmes :** la substance fongicide est mélangée avec des produits semi liquide se dissolvant très facilement dans l'eau et dont l'application est pratique pour effectuer les traitements cicatrisants ou de protection des blessures.

2-1-2-2- Qualité requises :

Pour qu'un fongicide soit reconnu valable, il doit être homologué par les stations de recherches agronomiques qui leur attribuent un numéro de vente. Dekhil (1998) signale qu'un produit de bonne qualité doit avoir les caractéristiques suivantes :

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

2-1-2-3- Conditions d'application des fongicides :

Pour traiter, l'agriculteur doit choisir, quand et comment le produit peut être utilisé avec le maximum d'efficacité et de sécurité. **Polaris (2004)**, rapporte que le traitement phytosanitaire doit être effectué en prenant en considération plusieurs facteurs :

❖ Selon la météo :

Les conditions météorologiques doivent être favorables :

- Température : le traitement doit être appliqué pendant les heures les moins chaudes de la journée, tôt le matin ou en fin d'après-midi.

- Pas de vent.

- Pas de pluie

Pour avoir des précisions, il est recommandé de consulter le bulletin météorologique avant tout traitement.

❖ Selon la dose de produit :

Lors des préparations ou des recharges de bouillies, il faut respecter les doses calculées en mesurant avec éprouvette ou un verre doseur.

❖ Selon la bonne application de la bouillie :

- Il faut veiller au bon fonctionnement du matériel de traitement à intervalles réguliers : matériel adapté, en bon état et bien réglé.

- Il faut respecter les conditions d'épandage trouvées lors de l'étalonnage : vitesse d'avancement et largeur.

- Il faut utiliser la bouillie dans un délai de 24 heures. Au-delà, elle est inefficace.

❖ **Ne pas traiter à proximité de points d'eau.**

2-1-3- Différents types des fongicides :

Selon **Moreau (2008)**, les fongicides peuvent être classés en fonction de plusieurs critères :

- La matière chimique (la matière active ou groupe chimique).
- Le mode d'action sur le parasite.
- L'utilisation et la mobilité des produits.

2-1-3-1- Le groupe chimique :

Boulif (1992) signale que, le groupe chimique caractérise des produits possédant des caractéristiques chimiques communes et partageant le même mode d'action vis-à-vis du pathogène. Les triazoles par exemple inhibent la biosynthèse des stérols indispensables à une bonne intégrité membranaire. Nous pouvons distinguer les grands groupes suivants :

- Les Dithiocarbamates (Manèbe et Mancozèbe, Zinebe).
- Les composés Benzoïques (Pentachloronitrobenzène ou PCNB).
- Les Benzimidazoles (les azoles tels que : Propiconazole, Cyproconazole et Flusilazole).
- Les Dicarboximides (Iprodine, Vinclosoline).
- Les phénylamides (Metalaxyl).
- Les phtalimides (Captafol, Captane).
- Les Nitrophénols (Dinocap).
- Les Fongicides minéraux (Cuivré).

2-1-3-2- Le mode d'action :

2-1-3-2-1- Mode d'action biologique :

Rocher (2004), signale que les substances antiparasitaires (principalement antifongiques) peuvent être classées en deux catégories selon qu'elles agissent sur un petit nombre de sites (unisites ou oligosites) ou qu'elles possèdent de nombreux sites d'actions (multisites).

Selon le même auteur, la plupart des molécules actives de la phytopharmacie agissent par toxicité directe à l'égard des agents pathogènes, quelques-unes cependant interfèrent avec l'établissement ou le déroulement normal de la relation parasitaire compatible :

✓ les fongicides à sites d'action multiple

Ce sont les produits les plus utilisés et constituent souvent des produits non spécifiques possédant l'avantage de ne pas développer des phénomènes de résistance (**Simon et al., 1994**).

Ce groupe rassemble les produits minéraux à base de cuivre et de soufre, les organomèrcuriques, les dithiocarbamates, les phtalimides ..., ils sont réservés à la protection externe préventive, leur activité antifongique, inhibe essentiellement la production et/ou les transferts de l'énergie chez les champignons, et leurs effets sont plus marqués sur la germination des spores que sur la croissance mycélienne : associés au catabolisme des substances de réserves (lipides et glucides).

Certains d'entre eux interfèrent avec les processus respiratoires et peuvent inactiver les enzymes et les coenzymes impliquées (**Meeus, 1993**).

Les principales réserves d'énergie étant constituées de lipides et de polysaccharides, il apparaît que la CO-enzyme-A-sulphydrile (COASH) représente un site privilégié de tels fongicides de même que la triose-phosphate déshydrogénase et le système pyruvate déshydrogénase (**Semal, 1989**).

Ces substances agissent de manière non spécifique avec différents constituants essentiels des cellules vivantes. On peut alors observer des perturbations aussi bien au niveau des membranes cellulaires qu'au niveau des processus respiratoires et des biosynthèses. La multiplicité des modes d'actions rend pratiquement impossible l'apparition de phénomènes de résistance. (**Simon et al., 1994**).

✓ **Les fongicides à site d'action unique :**

Semal (1989) signale que, ces fongicides sont des substances systémiques pénétrant par les racines ou les feuilles, et sont réparties dans la plante par l'intermédiaire du système vasculaire. Ces composés sont dépourvus de toxicité vis-à-vis du parasite et agissent sur un nombre très limité de cibles (oligosites), souvent même sur une seule (unisites).

Selon **Heaney (1993)**, sur le mode d'action biologique on peut regrouper plusieurs familles chimiques (**Tab. 02**).

2-1-3-2-2- Mode d'action biochimique :

Selon **Youbi (2005)**, le mode d'action biochimique d'un fongicide relève de la manière dont il affecte et contrôle les champignons pathogènes. Cela se traduit le plus souvent par une des manifestations suivantes (**Fig.17**) :

➤ **Effets cytologiques :**

✓ **Inhibition de la synthèse des parois :**

Il s'agit de l'inhibition de la synthèse des chitines, glucanes, etc... Selon **Semal (1989)**, 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.

✓ **Inhibition de la synthèse des protéines :**

De nombreux antibiotiques sont actifs contre les bactéries et les champignons. **Leroux (1993)**, signale que la résistance des champignons résulte d'une pénétration réduite de ces antibiotiques dans la cellule fongique ou provient de modifications de sites récepteurs au niveau des ribosomes.

Tableau 02 : fongicides classés selon leur mode d'action (Heaney, 1993).

| Fongicides uni-sites | Fongicides multi-sites |
|---|---|
| <p>Benzimidazoles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Précurseurs de la carbendazine. Benomyl Carbendazime Thiophanate méthyl Méthyl thiophanate • Non précurseurs de la carbendazine Thiabendazole Fuberidazole <p>Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols (DIM)</p> <p>Imidazoles imazalil Prochloraze</p> <p>Piperazines triforine</p> <p>Pyrimidines nuarimol</p> <p>Triazoles Bromuconazole</p> <p> Cyproconazole Difenoconazole Diniconazole Epoxiconazole Fenbuconazole Flusilazol Flutriafol Hexaconazole Metconazole Propiconazole Tebuconazole Tetraconazole Triadimefon Triadimenol</p> <p>Morpholines/Piperidine</p> <p>Fenpropimorphe Tridemarphe Fenpropidine</p> <p>Hydroxypyrimidines</p> <p>Ethirimol</p> <p>Carboxamides</p> <p>Caeboxine</p> <p>Organophosphates</p> <p>Pyrazophos</p> <p>Phenyl pyroles</p> <p>fencpionil</p> | <p>Phthalimides</p> <p>Captane</p> <p>Phthalonitriles</p> <p>Chlorothalonil</p> <p>Dithiocarbomates</p> <p>Mancozèbe Manèbe Polyram Propinebe Thirame Zinèbe</p> <p>Triazine</p> <p>Anilazine</p> <p>Soufre</p> <p>Cuivre</p> |

✓ **Inhibition de la synthèse des lipides :**

La membrane lipoprotéique des cellules fongiques contient des stérols, divers antifongiques agissent au niveau d'une étape de la biosynthèse de l'ergostérol, et affectent la formation de l'haustorium. On distingue deux groupes de matières actives en fonction de la cible enzymatique visée dans la biosynthèse des lipides :

- **Groupe 1 :** inhibiteurs de la synthèse des stérols au niveau de la C 14 diméthylase.
- **Groupe 2 :** inhibiteurs de la synthèse des stérols en provoquant l'accumulation des stérols non méthylés.

✓ **Interférence avec la synthèse des acides ribonucléiques :**

Les hydroxypyrimidines (ethirimol, 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**).

✓ **Composés agissants sur la synthèse des hormones de croissance :**

Certains produits fongicides perturbent la synthèse des hormones de croissance, tels que les triarimols et les fenarimols (**Messadia, 2005**).

Au cours de la synthèse des gibbérellines la transformation du Kaurène en Kaurénol par oxydation d'un méthyle serait bloquée par ces produits (**Hennouni, 2012**).

➤ **Effets physiologiques :**

✓ **Inhibiteurs de la chaîne respiratoire :**

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 (**Mechara et Acila, 1999**).

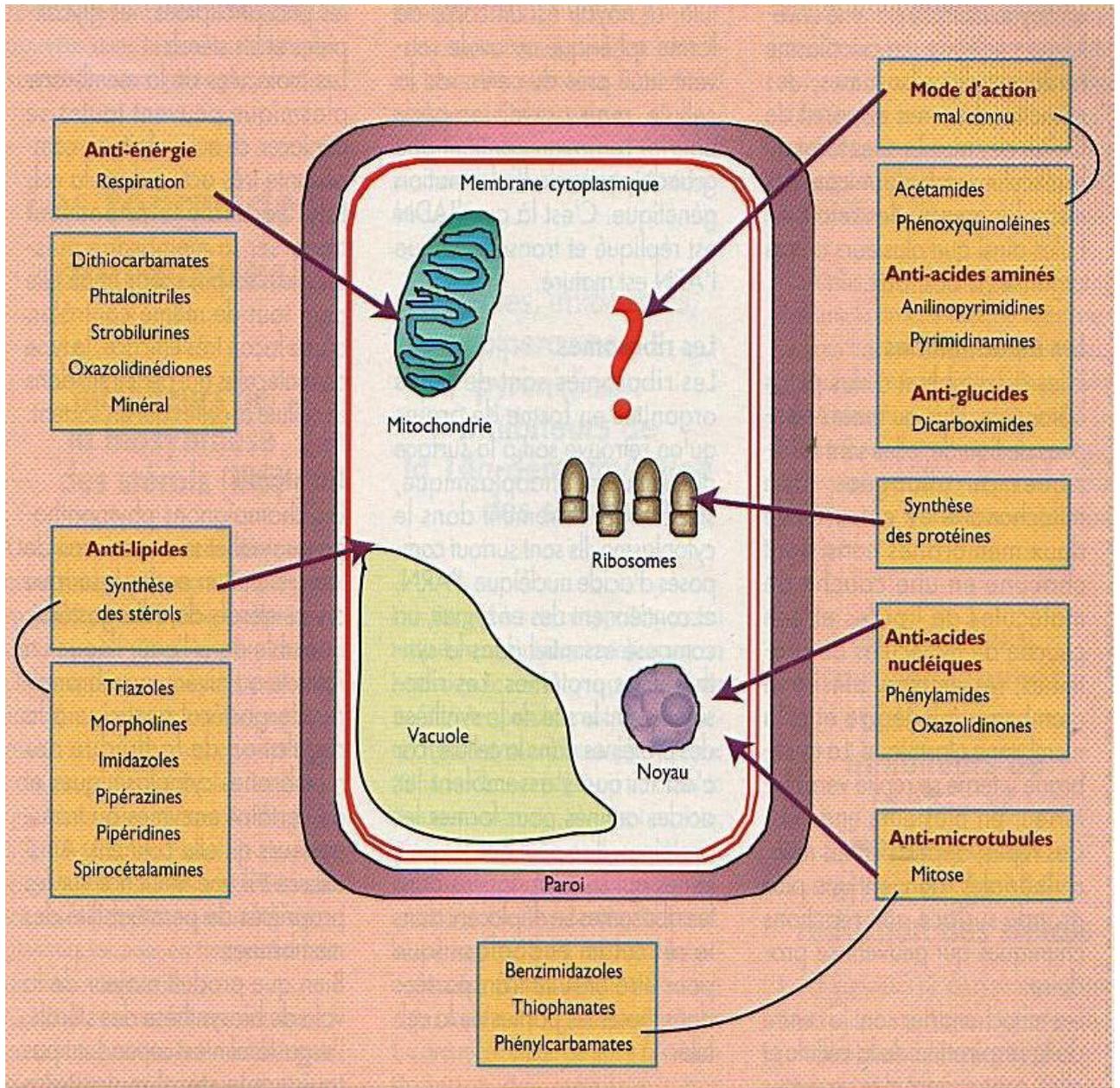


Figure 17: Modes d'action biochimiques des fongicides des céréales. (Couvreur, 2002).

➤ **Effets morphologiques :**

Gastou (1970), signale que les fongicides provoquent des anomalies du mycélium, des malformations peuvent en résulter donnant des champignons à morphologie aberrante et entravent leur développement.

2-1-3-3- Utilisation et mobilité des produits :

La mobilité de la substance antifongique au niveau de la plante varie selon qu'il s'agisse de fongicides systémiques ou non systémiques (**Youbi, 2005**) :

✓ **Les fongicides non systémiques :**

• **Fongicides de contact :**

Ils assurent une protection au niveau des sites de leur application (**Fig.18**) ; il semble que les champignons seraient inhibés dans les premières phases de germination des spores et de développement mycélien ; mais la plupart 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 (**Simon et al., 1994**).

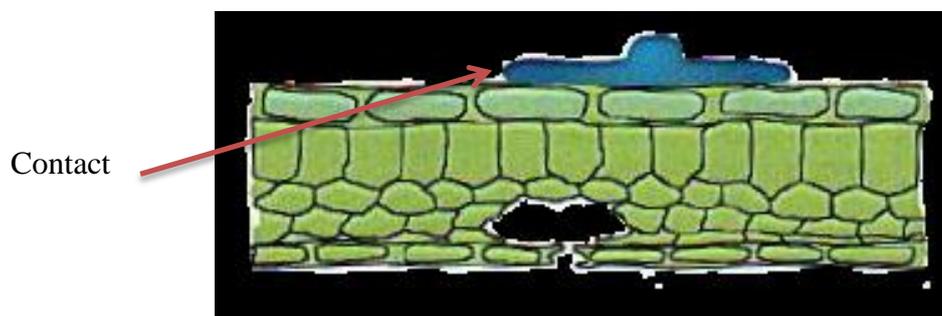


Figure 18 : Action du fongicide par contact (**Couvreur, 2002**).

- **Fongicides pénétrants :**

Ils tuent une infection installée au niveau du site d'application grâce à une action au niveau des assises cellulaires (**Fig.19**), sous-jacentes aux surfaces traitées (**Meeus, 1993**).

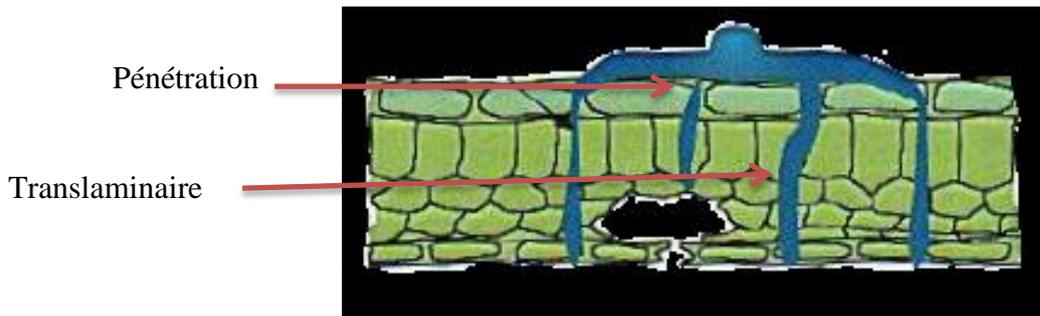


Figure 19 : Action du fongicide par pénétration (**Couvreur, 2002**)

- ✓ **Fongicides systémiques :**

Les fongicides systémiques typiques sont absorbés par les feuilles, les tiges ou les racines (**Fig. 20**), et sont ensuite répartis au niveau de toute la plante par le biais de ses tissus conducteurs ce qui permet la protection des parties non traitées et celles émergées après l'application du fongicide (**Youbi, 2005**).

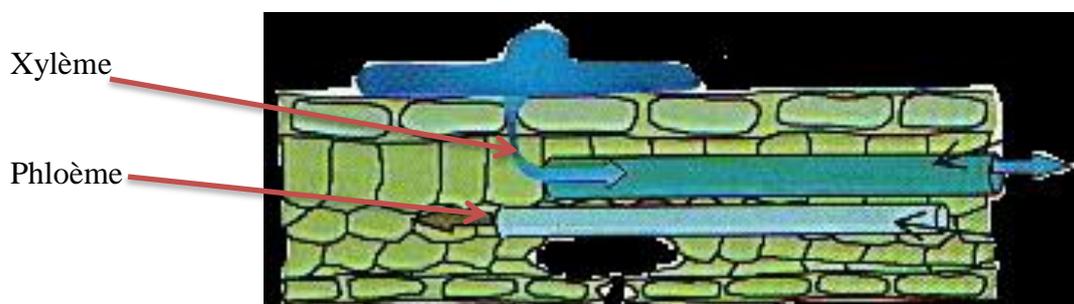


Figure 20 : Action systémique du fongicide (**Couvreur, 2002**).

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

- **Fongicides préventifs :**

Traitement qui consiste à intervenir avant l'apparition des symptômes de la maladie.

- **Fongicides curatifs :**

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

2-1-4- Phénomènes de résistance des champignons aux fongicides :

La lutte chimique basée sur la toxicité directe à l'égard des agents pathogènes des végétaux est confrontée à plusieurs problèmes majeurs. Actuellement dès qu'un traitement fongicide n'apporte pas l'efficacité escomptée, on pense être en présence d'un phénomène de résistance (**Semal, 1989**).

La résistance à un fongicide correspond à une modification génétique d'un pathogène qui devient moins sensible à une substance active donnée (**Leroux, 1981**).

Selon **Leroux (1993)**, la plupart des fongicides performants sont ou risquent d'être touchés par ce phénomène. Le même auteur, relève que : la résistance des champignons phytopathogènes aux toxiques est déterminée par des gènes chromosomiques : un seul gène (déterminisme monogénique) ou peut être conférée à la présence simultanée de plusieurs gènes (déterminisme polygénique).

Leroux (1981), 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 disséminables 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 (**Hennouni, 2012**).

2-2- Lutte physique :

Selon **Seguin (1995)**, pour lutter contre les maladies cryptogamiques des plantes il faut empêcher la conservation des agents pathogènes 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.

2-3- Lutte culturale :

Une protection réussie de la culture du blé se base sur l'utilisation de semences saines, un sol propre et le choix de variétés résistantes.

La résistance variétale quand elle existe, reste la méthode de lutte la plus économique et la plus pratique contre les maladies foliaires du blé (**Ezzahiri, 2001**).

La rotation culturale qui consiste en un système faisant alterner sur la même parcelle culturale des céréales et des productions fourragères a un rôle très important dans la lutte culturale pour interrompre le cycle de vie des champignons et celui des mauvaises herbes, et peut également faire augmenter le rendement, le taux de matière organique dans le sol et la disponibilité de l'azote si elle comprend des légumineuses fixatrices d'azote (**Messadia, 2005**).

2-4- Lutte biologique :

Selon **Fritas (2012)**, la lutte biologique est une méthode qui consiste à combattre un ravageur, par l'utilisation ou la promotion de ses ennemis naturels, ou une maladie, en favorisant ses antagonistes. La lutte biologique est surtout dirigée contre les ravageurs (insectes, acariens et nématodes). On considère comme étant des ennemis naturels des ravageurs des cultures les organismes prédateurs, parasitoïdes ou infectieux (champignons entomophages, viroses) limitant la fréquence et la sévérité des pullulations. C'est la méthode de lutte recommandée en agriculture biologique.

Selon le même auteur, pour certains, la résistance génétique de la plante-hôte constitue une méthode non chimique de lutte qui ne relève pas spécifiquement des méthodes de lutte biologique au sens strict, alors pour que d'autres, cette résistance génétique doit être considérée comme un, sinon le principal, moyen de lutte biologique.

Les biopesticides sont des dérivés de matériels naturels tels que les animaux, les plantes, les bactéries.... Elles se divisent en trois catégories (**Couvreur, 2002**) :

- **Les pesticides microbiens :** dont l'ingrédient actif est un microorganisme (bactérie, champignon, algue) ou un virus (**Tab. 03**).

- **Les pesticides d'origine végétale :** y compris les molécules que les plantes transgéniques produisent après l'incorporation d'un transgène, telles que, la protéine de *Bacillus thuringiensis* ou une chitinase d'origine végétale (**Tab. 04**).

Tableau 03 : fongicides microbiens (Duval, 2013).

| Organisme (s) | Produit (s) | Usage |
|---|--|--|
| <i>Bacillus subtilis</i> et autres <i>Bacillus</i> | Serenade, Rhapsody, Subtilex, Integral, Jazz, Biotak, Microflora, Viridis, Taegro | Général |
| <i>Gliocladium catenulatum</i> | Prestop | Botrytis, chancre des tiges en serre, fontes de semis. |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | Rootshield | Fontes de semis et maladies racinaires. |
| <i>Streptomyces griseoviridis</i> | Mycostop | Fontes de semis, fusariose, botrytis, phytophthora. |
| <i>Streptomyces lydicus</i> | Actinovate | Botrytis, oïdium. |
| <i>Pantoea agglomerans</i> | Bloomtime | Brûlure bactérienne. |
| <i>Pseudomonas</i> | Blightban, Bio-Save | Brûlure bactérienne, maladies d'entreposage. |
| <i>Coniothyrium minitans</i> | Contans | <i>Sclérotinia</i> . |

Tableau 04: Fongicides dérivés de substances végétales ou animales (Duval, 2013).

| Extrait de | Produit | Usage |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Ail | Influence | Blanc en serre |
| Acide lactique, etc. | Tivano (organo-san) | Blanc, taches bactériennes |
| <i>Reynoutria sachalinensis</i> | Regalia Maxx | Blanc, gale, Botrytis |
| <i>Chenopodium quinoa</i> | Heads Up | <i>Rhizoctonia</i> |
| <i>Brassica juncea</i> | MPT Mustro | Stèle rouge, Phytophthora |

- **Les pesticides biochimiques** : sont des substances naturelles ne présentant pas de toxicité directe vis-à-vis des ravageurs et des phytopathogènes, mais qui interfèrent avec leur croissance ou leur reproduction (substances hormonales chez les insectes, attractifs,...), (**Tab. 05**).

Tableau 05: Fongicides minéraux / chimiques (**Duval, 2013**).

| Substance | Produit | Usage |
|-------------------------------|---------------------------------|--|
| Polysulfure de calcium | Chaux soufrée (Lime sulfure) | Blanc, rouille, brûlure des dards, tavelure, général |
| Soufre microfin ou mouillable | Kumulus, soufre de jardin | Blanc, botrytis (attention à la phytotoxicité!) |
| Hydroxyde de cuivre | Parasol, Kocide | Général |
| Cuivre fixe (oxychlorure) | Copper Spray, Guardsman | Général |
| Sulfate de cuivre | Cuivre 53M | Général |

3- Matériel et méthodes :

3-1- Objectif de l'étude :

Le but de cette étude est de comparer l'efficacité de quelques fongicides commercialisés en Algérie et utilisés pour le traitement foliaire contre différentes maladies fongiques du blé.

Les produits faisant l'objet de cette étude appartiennent au groupe des fongicides systémiques (PROSARO 250 EC, OPUS et FALCON).

3-2- Matériel végétal :

Le matériel végétatif est représenté par une seule variété de blé dur GTA dur fourni par l'ITGC de Guelma, la semence utilisée pour l'essai est une récolte de la campagne précédente (2012-2013). Ses caractéristiques sont indiquées dans le tableau 06 :

3-3- Fongicides utilisés :

3-3-1- provenance et caractéristiques des fongicides utilisés :

3-3-1-1-FALCON:

Ce produit est fourni par la société Bayer Cropscience, vendu dans des emballages de cinq litres du produit en suspension (**Fig. 21**).



Figure 21 : Présentation commerciale du produit fongicide FALCON. [13]

Tableau 06 : Caractéristiques de la variété GTA dur (I.T.G.C. 2012).

| | |
|--|--|
| Origine | Mexique |
| Année d'inscription | 2001 |
| Pedigree | <i>Gaviota Durum</i> |
| <p>Désignation du caractère :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Coléoptiles : pigmentation anthocyanique -Première feuille : pigmentation anthocyanique -Plante : port au tallage -Plante : fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante. -Epoque d'épiaison : 1^{er} épillet visible sur 50% des plantes. -Dernière feuille : Glaucescence de la gaine. -Dernière feuille : Glaucescence du limbe. -Barbes : pigmentation anthocyanique. -Tige : Pilosité du dernier nœud. -Tige : Glaucescence du Col de l'épi. -Epi : Glaucescence. -Plante : Hauteur (Tige, épi et barbe). -Barbes : Distribution des barbes -Barbes : dépassant l'extrémité de l'épi. -Glume inférieure : forme (Epillet au tiers moyen de l'épi). -Glume inférieure : forme de troncature. -Glume inférieure : largeur de troncature. -Glume inférieure : longueur du bec. -Glume inférieure : forme du bec légèrement. -Glume inférieure : Pilosité de la face externe. -Paille : Moelle en section transversale (mi-chemin entre l'épi et le nœud). -Barbes : Couleur -Epi : longueur à l'exclusion des barbes. -Epi : Pilosité du Bord du 1^{er} article de rachis. -Epi : couleur (à maturité). -Epi : forme en vue de profil. -Epi : compacité. -Grain : forme. -Grain : longueur des poils de la brosse vue dorsale. -Grain : coloration au phénol. -Type de développement : | <p>Niveau d'expression :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Nulle à très faible. - Nulle à très faible. -Mi- dressé. -Faible. -Précoce. -Moyenne. -Faible. -Nulle à très faible. -Nulle à très faible. -Moyenne. -Faible. -Moyenne. -Sur toute la longueur -Plus longue. -Allongée -Echancrée. -Moyenne. -Moyen. -Coudé. -Présence. -Peu Epaisse -Noire. -Moyenne. -Moyen. -Blanc. -Pyramide. -Moyenne. -Allongée. -Courte. -Moyenne. -Hiver. |

Falcon est un fongicide systémique qui possède un large spectre d'action et un meilleur contrôle des maladies des feuilles et des épis les préjudiciables sur les céréales telles que les Rouilles (jaune et brune), l'Oïdiums, les Septorioses, les Fusarioses et la tache auréolée.

Ces maladies peuvent causer des dommages préjudiciables aux cultures tant sur le plan quantitatif (baisse de rendement) que quantitatif (valeur boulangère).

Les caractéristiques de ce produit selon **Bayer Cropscience (2013)** sont comme suit :

- **Formulation** : Concentré émulsionnable (EC).
- **Matières actives** : Falcon appartient à la famille des Triazoles et associe l'effet de trois substances actives :
 - ✓ **Spiroxamine** : 250 g/l.
 - ✓ **Tébuconazole** : 167 g/l.
 - ✓ **Triadiménol** : 43 g/l.

➤ **Mode d'action** : **Falcon** agit d'une manière préventive et curative en inhibant la biosynthèse des stérols (IBS) sur différents sites du champignon pathogène. Ce mode d'action unique, multi sites, fait de Falcon un excellent allié dans la stratégie anti résistance. Chaque composant de ce fongicide possède une action précise.

- **Spiroxamine** : une Triazole du groupe chimique des IBS (inhibiteurs de la biosynthèse des stérols) avec un mode d'action systémique, la Spiroxamine dispose d'un effet à la fois préventif, curatif et éradiquant contre la plupart des maladies des céréales.

En effet, cette substance a montré une excellente efficacité contre l'oïdium et un très bon contrôle des rouilles, de la septoriose et de la fusariose des céréales.

- **Tébuconazole** : une Triazole systémique à large spectre d'action avec un effet à la fois préventif et curatif. Il agit comme inhibiteur de la méthylation (DMI).

Le Tebuconazole est absorbé au niveau des parties végétatives et il est transporté dans la plante d'une manière acropète via le xylème. Cette substance est dotée d'une excellente efficacité contre les rouilles avec un très bon contrôle de toutes les autres maladies des céréales.

-Triadiménol : une Triazole systémique qui est transportée rapidement d'une façon acropète dans les tissus néoformés via le xylème. Il dispose d'un pouvoir de contrôle à la fois curatif et préventif contre la plupart des maladies foliaires des céréales aussi bien avant qu'après l'infection.

➤ **Mode d'emploi et dose d'utilisation** : l'action combinée des trois substances actives du Falcon lui offre une longue persistance d'action de six à huit semaines, un large spectre d'action est une excellente efficacité sur les principales maladies. Les résultats d'essai démontrent la haute efficacité du Falcon appliqué à la dose de 0.8 l/ha, le volume d'eau conseillé est de 400 l/ha. Deux stratégies de traitements sont possibles (**Fig. 22**) :

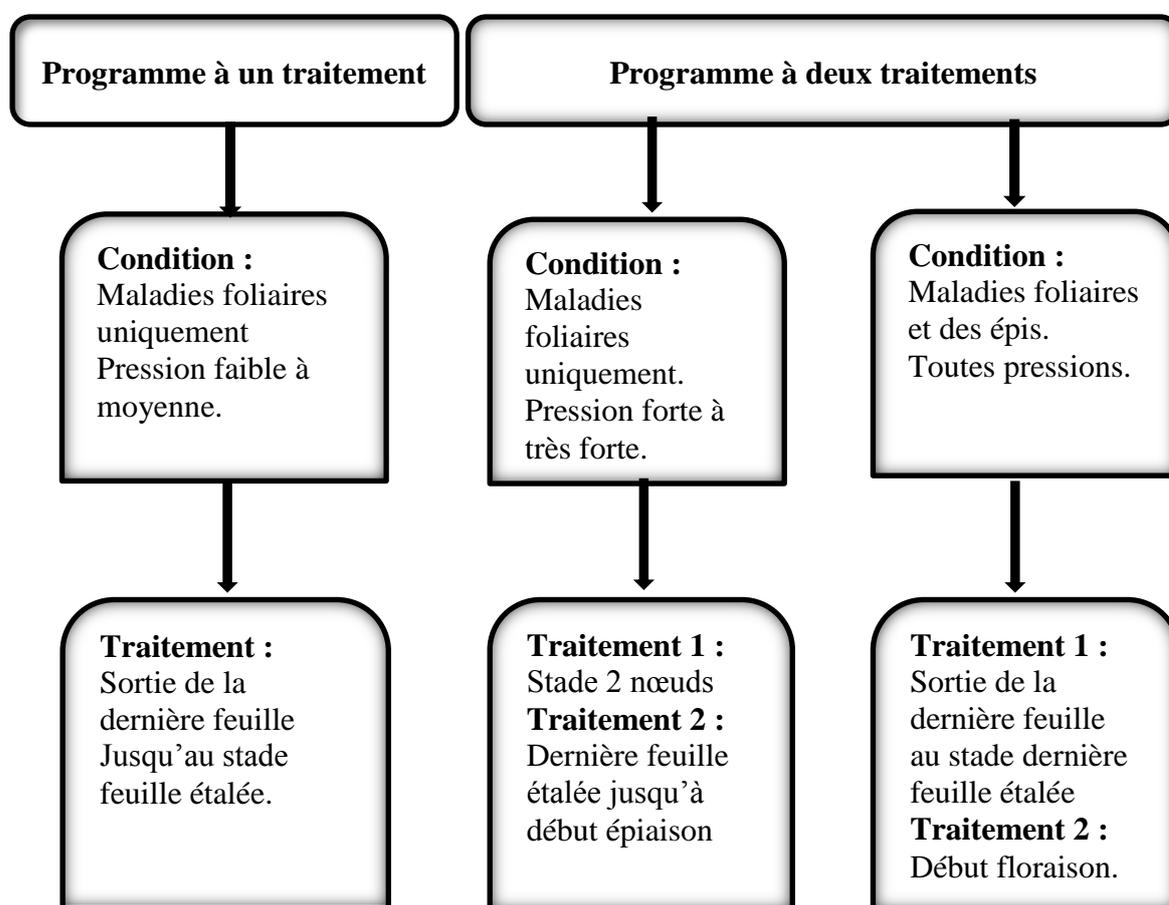


Figure 22 : Stratégies de traitements par Falcon
(Bayer Cropscience, 2013)

3-3-1-2- OPUS :

➤ Le fongicide **Opus (Fig. 23)** est un produit systémique utilisé pour le contrôle des maladies fongiques des céréales. Il présente une grande polyvalence, il a été fourni par la société BASF.



Figure 23 : Présentation commerciale du produit fongicide OPUS (BASF, 2014 a).

- Il est utilisable sur céréales à paille (blés, orges, avoine, seigle et triticale).
- Il est persistant en particulier sur septorioses et rouilles grâce à une répartition régulière et uniforme de la matière active dans l'ensemble de la feuille.
- Il présente une très bonne sélectivité vis-à-vis des céréales.
- Il agit à la fois en préventif et curatif contre les maladies des céréales.

Opus offre les meilleurs gains de rendement dans la catégorie des Triazoles. Les caractéristiques de ce fongicide selon **BASF (2014 b)**, sont comme suit :

➤ **Formulation** : Suspension Concentrée (SC),
➤ **Matière active** : **Epoxiconazole 125 g/l**, c'est une Triazole qui inhibe la biosynthèse des stérols, éléments vitaux pour le champignon.

➤ **Mode d'action** : l'epoxiconazole est une Triazole systémique, à pénétration rapide dans les tissus des feuilles et véhiculée avec la sève dans toute la plante, protégeant ainsi efficacement les nouvelles pousses.

L'epoxiconazole inhibe la biosynthèse de l'ergostérol, un des constituants de la membrane cellulaire, de 2 manières :

✓ **Préventif** : en inhibant la croissance des tubes germinatifs du champignon qui ne peut plus pénétrer dans la feuille.

✓ **Curatif** : par « encapsulation » des haustoria (suçoirs) 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 (anti-sporulant). L'attaque est stoppée.

➤ **Mode d'emploi et dose d'utilisation** : Opus possède une longue persistance d'action qui dure huit semaines, avec une haute performance contre les maladies cryptogamiques du blé notamment les Rouilles et les Septorioses, l'oïdium et la fusariose de l'épi. La diffusion rapide vers toutes les parties de la plante assure une excellente protection. Il résiste au lessivage.

Opus est appliqué du stade montaison au stade épisaison à la dose de 0.8 à 1 l/ha.

➤ **Comptabilité** : l'association d'Opus avec un insecticide de la famille des pyréthrinoides n'est pas autorisée durant la floraison et les périodes de production d'exsudats. Il faut obligatoirement traiter avec la spécialité à base de pyréthrinolide en premier et laisser un délai de 24 heures minimum entre les deux applications.

3-3-1-3- PROSARO 250 (EC) :

Prosaro 250 (EC) (**Fig. 24**) est un fongicide systémique, à large spectre pour la suppression ou la répression des maladies indiquées dans le blé et l'orge. Les caractéristiques de ce produit selon **Bayer Cropscience (2010)** sont comme suit :



Figure 24 : Présentation commerciale du produit fongicide PROSARO 250 (EC) [15].

- **Formulation** : la formulation est en concentré émulsionnable fourni par la société Bayer Cropscience.
- **Matière active** : ce produit appartient à la famille des Triazoles et associant l'effet de deux substances actives :
 - Prothioconazole : 125 g/l.
 - Tébuconazole : 125 g/l.
- **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.
- **Mode d'emploi et dose d'utilisation** : la dose utilisée est de l'ordre de 0.8 l/ha.

3-4- Description du site d'essai :

3-4-1- Localisation :

L'essai a été effectué durant la campagne 2013-2014 au niveau de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Guelma (**Fig.25**) située à une altitude de 292m (Longitude : 36°18 Est. Latitude : 7°26 Nord).

La station s'intéresse essentiellement aux céréales, aux légumes secs et aux cultures fourragères.

3-4-2- Caractéristiques climatiques :

Le climat de la zone d'essai (Guelma) est de type méditerranéen continental, elle est située dans l'étage bioclimatique subhumide, caractérisé par deux longues saisons, un été sec et chaud et un hiver froid et pluvieux.

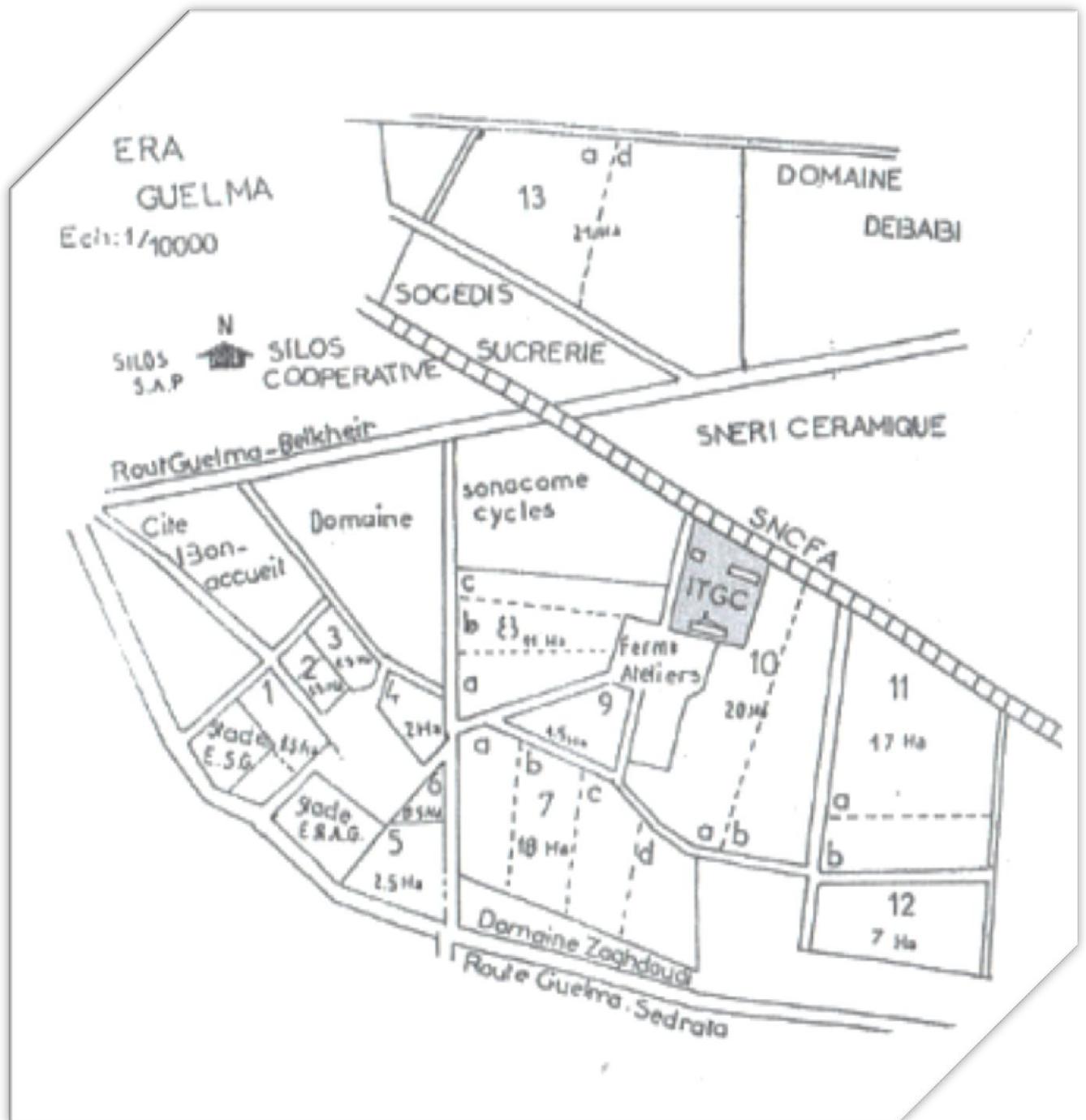


Figure 25 : Situation géographique de l'I.T.G.C de Guelma. (Site de l'essai)

3-4-2-1- : 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 tant qu'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.

Les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées dans la région de Guelma au cours de la campagne 2013-2014 sont portées sur le tableau 07.

Le cumul moyen en pluviomètre enregistré lors de la campagne 2013-2014 (de septembre à mai) est de 534.2 mm.

Si on compare ce cumul avec la moyenne des dix dernières années (2004-2013), on constate que l'année 2013-2014 a enregistré une carence de 58.85 mm (593.05 mm contre 534.2 mm).

L'examen des précipitations mensuelles moyennes sur 10 ans (**Tab. 08**) montre une meilleure répartition des pluies par rapport à celle de la campagne 2013-2014.

Pour la campagne 2013-2014 le mois le plus pluvieux étant mars avec 139.5 mm et le mois le plus sec durant le cycle de développement de la plante est le mois d'Avril (**Tab.07**).

Tableau 07 : Moyennes mensuelles des précipitations pour la région de Guelma pendant la campagne 2013-2014 (**Données de la station météo de belkhir**).

| Mois | 2013 | | | | 2014 | | | | | Total |
|---------------------------|------|------|-------|------|------|------|-------|-----|----|-------|
| | S | O | N | D | J | F | M | A | M | |
| Précipitation (mm) | 54.1 | 34.2 | 122.6 | 37.5 | 56.5 | 48.4 | 139.5 | 4.4 | 37 | 534.2 |

Tableau 08 : Moyennes mensuelles des précipitations sur 10 ans pour la région de Guelma : 2004-2013 (**Données de la station météo de belkhir**).

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | Total |
|---------------------------|----|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|--------|
| Précipitation (mm) | 46 | 53.98 | 72.65 | 73.6 | 81.36 | 73.11 | 87.7 | 61.55 | 43.1 | 593.05 |

3-4-2-2- : Température :

Pour la campagne 2013-2014 le mois le plus froid est : Décembre avec une moyenne de 10.9° C, et le mois le plus chaud est : Septembre avec une moyenne de 24.5° C (**Tab. 09**)

Tableau 09 : températures moyennes mensuelle de la région de Guelma : 2013-2014
(Données de la station météo de belkhir).

| Mois Température (°C) | 2013 | | | | 2014 | | | | |
|-----------------------------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | S | O | N | D | J | F | M | A | M |
| M | 30.3 | 31.1 | 19.7 | 16.9 | 17.2 | 18.8 | 16.9 | 24.4 | 27.3 |
| m | 18.7 | 15.6 | 10.2 | 4.9 | 6.2 | 4.8 | 6.6 | 7.5 | 10.6 |
| (M+m)/2 | 24.5 | 23.35 | 14.95 | 10.9 | 11.7 | 11.8 | 11.75 | 15.95 | 18.95 |

M : Température maximale.

m : Température minimale.

(M+m)/2 : Température moyenne.

3-4-3- Caractéristiques pédologiques :

Le sol constitue le milieu de vie des plantes, en grande partie de nourriture minérale, 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 10:

Tableau 10 : caractéristiques pédologiques du site d'essai (I.T.G.C.)

| | |
|------------------------------|-------------------|
| Texture du sol | Argilo-limoneuse. |
| Taux de la matière organique | 2.20% |
| Teneur en carbonates | 3.78% |
| Ph | 7.1 |
| Conductivité électrique | 37.8µs/cm. |
| Taux des sels solubles | 18.5 mg/l. |

3-5- Installation et conduite de l'essai :

3-5-1- Préparation de la parcelle :

Les opérations effectuées sont comme suit :

- ✓ Labour profond à la fin du mois de septembre à l'aide d'une charrue à socs.
- ✓ Un passage du cultivateur avant le semis pour la préparation du lit de semences (Recroisement à la 3^{ème} semaine de Novembre à l'aide de la herse).
- ✓ Apport d'engrais de fond MAP (monoammonium phosphate) avant semis à la dose 1.77 Q/ha.

3-5-2- Mise en place de l'essai :

L'essai a été installé sur une superficie de 524.6 m² selon le dispositif représenté dans la figure 26.

Chaque répétition comprend six micro-parcelles de 12 m² (10 m × 12 m), une micro-parcelle témoin, et cinq micro-parcelles comportant les différents produits fongicides.

Chaque micro-parcelle comprend six lignes de 10 m, avec 20 cm d'interligne ; la distance entre les micro-parcelles étant de 1m.

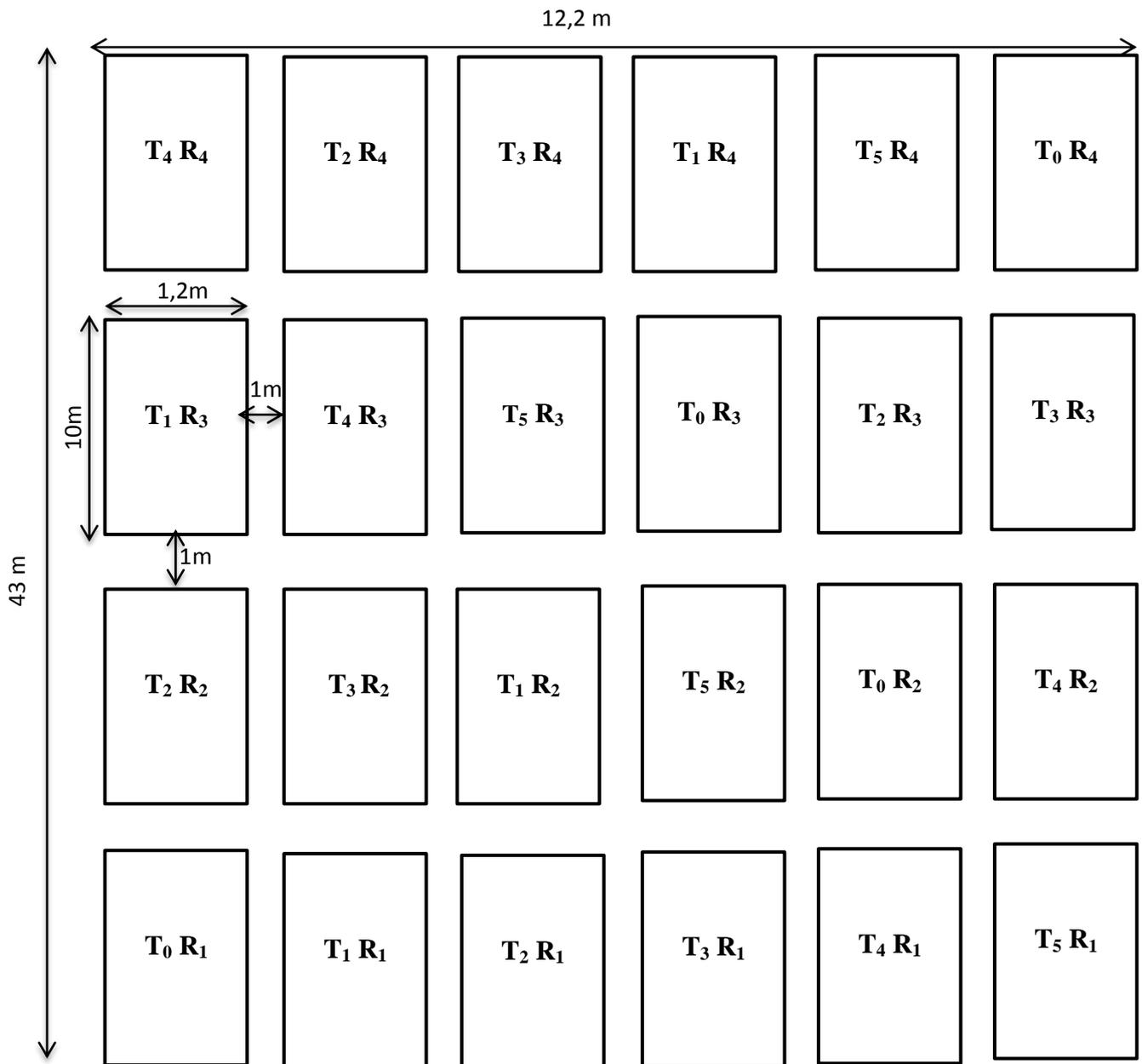
Le semis a eu lieu le 10 Décembre 2013 selon la dose estimée (150 kg/ha), à l'aide d'un semoir expérimentale (semis en ligne). Le précédent cultural étant une légumineuse alimentaire (pois chiche).

3-5-3- Conduite de l'essai :

Un apport d'engrais de couverture azoté (Urée 46%) est effectué pendant la période végétative (plein tallage) selon la dose recommandée pour la région.

En plus d'un traitement herbicide de toute la parcelle par le produit herbicide Cossack OD à la dose de 1l/ha effectué le 23 janvier 2014.

Les dates repères des différents stades phénologiques de la culture sont indiquées dans le tableau 11 :



T₀ : Témoin (sans traitement fongicide).

T₁ : Falcon.

T₂ : Prosaro.

T₃ : Opus.

T₄ : Falcon+ Prosaro.

T₅ : Falcon+ Opus.

R1, R2, R3 et R4 : Répétitions.

Figure 26 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai.

Tableau 11 : dates repères des différents stades phénologiques de la culture.

| Dates | Stades phénologiques |
|--------------|-----------------------------|
| 10/12/2013 | Semis |
| 23/12/2013 | Levée |
| 26/01/2014 | Tallage |
| 16/02/2014 | Montaison |
| 16/03/2014 | Gonflement |
| 01/04/2014 | Epiaison |
| 20/04/2014 | Floraison |
| 03/05/2014 | Stade laiteux |
| 11/05/2014 | Stade pâteux |
| 01/06/2014 | Maturité |

3-5-4- Traitements fongicides :

Les traitements fongicides des différentes micro-parcelles ont été effectués dès l'apparition des premiers symptômes des maladies foliaires, au stade 02 nœuds (12/03/2014), et au stade mi- épiaison (15/04/2014), selon la dose conforme pour chaque produit :

- **Falcon** : à la dose de 0.8 l/ha.
- **Prosaro** : à la dose de 0.8 l/ha.
- **Opus** : à la dose de 0.8 l/ha.
- **Falcon+ Prosaro** : la dose de 0.8 l/ha + la dose de 0.8 l/ha.
- **Falcon+ Prosaro** : la dose de 0.8 l/ha + la dose de 0.8 l/ha.

3-6- Paramètres étudiés :**3-6-1- Notation des maladies :****3-6-1-1- 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.

La notation des maladies au niveau des différentes micro-parcelles a été effectuée avant le premier traitement, 15 jours, puis 30 jours, après le premier traitement et 15 jours après le deuxième traitement.

3-6-1-2- La sévérité des maladies :

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

Selon **Kamel (1994)**, l'intensité d'attaque de la maladie sur la plante détermine la gravité de l'infection. Parmi ces maladies figurent le mildiou, les septorioses, la Rhynchosporiose, les Helminthosporioses, les oidiums et la tache auréolée des feuilles les quelles affectent le blé et l'orge, dans ces cas on utilise l'échelle graduée de zéro à neuf (**Fig.27**), conçue par **Saari et Prescott**. Cette échelle se présente comme suit :

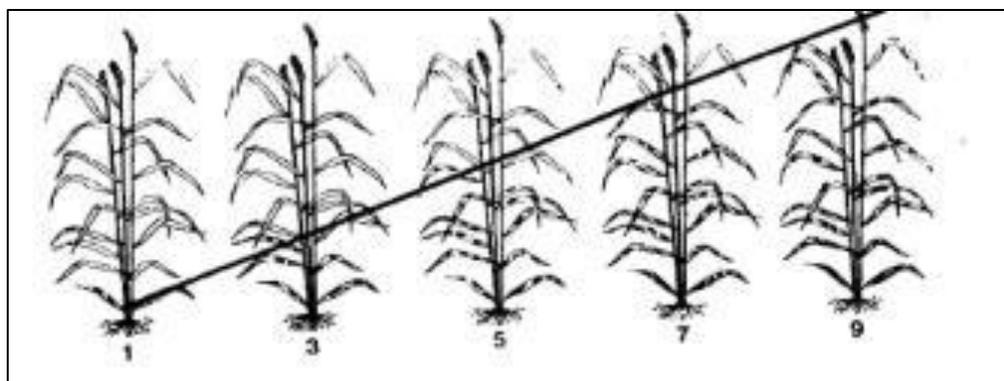


Figure 27 : Echelle de notation des maladies foliaires (**Saari et Prescott (1975) in Kamel, 1994**).

[0] : Il n'existe aucune infection visible.

[0E] : On observe aucune infection ; or ceci n'est probablement pas dû à la résistance de la plante ; mais au fait que celle-ci échappe à la maladie.

[1] **Résistante** : Taches peu nombreuses et dispersées sur les feuilles basales seulement.

[2] **Résistante** : Taches éparses sur les feuilles de second rang, mais celle de premier rang sont gravement atteintes.

[3] **Résistante** : peu de taches sur le tiers basal de la plante, et les feuilles de la base sont moyennement atteintes.

[4] Moyennement résistante : Lésions éparses atteignant presque la moitié de la plante : l'infection des feuilles basales est moyenne, mais celle des feuilles supérieures reste légère et ne produit que des taches éloignées les unes des autres.

[5] Moyennement sensible : Lésions intenses sur les feuilles de la base et moyennes à faibles sur celles qui vont jusqu'à la limite de la moitié inférieure de la plante, sans la dépasser.

[6] Moyennement sensible : Lésions intenses sur la tiers basal de la plante, moyenne sur les feuilles du milieu et éparses sur celle de la partie supérieure.

[7] Sensible : Lésions intenses sur le tiers basal de la plante et sur les feuilles du milieu, mais très légères sur la feuille drapeau.

[8] Sensible : Lésions intenses sur les feuilles de la base et du milieu, et moyennes à intenses sur le tiers supérieur de la plante, la feuille drapeau étant atteinte aussi.

[9] Très sensible : Toutes les feuilles sont gravement atteintes, même les épis peuvent être infectés.

[N] : Ce signe représente une impossibilité de lecture à cause du dessèchement des feuilles déjà atteintes d'une autre maladie.

3-6-2- Paramètres morphologiques :

3-6-2-1- La hauteur des plantes :

La hauteur des plantes a été mesurée à l'aide d'une règle graduée, dans les différentes unités expérimentales (10 échantillons/unité).

3-6-3- Paramètres agronomiques

3-6-3-1- Nombres de plants/m² :

Le nombre de plants/m² a été déterminé au stade levée à l'aide d'un « mètre-carré » et ce pour chaque micro-parcelles élémentaire.

3-6-3-2- Nombre d'épis par plant:

Au stade épiaison, le nombre d'épis par plant a été estimé pour les différents traitements.

3-6-3-3- Nombre d'épillets par épi:

Le nombre d'épillets par épi a été estimé après la récolte.

3-6-3-4- Nombre de grains par épi:

Après la récolte nous avons procédé au comptage des grains par épi de dix échantillons par unité expérimentale ; en vue de déterminer le degré de fertilité des épillets.

3-6-3-5- Poids de mille grains:

Après la détermination du nombre de grains par épi pour les différents traitements, les graines sont regroupées en échantillons de mille grains et pesés.

3-6-3-6- Rendement / ha :

Le rendement moyen par hectare a été estimé selon la formule suivante élaborée par l'institut technique des grandes cultures (I.T.G.C.):

Rendement (g/m²)= peuplement épis/ m² x nombre de grains /épi x poids du grain (g)

Sachant que :

- Le peuplement épis/ m² a été estimé.
- Le nombre de grains / épi a été estimé.
- Le poids du grain (g)= poids de 1000 grains (PMG) / 1000.

La formule ci-dessus indique le rendement biologique cependant il faut prendre en considération les pertes par égrenage et durant la moisson qui peuvent être estimées à 15%.

Exemple pratique de calcul :

- Pour un peuplement de 300 épis/ m².
- Pour un nombre de grains/ épi = 30.
- Pour un poids de mille grains = 40g, (poids d'un grain = 0.04 g).

$$\text{Le rendement en g/ m}^2 = 300 \times 30 \times 0.04 = 360 \text{ g /m}^2.$$

En prenant en considération les pertes, le rendement en g/ m² doit être comme suit :

$$\text{Rendement escompté} = \text{rendement biologique} \times 0.85 \text{ (100-15 (taux de pertes) / 100)}.$$

Selon les données précédentes le rendement escompté est comme suit :

$$\text{Rendement escompté (g / m}^2) = 360 \text{ g} \times 0.85 = 306 \text{ g / m}^2.$$

$$\text{Rendement escompté (Qx / ha)} = \text{Rendement escompté (g / m}^2) / 10.$$

$$\text{Rendement escompté (Qx / ha)} = 306 / 10 = 30.6 \text{ Qx /ha.}$$

3-7- Analyse statistiques des résultats:

Une analyse de la variance en utilisant le logiciel « Minitab 16.1 » et conduite avec les résultats pour les différents traitements, en plus d'une comparaison des moyennes en utilisant le test de DUNNETT (comparaison du témoin avec les différents produits).

4- Résultats et discussion :

4-1- Efficacité des fongicides utilisés contre les maladies cryptogamiques enregistrées :

4-1-1- Efficacité des produits contre la tache auréolée :

La sévérité de la tache auréolée du blé déterminée selon l'échelle de **Saari et Prescott**, enregistrée dans les parcelles traitées par les différents fongicides était faible par rapport au témoin non traité et ce pour toutes les périodes de notation et pour les deux traitements effectués (**Fig. 28**).

Après 30 jours du 1^{er} traitement la sévérité la plus faible de la tache auréolée du blé a été notée chez les plantes traitées par l'association des deux fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) avec une moyenne de 2.5, contre une moyenne de 6 chez le témoin (**Tab. 12**).

De même, la sévérité la plus faible de la tache auréolée après 15 jours du 2^{ème} traitement a été enregistrée dans les parcelles traitées par l'association des deux fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole), suivi de l'association **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Opus** (Epoconazole) pour lesquelles nous avons enregistré respectivement des moyennes de l'ordre de 2.75 et 3 contre une moyenne 6 pour le témoin (**Tab. 12**).

L'analyse statistique des résultats a montré des différences significatives entre les traitements (**Tab. 13**) et des différences hautement significatives entre le témoin et l'ensemble des traitements pour la notation de 30 jours après le 1^{er} traitement (**Tab. 12**), des différences non significatives entre le témoin et le traitement T₃ (**Opus**), des différences significatives entre le témoin et les traitements T₁ (**Falcon**) et T₂ (**Prosaro**), et des différences hautement significatives entre le témoin et les traitements T₄ (**Falcon + Prosaro**) et T₅ (**Falcon + Opus**).

Tableau 12 : Sévérité de la tache auréolée après l'application des traitements fongicides :

| | Sévérité de la maladie après 15jour du 1 ^{er} traitement | | | | | | Sévérité de la maladie après 30jours du 1 ^{er} traitement | | | | | | Sévérité de la maladie après 15jours Du 2 ^{ème} traitement | | | | | |
|--------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ |
| \bar{X} | 4.5± | 2.75± | 3± | 3 ± | 2±0 | 2.75 ± | 6 ± | 3.5± | 3.75 ± | 3.75 ± | 2.5 ± | 3 ± | 6±1 | 4 ± | 4 ± | 4.5 ± | 2.75± | 3 ± |
| $\pm \delta$ | 1.18 | 0.433 | 0.816 | 0.707 | | 0.829 | 0.707 | 0.5 | 0.829 | 0.433 | 0.5 | 0.707 | | 0.707 | 0.707 | 0.5 | 0.829 | 0.707 |
| | | * | NS | NS | ** | * | | ** | ** | ** | ** | ** | | * | * | NS | ** | ** |

* : significative pour $\alpha = 0.05$

** : significative pour $\alpha = 0.01$

NS : non significative

T₀: Témoin

T₃: Opus

T₁: Falcon

T₄: Falcon+Prosaro

T₂: Prosaro

T₅: Falcon+Opus

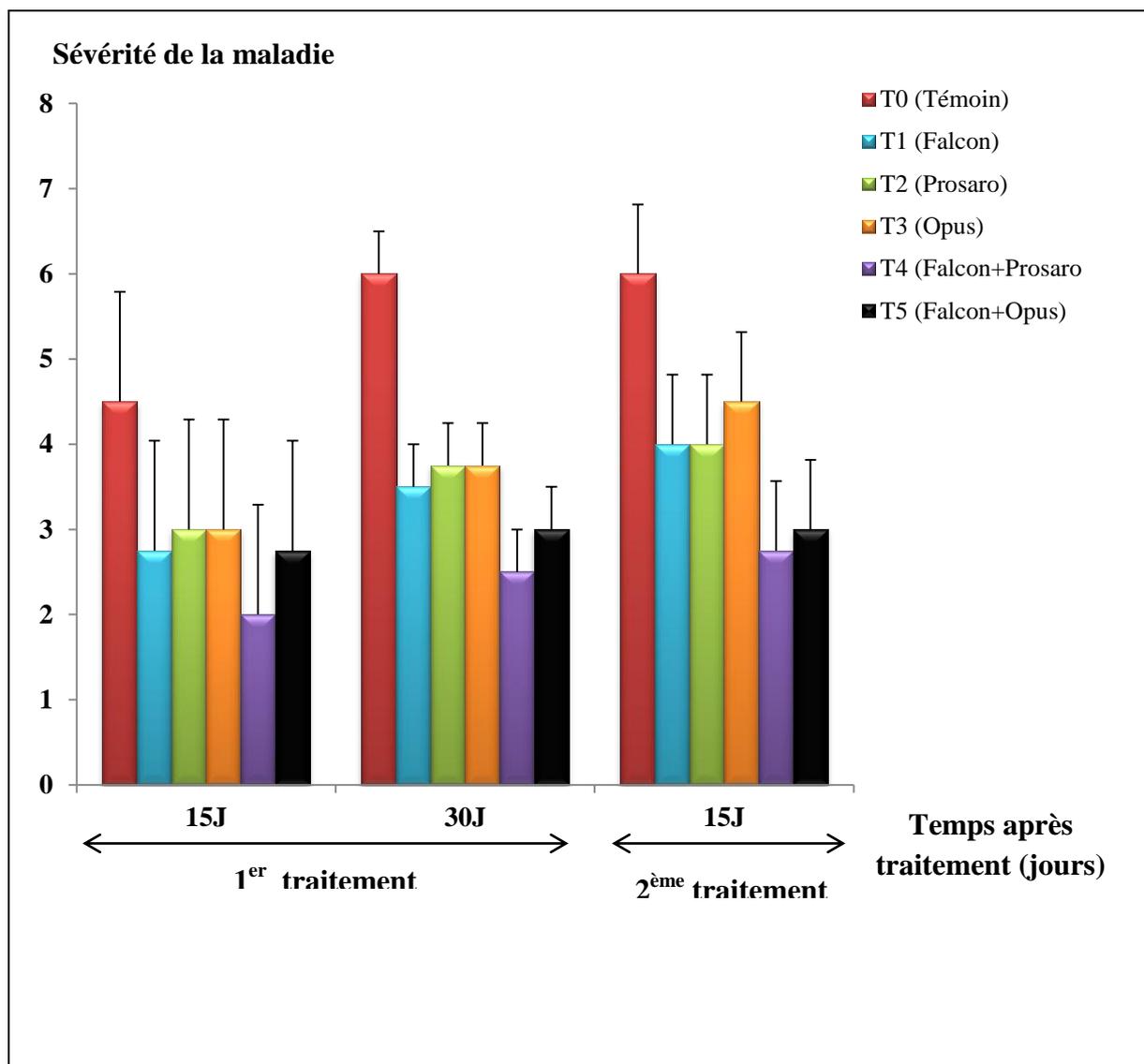


Figure 28 : Efficacité des produits contre la tache auréolée du blé (*Pyrenophora tritici-repentis*).

Tableau13: Analyse de la variance pour La sévérité de la tache auréolée.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|--------|-------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 13.500 | 2.700 | 3.89 | 0.014 | * |
| Error | 18 | 12.500 | 0.694 | | | |
| Total | 23 | 26.000 | | | | |

* : significatif pour : $p < 0.05$.

4-1-2- Efficacité des produits contre l'oïdium :

La sévérité de l'oïdium du blé exprimée par l'échelle de **Saari et Prescott**, enregistrée dans les parcelles traitées par les différents fongicides était faible par rapport au témoin non traité et ce pour toutes les stades de notation et pour les deux périodes de traitements (**Fig. 29**).

Après 30 jours du 1^{er} traitement la sévérité la plus faible de l'oïdium du blé a été notée chez les plantes traitées par le fongicide **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) avec une moyenne de 1.75, contre une moyenne de 5.5 chez le témoin (**Tab. 14**).

La sévérité de l'oïdium après 15 jours du 2^{ème} traitement était faible dans les parcelles traitées par les différents fongicides comparativement au témoin, les valeurs les plus faibles ont été notées dans les parcelles traitées par l'association des deux produits fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole), suivi du traitement réalisé par l'association des deux produits **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Opus** (Epoconazole) pour lesquels nous avons noté une sévérité de 1.5 contre 5 chez le témoin (**Tab. 14**).

L'analyse statistique des résultats a montré des différences significatives entre les traitements (**Tab.15**) et des différences hautement significatives entre le témoin et l'ensemble des traitements et ce pour toutes les périodes de notation (**Tab. 14**).

Tableau 14 : Sévérité de l'oïdium après l'application des traitements fongicides :

| | Sévérité de la maladie après 15jour du 1 ^{er} traitement | | | | | | Sévérité de la maladie après 30jours du 1 ^{er} traitement | | | | | | Sévérité de la maladie après 15jours Du 2 ^{ème} traitement | | | | | |
|--------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ |
| \bar{X} | 4 ± | 1.5 ± | 2 ± | 2 ± 0 | 2 ± 0 | 2 ± 0 | 5.5 ± | 1.75 ± | 2.25 ± | 2.5 ± | 2.5 ± | 2.5 ± | 5 ± | 2.5 ± | 2.5 ± | 2.25 ± | 1.5 ± | 1.5 ± |
| $\pm \delta$ | 1.414 | 0.5 ** | 0.707 ** | ** | ** | ** | 0.5 | 0.829 ** | 1.25 ** | 0.5 ** | 0.5 ** | 0.5 ** | 0.707 | 0.5 ** | 0.5 ** | 0.829 ** | 0.5 ** | 0.5 ** |

** : significative pour $\alpha = 0.01$

T₀: Témoin

T₃: Opus

T₁: Falcon

T₄: Falcon+Prosaro

T₂: Prosaro

T₅: Falcon+Opus

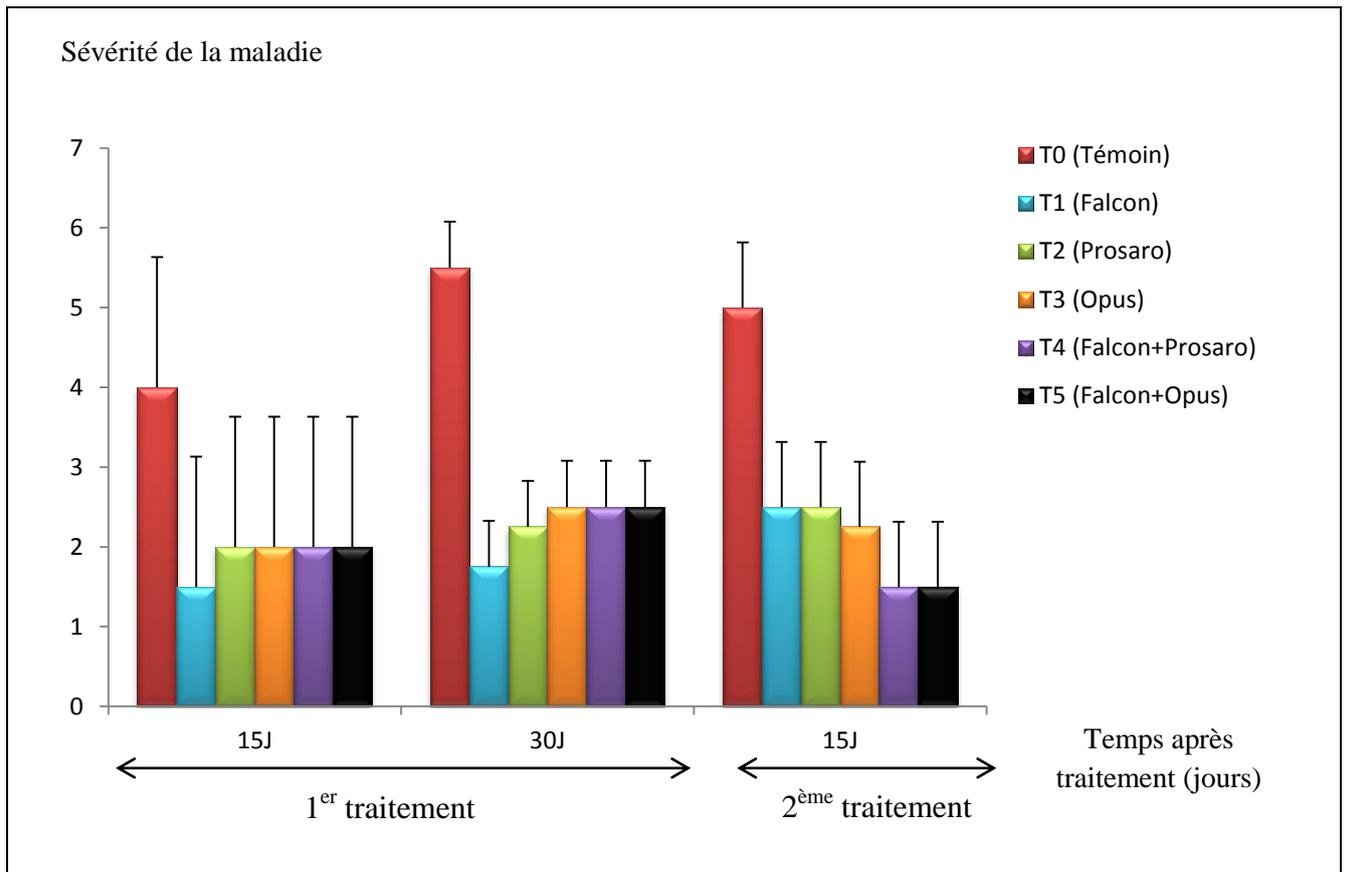


Figure 29 : Efficacité des produits contre l'oïdium du blé *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*.

Tableau 15: Analyse de la variance pour la sévérité de l'oïdium.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|--------|-------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 15.500 | 3.100 | 5.07 | 0.004 | ** |
| Error | 18 | 11.000 | 0.611 | | | |
| Total | 23 | 26.500 | | | | |

** : hautement significatif pour : $p < 0.01$.

4-2- Effet du traitement sur le développement et le rendement de la culture :

4-2-1- Paramètres morphologiques :

4-2-1-1- La hauteur des plantes (cm):

Les résultats relatifs à ce paramètre (**Fig.30**), montrent que la hauteur des plantes traitées par les différents fongicides a enregistré une légère augmentation comparativement au témoin (**Tab.16**).

Plusieurs études révèlent que les maladies cryptogamiques altèrent considérablement le développement des plantes infectées, et la hauteur de la plante peut être très affectée par certaines infections fongiques (**Zillinsky, 1983**).

Les résultats obtenus montrent que les valeurs les plus élevées ont été notées chez les plantes traitées par l'association des deux fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) où nous avons noté une moyenne de 96 cm, contre 80.5 cm chez le témoin.

Sahli (2009), dans une étude portant sur quatre fongicides y compris le fongicide Opus et le fongicide Falcon, signale que les meilleurs résultats concernant la hauteur des plantes ont été observés chez les plantes traitées par le fongicide **Opus** (Epoconazole) et les plantes traitées par le fongicide **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol).

L'analyse de la variance a affiché des différences hautement significatives entre les traitements fongicides (**Tab. 17**).

Le test de DUNNETT (**Tab. 16**) a affiché des différences non significatives entre le témoin et les deux traitements **Falcon** (T₁) et **Opus** (T₃), des différences significatives entre le témoin et le traitement **Prosaro** (T₂), et des différences hautement significatives entre le témoin et le traitement par les deux associations **Falcon + Prosaro** (T₄) et **Falcon+ Opus** (T₅).

Tableau 16 : Hauteur des plantes pour les différents traitements fongicides (cm).

| Traitements | T ₀ (Témoin) | T ₁ (Falcon) | T ₂ (Prosaro) | T ₃ (Opus) | T ₄ (Falcon+Prosaro) | T ₅ (Falcon+Opus) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| $\bar{X} \pm \delta$ | 80.5 ± 4.203 | 86.75 ± 2.5 NS | 90.75 ± 4.924 * | 81.5 ± 2.645 NS | 96 ± 4.690 ** | 92 ± 6.271 ** |

* : significative pour $\alpha = 0.05$ ** : significative pour $\alpha = 0.01$ NS : non significative

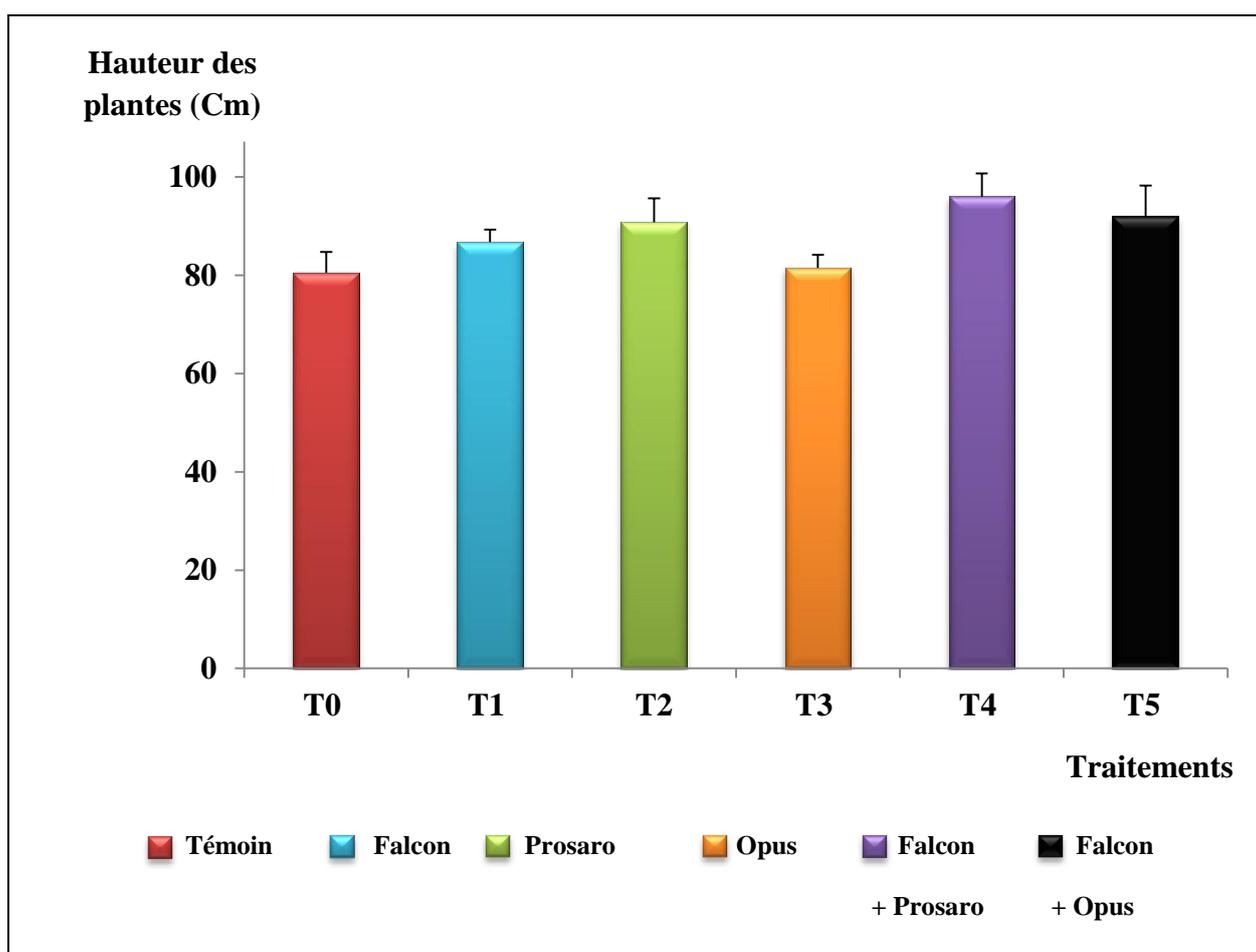


Figure 30: Hauteur des plantes pour les différents traitements fongicides (cm).

Tableau 17 : Analyse de la variance pour la hauteur des plantes.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|--------|-------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 750.3 | 150.1 | 7.73 | 0.000 | ** |
| Error | 18 | 349.5 | 19.4 | | | |
| Total | 23 | 1099.8 | | | | |

** : hautement significatif pour : $p < 0.01$

4-2-2- Paramètres agronomiques :

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

Nous tenons à signaler que ce paramètre a été noté au stade fin tallage, donc avant l'application des traitements fongicides.

Mais malgré que ce paramètre soit indépendant de l'efficacité des produits fongicides, l'objectif visé pour la détermination du nombre de plants par mètre carré est pour avoir une idée sur l'homogénéité de la levée dans les différentes micro-parcelles, car ce paramètre constitue l'une des composantes principales du rendement des céréales.

Les résultats obtenus (**Fig. 31**) ont montré que la levée a été plus ou moins homogène notamment pour les parcelles : témoin, T₁ (parcelle ultérieurement traitée par le produit **Falcon**) et T₂ (parcelle ultérieurement traitée par le produit **Prosaro**) et les différences étaient non significatives entre le témoin et les parcelles T₁ et T₂ (**Tab. 18**) ; cependant des différences significatives ont été notées entre le témoin et T₄ (parcelle ultérieurement traitée par l'association **Falcon + Prosaro**) et hautement significatives entre le témoin et T₃ (parcelle ultérieurement traitée par **Opus**) et le témoin et T₅ (parcelle ultérieurement traitée par l'association **Falcon + Opus**).

L'analyse de la variance pour ce paramètre a affiché des différences hautement significatives entre les traitements fongicides (**Tab. 19**).

Tableau 18: Nombre de plants par mètre carré pour les différents traitements.

| Traitements | T ₀ (Témoin) | T ₁ (Falcon) | T ₂ (Prosaro) | T ₃ (Opus) | T ₄ (Falcon+Prosaro) | T ₅ (Falcon+Opus) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| $\bar{X} \pm \delta$ | 257 ± 15.427 | 250.5 ± 1.290 NS | 254.5 ± 1.290 NS | 239.2 ± 1.707 ** | 243 ± 1.825 * | 236.75 ± 1.707 ** |

* : significative pour $\alpha = 0.05$ ** : significative pour $\alpha = 0.01$ NS : non significative

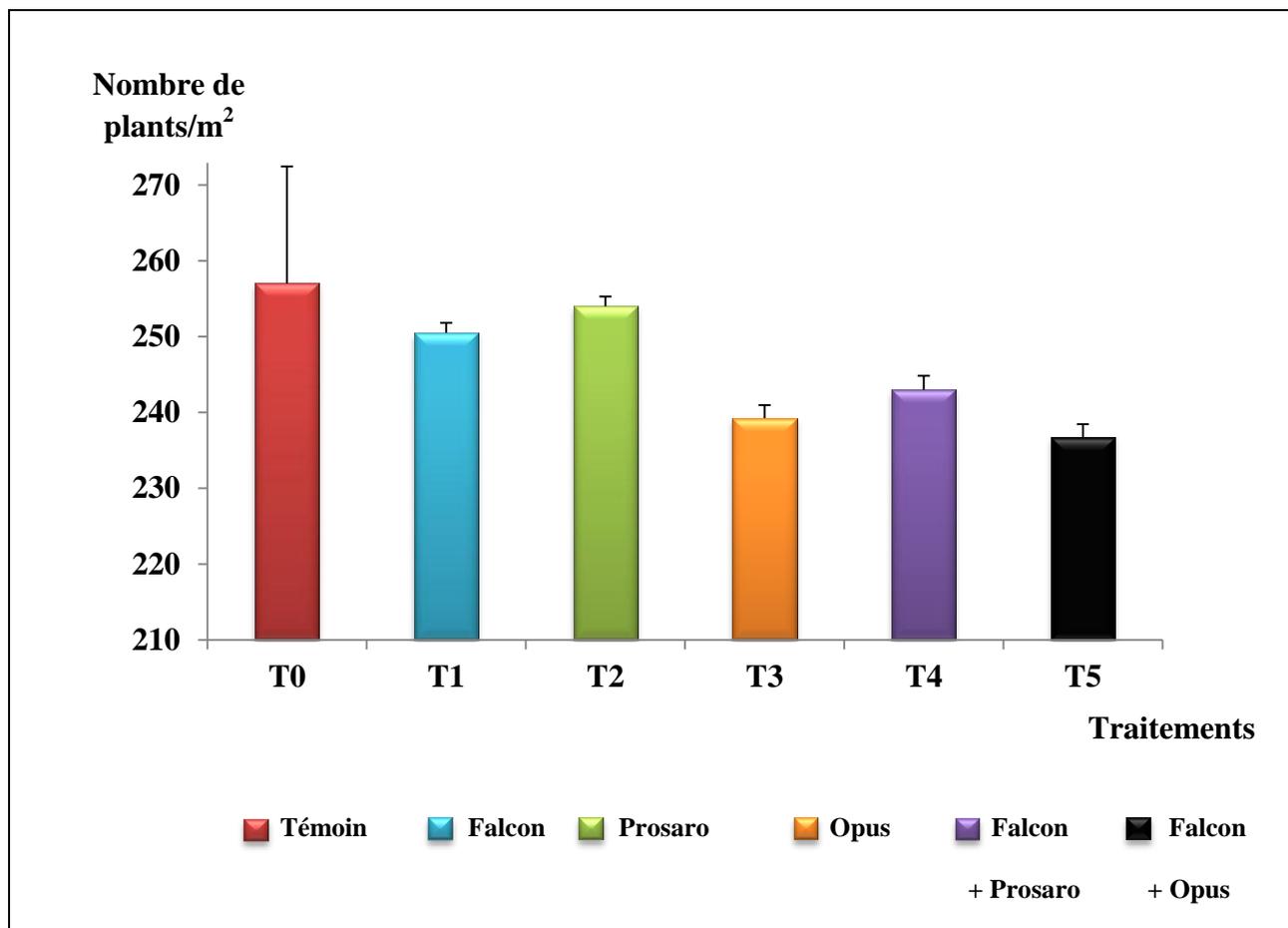


Figure 31: Nombre de plants par m² pour les différents traitements.

Tableau 19 : Analyse de la variance pour le nombre de plants par mètre carré.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|--------|-------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 1397.8 | 279.6 | 6.70 | 0.001 | ** |
| Error | 18 | 751.5 | 41.7 | | | |
| Total | 23 | 2149.3 | | | | |

** : Hautement significatif pour : $p < 0.01$

4-2-2-2- Nombre d'épis par mètre carré :

La figure 32 montre qu'une augmentation du nombre d'épis par mètre carré a été notée chez les plantes traitées par les différents fongicides comparativement au témoin non traité.

Le traitement T₅ réalisé par l'association des deux produits fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Opus** (Epoconazole) a enregistré le meilleur résultat avec une moyenne de 418.5 épis par mètre carré, suivi par le traitement T₄ réalisé par l'association des deux produits fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) avec une moyenne de 386 épis par mètre carré, contre une moyenne de 302 épis par mètre carré chez le témoin (**Tab.20**).

Plusieurs auteurs révèlent que les attaques des céréales par les maladies foliaires, entraînent des diminutions dans les composantes du rendement : le nombre d'épis par mètre carré, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains (**Rappilly et al., 1971**).

L'analyse de la variance a montré des différences non significatives entre les traitements fongicides (**Tab. 21**).

Le test de DUNNETT a affiché des différences non significatives entre le témoin et les différents fongicides testés (**Tab. 20**).

Tableau 20: Nombre d'épis par m² pour les différents traitements fongicides.

| Traitements | T ₀ (Témoin) | T ₁ (Falcon) | T ₂ (Prosaro) | T ₃ (Opus) | T ₄ (Falcon+Prosaro) | T ₅ (Falcon+Opus) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| $\bar{X} \pm \delta$ | 302 ± 14.719 | 325.75 ± 58.007 | 335.5 ± 55.464 | 313.75 ± 108.999 | 386 ± 15.055 | 418.5 ± 58.197 |
| | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

NS : non significative pour $\alpha = 0.05$. .

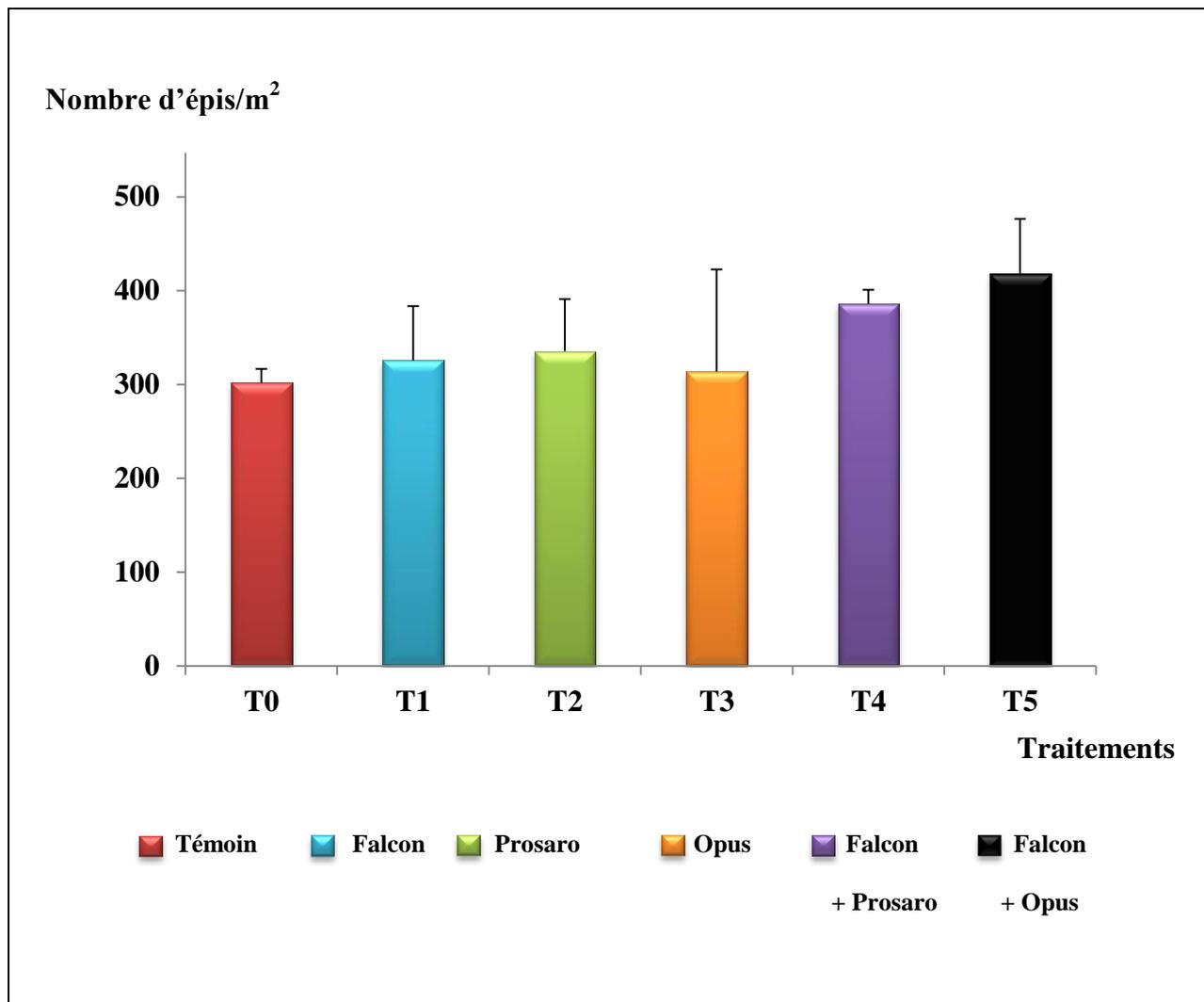


Figure 32: Nombre d'épis par m² pour les différents traitements fongicides.

Tableau 21 : Analyse de la variance pour le nombre d'épis par mètre carré.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|--------|------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 41390 | 8278 | 2.24 | 0.094 | NS |
| Error | 18 | 66458 | 3692 | | | |
| Total | 23 | 107848 | | | | |

NS: non significatif pour $p > 0.05$

4-2-2-3- Nombre d'épillets par épi :

L'examen des résultats relatifs à ce paramètre (**Fig.33**) montre que le nombre d'épillets par épi est plus ou moins élevé chez les plantes traitées par les différents fongicides comparativement aux plantes non traitées.

Le nombre d'épillets par épi le plus élevé a été noté chez les plantes traitées par l'association des deux fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) où nous avons noté une moyenne de 17.75 épillets par épi, suivi par les plantes traitées par l'association des deux produits fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Opus** (Epoconazole) avec une moyenne de 17.475 d'épillets par épi contre 16.775 chez le témoin (**Tab.22**).

Cette diminution du nombre d'épillets par épi peut être attribuée à une altération dans le processus de croissance de la plante suite à l'infection par les champignons.

L'analyse de la variance a montré des différences non significatives entre les traitements fongicides (**Tab. 23**).

Tableau 22 : Nombre d'épillets par épi pour les différents traitements fongicides.

| Traitements | T ₀ (Témoin) | T ₁ (Falcon) | T ₂ (Prosaro) | T ₃ (Opus) | T ₄ (Falcon+Prosaro) | T ₅ (Falcon+Opus) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| $\bar{X} \pm \delta$ | 16.775 ± 0.386 | 17.175 ± 0.170 NS | 17.65 ± 1.586 NS | 17.6 ± 0.476 NS | 17.75 ± 0.655 NS | 17.475 ± 0.55 NS |

NS : non significative $\alpha = 0.05$.

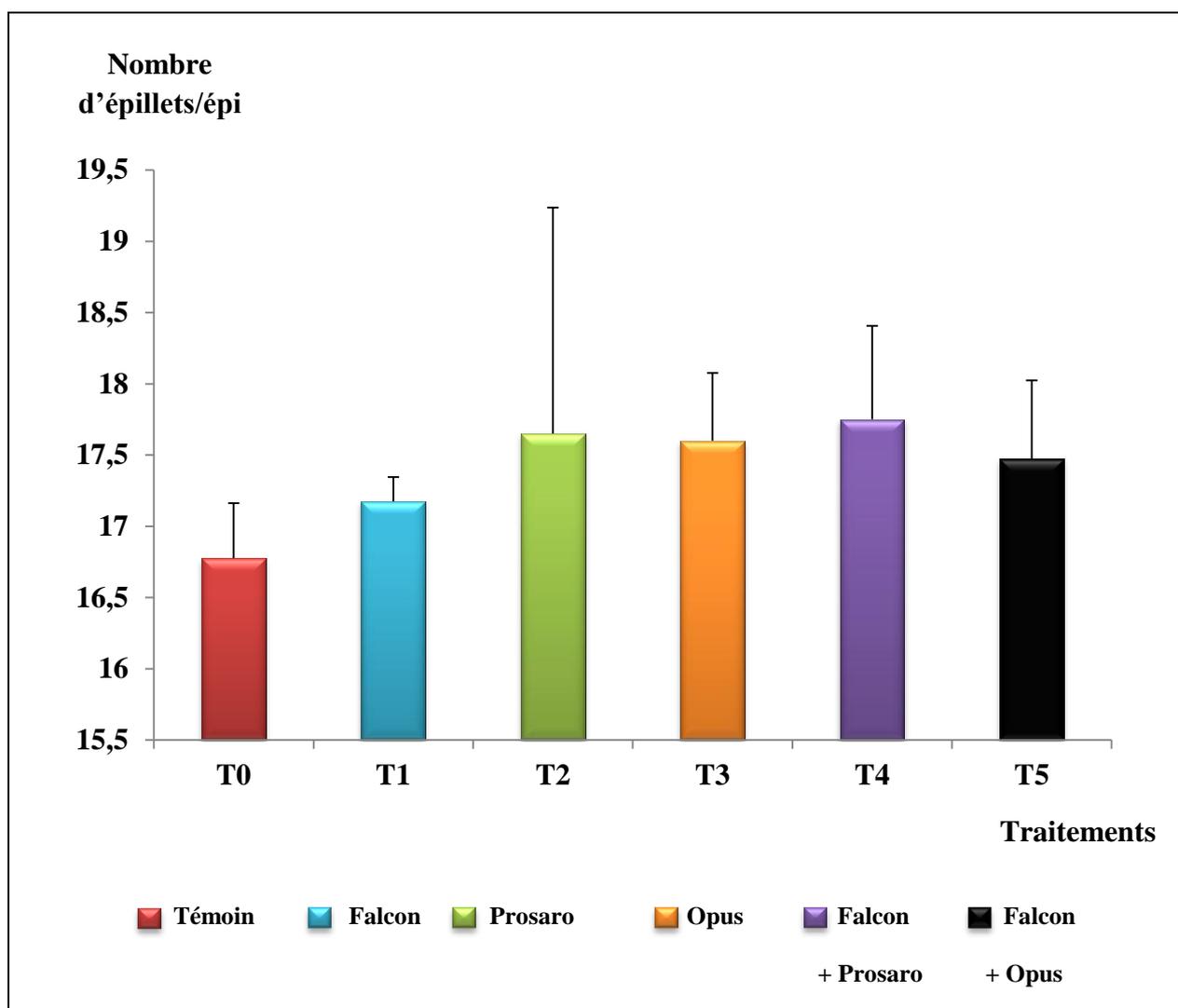


Figure 33 : Nombre d'épillets par épi pour les différents traitements fongicides.

Tableau 23 : Analyse de la variance pour le nombre d'épillets par épi.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|--------|-------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 2.687 | 0.537 | 0.88 | 0.513 | NS |
| Error | 18 | 10.963 | 0.609 | | | |
| Total | 23 | 13.650 | | | | |

NS : non significatif pour $p > 0.05$

4-2-2-4- Nombre de grains par épi :

La figure 34, montre que le nombre de grains par épi a enregistré une augmentation dans les micro-parcelles traitées comparativement aux témoins.

Le produit **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) a enregistré le meilleur résultat (**Tab.24**) avec une moyenne de 57.125 grains par épi contre une moyenne de 46.125 grains par épi chez le témoin, suivi du traitement par l'association des deux fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Opus** (Epoxyconazole) pour lequel nous avons enregistré une moyenne de 56.925 grains par épi.

Stiti (2013) dans une étude de comparative de l'efficacité de quelques fongicides contre les maladies des céréales et qui a porté sur les produits suivants : **Falcon, Opus, Artea et Prosaro** a montré que les meilleurs résultats concernant le nombre de grains par épi a été obtenus chez les plantes traitées par l'association **Falcon+ Opus**.

L'analyse de la variance a montré des différences significatives entre les traitements fongicides (**Tab. 25**).

Le test de DUNNETT (**Tab. 24**) a affiché des différences hautement significatives entre le témoin est le traitement **Prosaro** (T₂), des différences non significatives entre le témoin et les deux traitements **Falcon** (T₁) et **Opus** (T₃), et des différences significatives entre le témoin et les deux associations **Falcon+ Prosaro** (T₄) et **Falcon+ Opus** (T₅).

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

| Traitements | T ₀ (Témoin) | T ₁ (Falcon) | T ₂ (Prosaro) | T ₃ (Opus) | T ₄ (Falcon+Prosaro) | T ₅ (Falcon+Opus) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| $\bar{X} \pm \delta$ | 46.125 ± 7.024 | 54.075 ± 1.970 NS | 57.125 ± 6.575 ** | 54.075 ± 1.977 NS | 54.925 ± 3.555 * | 56.925 ± 1.418 * |

* : significative pour $\alpha = 0.05$ ** : significative pour $\alpha = 0.01$ NS : non significative

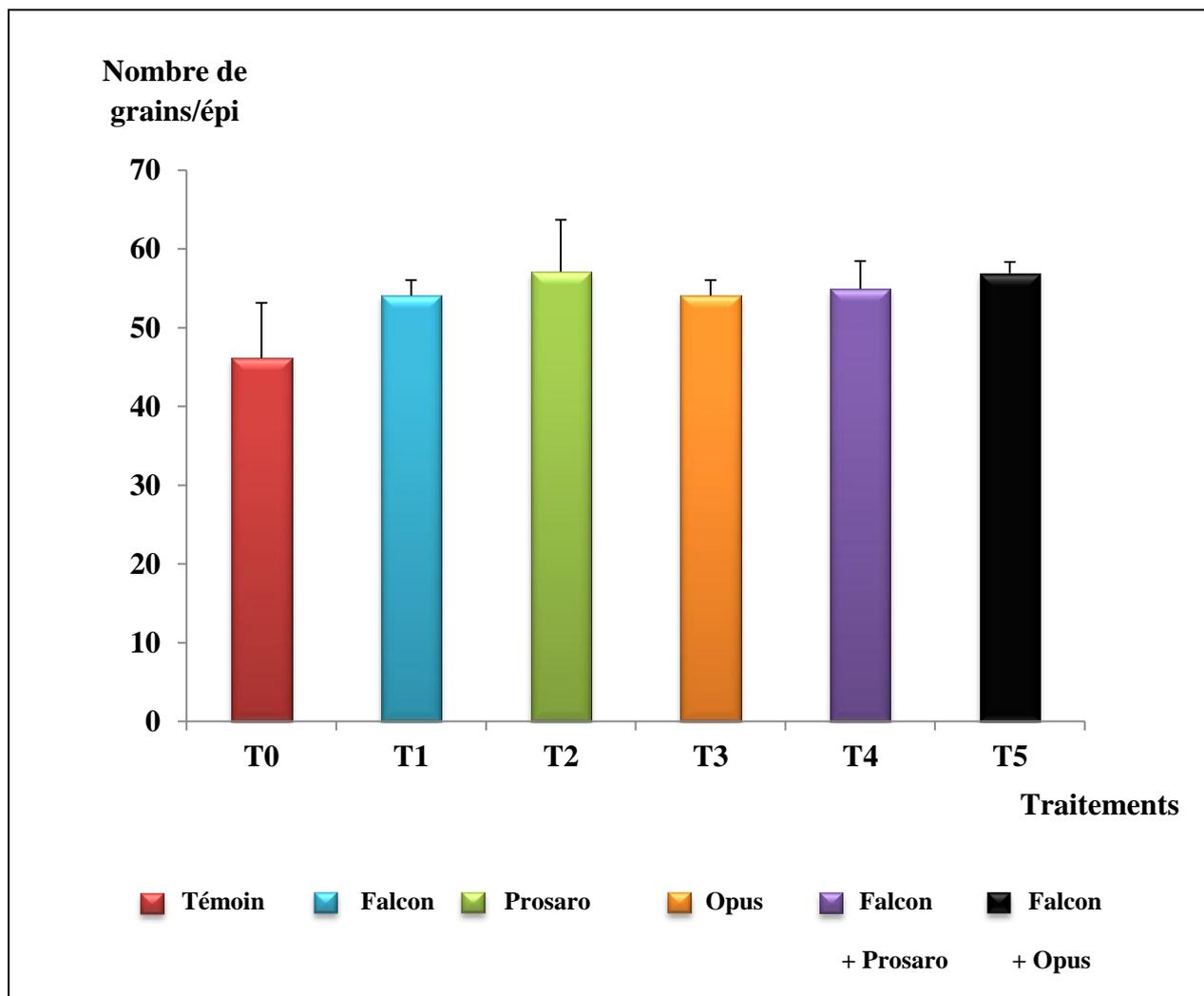


Figure 34: Nombre de grains par épi pour les différents traitements fongicides.

Tableau 25 : Analyse de la variance pour le nombre de grains par épi.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|-------|------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 324.4 | 64.9 | 3.40 | 0.024 | * |
| Error | 18 | 343.1 | 19.1 | | | |
| Total | 23 | 667.5 | | | | |

* : significatif pour $P < 0.05$

4-2-2-5- Poids de 1000 grains (g):

Les résultats obtenus (**Fig. 35**) montrent que l'infection du blé par les maladies cryptogamiques affecte le poids de 1000 grains d'où les parcelles traitées par les différents fongicides ont enregistré une augmentation dans le poids de 1000 grains comparativement au témoin.

Horsfall et Cowling (1978) cité in Messadia (2005) ont attribué la perte dans le rendement et le poids de 1000 grains, à l'altération de l'activité photosynthétique et du processus de translocation, par les agents pathogènes, qui ont un rôle essentiel dans la formation et le remplissage du grain, chez les plantes infectées.

Les micro-parcelles traitées par l'association des deux fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) ont enregistré les meilleurs résultats avec une moyenne de poids de 1000 grains de 81.25 g, suivi par les parcelles traitées avec le fongicide **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) pour lequel nous avons noté une moyenne de 80.75 g, et ce contre une moyenne de 69.75 g chez le témoin (**Tab. 26**).

L'analyse de la variance a affiché des différences significatives entre les traitements fongicides (**Tab. 27**).

Le test du DUNNETT (**Tab. 26**) a affiché des différences non significatives entre le témoin et les traitements : T₁ (**Falcon**), T₃ (**Opus**) et T₅ (l'association Falcon+ Opus), des différences significatives entre le témoin et le traitement T₂ (**Prosaro**), et des différences hautement significatives entre le témoin et T₄ l'association (**Falcon+ Prosaro**).

Tableau 26 : Poids de mille (1000) grains pour les différents traitements fongicides (g).

| Traitements | T ₀ (Témoin) | T ₁ (Falcon) | T ₂ (Prosaro) | T ₃ (Opus) | T ₄ (Falcon+Prosaro) | T ₅ (Falcon+Opus) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| $\bar{X} \pm \delta$ | 69.75 ± 5.852 | 74.75 ± 4.645 NS | 80.75 ± 4.991 * | 73.25 ± 4.991 NS | 81.25 ± 2.5 ** | 75 ± 3.162 NS |

* : significative pour $\alpha = 0.05$

** : significative pour $\alpha = 0.01$

NS : non significative

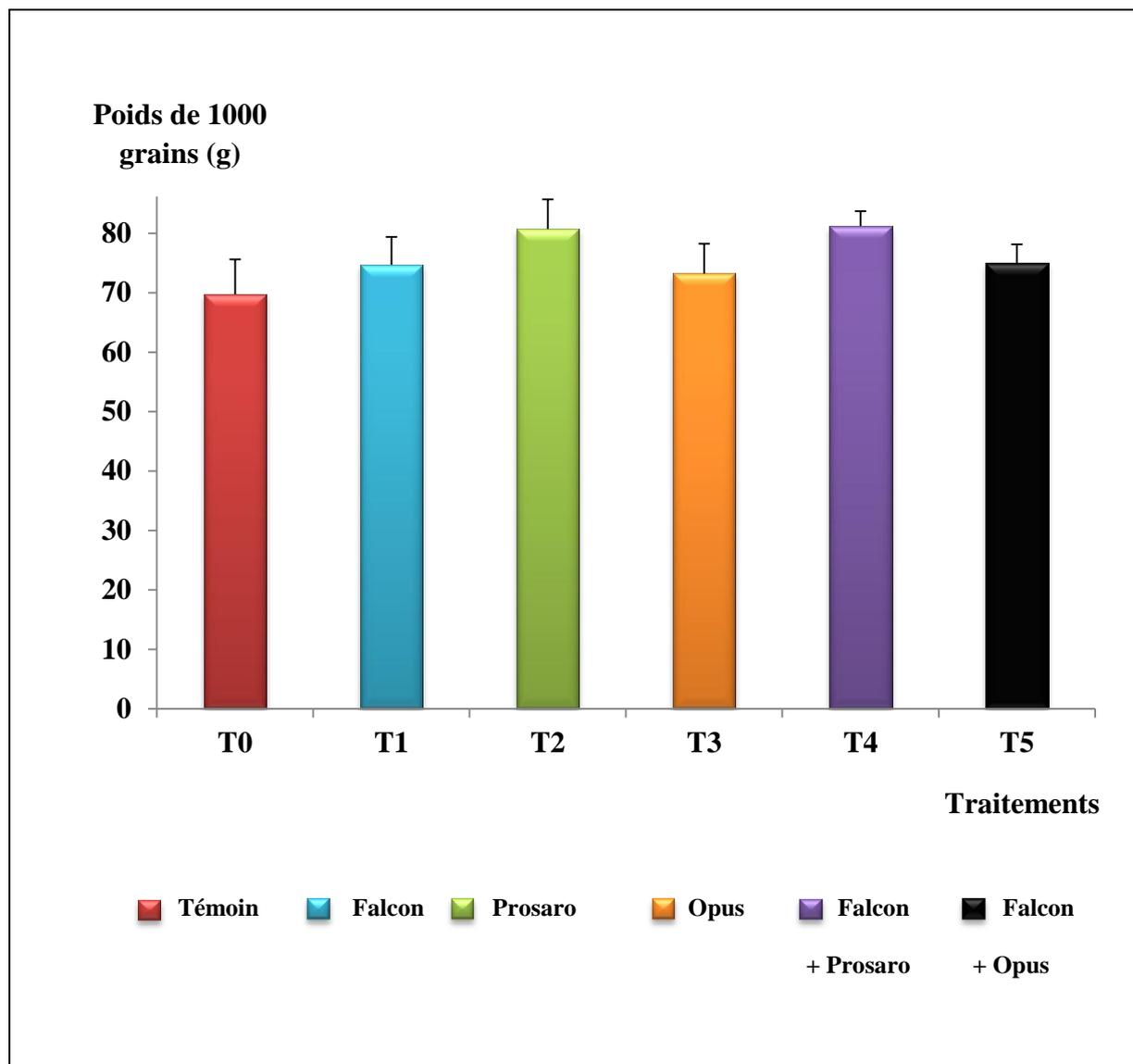


Figure 35 : Poids de mille (1000) grains pour les différents traitements fongicides (g).

Tableau 27 : Analyse de la variance pour le poids de 1000 grains.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|-------|------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 396.2 | 79.2 | 3.90 | 0.014 | * |
| Error | 18 | 365.8 | 20.3 | | | |
| Total | 23 | 762.0 | | | | |

*: significatif pour $p < 0.05$

4-2-2-6- Rendement par hectare :

Nous remarquons que les valeurs enregistrées pour le rendement à l'hectare sont beaucoup plus élevées par rapport aux valeurs moyennes réelles enregistrées en Algérie, ceci peut être liées à l'estimation théorique de ce paramètre.

L'amélioration des différentes composantes du rendement sous l'effet des traitements fongicides appliqués s'est répercutée positivement sur le rendement de la culture du blé dans les parcelles traitées, d'où nous avons noté une augmentation du rendement par hectare dans toutes les parcelles comparativement au témoin (**Fig. 36**).

Le meilleur rendement a été enregistré pour le traitement T₅ réalisé par l'association **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Opus** (Epoconazole) pour lequel nous avons enregistré une moyenne de l'ordre de 152.048 Qx /ha, suivi du traitement T₄ réalisé par l'association **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) + **Prosaro** (Prothioconazole + Tébuconazole) pour lequel une moyenne de 146.420 Qx / ha a été enregistrée contre une moyenne de 82.202 Qx / ha chez le témoin (**Tab. 28**).

L'analyse statistique des résultats a montré des différences hautement significatives entre les traitements (**Tab. 29**), des différences non significatives entre le témoin et les traitements : T₁ (**Falcon**), T₃ (**Opus**), des différences significatives entre le témoin et le traitement T₂ (**Prosaro**), et des différences hautement significatives entre le témoin et T₄ (l'association **Falcon+ Prosaro**) et T₅ (l'association **Falcon+ Opus**).

Tableau 28 : Rendement par hectare pour les différents traitements fongicides.

| Traitements | T ₀ (Témoin) | T ₁ (Falcon) | T ₂ (Prosaro) | T ₃ (Opus) | T ₄ (Falcon+Prosaro) | T ₅ (Falcon+Opus) |
|----------------------|-----------------------------|--|------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $\bar{X} \pm \delta$ | 82.202973 ± 12.002825 | 112.7119295 ± 25.493899 NS | 131.431137 ± 26.1621842 * | 100.171939 ± 37.7332616 NS | 146.420643 ± 12.2323228 ** | 152.0486248 ± 24.369106 ** |

* : significatif pour $\alpha = 0.05$ ** : significatif pour $\alpha = 0.01$ NS : non significatif.

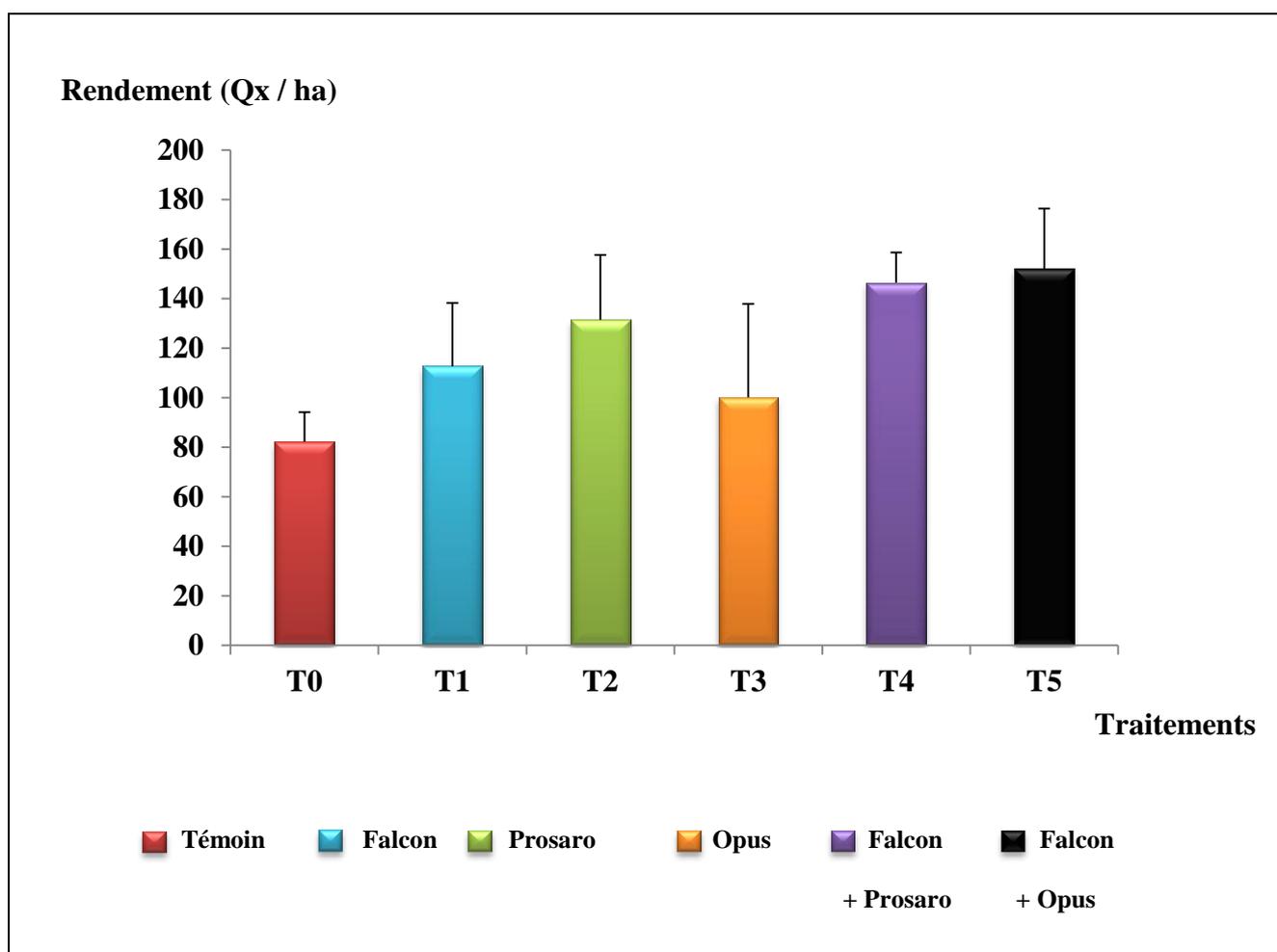


Figure 36 : Rendement par hectare pour les différents traitements fongicides.

Tableau 29 : Analyse de la variance pour le rendement par hectare.

| Source | DF | SS | MS | F | P | Signification |
|-------------|----|-------|------|------|-------|---------------|
| Traitements | 5 | 14906 | 2981 | 4.91 | 0.005 | ** |
| Error | 18 | 10937 | 608 | | | |
| Total | 23 | 25844 | | | | |

** : Hautement significatif pour : $P < 0.01$

Conclusion :

Produire plus de céréales est devenue une question préoccupante pour l'Algérie, produire plus suppose que le milieu s'y prête et que la technologie suit.

Ceci n'est pas toujours, parce que les maladies cryptogamiques sont des maladies très destructrices, qui interviennent de façon considérable dans la limitation des rendements céréaliers. Les préjudices occasionnés portent aussi bien sur la quantité que sur la qualité de la récolte.

La lutte chimique contre les maladies fongiques est un moyen adéquat pour la protection des cultures ; cependant, l'efficacité du produit est strictement dépendante de la nature de sa matière active et sa persistance d'action.

Dans le but de contrôler les maladies cryptogamiques du blé dur nous avons essayé de tester l'efficacité de quelques fongicides dans l'objectif de trouver un meilleur programme qui sera recommandé, pour améliorer le rendement du blé.

Parmi les produits testés, deux produits fongicides sont déjà homologués et commercialisés en Algérie : Falcon et Opus, le produit Prosaro est nouvellement introduit et il est en essai pour la 2^{ème} année.

Les résultats obtenus pour les différents paramètres testés ont montré un effet positif du traitement aussi bien pour le contrôle des maladies enregistrées que pour l'amélioration du développement et du rendement de la culture du blé, des différences significatives ont été notées entre les traitements et ce pour l'ensemble des paramètres étudiées.

Le traitement T₄ réalisé par l'association des fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Prosaro** (Prothioconazole, Tébuconazole), et le traitement T₅ réalisé par l'association des fongicides **Falcon** (Spiroxamine + Tébuconazole + Triadiménol) + **Opus** (Epoconazole) ont montré une très bonne efficacité contre les maladies foliaires enregistrés (la tache auréolée et l'oïdium).

De même ces deux traitements ont enregistré les meilleurs résultats pour la majorité des paramètres relatifs au rendement, ce qui permet de conclure que l'association du produit **Falcon**

(Spiroxamine + Tébuconazole + Triadimérol) avec les produits **Prosaro** (Prothioconazole, Tébuconazole) et **Opus** (Epoconazole) est une bonne formulation recommandée pour le développement et la protection de la culture du blé dur.

Cependant, la protection des cultures nous oblige à envisager des études plus approfondies sur d'autres produits commercialisés en Algérie et choisir des doses efficaces contre les souches d'agents pathogènes présentes dans notre pays ; pour cela d'autres travaux seraient souhaitables sur l'efficacité de ces produits fongicides sur les différents types de maladies cryptogamiques prévalentes dans les différentes régions du pays.

Références bibliographiques :

1. **Ait Kaki, S., 2002.** Evaluation de la qualité d'un germoplasme de blé dur (*Triticum durum Desf*) : appréciation de l'aptitude technologique et biochimique. Université : Badji Mokhtar Annaba. Mémoire : de magistère. Spécialité : biologie. Option : amélioration des plantes : 123 p.
2. **Allan, R.E., 1987.** Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destiné à servir de préférence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développement économiques : 62 p.
3. **Allioui, N., 1997.** Etude de quelques altérations physiologiques et biochimiques causées par la rouille brune du blé (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). Université d'Annaba. Thèse : de magistère. Spécialité : biologie végétale : 150 p.
4. **Anonyme, 2013,** Perspective de récolte et situation alimentaire, Système mondiale d'information et d'alerte rapide sur l'alimentation et l'agriculture (SMIAR), Division de commerce international et des marchés (EST), Rome- Italie : p 1.
5. **Arvalis, 2009.** Guide des maladies des céréales. Chambre de l'agriculture, pays de la Loire : 25 p.
6. **Basf, 2014 a.** Journée Technique Fongicides Céréales, Opus une Triazole pas comme les autres. BASF : the chemical company. Guelma : 89 p.
7. **Basf, 2014 b.** Pas un programme fongicide sans Opus. Fiche technique : 6 p.
8. **Bayer Cropscience, 2010.** Groupe tris fongicides. Fiche technique : 18 p.
9. **Bayer Cropscience, 2013.** FALCON, l'envergure d'une triple efficacité. Fiche technique : 18 p.
10. **Boulahbal, O., 1995.** Détermination de la dose optimale du phosphore pour l'estimation des besoins en engrais phosphaté du blé tendre sur un sol de Sidi belabes. Thèse d'ingénieur. Université de Blida. Option : production végétale. Département : de biologie. pp 14-17.
11. **Boulif, M., 1992.** Cours de formation sur les maladies des céréales et des légumineuses à graines. Principes de phytopathologie, agents pathogènes, Processus d'infection, épidémiologies- projet PNUD/RAB/91/007 Tunisie : p 35.
12. **Brique, S. et Bahi, A., 2002.** Etude comparative de l'efficacité de deux fongicides systémiques (Real 200 FS et Dividend 3D/WS) contre le charbon du blé (*Ustilago*

- triticum*). Université de cheikh Laarbi Tébessi. TBESSA. Mémoire de l'ingénieur. Option : amélioration des plantes. Département : de biologie : p 21.
13. **Choueiri, E., 2003**, La céréaliculture, Ministère de l'Agriculture, Direction des études et de la coordination, stratégie et politique agricole analyse des filières, République Libanaise : p 5.
 14. **Clément, J.M., 1981**. Larousse agricole. Edition : S.P.A.D.E.M. et A.D.A.G.P. Paris. N^o=1032 : 177 p.
 15. **Corbaz, R., 1990**. Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Première édition Schuler S.A : 172 p.
 16. **Couvreur, F., 2002**. Fongicides des céréales et protéagineux. Ed. ITCF avec la participation de l'ANDA .France : 216 p.
 17. **Dekhil, S., 1998**. Les principales maladies cryptogamiques des feuilles du blé dans le nord-est Algérien : distribution et prévalence. Université Badji Mokhtar Annaba, Institut des sciences agronomiques et vétérinaires-el Taref. Mémoire de l'ingénieur. Option : phytotechnie. Département : de biologie : p 15.
 18. **Dibet, A., 2013**. Maladies des céréales : ajuster la protection. Terragricoles de Bretagne REUSSIR. Bretagne. N^o 336 : 8 p.
 19. **Djermoun, A., 2009**, La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, Revue nature et technologie, n^o 1 : pp 45-53.
 20. **Données de la station météo de belkhir, 2014**. Données climatiques fournis par la station.
 21. **Duval, J., 2013**. Présentation des différents pesticides acceptés en bio et du nouveau MIB. Les journées horticoles. CETAB : Centre d'Expertise et de Transfert en Agriculture et Proximité. Cégep de Victoriaville : 25 p.
 22. **Ezzahiri, B., 2001**. les maladies du blé : identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) : 4 p.
 23. **Fellahi, Z.A., A. Hannachi, H., Chennafi, M., Makhoul, H., Bouzerzour, S. 2010**. Effet des résidus et du travail du sol sur la cinétique de l'accumulation de la biomasse, le rendement et l'utilisation de l'eau du blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété MBB sous conditions climatiques des hautes plaines Sétifiennes. Université de Chlef. Mémoire d'ingénieur. Option : Sciences et Technologie. 120p.
 24. **Fritas, S., 2012**. Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région d Batna. (Algérie). Université : ABOU BAKR

BELKAID. TLEMCEM, Mémoire de Magister, Option : Ecologie et biologie des populations, Département : Ecologie et environnement : p 4-7.

25. Gastou, M., 1970. Les fongicides et leur utilisation. Centre d'étude et de modernisation agricole. URPAN : p 204-253.

26. Hamadache, A., 2001, stade et variétés de blé. Edition : I.T.G.C. : 22 p.

27. Heaney, S.P., 1993. Perspectives agricoles. Comprendre comment naissent les résistances. Edition : I.N.R.A. N^o= 185 : 100 p.

28. Hennouni, N., 2012. Evaluation du métabolisme respiratoire et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum* Desf) issue de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et des plantes traitées avec un fongicides (ARTEA EC 330). Université : Badji Mokhtar Annaba. Thèse : Doctorat. Spécialité : biologie. Option : toxicologie cellulaire : 142 p.

29. I.T.G.C, 2012. Bulletin des grandes cultures : Bonnes prévisions de la récolte 2011-2012. Edition : I.T.G.C. N^o=03 : 5 p.

30. I.T.G.C., 2009, Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte, Edition : I.T.G.C. : 56 p.

31. I.T.G.C., 2011, La culture intensive du blé. Direction de la formation de la recherche et de la vulgarisation. Edition : I.T.G.C. : 31 p.

32. Kamel, A.H., 1994. Principaux ravageurs du blé et de l'orge : Guide d'identification au champ/trad. Par G. Misri. Edition : ICARDA. Alep, Syrie : 90 p.

33. Kellou, R., 2008, Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud céréales, Groupe Coopératif Occitan et Audecoop. CIHEAM : Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes. Thèse : requise pour l'obtention du titre de Master of science. N^o=93 : 169 p.

34. Lacroix, M., 2008. Maladies des céréales et de la luzerne, agronome phytopathologiste, Maladies des grandes cultures. La société Canadienne de phytopathologie, Guide agronomique des grandes cultures. MAAARO. N^o= 811F : 47p.

35. Laffont, J.M., Senellari, J., Sylvestre, M. et Thomas, M., 1985. Les maladies des céréales et du maïs. Nathan international. Edition de la nouvelle librairie : 96 p.

36. Lepoivre, P., 2003. Phytopathologie : bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. Edition : les presses agronomiques de GEMBLOUX : p 291-292.

37. Leroux, P., 1981. la défense des végétaux. Edition : INRA. N^o= 207 : 83 p.

38. Leroux, P., 1993. Fongicides et doses réduites, faut il y résister pour vaincre les résistances. Perspectives agricoles. Edition : I.N.R.A. N^o=190 : 130 p.

39. Lhoste, J., 1960. Les fongicides. Office de la recherche scientifique et technique OUTRE-MER. 24, rue Bayard- Paris ville. N^o 80 : 144 p.

40. Lhoste, J., 1961. Le traitement chimique des semences, chimie et industrie. Office de la recherche scientifique et technique OUTRE-MER. 24, rue Bayard- Paris ville. N^o 85 : 112 p.

41. Mechara, R., Acila, S., 1999. Etude de l'efficacité de quelque fongicides sur la carie du blé (*Tilletia caries*). Université : de Tbessa. Thèse d'ingénieur. Option : amélioration des plantes : 155 p.

42. Meeus, P., 1993. Optimisation de l'utilisation des fongicides inhibiteurs de la biosynthèse des stérols dans la lutte contre les maladies foliaires de l'orge. Université de Belgique. Dissertation de doctorat. Option : Amélioration des plantes : 86 p.

43. Messadia, S., 2005. Etudes comparative de l'effet d'application de fongicides sur le contrôle des maladies cryptogamiques, et l'amélioration de la production de blé. Université de Tbessa. Mémoire d'ingénieur. Option : biologie végétale : 50 p.

44. Moreau, J.M., 2008. Livre blanc « Céréale » F.U.S.A. et CRA-W Gembloux : lutte contre les maladies. Département de phytopharmacie. France. N^o=06 : p 39.

45. Ouanzar, S., 2012. Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum Desf.*). Université : Ferhat Abbas Sétif. Mémoire : de Magister. Option : Production Végétale et Agriculture de Conservation : 70 p.

- 46. Polaris, 2004.** Guide de l'utilisation des produits phytosanitaires : les étapes essentielles d'une bonne application, avant, pendant et après. Groupe régional d'études des pollutions par les produits phytosanitaires. Ministère de l'écologie et e développement durable. République Française. N^o 26 : p 4.
- 47. Rapilly, E., Lemaire, J.M., Cassin, R., 1971.** Les maladies des céréales : les rouilles. INRA- I.T.C.F. : p 30-54.
- 48. Rocher, F., 2004.** Lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes : Evaluation de la systémie phloèmienne de nouvelles molécules à effet fongique et d'activateurs de réaction de défense. Université de Poitiers. Thèse de doctorat. Faculté des sciences fondamentales et appliquées. Ecole doctorale : ingénierie chimique, biologique et géologie : 163 p.
- 49. Sahli, I., 2009.** Etude de l'efficacité d'un fongicide systémique nouvellement introduit en Algérie (Falcon) contre les maladies cryptogamiques du blé. Université : 08 Mai 1945 de Guelma. Mémoire : d'ingénieur. Spécialité : biologie. Option : Biotechnologie végétale : 52 p.
- 50. Seguin, B., 1995.** Les maladies transmises par les semences. Perspectives agricoles. N^o= 203 : 56 p.
- 51. Semal, J., 1989.** Traité de pathologie végétal. Les presse agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.N^o= 16 : 63 p.
- 52. Simon, M., Vegh, I., Ponchet, J., 1994.** Les principales maladies cryptogamiques des céréales. INRA. Département de pathologie végétale : 118 p.
- 53. Stiti, H., 2013.** Evaluation de plusieurs combinaisons de traitements antifongiques sur une culture de blé dur (*Triticum durum Desf*) dans la région de Guelma. Université : 08 mai 1945 Guelma. Mémoire de Master. Filière : sciences agronomiques. Spécialité : phytopathologies et phytopharmacie : p 64.
- 54. Youbi, M., 2005.** effet de deux fongicides ARTEA et PUNCH nouvellement introduits en Algérie sur la physiologie et le métabolisme respiratoire du blé dur (*Triticum durum Desf*. Université d'Annaba. Thèse de magistère. Option : biologie végétal : 64 p.

55. Zillinsky, F.J., 1983. Maladies communes des céréales à paille : guide d'identification. Edition : Cimmyt. Mexico. N^o = 04 : 70 p.

56. Zirem, L., 2002. Etude de l'efficacité de quelques fongicides sur le charbon du blé (*ustilago*). Université : d'Eltaref. Mémoire : d'ingénieur. Spécialité : biologie. Option : agronomie : 67 p.

57. Zuber, C., Marcou, L., 1954. La protection permanente des textiles celluloses contre les microorganismes. Bull. Inst. Textile de France 47 : p 69-93.

Sites Internet :

[1]. répartition de la production des céréales dans le monde 2013 :

<http://www.plantureux.com/images/carte-monde-ble.jpg>. (Consulter le : 08/03/2014).

[2]. morphologie du blé :

<http://environnement.ecole.free.fr/images/ble-2r.jpg>. (Consulter le : 10/03/2014).

[3]. cycle de développement du blé :

http://www.univlehavre.fr/enseign/fst/projets/alternative_desherbages/objets/images/Image%20BI%E9/cycle_ble.gif. (Consulter le 25/06/2014)

[4]. Feuille du blé infectée par la rouille brune :

http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/img.php?ID=3902. (Consulter le : 10/03/2014).

[5]. Feuille du blé infectée par la rouille noire :

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/Stem_rust_close_up.jpg. (Consulter le : 10/03/2014).

[6]. Premier symptôme d'oïdium du blé :

<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/14cereal8.jpg>. (Consulter le : 15/03/2014).

[7]. Oïdium avec Cléistothèces du blé :

http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/media/migrated/fr/images_2/170x170/maladies_2/OI DIUM_4_picture_170x170px.jpg. (Consulter le : 15/03/2014).

[8]. Oïdium sur épi du blé :

<http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/media/productcatalogue/pests/oidium-ble.jpg>. (Consulter le : 15/03/2014)

[9]. Feuille du blé infecté par la tache auréolée

http://www.dirceugassen.com/images/fotos/sgrd/drechslera%20tritici-repentis_04.jpg. (Consulter le : 18/03/2014).

[10]. Charbon du blé :

http://www.bayer-agri.fr/fileadmin/_processed_/csm_charbon-nu-1491-f2_0e8eb34958.jpg. (Consulter le : 20/03/2014).

[11]. Grain cariée du blé :

http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/img.php?ID=3925. (Consulter le : 20/03/2014).

[12]. Epi carié comparé avec un épi sain du blé :

http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/img.php?ID=3924. (Consulter le : 20/03/2014).

[13] Falcon :

<http://www.agrosava.com/sw4i/thumbnail/falcon.jpg?thumbId=1106>. (Consulter le 22/04/2014).

[14] Prosaro :

<http://www.belleau-ets.com/112-163-large/prosaro.jpg>. (Consulter le : 22/04/2014).

Résumé :

En vue de comparer l'efficacité de quelques fongicides systémiques sur les maladies cryptogamiques foliaires du blé, une variété de blé dur (GTA) a été utilisée et trois produits fongicides ont été testés en plus de deux combinaisons de deux produits : Prosaro, Falcon, Opus, Falcon + Opus et Falcon + Prosaro.

Plusieurs paramètres ont été estimés en vue de détruire l'effet du traitement sur le développement, le rendement et la protection de la culture.

Les résultats obtenus montrent que les différents produits fongicides utilisés ont enregistré une efficacité plus ou moins satisfaisante contre les maladies enregistrées notamment la tache auréolée et l'oidium.

L'association des deux produits Falcon et Prosaro et Falcon et Opus a enregistré les meilleurs résultats, pour la majorité des paramètres étudiées.

Mots clés : blé, maladie, fongicide, efficacité, rendement.

Abstract :

In order to compare the effectiveness of some systemic fungicides on fungal diseases of wheat, a study was conducted using a cultivar of durum wheat (GTA), which has been treated with three fungicides and two combinations : Prosaro, Falcon, Opus, Falcon + Opus and Falcon + Prosaro.

Many parameters were evaluated in order to study the effectiveness of the treatment on the development, the yield and crop protection.

The results obtained prove that the different fungicides used have shown satisfying results against the recorded diseases especially against the tan spot and powdery mildew.

Combinaison of the two products Falcon + Prosaro and Falcon + Opus recorded better results, for the majority of estimated parameters.

Key words: wheat, disease, fungicide, effectiveness, yield.

المخلص:

بهدف مقارنة فعالية بعض المبيدات الفطرية الجهازية على الأمراض الفطرية التي تصيب القمح، تمت هذه الدراسة على صنف واحد من القمح الصلب GTA و تم اختبار ثلاث مبيدات فطرية استعملت بصفة أحادية، بالإضافة إلى اثنين من التوفيقات: Falcon + Prosaro و Falcon + Opus, Prosaro, Falcon, Opus. تم قياس عدة معايير بهدف استخلاص تأثير المعالجة على نمو، مردود و حماية المحصول اوضحت النتائج المحصل عليها أن المبيدات المستعملة أظهرت فعالية جد مرضية ضد الأمراض المسجلة خاصة التبقع الهلمنتوسبورى عند القمح و البياض الدقيقي.

سجلت أفضل النتائج بالنسبة لأغلبية المعايير المدروسة عند التوفيقتين : Falcon + Opus و Falcon + Prosaro .

الكلمات المفتاحية:

قمح، مرض، مبيد فطري ، فعالية، مردود.