



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME

DE

MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES

"GESTION & CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE"

**ETUDE DE L'IMPORTANCE DE LA FUSARIOSE DU BLE AU
MAROC ET EVALUATION DE L'EFFET D'UN NOUVEAU
PESTICIDE SUR LE RENDEMENT.**

Présenté par :

ZIZI NACER Ilham

Encadré par :

Pr. AMIRI Said

Pr. BENJELLOUN Meryem

Soutenu le 19 juin 2013 devant le jury composé de

Pr. Lahsen EL GHADRAOUI, FST-Fès

PRESIDENT

Pr. Meryem BENJELLOUN, FST-Fès

ENCADRANTE

Pr. Said AMIRI, ENA-Meknès

ENCADRANT

Pr. Jamila ALFIGUIGUI, FST-Fès

EXAMINATRICE

Pr. Abderrahim LAZRAQ, FST-Fès

EXAMINATEUR

Année universitaire : 2012/2013



SOMMAIRE

Résumé

Introduction générale..... 1

Revue bibliographique

I. Aperçu sur le secteur des céréales au Maroc	3
II. Généralités sur le blé.....	3
1. Importance de la culture du blé.....	4
1.1. Importance mondiale du blé.....	4
1.2. Importance nationale du blé	4
2. Biologie du blé.....	5
2.1.1. Description.....	5
2.1.2. Reproduction.....	5
2.1.3. Taxonomie	6
3. Cycle biologique	6
III. Problèmes phytosanitaires du blé.....	7
1. Pourritures racinaires	7
1.1. <i>Helminthosporium</i>	8
a. Présentation.....	8
b. Symptômes.....	8
1.2. <i>Fusarium</i>	9
a. Généralités	9
b. Principales espèces pathogènes du blé	9
1.2.1. <i>Fusarium graminearum</i>	10
a. Biologie.....	10
b. Symptômes	10
c. Morphologies	11



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



1.2.2. <i>Fusarium culmorum</i>	12
a. Autres noms en Français	12
b. Biologie	12
c. Symptômes	13
d. Morphologies	13
1.2.3. <i>Fusarium avenaceum</i>	15
a. Généralités	15
b. Morphologies	15
1.2.4. <i>Fusarium nivale</i>	16
a. Morphologies	17
b. Biologie	17
c. Symptômes	18
IV. Lutte contre la fusariose	18
1. Lutte chimique	18
2. Elimination des résidus.....	18
3. Rotation des cultures	18
4. Traitement des semences	19
5. Lutte biologique	19
Matériel et méthodes	
I. Isolement de <i>Fusarium</i> spp. à partir des semences	20
1. Objectif.....	20
2. Matériel	20
2.1.1. Echantillonnage	20
2.1.2. Conservation et acheminement des échantillons	20
2.1.3. Prise d'essai.....	20
3. Désinfection de surface des grains.....	20
4. Séchage des grains.....	21
5. Incubation des grains	21
6. Lecture des boîtes d'isolement.....	22
II. Isolement de <i>Fusarium</i> spp. à partir du collet et des épis.....	22



1. Objectif.....	22
2. Matériel	23
3. Préparation des échantillons	23
4. Mise en culture des échantillons	24
5. Lecture des résultats.....	24

III. Évaluation de l'effet du traitement des semences sur les paramètres de rendement

1. Objectif	24
2. Parcelles prospectées	24
3. Evaluation de la levée	25
4. Effet de la vigueur	25
a. Longueur des tiges	25
b. Nombre de talles	26
c. Poids du plant	26
d. Poids racinaire	26
5. Estimation du rendement	26
5.1.Objectif	26
5.2.Echantillonnage	26
5.3.Rendement en grain.....	27
a. Objectif	27
b. Poids 1000 grains	27
c. Nombre de grains par épis	28
d. Nombre d'épis par m ²	28
e. Expression du rendement théorique	29

IV. Tests statistiques

Résultats et discussion

I. Isolement de *Fusarium* spp. à partir des semences



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



1. Blé dur	31
2. Blé tendre	32
<i>II. Isolement de Fusarium spp. à partir du collet et des épis.....</i>	<i>34</i>
<i>III.Évaluation de l'effet du traitement des semences par Celest Top sur les paramètres de rendement.....</i>	<i>35</i>
1. Paramètres de rendement	35
1.1.Longueur	36
1.2.Poids total.....	37
1.3.Poids racinaire	38
1.4.Nombre de talles	39
2. Densité.....	42
2.1.Densité à 50% de levée.....	42
2.2.Densité 45 jours après	43
3. Rendement théorique	44
Conclusion générale	46
Références bibliographiques	47
Annexes	51



Introduction générale

Au Maroc, la culture du blé représente la spéculation céréalière la plus importante aussi bien en terme de superficie (56% des superficies sont céréalières, soit 33,6% de la SAU) qu'en production. Ainsi les céréales contribuent à la couverture de 62% des besoins nutritionnels nationaux (Anonyme, 2006). Cependant cette culture souffre de beaucoup de contraintes telles que la succession des années de sécheresse, l'utilisation des pratiques culturales traditionnelles et l'utilisation des variétés peu productives et sensibles aux maladies et aux insectes. En effet, la culture du blé peine à satisfaire la demande qui ne cesse de s'accroître avec l'augmentation de la population (Anonyme, 2011), raison pour laquelle l'amélioration de la productivité de cette culture par la création de variétés plus productives et plus adaptées, parallèlement à l'amélioration des techniques de protection contre les maladies et ravageurs est un sujet d'actualité.

La production céréalière dépend d'une multitude de facteurs allant de la qualité des semences passant par la pluviométrie, la compétition d'adventices à l'attaque de maladies (Grita, 2012).

Parmi les maladies responsables des pourritures racinaires des céréales, les fusarioses sont à l'origine d'importantes pertes de rendement. Ces maladies sont largement distribuées dans le monde, là où la culture du blé *Triticum* spp. est cultivée. Leur développement dépend de nombreux facteurs liés à la succession de cultures, traitement de semences, et au climat.

Des conditions climatiques favorables, essentiellement les printemps pluvieux, en présence des variétés sensibles à la maladie, favorisent le déclenchement des épidémies sévères de la fusariose qui provoquent des pertes énormes. Jusqu'à présent, aucune étude n'a été réalisée au Maroc pour estimer les pertes économiques causées par les fusarioses (Grita, 2012).

La majorité des programmes de lutte contre les maladies des céréales se dirigent contre les maladies foliaires, pourtant les pourritures racinaires restent plus sévères et causent plus de dégâts.

Au Maroc, peu d'investigations ont été réalisées pour étudier l'importance de ces maladies. En effet, le présent travail a comme objectif, l'étude de l'importance des maladies de pourritures



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



racinaires du blé causées principalement par *Fusarium* spp. dans cinq régions céréalières du Maroc.

Cette étude comporte:

- Une étude sur l'évaluation de l'état phytosanitaire des semences de blé tendre et blé dur collectées de 5 régions céréalières du Maroc (Sais, Gherb, Doukkala, Chaouia et Tadla).
- Evaluation de l'effet d'une nouvelle matière active sur le contrôle des maladies de Fusariose par l'évaluation des différents paramètres de rendement.

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

☎ 212 (35) 60 80 14 – 212 (35) 60 96 35 📠 212 (35) 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma



V. Aperçu sur le secteur des céréales au Maroc

Au Maroc, les céréales et leurs dérivés jouent un rôle nutritionnel, social et économique indéniable, la superficie totale semée par les trois principales céréales d'automne (blé tendre, blé dur et orge) atteint près de 5,1 millions d'hectares.

En 2009, cette superficie s'est répartit par espèce comme suit :

- **Blé dur** : 0,9 million d'ha soit 19% de la superficie totale semée en céréales d'automne;
- **Blé tendre** : 2 millions d'ha soit 39% de la superficie totale semée en céréales d'automne ;
- **Orge** : 2,2 millions ha soit 42% de la superficie totale semée en céréales d'automne (Anonyme, 2011).

Les céréales possèdent de larges capacités d'adaptation aux conditions environnementales (climatiques, géographiques et de culture). Elles sont cultivées sur tout le territoire national, principalement dans les zones « Bour » des plaines atlantiques, occupant plus de deux tiers des superficies agricoles (Balaghi et *al.*, 2012).

En 2009, la production des céréales d'automne a atteint près de 102 millions de quintaux. Cette production se répartit selon les espèces comme suit :

- **Blé dur** : 20 millions de quintaux soit 20% de la production totale en céréales d'automne;
- **Blé tendre** : 45 millions de quintaux soit 44% de la production totale en céréales d'automne;
- **Orge** : 37 millions de quintaux soit 36% de la production totale en céréales d'automne (Anonyme, 2011).

VI. Généralités sur le blé



Le blé est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées, cultivées dans de très nombreux pays. Le terme blé désigne également le grain (caryopse) produit par ces plantes (Oukhouia, 2009).

4. Importance de la culture du blé

4.1. Importance mondiale du blé

La production mondiale de tous les types de blé est de 660 millions de tonnes lors de la campagne 2009-2010, c'est-à-dire près de 100 kg par habitant, pour l'ensemble de la population mondiale. En volume de production, c'est la quatrième culture mondiale derrière la canne à sucre, le maïs et le riz. Ces statistiques sont calculées par le Conseil International des Céréales.

Le développement de l'irrigation, la réduction des pertes et l'amélioration des infrastructures (routes, capacités de stockage) sont des moyens qui peuvent encore être mis en œuvre dans de nombreuses régions pour augmenter la production (Anonyme, 2010).

La consommation mondiale de blé a été multipliée par 4 en l'espace d'un demi-siècle passant ainsi de moins de 150 millions de tonnes consommés en 1946 à plus de 600 millions de tonnes en 2005.

La consommation annuelle moyenne du blé tendre au niveau mondial s'élève à 90 kg par individu, essentiellement en pain, qui est la forme d'utilisation la plus connue depuis des millénaires. D'autres formes d'utilisation sont connues: le germe du blé est utilisé dans la cosmétique, l'amidon dans l'industrie chimique, le son dans l'alimentation animale, le grain dans la production d'énergie (brulé pour le chauffage ou fermenté pour le biocarburant), et la paille dans l'alimentation animale, la production d'énergie, et comme matériel de construction.

En raison de sa dureté, le blé dur n'est pas consommé en l'état. Il doit être transformé en [semoules](#) qui servent principalement à la production de [pâtes alimentaires](#) (Oukhouia, 2011) et de contrôle des maladies.

4.2. Importance nationale du blé



Les céréales représentent la première spéculation au Maroc. Cette place de choix est révélée par l'importance des superficies qu'elles couvrent. Cette superficie s'est accrue de 23% par rapport à ce qu'elle était pendant les années 70. Actuellement, les céréales occupent 70% des superficies cultivées par an. L'orge, le blé tendre, le blé dur et le maïs constituent le lot des céréales principales. Les céréales dites secondaires comprennent le riz, l'avoine et le sorgho. Elles donnent lieu à 40% des occasions de travail offertes par le secteur de la production végétale. En outre, elles constituent 30% du Produit Agricole Intérieur Brut et 45% du total des importations alimentaires. Ainsi, le commerce des céréales et de leurs dérivés conditionnent l'activité économique générale du pays (Anonyme, 2008).

La consommation moyenne annuelle des céréales par habitant au Maroc est très importante. Elle se chiffre à 210 Kg. Pour une population évaluée à 30 millions d'habitants, la consommation totale en céréales s'élève à 54.6 millions qx (Duval et Bezaed, 2003).

Il est important de signaler, en terme d'art culinaire, que l'une des principales utilisations du blé dur au Maroc soit la production du « couscous » élément indispensable en cuisine marocaine.

La demande prévisible en céréales vers l'an 2020 est estimée à 124 millions qx. Grâce à l'augmentation des superficies emblavées en céréales, à l'amélioration des rendements et à l'apport potentiel de l'irrigation, les premières estimations admettent que la production en 2020 atteindra 120 millions qx (Anonyme, 2008). Pour atteindre cet objectif, les prévisions admettent une pluviométrie ordinaire, un accroissement des superficies irriguées, une amélioration des conditions de financement des agriculteurs, une amélioration des circuits de commercialisation, une instauration d'un système d'assurance vis à vis des aléas climatiques et surtout une poursuite des programmes de recherche et de vulgarisation (Oukhouia, 2011).

5. Biologie du blé

5.1. Description

Le blé est une plante herbacée annuelle monocotylédone, à feuilles alternes, formée d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes (Feillet, 2000).



5.2. Reproduction

L'épi de blé est formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre de l'axe. Un épillet regroupe trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et est entourée de deux glumelles (pièces écailleuses non colorées). Elle contient trois étamines (pièces mâles), et un ovaire surmonté de deux styles plumeux (les pièces femelles). La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché par déhiscence des étamines. Il s'attache alors au stigma, où peut se produire la fécondation (Clarke et *al.*, 2006).

À cause du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés : ce sont les anthérozoïdes (ou spermatozoïdes) issus du pollen d'une fleur qui fécondent l'oosphère et la cellule centrale du sac embryonnaire de l'ovaire de cette même fleur.

Après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé. Dans le cas du blé, le grain est à la fois le fruit et la graine, les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine. On appelle ce type de fruit un caryopse (Oukhouia, 2011).

5.3. Taxonomie

D'après (Clarke et *al.*, 2006), le blé appartient au:

- ✓ Règne : Plante
- ✓ Classe : Monocotylédones
- ✓ Ordre : Cyperales
- ✓ Famille : Poacées
- ✓ Genre : *Triticum*

6. Cycle biologique

La germination du grain de blé dure entre 13 et 21 jours pendant lesquels se forment des racines primitives. Le développement des premières feuilles extérieures constitue la levée. Il apparaît un renflement dans la partie supérieure du rhizome qui grossit et forme le plateau de thallage. Des bourgeons se forment à l'aisselle des feuilles et donnent des pousses ou thalles. Chaque thalle primaire donne des thalles secondaires. Apparaissent alors, à partir de la base du

plateau de thallage, des racines secondaires ou adventives, qui seront à l'origine de l'augmentation du nombre d'épis.

Ensuite, la montaison avec, au sommet du bourgeon terminal, le début du développement de l'épi. Parallèlement, on assiste à l'allongement des entrenœuds. Le plant de blé a besoin, durant cette phase, d'un important apport d'engrais azotés.

Puis on assiste au gonflement qui correspond au développement de l'épi ou épiaison et à l'autofécondation. La floraison vient ensuite avec l'apparition des étamines en dehors des glumelles, le cycle s'achève par la maturation qui dure en moyenne 45 jours (Figure 1) (Henri et Buyser, 2000).

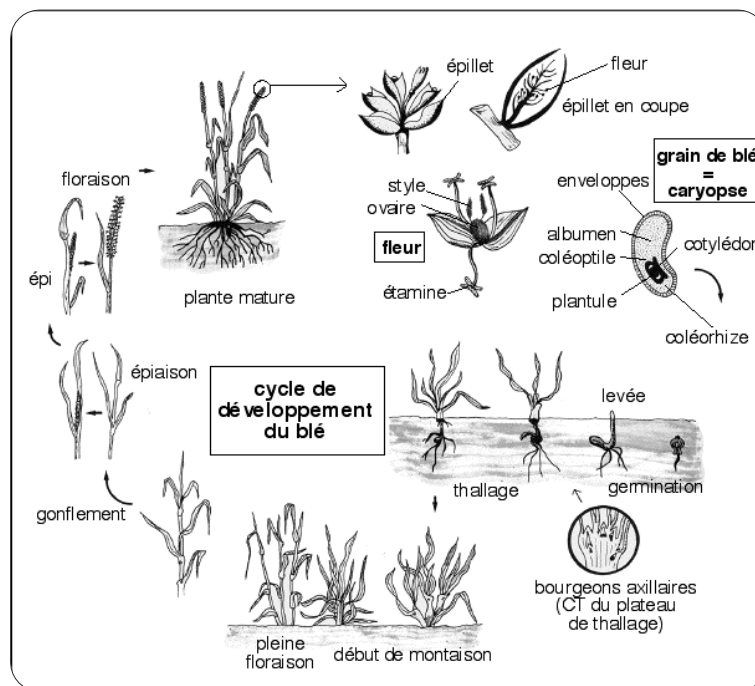


Figure 1: cycle de développement du blé (Henri et Buyser, 2000)

VII. Problèmes phytosanitaires du blé

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



On distingue les maladies transmises par les semences et les maladies foliaires, dont les substrats de conservation sont variables (sol, chaume, la surface du sol...) (Ezzahiri, 2001).

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et le blé dur (*T. turgidum* L.) sont vulnérables à l'attaque de différents pathogènes. Certains de ces pathogènes ont une large gamme d'occurrence tandis que d'autres peuvent être très localisés; certains sont extrêmement préjudiciables à la production végétale tandis que d'autres endommagent relativement peu en dépit d'occurrence répandue (McIntosh, 1998).

2. Pourritures racinaires

La maladie des pourritures racinaires se manifeste aussi bien sur le blé dur, le blé tendre que sur l'orge. Des pertes localisées peuvent être occasionnées par la diminution du tallage, par la réduction de la taille des épis et par la perte des plantes. Cette maladie apparaît plus particulièrement dans les zones semi-arides et durant les années à faible pluviométrie (Ezzahiri, 2001).

Deux groupes de champignons sont responsables des pourritures racinaires: *Fusarium spp.* et *Helminthosporium*.

1.1. *Helminthosporium*

c. Présentation

Helminthosporium sativum est l'espèce qui a été associée à la pourriture racinaire du blé (Millimono, 1982). C'est un pathogène très vorace qui attaque le blé, l'orge et plusieurs graminées. Le champignon se conserve très bien à l'état saprophyte sur les débris végétaux.

- Règne : Champignons
- Classe : Ascomycètes
- Groupe : Hyphomycètes
- Ordre : Moniliacés
- Famille : Dermatiacés
- Genre : *Helminthosporium*
- Espèce : *Sativum*



d. Symptômes

La contamination par *H. sativum* peut se produire à tous les stades de développement de l'hôte, mais les symptômes sont plus marqués après l'épiaison.

Les plantules infectées manifestent des lésions nécrotiques de couleur brun sombre sur les racines, le collet et les gaines des feuilles inférieures (Miller et *al.*, 1976). Les lésions sur les gaines sont susceptibles de s'étendre jusqu'au limbe des feuilles. Lorsque les racines ou le collet sont contaminés avant la floraison de la plante hôte, celle-ci meure avant qu'elle puisse former des graines. Ces dégâts se produisent fréquemment lorsque *H. sativum* s'associe à d'autres pathogènes causant les pourritures racinaires (Tourkmani, 1974).

Les nœuds infectés se recouvrent d'un velouté gris noir constitué par les fructifications du pathogène, ce qui a pour effet d'entraver le passage de la sève. Ce champignon cause aussi la fonte des semis lorsque l'attaque est précoce.

1.2. *Fusarium*

c. Généralités

Le genre *Fusarium* a été décrit pour la première fois par Link en 1809 :

- Règne : Champignons
- Classe : Ascomycètes
- Ordre : Hypocréales
- Famille : Nectriacées
- Genre : *Fusarium*

La fusariose est l'une des maladies les plus répandues sur les céréales. Elle est favorisée par des temps doux et pluvieux entre le stade floraison et le stade de formation des grains. En plus des pertes de rendement considérables qu'elle peut engendrer, la fusariose peut produire sur les grains infectés des mycotoxines dangereuses pour le bétail et l'Homme (Lacroix, 2008).

Fusarium peut se conserver dans la semence ou le sol (Figure 2) sous forme de chlamydospores ou de mycélium capable de se propager sur les débris végétaux. Les pluies d'orage constituent des situations idéales pour leur développement en plus d'une température supérieure à 20°C (Béatrice, 2001).

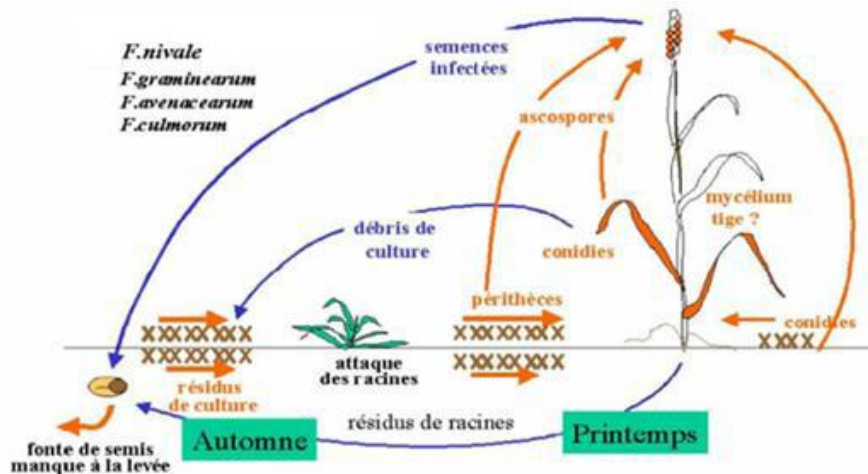


Figure 2 : Cycle de développement de la fusariose des céréales.

d. Principales espèces pathogènes du blé

- *Fusarium graminearum*
- *Fusarium culmorum*
- *Fusarium avenaceum*
- *Fusarium nivale*.

1.2.1. *Fusarium graminearum*

F. graminearum est l'espèce du genre *Fusarium* la plus représentée sur le blé et semble préférer les régions aux hivers doux et aux étés humides et chauds (Zilinsky, 1983).

d. Biologie

Chez le blé, au moment de l'épiaison et lorsque les conditions deviennent favorables, les spores parviennent jusqu'aux épis et causent l'infection (Caron et *al.*, 2006). La période critique pour l'infection des épis débute à l'épiaison et s'étend sur les quelques jours suivants.

L'infection a lieu principalement, pendant une très courte période, au moment de la sortie des étamines. A ce stade du développement, la fleur du blé est largement ouverte et est sujette à

l'envahissement par le champignon et l'infection a plus d'impact sur le rendement en grains. En effet, plusieurs études ont montré une perte de rendement entre 15% et 60% suite à l'infection à ce stade (Arseniuk et *al.*, 1999).

e. Symptômes

La fusariose de l'épi se manifeste par une décoloration des épillets avec des tâches roses ou orangées qui dénotent la présence du champignon (Champeil et *al.*, 2004). *F. graminearum* est capable de provoquer la pourriture des semences, brûlure des semis et la pourriture des racines du blé, de l'orge et du maïs (Mathre, 1997).

F. graminearum peut être présent pendant tout le cycle de la culture sur semences, tiges, feuilles et épis. A la levée, les semences infectées germent mais les pousses et les racines se nécrosent et meurent. Le coléoptile porteur de lésions s'enroule sur lui-même. A la sortie de l'hiver, le système racinaire se réduit, le collet et les gaines prennent une couleur brune et la plante s'affaiblit. Les grains matures fusariés sont ratatinés, légers, blanc crayeux ou parfois roses (Figure 3) (Richard, 2004).



Figure 3 : Comparaison à la loupe binoculaire entre un grain de blé normal (à droite) et un grain présentant les symptômes de *Fusarium* (à gauche)

Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas. La maladie est très visible dans le champ car elle se manifeste par un blanchiment prématuré d'une partie ou de la totalité de l'épi, et aussi par l'apparition, tard dans la saison, de petits organes de fructification noirs produits par le champignon (Richard, 2004).

f. Morphologies

➤ Caractères cultureux

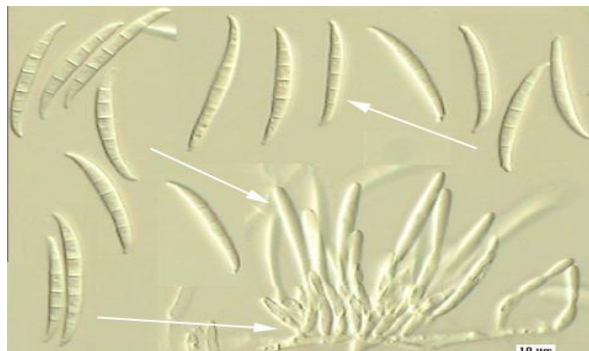
Ce champignon se développe vite sur les géloses PDA, les colonies, floconneuses, sont au début roses grisâtres ou rouges à pourpres, puis deviennent brun vineux. Le revers est rouge à pourpre. Le pigment diffuse dans la gélose (Figure 4).



Figure 4 : Caractères morphologiques de *Fusarium graminearum*

➤ Morphologie microscopique (Figure 5) :

- ✓ **Les phialides** : d'une taille de 10-14 x 3,5-5 μm peuvent s'agréger en sporodochies.
- ✓ **Les macroconidies** : Les macroconidies sont fusiformes, courbées, leur taille est comprise entre 3 et 6 μm . Moyennement allongées avec 3 à 7 cloisons. Elles sont de forme légèrement incurvée au niveau des cellules basale et apicale. La cellule terminale est longue et pointue (25-62 x 2,5-5 μm)



..... **Figure 5 :** Vue microscopique des phialides (flèche du milieu), des macroconidies (flèche du haut) et des sporodochium (flèche du bas)

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

☎ 212 (35) 60 80 14 – 212 (35) 60 96 35 📠 212 (35) 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma



- ✓ **Les microconidies** : sont absentes.
- ✓ **Les chlamydospores** : Les chlamydospores, intercalaires, formées par le mycélium rarement dans les conidies, sont globuleuses, hyalines à brun pâle (8-12 μm en diamètre) (Tabuc, 2007).

1.2.2. *Fusarium culmorum*

Fusarium culmorum a un impact sévère sur le blé et l'orge dans le monde entier, cette espèce est très répandue, et semble pouvoir mieux résister aux sécheresses et aux gels extrêmes que *F. graminearum*.

e. Autres noms en Français

- Brulure de l'épi des céréales
- Brulure des panicules des céréales
- Fusariose des céréales

f. Biologie

Dans des conditions défavorables, *F. culmorum* se comporte comme le cas de *F. graminearum* à l'état saprophyte et hiverne principalement sur les résidus de culture infectés et dans le sol pendant plusieurs mois sous forme de mycélium ou de chlamydospores formant ainsi la source majeure d'inoculum (Christoph et Brandfa, 2006).

F. culmorum ne possède pas de forme sexuée. Les conidies de *F. culmorum* peuvent atteindre les épis en allant d'un pied à l'autre dans les éclaboussures de pluie et l'infection se déroule comme pour *F. graminearum*.

g. Symptômes

On trouve les symptômes visibles, tels que le dessèchement des épillets, la nécrose du rachis et du col de l'épi, et les grains sont momifiés roses ou blanc. Ce champignon provoque aussi la fonte de semis, la pourriture du pied, la pourriture de la tige et la pourriture des racines des céréales (Wiese, 1977).

En 2007, Trottet a montré que des contaminations asymptomatiques induites par des épisodes pluvieuses lorsque le grain était déjà formé et en cours de remplissage, pouvaient conduire

à des accumulations de mycotoxines : déoxynivalénol (DON) dans les grains contaminés par *F. culmorum* sans symptômes apparents. Ces contaminations peuvent aussi conduire à une diminution de la faculté germinative des semences.

h. Morphologies

➤ Caractères cultureux

La colonie cultivée sur gélose PDA à une croissance rapide, atteignant 50-80 mm de diamètre après 4 jours, Les colonies sont duveteuses, d'abord blanches à jaunâtres ou roses puis ocracées à rouges brunâtre. Le revers est rouge à pourpre (Figure 6).



Figure 6 : Caractères morphologiques de *Fusarium culmorum* à gauche colonie vue de face (couleur ocracée) et à droite une colonie vue de face (couleur rouge brunâtre)

➤ Morphologie microscopique :

- ✓ **Les phialides** : courtes et larges, cylindrique d'un diamètre de 10-25 x 3-5 pm formées sur le mycélium aérien, sont groupées en sporodochies.
- ✓ **Les cellules conidiogènes** : supportées en grappes denses sur les cellules irrégulièrement ramifiées (Figure 7)

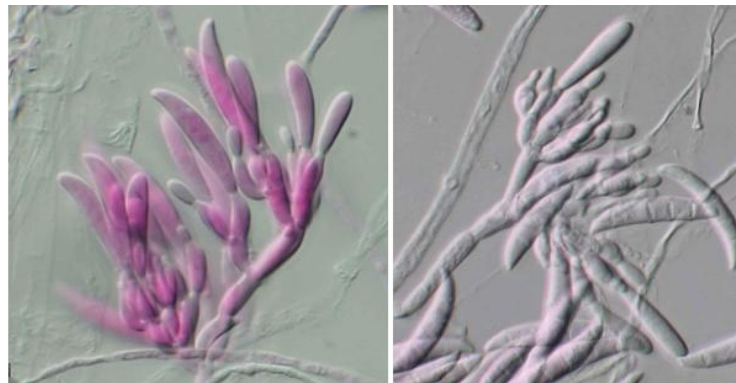


Figure 7 : Vues microscopiques de phialides et cellules conidiogènes

- ✓ **Les microconidies** : sont absentes.
- ✓ **Les macroconidies** : apparaissant grosses, courtes et fusiformes, courbées et septées (5 cloisons en moyenne, 3-8) d'une taille de 30-50 5-9 μm . La cellule apicale est courte et pointue (26-50 x 4-7 μm) (Figure 8).

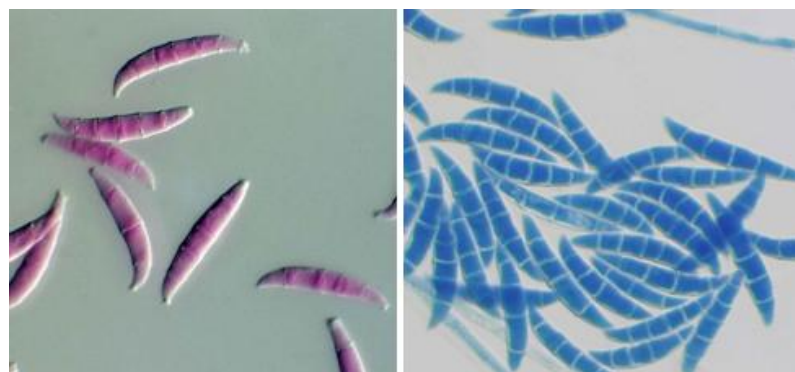
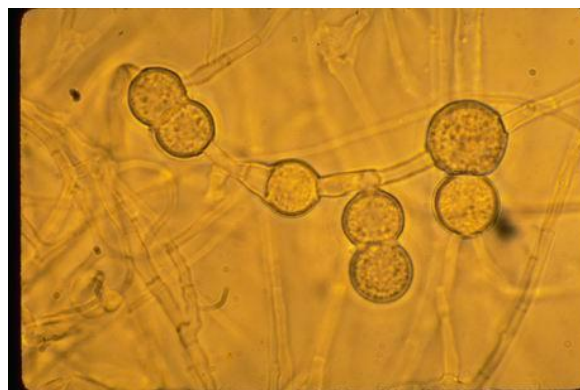


Figure 8 : Vues microscopiques de macroconidies de *F. culmorum*

- ✓ **Les chlamydospores** : intercalaires ou terminales, formées par le mycélium ou par les conidies, sont sub-globuleuses, brunâtres, lisses ou verruqueuses (9-14 μm de diamètre) (tabuc, 2007) (Figure 9).



– **Figure 9** : Vue microscopique des chlamydospores de *F. culmorum* vues au microscope

1.2.3. *Fusarium avenaceum*

c. Généralités

Cette espèce de *Fusarium* est largement répandue dans les régions aux températures variables et est plus persistante dans les climats frais et humide. Elle peut attaquer un grand nombre de plantes y compris les céréales.

Les symptômes de *F. avenaceum* sont presque semblables à ceux des *Fusarium* déjà cités, ils surviennent lors de l'émergence et se traduisent par des manques à la levée. La germination a lieu mais les racines se nécrosent ou meurent au cours de leur développement. Le coléoptile se nécrose également, s'enroule, empêchant la première feuille de sortir du sol.

Si le degré d'infection est élevé, les racines pourrissent et entraînent le dessèchement de la plante puis sa mort. Cependant, les plantules faiblement attaquées présentent des lésions brunes à bordures plus foncées sur le coléoptile (Grita, 2012).

d. Morphologies

➤ Caractères cultureux

Colonies à croissance rapide sur PDA, mycélium aérien dense rose bordée de rouge avec du blanc, brun jaunâtre à brun rougeâtre au dessous, d'orange sporodochies peuvent être présents dans les vieilles cultures (Figure 10).

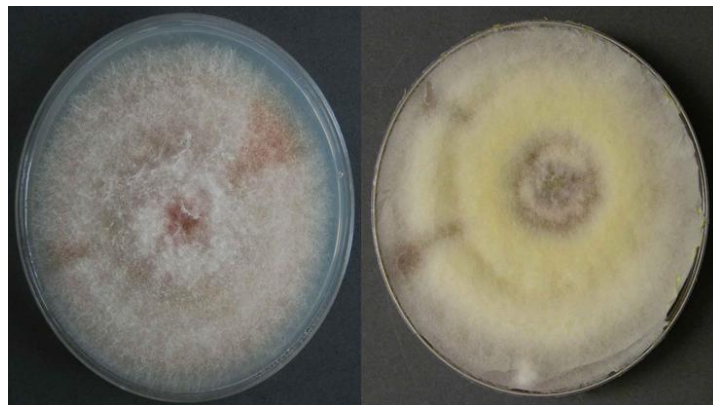


Figure 10 : Caractères morphologiques de *Fusarium avenaceum*

- ✓ **Les conidiophores** sont non ramifiés tandis que les monophialides sont ramifiés (Figure 11).



Figure 11 : Vue microscopique des conidiophores non ramifiés et des monophialides ramifiés de *F. avenaceum*

- ✓ **Les macroconidies** de deux types, primaires et secondaires dans les isolats frais. Primaire macroconidies fusoïdes, cloisonnées (1-3 cloisons) de 8-50 x 3.5 à 4.5 μm produites à partir de cellules conidiogènes. Les macroconidies secondaires sont falciformes, longues, minces avec une cellule allongée de base apicale et distinctement pédicellées, cloisonnées (3-5 cloisons), 30-66 (-80) x 3- 4,5 μm (Figure 12).

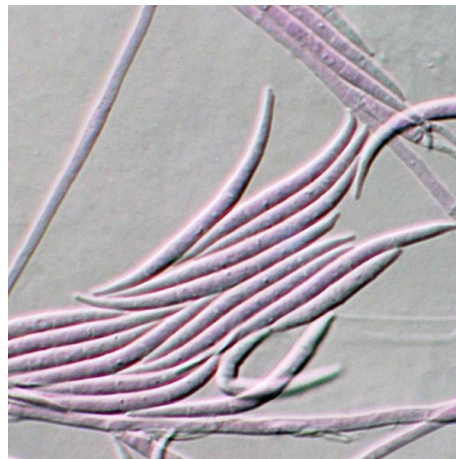


Figure 12 : Vue microscopique de macroconidies de *F. avenaceum*

1.2.4. *Fusarium nivale*

F. nivale provoque les mêmes symptômes sur céréales que les autres espèces de *Fusarium* et ne produit pas de mycotoxines (Ioos, 2001).

d. Morphologies

Colonies de couleur variant du blanc à pêche pâle ou abricot sur PDA. Le mycélium est clairsemé à floconneux dense ou feutré, avec d'irrégulières hyphes. Les conidies sont dans des sporodochies (conidiophores secondaires seulement) à partir de cellules conidiogènes qui sont annellophores, mais les annellations formés à l'extrémité étroite du conidiophore varient en netteté dans différents isolats et ne sont pas visibles au microscope optique.

Les conidies sont incurvées, falciformes larges avec des sommets pointus et aplatis, en forme de coin, sans talon pied cellules. Les spores sont cloisonnées. Les chlamydo-spores sont absentes.

Les périthèces peuvent se développer dans les gaines foliaires des céréales près de la base de la tige. Ils sont de forme ovale à globuleux, papilles, apparaissant comme des points noirs abondants.

Les ascques sont massue, parfois cylindriques, avec une paroi mince et contient 6-8 ascospores. Les ascospores sont hyalines, souvent avec un seul septum central mais deux autres cloisons peuvent se développer plus tard vers les côtés (Gams et Müller, 1980) (Figure 13).

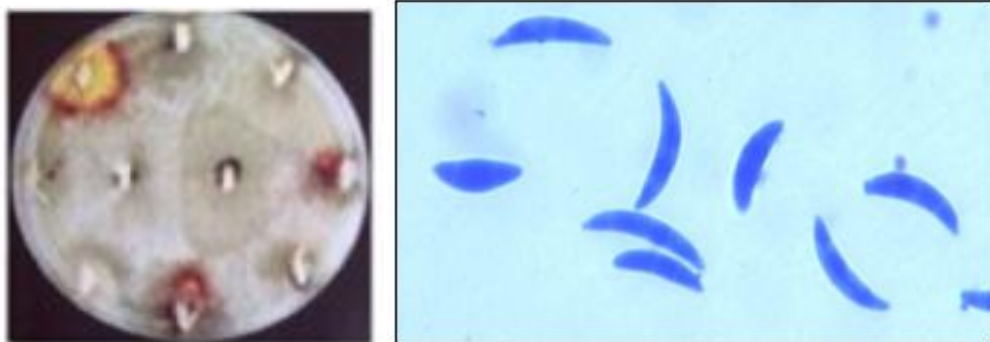


Figure 13 : caractère morphologique (à gauche) et vue microscopique des macroconidies (à droite) de *Fusarium nivale*

e. Biologie

Ce champignon est fréquent sur les céréales d'hiver, suite à des pluies persistantes en absence de vents violents (Viennot-Bourgin, 1949). Si les conditions sont favorables, le champignon prolifère activement et constitue une masse cotonneuse blanche ou brunâtre qui enserre toutes les parties attaquées de la plante (Ioos 2001). Le champignon se conserve sous forme de conidies libres ou à l'état mycélien sur les fragments de plantes attaquées ou dans le sol (Nicholson et *al.*, 1996). L'activité parasitaire du *F. nivale* se manifeste aux basses températures (inférieures à 10°C).



f. Symptômes

F. nivale est l'un des principaux agents responsables de fonte de semis sur céréales. Il se manifeste par des taches brunes marquées de stries plus foncées sur la gaine à la base des tiges. Sur les nœuds, les taches sont brunes à noirâtres alors que les gaines se dessèchent et se recouvrent de petits points noirs (les périthèces). Sur l'épi, les épillets se dessèchent prématurément, et un mucilage rosé formé d'une multitude de spore apparaît à leur base, mais aussi entre les pièces florales.

F. nivale a longtemps été décrit comme un parasite qui n'est présent que très superficiellement dans les téguments. Pourtant, il est capable de pénétrer en profondeur dans les assises du grain, au point de provoquer un échaudage des grains (Champion, 1997).

VIII. Lutte contre la fusariose

1. Lutte chimique

En début de floraison (apparition des étamines) un traitement est réalisé avec les **triazoles** est efficace sur la fusariose (metconazole, tébuconazole, prothiconazole).

L'emploi du JOAO, fongicide de la famille chimique des triazolinthiones (proches des triazoles) apporte un plus contre la fusariose en cas d'une forte attaque. Le JOAO se caractérise par sa haute performance d'efficacité et sa polyvalence sur de nombreuses maladies des céréales dont la fusariose (Anonyme, 2009).

2. Elimination des résidus

L'enfouissement des résidus des cultures contaminées peut réduire la quantité d'inoculum de *Fusarium* à la surface du sol. Un autre moyen d'y parvenir est d'effectuer un travail minimal du sol pour réduire la grosseur des débris et augmenter leur vitesse de décomposition. Rappelons que les résidus des cultures non hôtes du champignon peuvent aussi être infectées par le *Fusarium* et agir comme source d'inoculum.

3. Rotation des cultures

La rotation des cultures n'empêchera pas l'apparition de la maladie, mais peut en réduire la gravité. Les observations de Cassini (1973) montrent que le maïs, le blé dur et l'avoine sont les céréales les plus sensibles à la pourriture racinaire. Le blé tendre n'étant attaqué que lorsqu'il vient après maïs ou blé dur. Les successions maïs-blé et surtout maïs-blé dur, ou blé dur en monoculture, favorisent l'accroissement du taux d'inoculum de *Fusarium*. D'après les travaux de cet auteur, les



successions blé tendre-orge ou blé tendre en monoculture maintiennent ce taux à un niveau important. Par ailleurs le taux d'inoculum fusarien augmente après avoine.

4. Traitement des semences

Le traitement des semences doit être appliqué de façon homogène afin de protéger les graines des toutes les contaminations qu'elles peuvent porter, mais aussi de celles venant du sol. Le traitement par le Thiabendazole, le Flutriafol ou bien l'Imazalil, peut donner de bons résultats au niveau de l'émergence et éviter aux jeunes plantes des attaques de post-émergence. Cependant, même avec des fongicides systémiques la protection de la culture céréalière contre les agents de la pourriture racinaire ne peut pas aller jusqu'à la fin du cycle de végétation (Grita, 2012).

5. Lutte biologique

Plus récemment, des recherches ont été orientées vers le développement des méthodes de lutte biologiques contre cette maladie. Des expériences ont été faites sous serre, les plants de blé ont été protégés contre les maladies des racines par un traitement de semences avec des antagonistes fongiques du genre *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Nigrospora*, *Penicillium* et *Chaetomium*.

Parallèlement, des Souches de *Bacillus subtilis*, de *Pseudomonas fluorescens* et *Streptomyces* sp. ont été évaluées comme agents potentiels de lutte biologique contre *Fusarium graminearum*. La croissance mycélienne du pathogène a été réduite après le traitement par ces trois bactéries (Nourozian et al., 2006).



II. Isolement de *Fusarium* spp. à partir des semences

7. Objectif

C'est dans le but d'évaluer l'état phytosanitaire des semences de blé dur et de blé tendre au Maroc que cette étude a été menée.

8. Matériel

Nous avons travaillé avec des semences de blé dur et de blé tendre de 5 régions céréalières du Maroc : DOUKKALA, TADLA, CHAOUIA, GHERB et SAIS.

Nous avons travaillé avec deux lots de semences. Le premier lot traité, est composé de semences sélectionnées, récupérés directement de chez la SONACOS, alors que le deuxième lot non traité est formé soit de semences produites dans l'exploitation agricole même ou acheté du marché local.

Nous avons travaillé avec 50 grains de blé pour chaque lot.

8.1. Echantillonnage

Le prélèvement de grains de céréales pour analyse mycologique s'effectue de façon à être représentatif du lot global dont il est issu (parcelle, parcelle élémentaire, silo, etc.).

L'unité d'analyse est le grain de céréale. Un échantillon correspond à un lot de grains de céréales reçu au laboratoire pour analyse.

8.2. Conservation et acheminement des échantillons

Afin de garantir une analyse traduisant au mieux l'état phytosanitaire des grains, les recommandations suivantes sont respectées:

- Après le prélèvement des semences sur le terrain, les échantillons seront conditionnés dans des sachets en papier. L'emploi du sac plastique est à proscrire. Ils doivent être conservés à 5°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) avant envoi au laboratoire.
- Avant analyse, les échantillons reçus au laboratoire peuvent être conservés dans leurs sachets en papier jusqu'à 6 mois à une température de 5°C ($\pm 3^\circ\text{C}$).

8.3. Prise d'essai

Les 50 grains à analyser sont prélevés aléatoirement dans l'échantillon reçu en le mélangeant vigoureusement.

9. Désinfection de surface des grains

Afin d'éliminer les pollutions externes d'origine fongique ou bactérienne dues aux manipulations ou provenant des sachets en papier, nous immergeons 50 grains de blé dans 100 ml d'une solution d'Hypochlorite de Sodium diluée de la solution mère à environ 1.5° dans de l'eau du robinet et additionnée de Tween 20 (à raison de 2 gouttes par litre). La solution diluée doit être préparée extemporanément.

Durant les 10 minutes de stérilisation, le bécher est agité vigoureusement afin de remettre en suspension les grains et d'assurer ainsi une désinfection plus efficace.

Les grains ainsi désinfectés sont rincés 2 fois à l'eau distillée stérile afin d'enlever toute trace de désinfectant.

10. Séchage des grains

Le bécher contenant les grains est égoutté et les grains sont étalés pour sécher sur du papier filtre stérile pendant 20-30 min minimum sous un flux stérile (Figure 14).



Figure 14 : Séchage des grains désinfectés sur un papier filtre stérile

11. Incubation des grains

Au cours de ce stage, nous avons testé plusieurs milieux de culture : PDA, PDA commercialisé, SNA, PPA, et c'est ce dernier qui a donné le meilleur résultat puisqu'il est sélectif au genre *Fusarium* spp.

Les grains parfaitement séchés sont placés directement sur le milieu de culture PPA à raison de 5 grains par boîte de Pétri (Figure 15). Nous avons utilisé 10 boîtes de Pétri par lot de semences. Les boîtes sont ensuite parafilmées et placées dans un incubateur à 23°C.



Figure 15 : Grains de blé déposés stérilement sur le milieu de culture PPA

12. Lecture des boîtes et isolement de l'agent pathogène

Après 10 à 12 jours d'incubation, les *Fusarium* spp. infectant les grains se sont bien développés sur le milieu sélectif PPA (Figure 16), donc l'ensemble des boîtes est examiné.

Chaque grain est observé pour constater la présence ou l'absence de *Fusarium* spp. Le pourcentage de grains infectés est ainsi directement déterminé pour l'échantillon analysé.

Ensuite, une partie du mycélium qui s'est développé sur le grain est repiqué par une anse stérile et transféré dans une autre boîte de pétri contenant le milieu PPA.

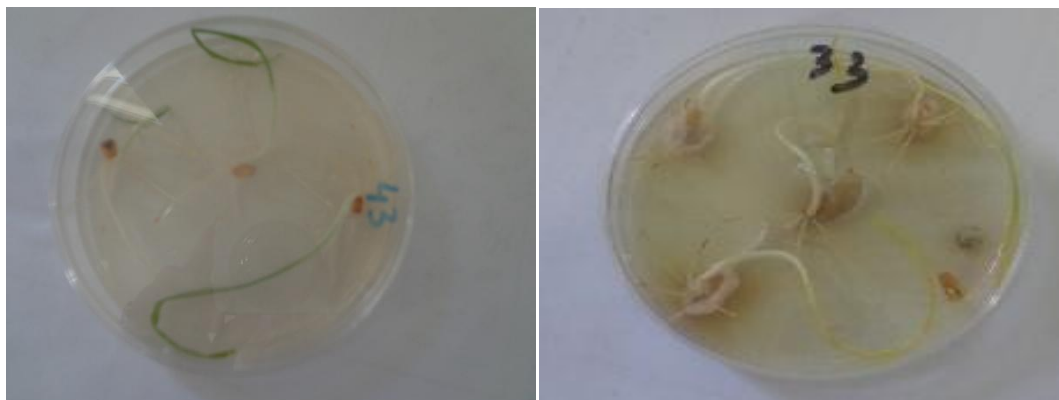


Figure 16 : Résultat d'incubation négatif à gauche et des grains de blé infectés par *Fusarium* spp. à droite sur le milieu de culture PPA

III. Isolement de *Fusarium* spp. à partir du collet et des épis

6. Objectif

Des prospections ont été faites pendant la période de fin Janvier au début Mars durant laquelle 6 parcelles appartenant à différents agriculteurs dans les régions du Gherb et Sais ont été examinées. Ceci nous a permis de ramener des échantillons présentant des tâches rosâtres ou noirâtres aux collets et épis de quelques plants de blé (Figure 17).

Les échantillons de plantes ont été ramenés au laboratoire pour des analyses mycologiques, visant l'isolement et l'identification des agents responsables de la fusariose du blé.



Figure 17 : Epi de blé présentant des tâches rosâtres aux glumes

7. Matériel

L'isolement est effectué à partir de glumes et de collets suspects de contenir le genre *Fusarium* spp.

8. Préparation des échantillons

Les collets des plants suspects ont été coupés à l'aide de ciseau en fragments de 3 cm de longueurs dans la partie du premier entre-nœud.

Nous avons analysé 9 fragments de collets suspects pour chacune des 6 parcelles prospectées.

Uniquement 2 parcelles étaient arrivées au stade d'épiaison, donc nous avons analysé 5 glumes suspectes pour chacune des 2 parcelles.

Ces fragments ont été rincés à l'eau courante du robinet, puis désinfectés superficiellement par une solution d'hypochlorite de sodium à 1,5°C, rincés par de l'eau distillée stérile pour éliminer les traces du désinfectant et séchés dans du papier filtre stérile dans la hotte à flux et près du bec benzène.

9. Mise en culture des échantillons

Les fragments désinfectés, rincés et parfaitement séchés ont été incubés sur un milieu de culture Pomme de terre-Dextrose-Agar (PDA) appauvri (à 5g/L de Dextrose à la place de 20g/L pour un PDA normal) contenu dans des boîtes de Pétri de la manière suivante :

- 3 fragments de collets par boîte de pétri, (Figure 18)
- 5 glumes par boîte de pétri

10. Lecture des résultats

La lecture des résultats se fait une semaine après incubation, les champignons qui se sont bien développés sur les fragments testés sont comptés pour estimer le pourcentage d'infection, visualisés au microscope pour s'assurer de la forme allongée des conidies, et repiqués sur le milieu sélectif PPA pour la confirmation du genre *Fusarium* spp.

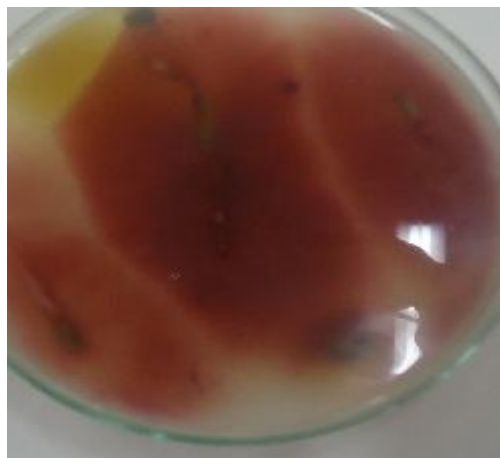


Figure 18 : Fragments de collets entourés par du *Fusarium* spp.



IV. Évaluation de l'effet du traitement des semences sur les paramètres de rendement

6. Objectif

L'objectif de cette partie est d'évaluer l'effet de traitement des semences sur les paramètres de rendement ainsi que de tester l'effet d'un nouveau produit sur ces paramètres.

7. Parcelles prospectées

Des parcelles ont été installées dans les régions du Gherb et du Sais vu qu'on ne peut pas assurer des sorties aux 5 régions testées pour l'état phytosanitaire des semences :

- 2 parcelles à Meknès : Aït Yaazem et Domaine Dar Oum Sultan
- 2 parcelles à Jorf El Melha : Jorf 1 et Jorf 2,
- 1 parcelle à Hed Kourt, et
- 1 parcelle à Sidi Kacem.

Chacune des parcelles est constituée d'une partie traitée par le fongicide Celest Top (Traitement des semences avant le semis), et une partie témoin non traitée. Tous les autres traitements fongiques ou fertilisants sont semblables pour les deux parties.

Des visites des sites expérimentaux ont été réalisées pour comparer les parcelles traitées par Celest Top et les parcelles non traitée par ce produit, ainsi que pour ramener des échantillons au laboratoire pour des mesures de taille et de poids.

Un carnet du champ a été préparé pour les différentes notations.

8. Evaluation de la levée

Quand 50% des plants ont levé, nous avons appliqué la méthode du carré de densité qui est un carré de 1 m² de surface posé au hasard dans une parcelle pour y effectuer un comptage de tous les plants et d'estimer la densité de toute la parcelle. Cette opération est refaite 45 jours après.



Pour calculer la densité de 1 m² on divise le nombre de plants comptés par la surface du carré :

$$\text{Densité} = (\text{Nombre de plants}) / \text{Surface du carré.}$$

Cette technique nous permet aussi de déterminer le nombre de plants survivant après les conditions d'hiver.

Cette opération est répétée 3 fois dans les parcelles traitées ainsi que pour les parcelles non traitées.

Une moyenne de ces 3 répétitions est calculée afin d'estimer la densité moyenne de 1 m² et la multiplier par la superficie de toute la parcelle (Annexe 2)

9. Effet sur la vigueur

a. Longueur des tiges

La longueur des tiges est calculée au laboratoire pour 25 plants par parcelle pour les parcelles traitées ainsi que pour les non traitées à répéter 6 fois.

Une moyenne de toutes les longueurs est calculée pour comparer la longueur moyenne d'une parcelle traitée par Celest Top et la longueur moyenne de la parcelle témoin.

Les notations sont remplies dans le carnet de champs (Annexe 3).

b. Nombre de talles

Pour les 25 plants en 6 répétitions, nous avons calculé aussi le nombre de talles par plant. Les résultats sont transformés en moyennes afin de comparer les parcelles traitées et les non traitées (Annexe 4).

c. Poids du plant

Nous avons mesuré le poids de tout le plant de blé pour les 25 plants en 6 répétitions. Cette mesure a été effectuée pour les parcelles traitées et les parcelles non traitées. Puis nous avons calculé la moyenne du poids des parcelles traitées et non traitées d'une région donnée.

d. Poids racinaire

Nous avons mesuré le poids racinaire des plants de blé pour les 25 plants en 6 répétitions. Cette mesure a été effectuée pour les parcelles traitées et les parcelles non traitées. Puis nous avons calculé la moyenne du poids racinaire des parcelles traitées et non traitées de chaque région.

10. Estimation du rendement

5.4.Objectif

Estimer l'effet de la nouvelle matière active sur le rendement du blé dans les parcelles installées.

5.5.Echantillonnage

L'utilisant du carré de rendement permet de donner une estimation du rendement. Pour cela, il faut prélever tous les plants présents à l'intérieur du carré.

Le carré est d'une surface de 1m^2 comme celui utilisé précédemment pour l'estimation de la densité.

Ce carré est posé au hasard dans les parcelles et tous les plants qui s'y trouvent sont prélevés par une faucille, à quelques centimètres du sol, au laboratoire pour la détermination du rendement en paille et en grains (Figure 19).



Figure 19 : Plants de blé à l'intérieur du carré coupés à quelques centimètres du sol

Nous avons utilisé 6 répétitions pour chacune des parties traitées et non traitées dans les parcelles dans lesquelles les essais du nouveau fongicide ont été installés.

Une moyenne des 6 répétitions est calculée pour que les résultats soient plus représentatifs.

5.6. Rendement en grain

f. Objectif

Estimer le rendement en grains des parcelles traitées par Celest Top et le comparer à des parcelles témoins non traitées par ce produit dans un but d'évaluer l'effet du traitement de la semence sur le rendement.

g. Poids 1000 grains

Nous avons fait un battage manuel des épis coupés, ils ont été frottés de façon à séparer les grains des autres constituants de l'épi. Ces grains ainsi obtenus sont comptés, ensuite nous avons compté 1000 grains auxquels nous avons mesuré le poids (Figure 20).



----- **Figure 20** : Pesée de 1000 grains de blé après battage -----

Une moyenne du poids 1000 grains des 6 répétitions pour chaque parcelle est calculée pour avoir des résultats représentatifs de tout le champ.

h. Nombre de grains par épis

C'est un paramètre très important dans l'estimation du rendement, car il permet de déterminer le degré de remplissage des épis.

Nous avons pris 10 épis auxquels nous avons calculé le nombre de grains/ épis, puis faire une moyenne des 10 résultats calculés.

i. Nombre d'épis par m^2

Pour compter le nombre d'épis / m^2 , nous avons coupé tous les épis des lots récoltés (Figure 21).



Figure 21 : Photo montrant le comptage et la coupure des d'épis par m^2

j. Expression du rendement théorique

Rendement théorique = Nombre d'épis/ m^2 x Nombre de grains/ épis x Poids de 1000 grains

Nombre d'épis/ m^2 : compter le nombre d'épis/ m^2 , à répéter 4 fois, puis faire la moyenne.



Nombre de grains/épis : prendre par m² 10 épis pour lesquels il faut calculer le nombre de grain /épis et puis diviser ce résultat sur les 10 épis pour avoir la moyenne.

Le poids de 1000 grains : les 10 épis que nous avons déjà battus pour compter leurs grains, nous les pesons, dans le cas où nous obtenons moins de 1000 grains, par exemple 500 grains alors nous multiplions le poids par deux.

V. Tests statistiques

Le test statistique utilisé est l'ANOVA (l'analyse de la variance). L'objectif assigné à cette analyse est de savoir si une variable numérique a des valeurs significativement différentes.

Donc, c'est afin de déterminer si la différence entre les parcelles traitées par Celest Top et les parcelles Témoins est significative ou non que ce test a été utilisé. L'outil informatique utilisé pour la réalisation de cette analyse est le logiciel SYSTAT 12.

Afin de déterminer des éventuelles corrélations entre les 4 paramètres du rendement (Longueur, poids, poids racinaire et nombre de talles) dans les 6 régions étudiées, nous avons effectué comme test statistique l'analyse en composantes principales. L'outil informatique utilisé est le logiciel PAST 1.34.



*I. Isolement de *Fusarium* spp. à partir des semences*

L'analyse mycologique de 58 échantillons des 5 régions céréalières du Maroc (Doukkla, Chaouia, Tadla, Gherb et Sais) a permis d'isoler un nombre important de champignons du genre *Fusarium* spp. Les résultats sont répartis en fonction de la région et selon qu'il s'agit de blé dur ou de blé tendre.

Les résultats des incubations de ces 58 échantillons sont représentés dans les tableaux suivants :

3. Blé dur

Tableau 1 : Résultats des incubations de semences de blé dur des 5 régions du Maroc

Variété	Région	Traitement SONACOS	Incidence
Anouar	Doukkala	Oui	14%



Merzak		Non	5%
Grecale		Oui	22%
Anonyme		Non	3,3%
Karim		Non	18%
Tarek	Chaouia	Oui	40%
Karim		Non	30%
Karim		Oui	26%
Karim	Tadla	Non	49%
Karim		oui	52%
Karim	Gherb	Non	46%
Anonyme		Non	45%
Karim	Sais	Non	23,3%
Anonyme		Non	16%

Les résultats des isollements ont montré la présence importante du principal champignon impliqué dans les pourritures racinaires du blé : *Fusarium* spp. dont le pourcentage varie selon les régions et les variétés, soit en présence ou en absence du traitement.

L'incidence est définie comme étant le pourcentage d'infection par *Fusarium* spp.

La variété de blé dur la plus utilisée dans les 5 régions est Karim, le tableau suivant résume son incidence de contamination par du *Fusarium* spp.

Tableau 2 : Résultats des incubations de la variété karim en fonction du traitement et de la région

Région	Traitement	Incidence
Doukkala	Non traité	18%
Chaouia	Non traité	30%
Chaouia	Traité	26%
Tadla	Non traité	49%
Tadla	Traité	52%
Gherb	Non traité	46%
Sais	Non traité	23,3%



4. Blé tendre

Tableau 3 : Résultats des incubations de semences de blé tendre des 5 régions du Maroc

Variété	Région	Traitement SONACOS	Incidence
Achtar	Doukkala	Oui	11%
Achtar		Non	0,7%
Salama		Oui	9%
Salama		Non	42%
Rajae	Chaouia	Non	38%
Radia		Oui	32%
Radia		Non	46%
Amal		Oui	22%
Faiza		Oui	32%
Arréhane		Oui	18%
Merchouch		Non	44%
Achtar	Tadla	Oui	43%
Achtar		Non	30%
Marchouch		Non	16%
Arréhane		Non	52%
Anonyme		Non	42%
Arréhane	Gherb	Oui	38%
Amal		Non	60%
Radia		Non	41%
Wafia		Non	16%
Achtar	Sais	Non	44%
Radia		Non	30%
Anonyme		Non	26%

Discussion :

- Pour le blé dur :

L'incidence la plus élevée a été enregistrée dans la région de Tadla qui est cultivée uniquement par la variété Karim. En effet, l'incidence a atteint 52% malgré le traitement des semences de SONACOS.



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



La région de Tadla possède l'incidence la plus élevée parmi les 5 régions étudiées. Ceci peut être dû soit aux conditions climatiques qui sont très favorables au développement de la maladie. Cette région se caractérise par un hiver très froid et humide et un été chaud caractérisé par des vents brûlants (chergui), ou bien une mauvaise conduite agricole (élimination des résidus et rotation culturale).

L'incidence la plus faible a été enregistrée pour la variété anonyme non traitée, à 3 répétitions, ces semences ont été récupérées directement de chez des agriculteurs de la région, cet échantillon contient respectivement 8%, 2% et 0% des grains fusariés, donc, en moyenne uniquement 3,3%. Donc même si c'est un échantillon non traité par SONACOS, son incidence de contamination par *Fusarium* spp. est très faible, voire nulle dans le cas de la troisième répétition.

La région de Doukkala possède des incidences d'infection faibles comprises entre 3,5% et 22%, donc ceci peut être expliqué par des conditions climatiques qui ne favorisent pas l'apparition de la maladie ou par une pratique culturale adéquate.

La variété karim, même si elle est la plus utilisée dans la région, elle possède des incidences d'infection élevées. L'incidence d'attaque la plus élevée a été enregistrée à Tadla (traitée ou non traitée), suivi de Gherb (climat doux et humide en hiver, les précipitations dépassent largement la moyenne nationale), Chaouia, Gherb et Sais (précipitations faibles par rapport aux autres régions).

Ceci peut s'expliquer aussi par le démarrage par des semences infectées par le *Fusarium* spp. ou par une mauvaise application de la rotation culturale.

- Pour le blé tendre :

La région du Gherb, possèdent les incidences les plus élevées pour le blé tendre par rapport aux autres régions étudiées, variant entre 16% pour la variété Wafia non traitée, et 60% pour la variété Amal non traitée.



Cette incidence élevée s'explique par le climat de la région favorisant l'apparition de la maladie, ainsi que la possibilité d'application d'une conduite agricole inadéquate.

Contrairement à la variété Amal, la variété Achtar non traitée dans la région de Doukkala, à 3 répétitions possède des incidences respectives : 0%, 0% et 2%, donc une moyenne de 0,7%, pourcentage très faible par rapport à cette même variété mais traitée par SONACOS. Cette région possède les incidences les plus faibles pour dans les 5 régions étudiées. Ceci s'explique par son climat défavorable à la prolifération du champignon.

Pour conclure, le traitement de SONACOS n'est pas efficace contre le développement de la maladie.

II. Isolement de *Fusarium spp.* à partir du collet et des épis

Tableau 4 : Résultats des incubations des collets et épis de blé de différentes provenances

<i>Provenance</i>	<i>Traité</i>	<i>Non traité</i>
Gara pro Radia	Négatif	11% des collets positifs
Jemeat Leryah	11% de collets positifs.	67% des collets positifs + 45% glumes positives.
Chaouia	33% de collets positifs	44% de collets positifs+ 16% glumes positives.
Domaine	22% de collets positifs.	22% de collets positifs.
Gara pro Merzak	11% de collets positifs + 8% glumes positives	33% de collets positifs + 16% glumes positives
Sidi Aissa karim	22% de collets positifs.	33% de collets positifs.
Sidi Jaber	22% de collets positifs.	44% de collets positifs.

Le tableau représente le pourcentage de plants (collets + glumes) de blé ayant donné des colonies de champignons sur PDA et PPA pour les 7 parcelles prospectées.

L'incidence de présence du champignon du genre *Fusarium spp.* varie entre 0 et 67% pour l'analyse des collets et entre 0 et 45% pour l'analyse des glumes. Ceci confirme la présence de la fusariose, et donc de la pourriture racinaire du blé dans les parcelles prospectées.



L'incidence de contamination la plus élevée a été enregistrée dans la région de Jemeat Leryah non traitée par Celest Top, 67% des collets positifs et 45% des glumes positives ceci ne peut s'expliquer que par les conditions climatiques ou par la mauvaise conduite technique utilisée par l'agriculteur. Le traitement Celest Top a montré son efficacité pour cette région, il a pu diminuer cette incidence à 11% pour les collets et 0% pour les glumes.

La même remarque est signalée pour toutes les autres parcelles, le traitement réduit l'incidence d'attaque par les champignons responsables des pourritures racinaires du blé.

Nos résultats sont comparables à ceux trouvés par Grita en 2012, qui, lors de son étude sur l'incidence de contamination par différents agents causaux des pourritures racinaires du blé dans la région de Hed Kourt, cette étude a montré que le pourcentage d'infection des collets par *Fusarium* spp. variait entre 0 et 68%.

III. Évaluation de l'effet du traitement des semences par Celest Top sur les paramètres de rendement

4. Paramètres de rendement

L'analyse des plants de blé ramenés lors des prospections de terrain dans les 6 parcelles pour l'étude des paramètres de rendement a permis de voir l'effet du traitement de la semence pour la matière active testée : fludioxonil (Celest Top) sur ces différents paramètres.

1.5. Longueur

Les graphiques suivants résument les résultats obtenus (Figure 22)

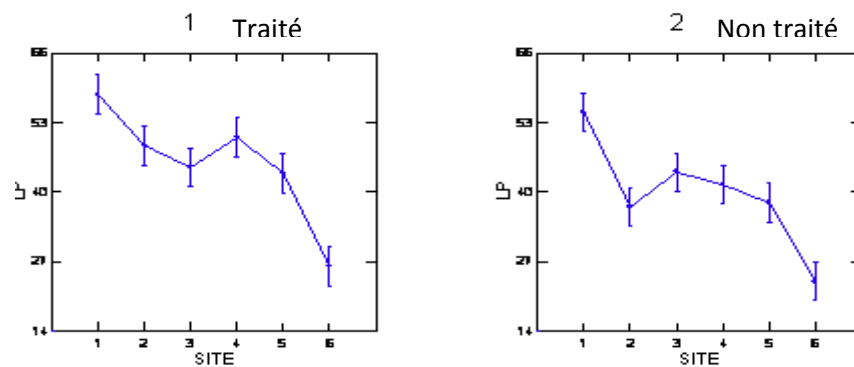
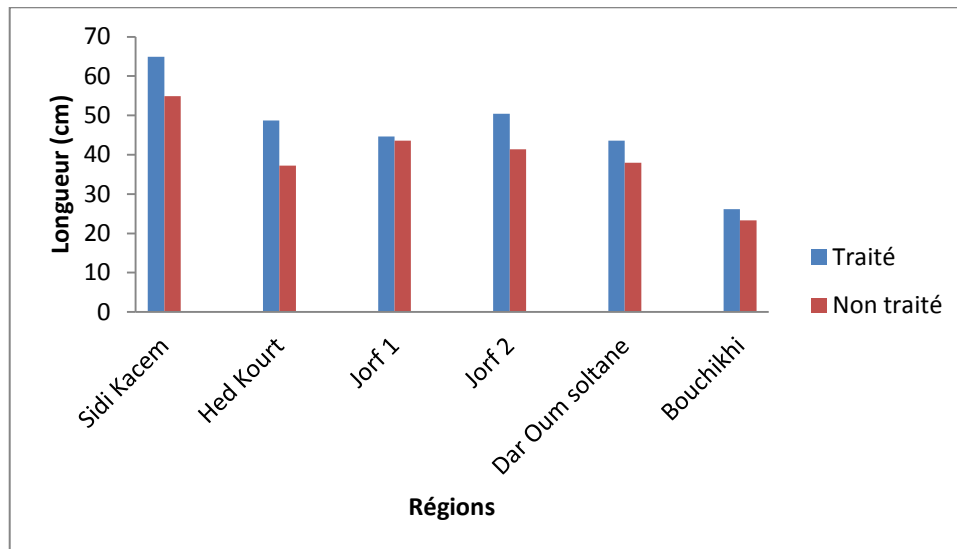


Figure 22 : Moyennes des longueurs des plants de blé en présence du traitement en fonction des régions avec représentation des plus petites moyennes des carrés

1.6.Poids total

Les graphiques suivants résument les résultats obtenus (Figure 23)

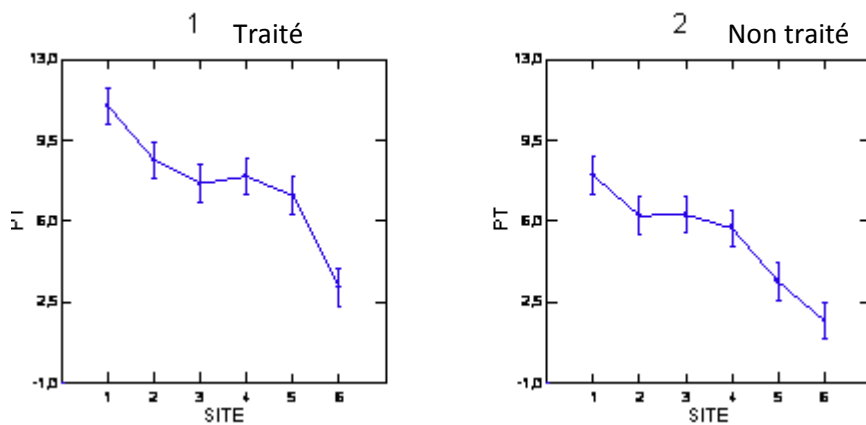
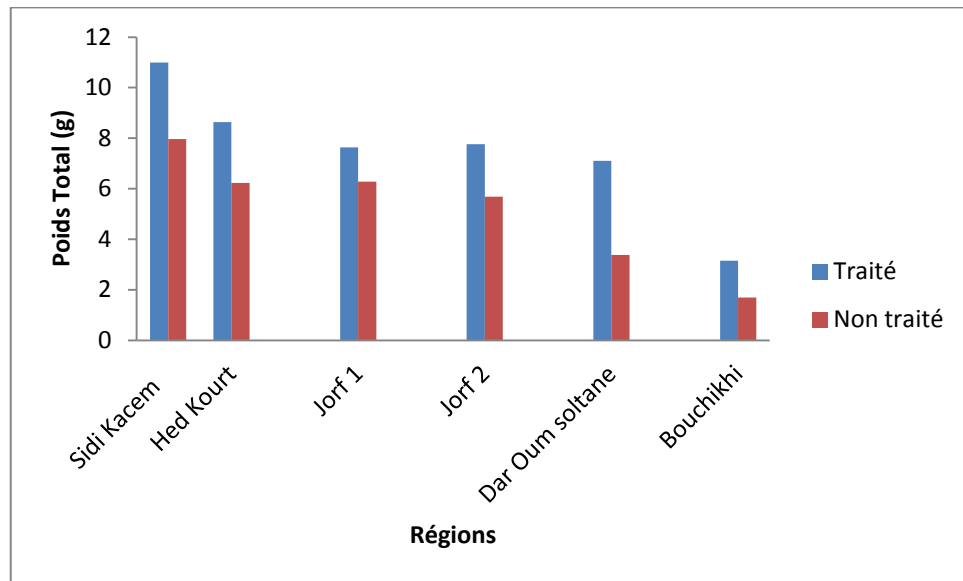


Figure 23 : Moyennes des poids des plants de blé en présence du traitement en fonction des régions avec représentation des plus petites moyennes des carrés

1.7. Poids racinaire

Les graphiques suivants résument les résultats obtenus (Figure 24)

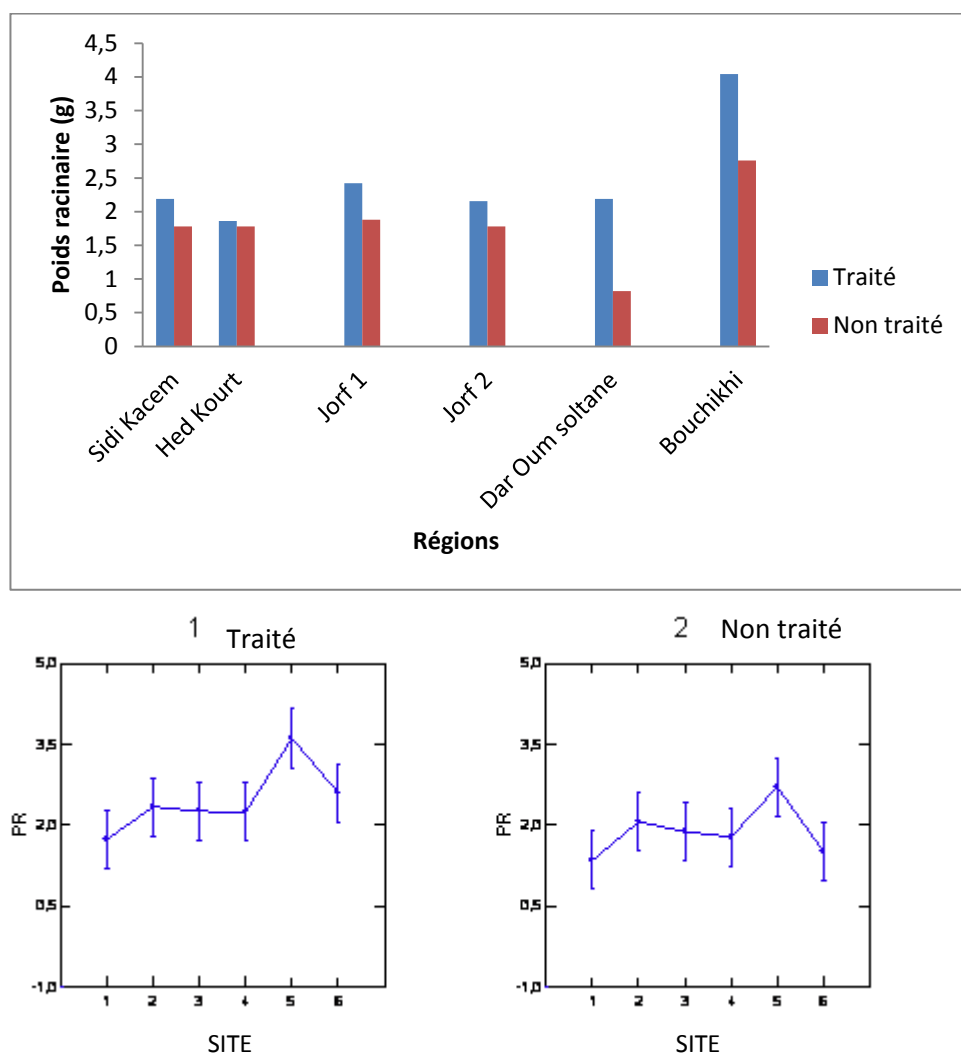
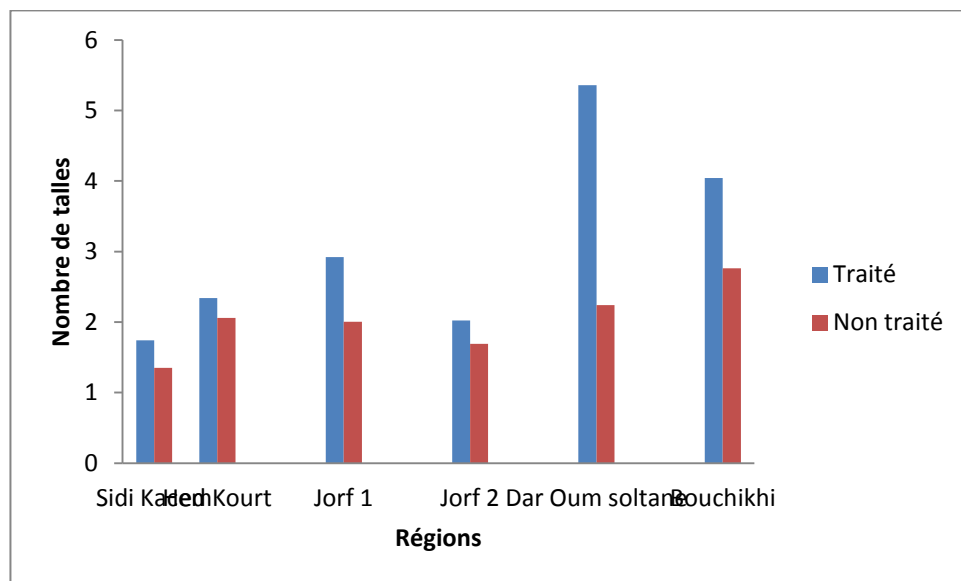


Figure 24 : Moyennes des poids racinaires des plants de blé en présence du traitement en fonction des régions avec représentation des plus petites moyennes des carrés

1.8. Nombre de talles

Les graphiques suivants résument les résultats obtenus (Figure 25)



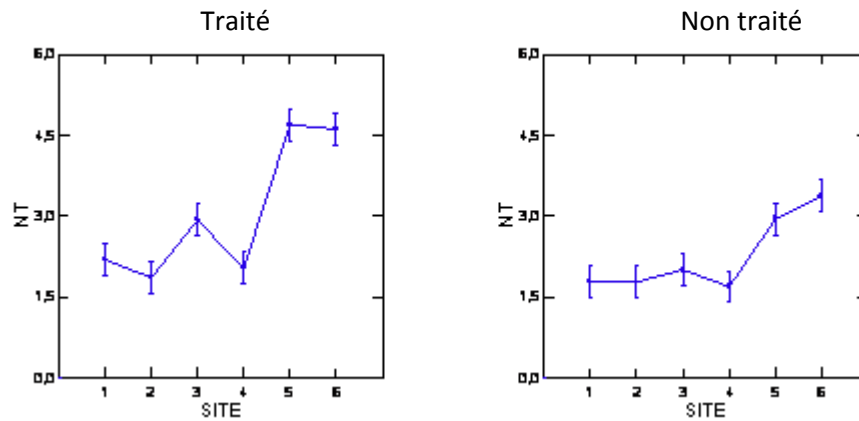


Figure 25 : Moyennes des nombres de talles des plants de blé en présence du traitement en fonction des régions avec représentation des plus petites moyennes des carrés

❖ Corrélation entre les 4 paramètres

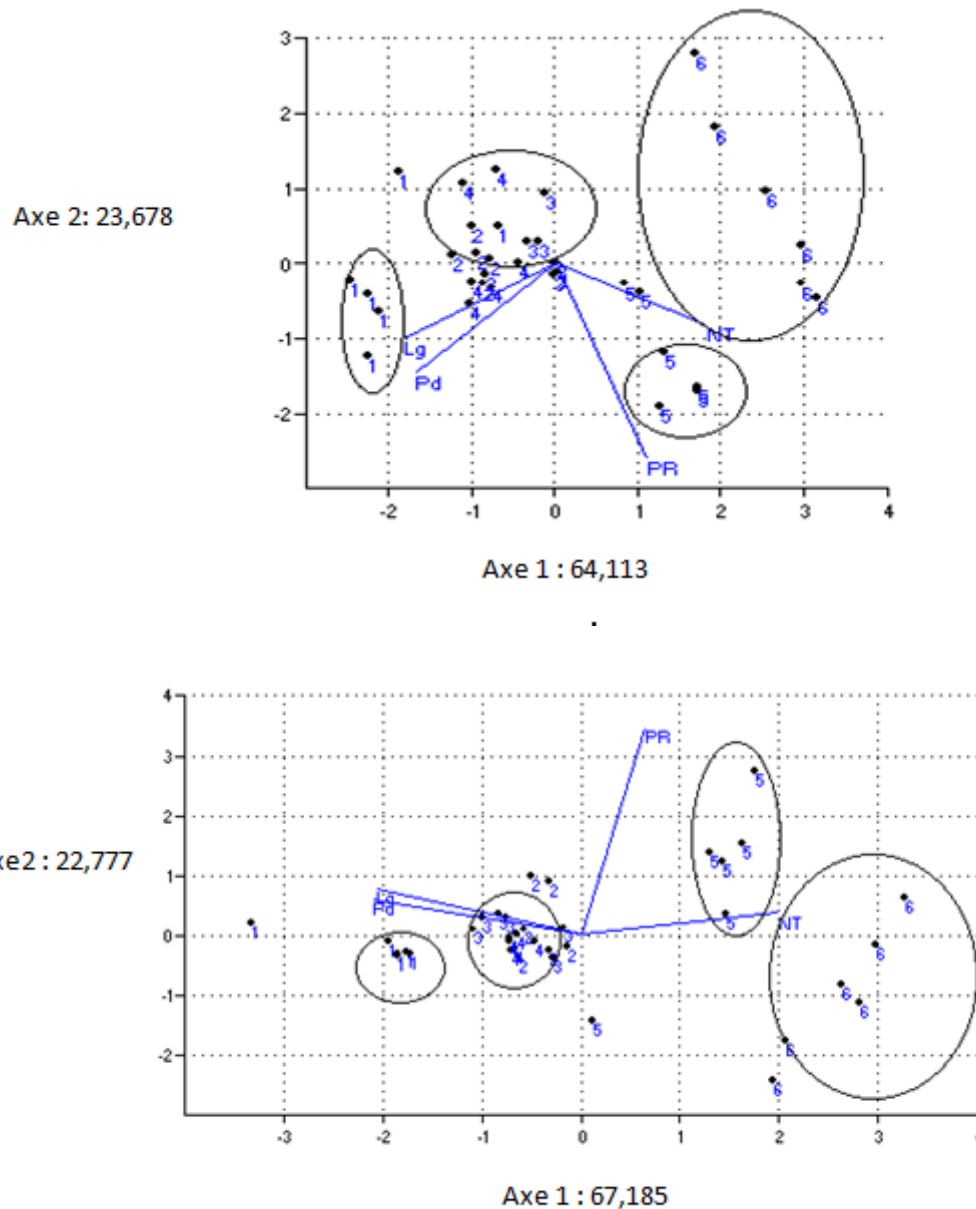


Figure 26 : Analyse en composantes principales des 4 paramètres du rendement pour les 6 parcelles traitées (en haut) et non traitées (en bas)

❖ Discussion :

Pour les 4 paramètres étudiés aux 6 régions nous avons constaté une différence entre les moyennes des paramètres traités par rapport aux non traités en fonction des sites.



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



L'analyse de la variance relative à ces 4 paramètres montre qu'il y a une différence hautement significative ($P < 0,01$) entre les plants issus des semences traitées et les non traitées, et ce pour toutes les régions (Annexes 15, 16, 17 et 18).

La longueur et le poids total les plus élevés ont été enregistrés dans la région de Sidi Kacem, contrairement au poids racinaire et au nombre de talles. En effet, plus la plante est longue, plus son poids est important.

L'ACP nous permet de conclure que :

- ✓ Les individus de la région 1 sont les plus longs et ont les poids les plus importants, par contre des nombres de talles et des poids racinaires faibles.
- ✓ Contrairement aux régions 5 et 6 qui possèdent des nombres de talles et des poids racinaires importants tandis que leurs longueurs et poids sont faibles. Ils s'écartent donc vers le côté droit.
- ✓ Les régions 2, 3 et 4, se chevauchent, donc possèdent les mêmes caractéristiques : Longueurs et poids assez importants mais avec moins de talles et de faibles poids racinaires.

Le résultat de l'ACP des parcelles non traitées possède le même profil que celui des parcelles traitées sauf que la corrélation de la longueur et du poids est plus forte que celle des parcelles traitées.

On distingue alors 2 groupes de variabilités : une corrélation positive entre la longueur et le poids et une corrélation négative entre le nombre de talles et le poids racinaire.

Ceci nous permet de conclure que le traitement et le site agissent sur les 4 variables, et que le traitement est très efficace pour le rendement de la plante.

5. Densité

Les graphiques suivants résument les résultats obtenus (Figure 27 et 28)

4.1. Densité à 50% de levée

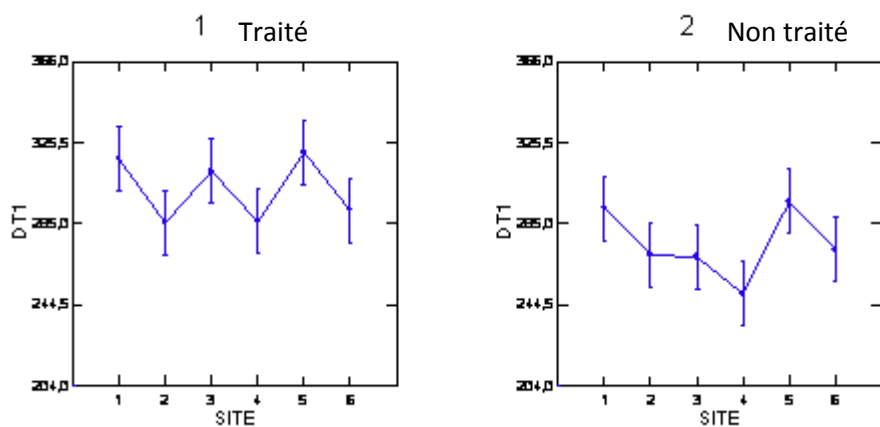
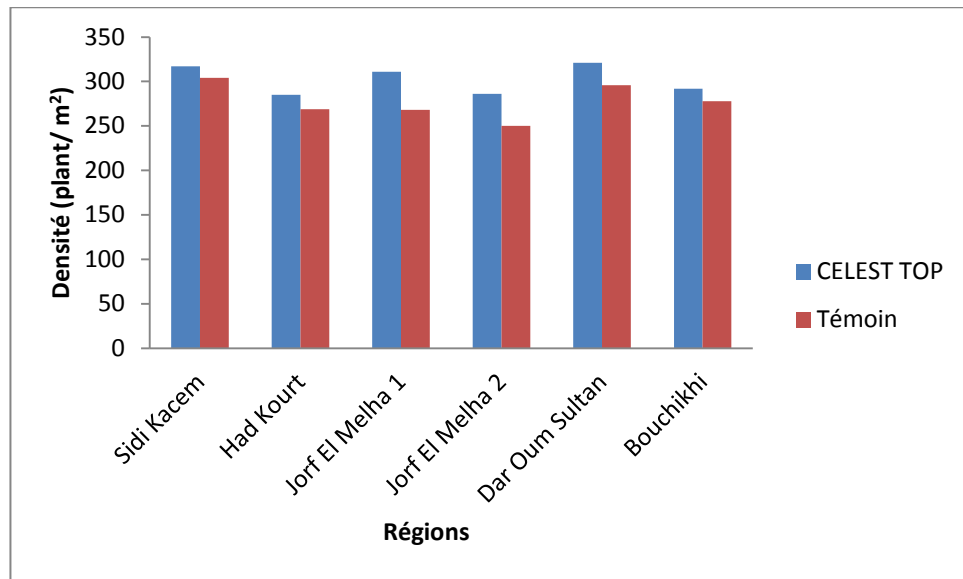


Figure 27 : Moyennes des densités au stade 50% de levée des plants de blé en présence du traitement en fonction des régions avec représentation des plus petites moyennes des carrés

4.2. Densité 45 jours après

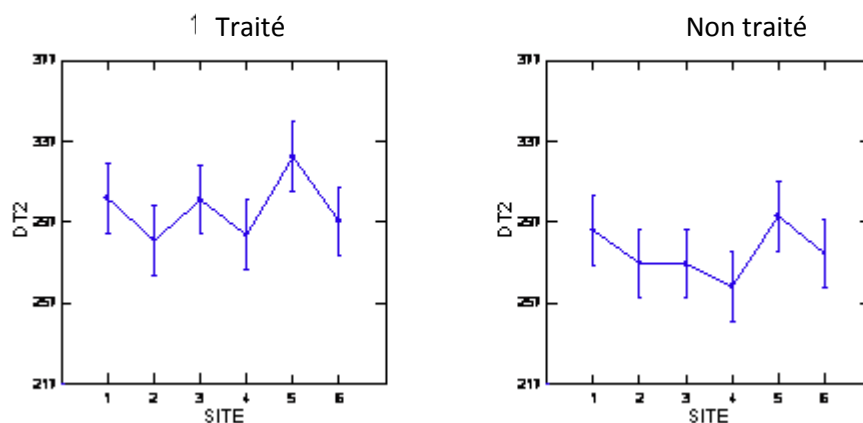
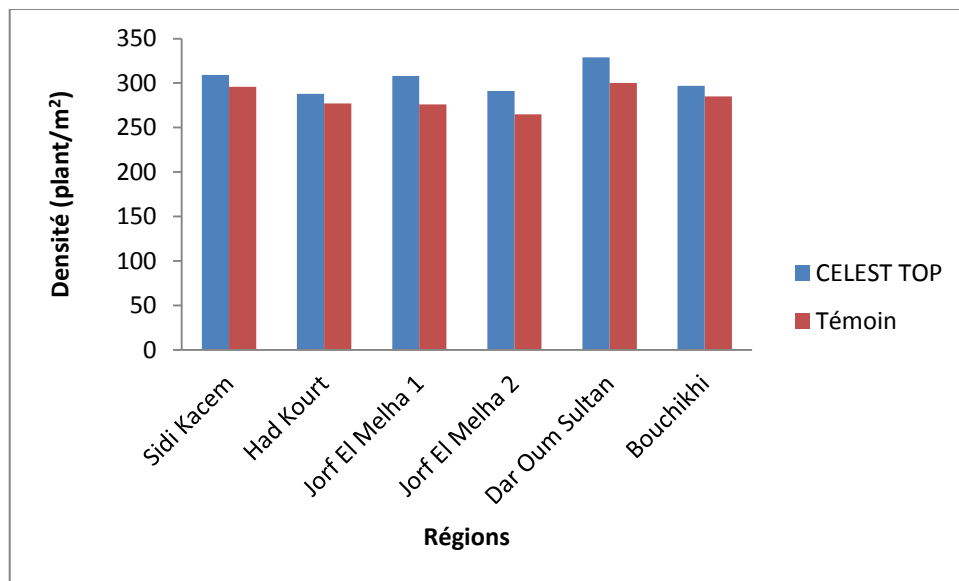


Figure 28 : Moyennes des densités 45 jours après levée des plants de blé en présence du traitement en fonction des régions avec représentation des plus petites moyennes des carrés

Discussion



- Au stade 50% des plants levés :

Une différence de densité à la levée est notée pour toutes les régions et entre les parcelles traitées par Celest Top et les parcelles témoins, ceci confirme l'efficacité du traitement Celest Top, qui, parmi ses propriétés augmente le rendement du blé (Figure 27).

Statistiquement, cette différence a été jugée significative ($P < 0,05$) tandis que l'interaction site*traitement n'est pas significative ($P > 0,05$) (Annexe 19).

Donc, le traitement Celest Top augmente la densité à la levée en comparaison avec le témoin pour les différents sites étudiés.

- 45 jours après :

Une différence de densité 45 jours après la levée dans différents sites pour le traitement Celest Top a été enregistré par rapport aux non traités (Figure 28).

L'ANOVA a montré que statistiquement, cette différence est significative, par contre, l'interaction site traitement n'est pas significative (Annexe 20).

Le traitement Celest Top a augmenté la densité 45 jours après la levée en le comparant avec le témoin pour les différents sites étudiés.

6. Rendement théorique

Le graphique suivant résume les résultats obtenus (Figure 29)

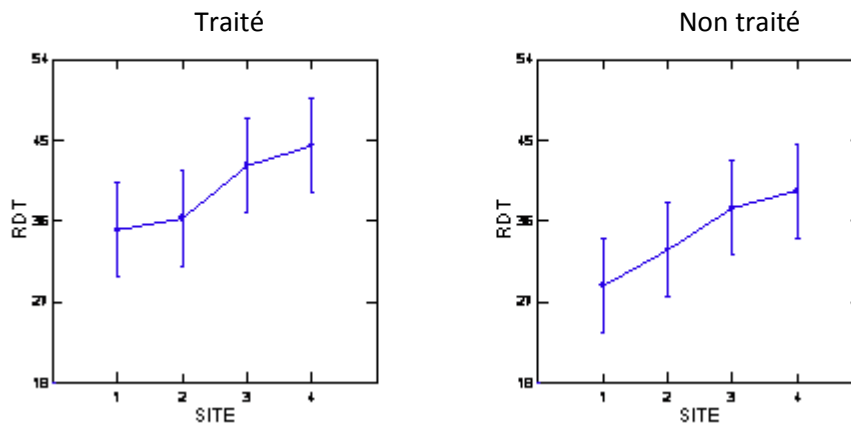
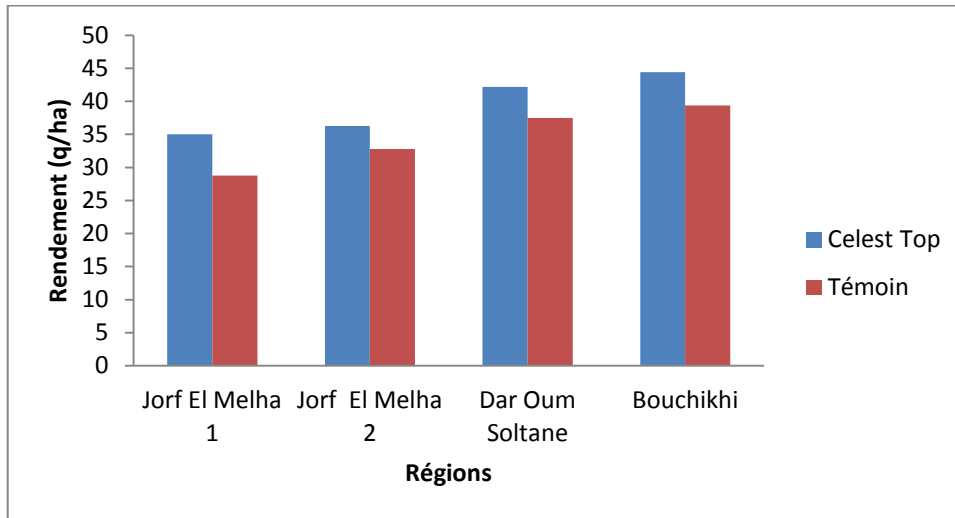


Figure 29 : Moyennes rendements des plants de blé en présence du traitement en fonction des régions avec représentation des plus petites moyennes des carrés

- Nous avons abandonné la parcelle de Hed Kourt car elle a stagné beaucoup d'eau à cause des fortes précipitations qu'a connu cette région cette année, les plants de blé se sont asphyxiés, donc dans ce cas, les estimations de rendement seraient incorrectes.
- La parcelle de Sidi Kacem a été récoltée sans que l'agriculteur nous contacte pour prélever les échantillons.

Une différence de rendement a été obtenue pour tous les sites entre les parcelles traitées par Celest Top et les parcelles témoins. Cette différence est statistiquement significative ($P < 0,05$), tandis que l'interaction site * traitement n'a pas de différence significative (Annexe 21).



Ceci nous permet de conclure que vu que la seule différence existant entre les parcelles traitées par Celest Top et les parcelles non traitées est le traitement, nous pouvons dire que cette nouvelle matière active testée augmente remarquablement le rendement du blé.

Conclusion générale

La pourriture racinaire causée principalement par le genre *Fusarium* spp. est l'une des maladies les plus importantes des céréales, vu les pertes énormes de rendements qu'elle cause.

L'étude de l'état phytosanitaire des semences nous a permis de conclure qu'il y a des incidences d'infection par *Fusarium* spp. élevées (atteignant 60% d'infection) que ce soit pour les



semences issues de SONACOS ou celles ramenées du marché local ou de chez les agriculteurs. Donc le traitement de SONACOS n'est pas efficace contre cette maladie.

Cette étude nous a aussi permis de conclure que la variété Karim de blé dur est la plus attaquée par la fusariose (incidence peut atteindre 52%).

Les résultats obtenus des incubations des collets et glumes nous permettent de conclure que la maladie est ré pondue dans les parcelles prospectées. Le traitement par Celest Top a diminué l'incidence d'infection par *Fusarium* spp. en la comparant aux témoins, en effet, il a pu diminuer l'incidence de 67% pour les collets non traités à 11% pour les collets traités de la même région.

Cette matière active testée a pu montrer également une efficacité significative pour tous les paramètres étudiés (Longueur, Densité, Poids total, Poids racinaire, Nombre de talles ainsi que le Rendement), mais d'autres études doivent être plus approfondies encore pour confirmer son efficacité sur la lutte contre la pourriture racinaire par un test in vitro.

Références bibliographiques



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



- **Anonyme 2009.** guide pratique des maladies des céréales (les reconnaître et décider).
Chambre régionale de l'Agriculture des pays de la Loire / Arvalis- institut du végétal
- **Anonyme, 2006.** Utilisation des engrais par culture au Maroc, Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes, division de la mise en valeur des terres et des eaux, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 2006
- **Anonyme, 2008.** Programme de sécurisation de la production céréalière, (Rapport).
Ministère de l'agriculture, du développement rural et des pêches maritimes, Rabat, Maroc.
- **Anonyme, 2010.** perspective de récolte et situation alimentaire, FAO, No.3, Septembre 2010.
- **Anonyme, 2011.** Situation de l'agriculture marocaine - N°9 - Novembre 2011
- **Arseniuk E., Foremska E., Goral T. et Chelkowski J., 1999.** *Fusarium* head blight reactions and accumulation of deoxynivalenol (DON) and some of its derivatives in kernels of wheat, triticale and rye. Journal of Phytopathology, 147, 577-590.
- **Balaghi R., Jlibene M., Tychon B. et Eerens H., 2012.** la prédiction agrométéorologique des rendements céréalières au Maroc, division de l'information et de la prévision, INRA- Edition 2012.
- **Béatrice C., 2001.** Les fusarioses, des maladies dures à combattre. Magazine des jeunes agricultures n°557.
- **Caron D., Dupont De Dinechin L. et Malavergne D., 2006.** *Fusarium graminearum* sur les résidus de culture des blés et des maïs et en fonction du travail du sol. In: CR 8ème CIMA AFPP, Tours, France, pp. 293-303.
- **Cassini R., 1973.** Influence des techniques de culture sur le développement des maladies des céréales. Compte rendu de journée d'étude. Versailles T1, p 21.
- **Champeil A., Dore T. et Fourbet J.F., 2004.** *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. Plant Science, 166, 1389-1415.
- **Champion R., 1997.** Identifier les champignons transmis par les semences. Techniques et Pratiques. INRA Editions p166 à 197.
- **Chen X. M., 2005.** Epidemiology and control of stripe rust [*Puccinia striiformis* f. sp. tritici] on wheat. Can. J. Plant Pathol. 27: 314-337.



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



- **Christoph V. et Brandfa G., 2006.** Establishment and application of real-time PCR-based methods to study the epidemiology of *Fusarium* head blight. Northeim, 97 p.
- **Clarke B, Feldman L, Adams W., 2006.** «La biologie de *Triticum turgidum*». Document d'accompagnement des Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux : Direction des produits végétaux. Agence canadienne d'inspection des aliments: 15.
- **Croston R.P. et Williams J.T., 1981.** A world survey of wheat genetic resources. IBPGR. Bulletin/80/59: 37-38
- **DUVAL E, BEZAED A., 2003.** La filière céréales au Maroc. Fiche de synthèse. Missions économique 2: 1-3.
- **Evans K., Israelsen C., Pace M. and Barnhill J., 2008.** Wheat Stripe Rust. In : Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory on January, 2008.
- **Eyal Z. E., 1981.** Integrated control of Septoria diseases of wheat. Plant Disease n°65: 763-768.
- **Ezzahiri B., 2001.** Les maladies du blé: identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Transfert de technologie en agriculture, N° 77. Février 2001.
- **Feillet P., 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation. Edition Quae, Paris France pp: 308.
- **Gams W.J. et Müller E., 1980.** Conidiogenesis of *Fusarium nivale* and *Rhynchosporium oryzae* and its taxonomic implications. Neth. J. Plant Pathol. 86: 45-53.
- **Grita Z., 2012.** Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme ingénieur d'état de l'ENA de Meknès. Filière : Protection des Plantes et de l'Environnement. Soutenu le : novembre 2012 «la pourriture racinaire du blé dans la région de had kourt»
- **HARLAN JR., 1975.** Geographic patterns of variation in some cultivated plants. JHered 66: 182-191.
- **Henri Y. et Buysse J., 2000.** L'origine des blés, Pour la Science, Hors-série n°26, janvier 2000, p 60-62)
- **Ioos R., 2001.** Le *Fusarium* et *Microdochium* sur grains de céréales en France. Phytoma, la défense des végétaux- N°539 p52-56.



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



- **Lacroix C., 2008.** Prevention of fungal infections related to the water supply in French hospitals: proposal for standardization of methods]. *Presse Med.* 37[5 Pt 1], 751-759.
- **Lafont J. M., 1985.** Les maladies des céréales et du Maïs. Les connaître pour mieux les combattre. De l'encyclopédie Agricole Pratique : 13-49.
- **Mackey J., 1968.** Relationships in the Triticinae. In Third International Wheat Genetic Symposium. K. W. Findlay and K. W. Shepherd, eds. *Proc Aust Acad Sci.*, Canberra, Australia. Butterworths, London: 39-50.
- **Mathre D. E., 1997.** Compendium of barley diseases. 2nd Edition. APS Press, St. Paul, Minnesota, 90 p.
- **McIntosh R. A., 1998.** Breeding wheat for resistance to biotic stresses. *Euphytica* 100: 19-34.
- **Miller P.R. et Pollard H.L., 1976.** *Helminthosporium sativum*, Multilingual compendium of plant disease. Edition by the American phytopathological society, ST Paul. Minnesota. 434 PP.
- **Millimono T., 1982.** Contribution à l'étude de la pourriture des racines et collets du blé dans la région de Meknès. Mémoire de 3^{ème} cycle, ENA-Meknès. pp38.
- **Nicholson P., Lees A.K., Maurin N., Parry D.W. et Rezanoor R.N., 1996.** Development of a PCR assay to identify and quantify *Microdochium nivale* var. *nivale* and *Microdochium nivale* var. *malus* in wheat, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 48, 257-271.
- **Nourozian J., Etebarian H. R. et Khodakaramian G. 2006.** Biological control of *Fusarium graminearum* on wheat by antagonistic bacteria. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 28, 29-38.
- **Oukhouia M., 2009.** Rapport de Maîtrise des Sciences et Techniques option: « Biotechnologies ». Soutenu en juin 2009 « utilisation des techniques PCR dans l'amélioration du blé dur ».
- **Oukhouia M., 2011.** Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master en Biotechnologies et Amélioration Génétique des Productions Agricoles : « Analyse de la variabilité d'une collection de populations marocaines de blé dur et de blé tendre au moyen des marqueurs microsatellites : implications pour la conservation et l'utilisation des ressources phytogénétiques ».



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



- **Richard M., 2004.** La fusariose chez les céréales dans le Canada atlantique. Centre de recherche sur les cultures et les bestiaux, Canada.
- **Sears E.R., 1954.** The aneuploids of common wheat. College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 1954. 572: 1-58.
- **Tabuc C., 2007.** Thèse pour obtenir le titre de docteur de l'institut national polytechnique de toulouse et de l'université de bucares : « flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines ».
- **Tourkmani M., 1974.** Les Helminthosporioses de l'orge au Maroc. Mémoire de 3ème cycle. I.A.V. Hassan II, Rabat, 106 pp.
- **Trottet M., 2007.** Incidence des contaminations tardives du blé tendre par *Fusarium culmorum* sur la contamination par les TCT. INRA, Agrocampus Rennes.
- **Van Slageren, M.W., 1994.** Wild wheats: a monograph of Aegilops L. ICARDA/Wageningen Agricultural University Papers. 94: 1-512.
- **Viennot-Bourgin G., 1949.** Les champignons parasites des plantes cultivées. Tome 1 et 2. Edition Masson et Cie. 1850 p.
- **Wiese M. V., 1977.** Compendium of wheat diseases, 106 p.
- **Zilinsky F. J., 1983.** Maladies communes des céréales à paille, guide d'identification.
- **Zohary, 2000.** les céréales fondatrices de l'agriculture en Egypte et dans le croissant fertile - origine et diffusion du Triticum aestivum 03/29/04, 2885.



Annexe 1 : Milieux de culture utilisés

➤ PPA :

- 15 g de peptone
- 20 g d'agar
- 0,5 g de Mg SO₄.7H₂O
- 1g de KH₂PO₄
- 750 mg de PCNB
- 300mg de streptomycin

➤ PDA :

- 250 g de pomme de terre
 - 15g d'agar (5g pour un milieu appauvri)
 - 5g de glucose
 - 1L d'eau distillée
 - 50 mg de chloramphénicol
 - 50mg de streptomycin
- } Après autoclavage à 121°C
pendant 15 minutes.

Annexe 2 : Carnet de champs pour évaluation de la levée

Traitement n°	50% des plants levés				45 jours après levée			
	Date de levée	Nombre de plant rep1	Nombre de plant rep2	Nombre de plant rep3	Date de notation	Nombre de plant rep1	Nombre de plant rep2	Nombre de plant rep3
T1 celest top								
T2								



Annexe 3 : Carnet de champs pour mesure de la longueur

Traitement n°	Fin épiaison			
	Date de notation	Longueur de la tige /plant rep1	longueur de la tige /plant rep2	longueur de la tige /plant rep3
T1 celest top				
T2				

Annexe 4 : Carnet de champs pour évaluation de la densité

Traitement n°	50% des plants début tallage				Fin tallage			
	Date de tallage	Nombre de talle /plant rep1	Nombre de talle /plant rep2	Nombre de talle /plant rep3	Date de notation	Nombre de talle /plant rep1	Nombre de talle /plant rep2	Nombre de talle /plant rep3
T1 celest top								
T2								

Annexe 5 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé dur de la région doukkala

	<i>Variété</i>	<i>Source de semence</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



1	Anouar	Sonacos	oui	14%
2	Merzak	Agriculteur	non	0%
3	Grecale	Sonacos	oui	44%
4	Grecale	Sonacos	oui	0%
5	Anonyme 1	Agriculteur	non	8%
6	Merzak	Agriculteur	non	10%
7	Karim	Agriculteur	non	32%
8	Anonyme 2	Agriculteur	non	2%
9	Anonyme 3	Marché local	non	0%
10	Karim	Agriculteur	non	4%

Annexe 6 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé tendre de la région doukkala

	<i>Variété</i>	<i>Source de semence</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Achtar	Agriculteur	non	0%
2	Salama	Agriculteur	non	32%
3	Salama	Sonacos	oui	0%
4	Achtar	Sonacos	oui	4%
5	Salama	Marché local	non	52%
6	Achtar	Agriculteur	non	0%
7	Achtar	Agriculteur	non	2%
8	Salama	Sonacos	oui	18%

Annexe 7 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé dur de la région Chaouia



	<i>Variété</i>	<i>Source de semence</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Tarek	Sonacos	oui	40%
2	Karim	Agriculteur	non	30%
3	Karim	Sonacos	oui	26%

Annexe 8 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé tendre de la région Chaouia

	<i>Variété</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>	<i>Source de semence</i>
1	Rajae	non	38%	Agriculteur
2	Radia	oui	32%	Sonacos
3	Amal	oui	22%	Sonacos
4	Faiza	oui	32%	Sonacos
5	Radia	non	46%	Agriculteur
6	Arréhane	oui	18%	Sonacos
7	Marchouch	non	44%	Agriculteur

Annexe 9 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé dur de la région Tadla

	<i>Variété</i>	<i>Source de semence</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Karim 1	Agriculteur	non	50%
2	Karim 2	Sonacos	oui	52%
3	Karim 3	Agriculteur	non	48%



Annexe 10 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé tendre de la région Tadla

	<i>Variété</i>	<i>Source de semence</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Achtar	Sonacos	oui	50%
2	Achtar	Sonacos	oui	36%
3	Anonyme	Marché local	non	42%
4	Achtar	Marché local	non	42%
5	Marchouch	Marché local	non	16%
6	Achtar	Marché local	non	18%
7	Arréhane	Agriculteur	non	52%

Annexe 11 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé dur de la région Gherb

	<i>Variété</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Karim	non	32%
2	Anonyme 1	non	38%
3	Karim 2	non	42%
4	Anonyme 2	non	52%
5	Karim 3	non	64%

Annexe 12 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé tendre de la région Gherb

	<i>Variété</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Arréhane	oui	38%
2	Amal	non	60%
3	Radia 1	non	32%



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



4	Radia 2	non	50%
5	Wafia	non	16%

Annexe 13 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé dur de la région Sais

	<i>Variété</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Karim 1	non	36%
2	Karim 2	non	30%
3	Anonyme 1	non	22%
4	Anonyme 2	non	10%
5	Karim 3	non	4%

Annexe 14 : Résultat des incubations et provenance des semences de blé tendre de la région Sais

	<i>Variété</i>	<i>Traitement</i>	<i>Résultat</i>
1	Achtar 1	non	52%
2	Achtar 2	non	44%
3	Radia	non	30%
4	Anonyme	non	26%
5	Achtar 3	non	36%

Annexe 15 : Analyse de la variance relative à la Longueur

- Analyse de la variance :

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	P
SITE	6 378,344	5	1 275,669	65,216	0,000
TRAIT	544,885	1	544,885	27,856	0,000
SITE*TRAIT	237,58	5	47,516	2,429	0,045
Error	1 173,645	60	19,561		

- Test de différence de confiance significative de Tukey's



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



SITE(i)	SITE(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	13,596	0,000	8,281	18,911
1	3	12,407	0,000	7,091	17,722
1	4	10,778	0,000	5,463	16,094
1	5	15,807	0,000	10,491	21,122
1	6	31,867	0,000	26,551	37,182
2	3	-1,189	0,986	-6,504	4,126
2	4	-2,818	0,627	-8,133	2,498
2	5	2,211	0,823	-3,104	7,526
2	6	18,271	0,000	12,956	23,586
3	4	-1,628	0,945	-6,944	3,687
3	5	3,4	0,422	-1,915	8,715
3	6	19,46	0,000	14,145	24,775
4	5	5,028	0,074	-0,287	10,344
4	6	21,088	0,000	15,773	26,404
5	6	16,06	0,000	10,745	21,375

TRAIT(i)	TRAIT(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	5,502	0	3,417	7,587

Annexe 16 : Analyse de la variance relative au poids total

- Analyse de la variance :

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	P
TRAIT	100,732	1	100,732	103,665	0,000
SITE	338,71	5	67,742	69,714	0,000
TRAIT*SITE	12,452	5	2,49	2,563	0,036
Error	58,303	60	0,972		

- Test de différence de confiance significative de Tukey's

SITE(i)	SITE(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	2,043	0,000	0,858	3,228



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



1	3	2,524	0,000	1,34	3,709
1	4	2,66	0,000	1,475	3,844
1	5	4,24	0,000	3,056	5,425
1	6	7,059	0,000	5,874	8,244
2	3	0,481	0,837	-0,703	1,666
2	4	0,617	0,645	-0,568	1,801
2	5	2,197	0,000	1,013	3,382
2	6	5,016	0,000	3,831	6,201
3	4	0,135	0,999	-1,049	1,32
3	5	1,716	0,001	0,531	2,901
3	6	4,535	0,000	3,35	5,719
4	5	1,581	0,003	0,396	2,765
4	6	4,399	0,000	3,215	5,584
5	6	2,819	0,000	1,634	4,003

TRAIT(i)	TRAIT(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	2,366	0	1,901	2,83

Annexe 17 : Analyse de la variance relative au Poids racinaire

- Analyse de la variance :

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	P
SITE	17,121	5	3,424	7,79	0,000
TRAIT	6,141	1	6,141	13,972	0,000
SITE*TRAIT	1,644	5	0,329	0,748	0,591
Error	26,373	60	0,44		

- Test de différence de confiance significative de Tukey's

SITE(i)	SITE(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	-0,662	0,158	-1,458	0,135
1	3	-0,527	0,385	-1,323	0,27



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



1	4	-0,472	0,51	-1,268	0,325
1	5	-1,619	0,000	-2,416	-0,823
1	6	-0,512	0,418	-1,308	0,285
2	3	0,135	0,996	-0,662	0,932
2	4	0,19	0,981	-0,607	0,987
2	5	-0,958	0,01	-1,755	-0,161
2	6	0,15	0,994	-0,647	0,947
3	4	0,055	1	-0,742	0,852
3	5	-1,093	0,002	-1,89	-0,296
3	6	0,015	1	-0,782	0,812
4	5	-1,148	0,001	-1,945	-0,351
4	6	-0,04	1	-0,837	0,757
5	6	1,108	0,002	0,311	1,905

TRAIT(i)	TRAIT(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	0,584	0	0,272	0,897

Annexe 18 : Analyse de la variance relative au Nombre de talles

- Analyse de la variance :

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	P
TRAIT	11,297	1	11,297	86,017	0,000
SITE	59,311	5	11,862	90,319	0,000
TRAIT*SITE	5,983	5	1,197	9,11	0,000
Error	7,88	60	0,131		

- Test de différence de confiance significative de Tukey's

SITE(i)	SITE(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	0,167	0,868	-0,269	0,602
1	3	-0,48	0,023	-0,916	-0,044
1	4	0,122	0,962	-0,314	0,557
1	5	-1,834	0,000	-2,27	-1,399
1	6	-2,002	0,000	-2,438	-1,567
2	3	-0,647	0,001	-1,082	-0,211
2	4	-0,045	1	-0,481	0,391
2	5	-2,001	0,000	-2,436	-1,565



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



2	6	-2,169	0,000	-2,605	-1,734
3	4	0,602	0,002	0,166	1,037
3	5	-1,354	0,000	-1,79	-0,919
3	6	-1,522	0,000	-1,958	-1,087
4	5	-1,956	0,000	-2,391	-1,52
4	6	-2,124	0,000	-2,56	-1,689
5	6	-0,168	0,864	-0,604	0,267

TRAIT(i)	TRAIT(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	0,792	0	0,621	0,963

Annexe 19 : Analyse de la variance relative à la densité au stade 50% des plantes levées

- Analyse de la variance :

Source de variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p
TRAIT	6 724,000	1	6 724,000	36,599	0,000
SITE	7 540,222	5	1 508,044	8,208	0,000
TRAIT*SITE	783	5	156,6	0,852	0,527
Error	4 409,333	24	183,722		

- Test de différence de confiance significative de Tukey's

SITE(i)	SITE(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	27,667	0,019	3,47	51,863
1	3	15,167	0,405	-9,03	39,363
1	4	37	0,001	12,803	61,197
1	5	-3,333	0,998	-27,53	20,863
1	6	23,167	0,066	-1,03	47,363
2	3	-12,5	0,608	-36,697	11,697
2	4	9,333	0,836	-14,863	33,53
2	5	-31	0,007	-55,197	-6,803
2	6	-4,5	0,992	-28,697	19,697
3	4	21,833	0,094	-2,363	46,03
3	5	-18,5	0,209	-42,697	5,697
3	6	8	0,906	-16,197	32,197

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

☎ 212 (35) 60 80 14 – 212 (35) 60 96 35 📠 212 (35) 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



4	5	-40,333	0,000	-64,53	-16,137
4	6	-13,833	0,504	-38,03	10,363
5	6	26,5	0,026	2,303	50,697

TRAIT(i)	TRAIT(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	27,333	0	18,008	36,659

Annexe 20 : Analyse de la variance relative à la densité 45 jours après la première mesure

- Analyse de la variance :

Source de variation	Somme des carrés	ddl	MC	F	P
TRAIT	4 181,778	1	4 181,778	20,281	0,000
SITE	5 324,889	5	1 064,978	5,165	0,002
TRAIT*SITE	530,222	5	106,044	0,514	0,763
Error	4 948,667	24	206,194		

- Test de différence de confiance significative de Tukey's

SITE(i)	SITE(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	18,5	0,261	-7,134	44,134
1	3	8,667	0,898	-16,967	34,3
1	4	23	0,097	-2,634	48,634
1	5	-13,833	0,564	-39,467	11,8
1	6	11,333	0,745	-14,3	36,967
2	3	-9,833	0,839	-35,467	15,8
2	4	4,5	0,994	-21,134	30,134
2	5	-32,333	0,008	-57,967	-6,7
2	6	-7,167	0,951	-32,8	18,467
3	4	14,333	0,527	-11,3	39,967
3	5	-22,5	0,109	-48,134	3,134
3	6	2,667	0,999	-22,967	28,3
4	5	-36,833	0,002	-62,467	-11,2
4	6	-11,667	0,722	-37,3	13,967
5	6	25,167	0,056	-0,467	50,8



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



TRAIT(i)	TRAIT(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	21,556	0	11,676	31,435

Annexe 21 : Analyse de la variance relative au Rendement

- Analyse de la variance :

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	P
SITE	766,532	3	255,511	6,257	0,001
TRAIT	283,844	1	283,844	6,951	0,012
SITE*TRAIT	11,496	3	3,832	0,094	0,963
Error	1 633,332	40	40,833		

- Test de différence de confiance significative de Tukey's

SITE(i)	SITE(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	-2,64	0,743	-9,633	4,352
1	3	-7,917	0,021	-14,909	-0,924
1	4	-9,988	0,002	-16,98	-2,995
2	3	-5,276	0,197	-12,269	1,716
2	4	-7,347	0,036	-14,34	-0,355
3	4	-2,071	0,857	-9,064	4,922

TRAIT(i)	TRAIT(j)	Différence	P	intervalle de confiance à 95,0%	
				Minimum	Maximum
1	2	4,864	0,012	1,135	8,592