

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE FERHAT ABBAS SETIF
FACULTE DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE



جامعة فرحات عباس، سطيف
كلية علوم الطبيعة والحياة

N°...../SNV/2012

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MÉMOIRE

Présenté par : **ABDELKADER Fahima**

Pour obtenir le diplôme de **Magister**

Option : **Production Végétale et Agriculture de Conservation**

THÈME

Etude comparative de l'infection des sols par quelques champignons pathogènes en conditions de semis direct et de travail conventionnel.

Soutenu le : 25 /11 /2012

DEVANT LE JURY

PRESIDENT :	M. FENNI Mohamed	Pr. Université Ferhat ABBAS Sétif
RAPPORTEUR :	M. BOUNECHADA Mustapha	Dr. Université Ferhat ABBAS Sétif
EXAMINATEUR :	M. HARZALLAH Daoud	Pr. Université Ferhat ABBAS Sétif
EXAMINATEUR :	M. MEBARKIA Abdelkrim	Dr. Université Ferhat ABBAS Sétif
INVITE:	M. ROUAG Noureddine	Dr. Université Ferhat ABBAS Sétif

Année universitaire 2011 - 2012

Remerciements

*Au terme de cette étude, je tiens d'abord et avant tous de remercier **Dieu** tout puissant de m'avoir guidé et pour le courage, la patience et la santé qu'il nous à accordée durant toutes ces années d'études en particulier, et de vie en général, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles, qui se sont hissés au travers de nos chemins.*

Celui qui ne remercie les gens ne remercie guère Dieu.

*Alors, Je tiens d'abord à adresser toute ma gratitude au **Dr ROUAG Noureddine** lequel ce travail n'aurait pu aboutir. Je le remercie pour sa gentillesse, son soutien et pour le fait de m'avoir fait partager son expérience. Je lui adresse toute ma reconnaissance pour sa patience, sa disponibilité et sa participation active lors de la rédaction de ce mémoire.*

*Je remercie très sincèrement le **Dr. BOUNECHADA Mustapha** qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu'il trouve l'expression de mon profond respect*

*J'exprime également mes remerciements et ma reconnaissance à **Mme MAZAACHE Samia** pour son soutien morale et en matériel durant mon travail au laboratoire, ainsi à **Melle ABABSA Ahlem** pour sa gentillesse et son aide pour la réalisation de ce travail.*

*Un grand merci à **Mr. DAHOUMEN Amri** le subdivisionnaire de la Subdivision de l'Agriculture de Sidi-Aich, pour sa compréhension et de m'avoir facilité la réalisation de ce travail*

*Mes remerciements s'adressent au **Pr. FENNI Mohamed** pour l'honneur qu'il me fait en présider le jury d'évaluation de ce travail et ces sincères encouragements.*

*Mes plus grands respects au **Pr. HARZALLAH Daoud** qui a bien voulu faire part de jury.*

*Je tien aussi à remercier le **Dr. MEBARKIA Abdelkrim** pour ces conseils et son orientation ainsi d'accepter d'examiner ce travail.*

*Mes vifs remerciements à **Mr ROUABHI Amar** pour m'avoir facilité l'analyse de mes résultats.*

*Nombreux sont ceux qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail, dont : **IMENE NASSIMA, RIDHA** ingénieur de laboratoire et **Dr. TAXANA**, qu'ils trouvent ici ma grande gratitude et ma reconnaissance.*

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents, en guise de gratitude pour tout leur sacrifice, soutien, confiance, compréhension et amour. Vous êtes les êtres les plus chères à mon cœur, aucun mot ne pourra exprimer ma gratitude et mon estime pour vous.

A ma chère grande mère paternelle.

A mes très chères sœurs : Nassima, Ouardia , Laldja et toute leurs familles et à Katia

A mes frères Ferdjellah, Redouen et Walid

A mon grand père et toutes mes grandes mères maternelles.

A mes oncles, tantes et cousins et cousines

A tous les petits de la famille : Maïssa, Rahim, Nour Elhouda, Salasse, Fatah et Abdel Mounaïm

A tous mes vrais amis (es) : Noura, Zahra, Zahia, Bahia, Mebrouk, Hakim, Soufien A, et B, Zahra Dj , Affaf , Fouzia, Nouria, Khoukha, Samir. H, Chérif, et à mes camarades de la promotion de Magister.

A tous mes collègues de travail de la subdivision de l'Agriculture de Sidi-Aich

A tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'au magister.

AEK. Fahima

SOMMAIRE

	Pages
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	01
Chapitre I : Agriculture conventionnelle	
I.1. Caractérisation de l'agriculture conventionnelle	03
I.2. Principe d'agriculture conventionnelle	03
I.3. Les avantages de l'agriculture moderne	03
I.3.1. L'accroissement des rendements	03
I.3.2. Les avantages de labour	04
I.3.3 Les limites de l'agriculture conventionnelle	04
I.3.4. Les inconvénients de labour	04
I.3.5. Impact d'utilisation excessive des produits agro-chimiques	05
I.3.6. Utilisation inadéquate des eaux	05
I.3.7. Agriculture conventionnelle et réchauffement climatique	06
I.3.8. La dégradation de sol	06
I.3.9. La dégradation biologique	07
I.3.10. Erosion du capital génétique et biodiversité	07
I.4. L'agriculture de conservation et le semis direct	08
I.4.1. Définition de l'agriculture de conservation	08
I.4.2. L'agriculture de conservation (une agriculture durable, une agriculture intégrée)	08
I.4.3. Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation	09
I.4.3.1.le travail minimum de sol	10
I.4.3.2. Couverture permanente des sols	11
I.4.3.3. Les rotations culturales	11
I.4.4. Les avantages de l'agriculture de conservation et de semis direct	12
I.4.4.1. Sur le plan de l'environnement	12
I.4.4.1.1 Limitation de l'érosion	12
I.4.4.1.2. L'amélioration de la protection et qualité de l'eau	12
I.4.4.1.3. Un accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique	13
I.4.4.1.4. Une contribution à la réduction de l'effet de serre	14
I.4.4.2. Sur le plan de l'Agronomie	14
I.4.4.2.1.Un enrichissement des matières organiques des sols en surface	15
I.4.4.2. 2.Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale	15
I.4.4.2.3. Les maladies cryptogamiques	16
I.4.4.2.4. Les adventices	16
I.4.4.2.5. Un gain de temps et de carburant	17
I.5. L'agriculture de conservation dans le monde et en Algérie	18
I.5.1. L'agriculture de conservation dans le monde	20
I.5.2. L'agriculture de conservation en Algérie	20
I.6. Les limites de L'agriculture de conservation	20
I.7. Généralités sur les champignons	21
I.7.1. Définition	22
I.7.2. Systèmes de classification et d'identification des champignons	22

I.7.2.1. Identification morphologique	23
I.7.2.2. Identification génétique	23
I.7.2.3. Classification basées sur des critères morphologiques	23
I.7.2.4. Classifications moléculaires	24
I.8. Les champignons telluriques phytopathogènes	24
I.8.1. Les principaux genres de champignons telluriques phytopathogènes	25
I.8.1.1. Le genre <i>Alternaria</i>	26
I.8.1.2. Le genre <i>Fusarium</i>	26
I.8.2.3. Le genre <i>Pythium</i>	26

Chapitre II. Matériels et méthodes

II.1. Les objectifs du travail	27
II.2. Caractéristiques pédoclimatiques de la station d'étude	29
II.2.1. Situation géographique	29
II.2.1.1. Caractéristiques pédologiques	29
I.2.1.2. Caractéristiques climatiques	29
II.2.2. Description du dispositif expérimental	30
II.3. Prélèvement des échantillons	31
II.3.1. Traitement des échantillons	32
II.3.2. Analyse des échantillons	32
II.2.1. Préparation des suspensions dilutions	32
II.2.2. Préparation du milieu de culture	32
II.2.3. Mise en culture de l'inoculum	34
II.2.3.1. L'ensemencement	34
II.2.3.2. L'incubation	35
II.2.4. Le repiquage	35
II.2.5. L'identification	35
II.2.5.1. L'observation macroscopique	35
II.2.5.2. L'observation microscopique	35
II.2.5.3. Traitement des données	36
II.2.5.4. Analyse de la variance	36

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1.1. Inventaire des champignons et identification des genres	37
III.1.2. Observation microscopique des genres identifiés	37
III. 1.2.1. L' <i>Alternaria</i>	40
III. 1.2.2. L' <i>Aspergillus</i>	40
III. 1.2.3. Le <i>Penicillium</i>	40
III. 1.2.4. Le <i>Rhizopus</i>	40
III. 1.2.5. Le <i>Cladosporium</i>	42
III. 1.2.6. Le <i>Fusarium sp</i>	42
III. 1.2.7. L' <i>Erysiphe sp</i>	42
III. 1.2.8. le <i>Bulmeria</i>	42
III.2. Effets des paramètres de culture sur l'abondance et la diversité fongiques	42
III.2.1. Effet des systèmes sur l'abondance et la diversité des populations fongiques	45
III.2.1.1. Effet sur l'abondance	45
III.2.1.2. Effet sur la diversité	45
III.2.2. Distribution et abondance des genres sur les parcelles	47
III.2.3. Effet de l'horizon sur l'abondance et la diversité des champignons ...	49

III.2.3.1. Effet sur l'abondance	52
III.2.3.2. Effet sur la diversité	52
III.2.4 Effet des rotations sur l'abondance et la diversité des champignons. ...	55
III.2.5. Pathogénécité des genres rencontrés.....	58
III.2.6. Etude des corrélations	60
Conclusion	62
Conclusion	65
Références bibliographiques.....	67
Annexes	
Résumés	

Liste des abréviations

%	Pourcent.
°C	Degrés Celsius.
AC	Agriculture de conservation
CIC	Conseil International des Céréales.
D⁻¹	dilution 1
D⁻²	dilution 2
D⁻³	dilution 3
D⁻⁴	dilution 4
ddl :	degré de liberté
E	Echantillon
FAO	Organisation mondiale de l'alimentation et l'agriculture
Fig	Figure
g	gramme
H	Horizon
Ha	Hectare
ITGC	Institut Techniques des Grandes Cultures
M	Million
ml	millilitre
P	Parcelle
PDA	Potato Dextrose Agar
SC	Semis Conventionnel
SD	Semis Direct
T	Température
TCS	Techniques Culturelles Simplifiées

Liste des tableaux

Tableau.01. Les fonctions dans l'écosystème des terres sous agriculture de conservation et les conséquences mondiales de son non adoption.

Tableau.02. Tableau récapitulatif des espèces identifiées par horizon et par parcelle.

Tableau.03. L'abondance des champignons pathogènes et opportunistes dans chaque parcelle.

Tableau.04. Valeurs moyennes de l'abondance des champignons dans les deux systèmes.

Tableau.05. La diversité des champignons pathogènes et opportunistes au niveau des différentes parcelles.

Tableau.06. Valeurs moyennes de la diversité des champignons dans les deux systèmes.

Tableau.07. Résultats d'analyse statistique pour l'effet système et rotation sur l'abondance de *Fusarium*.

Tableau.08. L'abondance des champignons pathogènes et opportunistes en fonction des horizons.

Tableau.09. Valeurs moyennes de l'abondance des champignons en fonction des horizons.

Tableau.10. Effet des horizons sur la diversité des champignons pathogènes et opportunistes.

Tableau.11. Valeurs moyennes de la diversité des champignons en fonction des horizons.

Tableau.12. Le classement des rotations.

Tableau.13. Résultats d'analyse de la variance.

Tableau.14. Echelle de La pathogénécité des champignons.

Tableau.15. Nombre de genre rencontrés dans chaque parcelle selon leur pathogénécité.

Liste des figures :

Fig 1. Diagramme ombrothermique de la campagne 2010/2011.

Fig 2. Aspect du mycélium et des conidies d'*Alternaria sp* sous microscope optique grossissement X 40.

Fig 3. Aspect des conidies d'*Aspergillus sp.* sous microscope optique grossissement X 100.

Fig 4. Aspect des conidies de *Penicillium sp.* sous microscope optique grossissement X 100.

Fig 5. Aspect du mycélium et des conidies de *Rhizopus sp.* Sous microscope optique grossissement X 100.

Fig 6. Aspect des conidies de *Cladosporium sp* sous microscope optique grossissement X40.

Fig7. Aspect du mycélium et des conidies de *Fusarium sp* sous microscope optique grossissement X 40.

Fig 8. Aspect du mycélium et des conidies d'*Erysiphe sp* sous microscope optique grossissement X 40.

Fig 9. Aspect du mycélium et des cléistothèces de *Blumeria sp* sous microscope optique grossissement X 40

Fig 10. L'abondance observée au niveau des parcelles des deux systèmes.

Fig 11. Représentation graphique de la diversité observée dans les deux systèmes.

Fig 12. Représentation graphique de l'abondance des différents genres au niveau des parcelles étudiées

Fig13. Représentation graphique des résultats d'analyse de l'abondance de *Fusarium* dans les deux systèmes.

Fig 14. Représentation graphique des résultats d'analyse de l'abondance de *Fusarium* en fonction des rotations.

Fig 15. L'abondance des champignons en fonction des deux horizons dans les deux systèmes

Fig 16. La moyenne de l'abondance en fonction des horizons.

Fig 17. Représentation graphique de la diversité observée dans les horizons étudiés.

Fig 18. La moyenne de la diversité au niveau des horizons.

Fig 19. L'abondance des champignons en fonction des rotations.

Fig 20. La diversité en fonction des rotations.

Fig 21. Cercle de corrélation des paramètres étudiés.

Fig 22. Classification hiérarchique ascendante (CHA) des différentes lignées pour les composantes de rendement (calculée par le biais des distances euclidiennes).

Introduction :

Le développement de l'agriculture a soumis les terres agricoles à un régime d'exploitation intense. Ceci a engendré une dégradation de la qualité des sols, qui est un sérieux obstacle à l'amélioration de la production, ce qui se traduit par une sécurité alimentaire et constitue une menace pour la paix et la stabilité mondiales. Par conséquent, un nouveau mode de gestion des terres pour une restauration ou préservation du sol doit être instauré. Cependant, l'agriculture de conservation fondée sur le semis direct dans une couverture végétale permanente du sol est perçue comme une alternative viable, pourrait constituer une réponse aux défis de la rareté et des dégradations des ressources naturelles de base et à l'instabilité des productions agricoles (Chabane, 2010). En effet, d'après Lahmar et Bouzerzour (2010), elle est actuellement promue comme un moyen d'améliorer et de stabiliser les productions agricoles ainsi d'inverser et de réduire, la dégradation des sols en particulier dans les zones semi-arides méditerranéennes.

Ce système est appliqué depuis plusieurs décennies dans de nombreux pays qui souffrent de divers problèmes d'érosion hydrique, éolienne et un manque de précipitation et de rétention d'eau le cas du Brésil, des USA, du Madagascar, etc. A l'encontre, d'autres pays, le système n'a pas connu le même engouement des agriculteurs tel qu'a connu le travail conventionnel pour diverses raisons, dont le développement de divers agents pathogènes qui trouvent dans la présence en permanence d'un couvert végétal ainsi que l'abondance de la matière organique en surface. Dans des conditions de non-labour, constitue un milieu favorable à une augmentation de l'activité et de la biomasse microbienne notamment les champignons telluriques, pathogènes et opportuniste dans les premiers centimètres de sol (Carof, 2006).

En Algérie, l'introduction du système de semi direct, quoique timide, mais elle commence à prendre une place de choix chez de nombreux agriculteurs, qui ont adopté ce système. Les superficies agricoles ne cessent d'augmenter d'une année à une autre, surtout en céréaliculture, malgré le manque de moyens surtout matériels adapté à ce système entre autre les semoirs spécifiques. En plus, beaucoup de questionnements,

restent posés, sur l'adaptation des espèces et variétés locales, les zones et terres les plus appropriées, l'évolution des sols, de la matière organique, etc.

Comme dans certains pays, la non adoption du système de semi direct, est du principalement à la prolifération de pathogènes telluriques, qui a constitué un frein au développement de ce système. Alors qu'en est la situation en Algérie, le manque de données sur la situation réelle sur des parcelles conduites en système de semis-direct, nous a poussés à proposer la présente étude qui a comme objectifs:

- L'inventaire des champignons telluriques pathogènes et opportunistes sur des parcelles conduites en semi-direct et en conventionnel.
- Etude de la diversité et l'abondance des champignons dans les mêmes conditions que précédemment.
- Effet des précédents culturaux sur la diversité et l'abondance des champignons en fonction de différents horizons.

Chapitre I : Agriculture conventionnelle :

Le modèle d'agriculture qu'on a vu se développer durant ce siècle, appelé agriculture moderne ou conventionnelle, est le résultat de l'intégration de la science et de la technologie et de la pratique dans un contexte historique déterminé dans les pays actuellement industrialisés et progressivement transplanté dans les pays moins industrialisés. . (Murua et Laajimi; 2011).

Les processus d'industrialisation et d'urbanisation exigeaient, par conséquence, des accroissements accélérés de la productivité dans le secteur agricole afin de satisfaire, à des prix bas, la demande croissante des produits alimentaires de population. Dans cette conjoncture s'est produit le passage de l'agriculture traditionnelle. (Murua et Laajimi; 2011).

I.1. Caractérisation de l'agriculture conventionnelle

Depuis sa genèse, l'agriculture moderne est marquée par son caractère productiviste, du fait qu'on exige d'elle un accroissement considérable de la productivité, soit en produit par unité de terre utilisée ou unité de travail employée.

De ce fait l'activité agricole est immergée dans un processus d'intensification à travers l'utilisation croissante d'inputs (aliments composés, croisement de variétés sélectionnées, fertilisants, pesticides, etc.). En outre une spécialisation et homogénéisation également croissantes, comme étant un élément co-adjuvant à l'accroissement de la productivité. (Sauve, 2007).

I.2. Principe d'agriculture conventionnelle

Cette pratique appelée communément "système conventionnelle" se base sur le travail profond du sol et la préparation de semis, dont les objectifs est de mettre les graines de semences en conditions idéales de levée, enfuir les engrais, détruire les mauvaises herbes et emmagasiner l'eau. Cette optique explique le développement de la mécanisation et son variation de plus en plus (Aibar, 2006; Villeneuve, 2002).

I.3. Les avantages de l'agriculture moderne

Selon Lessirard, 2009; l'agriculture intensive est considérée comme modèle de référence à partir duquel se sont définies d'autres types d'agricultures, dont l'apparition a provoqué dans une certaine mesure des évolutions à l'intérieur même de l'agriculture conventionnelle. Donc elle qualifie les pratiques, les savoir-faire agricoles les plus courants observés dans les exploitations agricoles.

I.3.1. L'accroissement des rendements

L'agriculture conventionnelle a permis d'augmenter fortement les rendements agricoles et diminuer les coûts de production en plus de l'amélioration de la qualité (aspect) des produits. (Demelliers, 2009). Ces gains de productivité ont donné accès à une alimentation abondante capable de "nourrir le monde" à des prix accessibles pour une majorité de la population des pays développés, en plus de la diminution de la part de l'alimentation dans le budget des familles. (Sauve, 2007.)

I.3.2. Les avantages du labour

Les intérêts de labour se résument dans, l'amélioration de la structure du sol qui consiste à réduire sa ténacité, créant ainsi des conditions plus favorables des racines et facilitant l'exécution d'autres travaux de préparation du lit de semence. En outre, le travail du sol contribue à l'amélioration de son état physique (aération, infiltration...) et l'enfouissement de la matière organique et des engrais solubles. (Mahdi, 2004). Entre autres, cette technique est un moyen de lutte efficace contre les mauvaises herbes et certains parasites.

I.3.3 Les limites de l'agriculture conventionnelle

Avec le passage du temps et la pratique prolongée de ce modèle d'agriculture les limitations commencent à se révéler dans le sens qu'elles commencent à manifester des effets de dégradation produits dans l'environnement physique comme conséquence des pratiques excessivement intensives et de mauvaise gestion des ressources (salinisation, érosion, contamination des eaux, surpâturage, désertification, etc.).

D'après Fischer, 2009; l'agriculture dite moderne est la pire agriculture que la terre ait portée. Malgré ses productions miraculeuses, si on les considère par hectare, car si on les rapporte aux unités d'énergie fossile utilisées (fertilisants et produits phytosanitaires issus de la pétrochimie, moto-mécanisation à outrance,...), elles sont

risibles. Mais tels rendements en agriculture conventionnelle, appartiendront bientôt au passé, par ce que les sols vidés de toute substance organique, seront devenus des supports inertes, incapables de retenir le moindre nutriment et la moindre goutte d'eau.

I.3.4. Les inconvénients de labour

Le travail du sol par labourage entraîne : (Anonyme, 2011).

- L'élimination des vers de terre qui entretiennent un réseau de galeries permettant la progression des racines et l'infiltration de l'eau. Les vers de terre ont besoin de déchets végétaux en surface pour se nourrir, leur enfouissement dans le sol favorise l'action de bactéries qui n'ont aucun effet sur la structure de sol.
- L'oxygénation du sol permet de minéraliser la matière organique, la terre s'appauvrit mais la culture en place bénéficie des minéraux libérés, ce qui donne l'impression d'une amélioration de la fertilité. En fait c'est le capital agronomique qui est consommé.
- La destruction des éléments structurants et l'oxydation des exsudats racinaires qui structurent le sol, le rendent sensible à la battance et à la compaction, notamment au passage d'engins.
- L'enfouissement des graines d'adventices dilue le problème sur une couche de 15 à 30 cm. Au bout de quelques années de labour successif les plantes à graines très résistantes (essentiellement les dicotylédones) deviennent un problème insoluble, nécessitant un recours presque systématique à des herbicides coûteux.

I.3.5. Impact d'utilisation excessive des produits agro-chimiques

L'utilisation intensive des fertilisants chimiques provoque à long terme la perte de la matière organique dans les sols, rendant difficile la rétention de l'humidité. A certains niveaux les accroissements additionnels de produit agro-chimiques ne se traduisent pas par des accroissements notables de rendements, bien au contraire il y a augmentation des coûts par unité de production à partir du moment où on se situe dans la zone où il n'y a pas de gains de productivité ou apparaissent des rendements décroissants. (Murua et Laajimi; 2011).

D'après les mêmes auteurs, certes l'usage intensif des produits chimiques tel que les pesticides et leur substituant, contribue à l'augmentation de la productivité, par

contre une application continue de ces produits réduit leur efficacité à travers l'apparition de phénomène de résistance et d'accoutumance. De même l'usage abusif des pesticides non seulement combat les ennemis des cultures mais aussi les auxiliaires qui sont utiles et bénéfiques en agriculture.

En outre la pollution généralisée de l'environnement, selon Demeilliers (2009), les surplus de phosphore et d'azote ont causé la pollution des eaux de surface, par ailleurs, la contamination des cours d'eau et des nappes phréatiques par les pesticides et les excès de phosphore et d'azote constitue un problème accablant. Renard, 2005, ajoute à ça la présence fréquente des résidus pesticides dans les aliments ce qui constitue un risque sur la santé humaine.

I.3.6. Utilisation inadéquate des eaux

L'irrigation constitue un des processus les plus efficaces pour l'obtention d'accroissements rapides de la productivité agricole. Cependant, il y a des évidences qui indiquent que des systèmes inadéquats d'irrigation conduisent à la salinisation des sols. Une planification inadéquate des drainages et exploitation excessive des nappes aquifères souterraines ont des effets hautement négatifs à tel point que les sols peuvent devenir irrécupérables pour la culture. Etant donné qu'il s'agit d'une ressource chaque fois plus rare dans plusieurs cas l'eau utilisée n'est pas exploitée efficacement par les cultures, avec la circonstance aggravante qui fait que l'eau utilisée dans des processus d'irrigation n'est pas directement recyclable (Alaoui, 2006).

I.3.7. Agriculture conventionnelle et réchauffement climatique

L'agriculture moderne (conventionnelle) est à l'origine d'une large partie des émissions de CO₂ dans l'atmosphère. Elle est la principale source de gaz à effet de serre puisant comme le protoxyde d'azote et le combustible fossiles. Loin d'affecter uniquement les moyennes de températures terrestres, les changements qui endommagent les récoltes et les bâtiments, et qui perturbent les cycles naturels des plantes, des insectes et des animaux. (Sauve, 2007; Alaoui, 2006).

Le labour des champs provoque une fragmentation de la terre, qui ne peut plus retenir le gaz carbonique naturellement présent dans le sol. Les sols exploités intensivement ont ainsi connue une perte de CO₂ allant de 10% à 50% dans les régions les plus affaiblies. Les pratiques de l'agriculture conventionnelle laissent le sol dans un état rugueux, qui correspond à une perte maximum de CO₂ en réduisant le taux de

fixation de celui-ci dans le sol. Egalement, le taux de matière organique dans le sol est réduit, ce qui contribue au réchauffement global de la planète. (Dufour et *al.*, 2005).

I.3.8. La dégradation de sol

Le sol est une ressource non renouvelable et bien sûr indispensable à l'agriculture. Cependant, le développement de cette dernière a soumis les terres agricoles à un régime d'exploitation intense. Ceci a engendré une dégradation de la qualité des sols qui est souvent irréversible. (Mrabet et *al.*, 2001).

Un sol soumis à une intense activité agricole voit parfois son pH baisser (acidification) ou au contraire augmenter (salinisation). Et ça engendre, la stérilisation des sols qui contribue à l'extinction des espèces, une pollution de surface et surtout des risques sanitaires pour l'homme, et les produits issus de cette terre peuvent être toxiques. (Dufour et *al.*, 2005).

Le travail trop intensif de sol cause le tassement des couches supérieures, et la réduction de l'imperméabilité du sol (perte en fertilité et en vie organique), et l'érosion (perte de matière, entraînement des particules par l'eau, le vent) et qu'est à l'origine d'une baisse de superficie des terres agricoles exploitables. En outre, le milieu naturel est modifié, avec une pollution persistante nuisible aux espèces locales ce qui met la fertilité du sol en danger. Ainsi la dégradation du sol à cause du surpâturage et des labours compromet l'espoir de fixer de façon durable une agriculture performante et rentable. (Dufour et *al.*, 2005, Mrabet et *al.*, 2001).

I.3.9. La dégradation biologique

Selon, Dufour et *al.*, 2005, Ce type de dégradation est la plus nuisible aux espèces vivant dans le sol. Elle se caractérise par la présence de résidus de pesticides et de perte de matière organique. Elle entraîne une réduction du nombre d'espèces, une diminution du nombre d'individus au sein des populations d'une même espèce. Cela accentue les dégradations chimiques (contamination par les pesticides) et physiques (effet des pertes en matière organique). De plus, cette dégradation est à l'origine d'émission de carbone (déstockage) et contribue donc à l'augmentation des flux de gaze à effet de serre.

I.3.10. Erosion du capital génétique et biodiversité

Le recours à des espèces aussi bien végétales qu'animales hautement productrices mais fragiles devant les différentes affections qu'elles soient parasitaires, virales ou bactériennes et non adaptées aux conditions de nos pays a grevé lourdement notre capital génétique. Plusieurs espèces ont complètement disparu et il n'existe même pas une banque de gènes de ces espèces. Leur réintroduction nécessitera l'acquisition à l'extérieur de semences ou d'animaux. (Abrougui, 2006)

L'agriculture conventionnelle cherche à s'affranchir des contraintes du milieu par l'artificialisation, c'est une méthode facile et rapide pour augmenter les rendements d'une agriculture pré-industrielle. Le gain a permis de nourrir l'explosion démographique mondiale depuis 1950 mais ce système très dépendant du pétrole et des intrants externes est incapable de maintenir le potentiel agronomique des sols à long terme.(Abrougui, 2006)

I.4. L'agriculture de conservation et le semis direct

Depuis quelques années, devant l'ampleur des problèmes créés par le modèle productiviste, tant en termes humains, sociaux d'environnement et tant économiques. Les nations du monde entier ont pris conscience de la nécessité d'économiser les ressources naturelles non renouvelables et de protéger la qualité de notre environnement. Cependant, un nouveau mode de gestion des terres pour une restauration ou préservation du sol et des ressources naturelles doit être instauré. (Villeneuve, 2002).

En effet, pour remédier simultanément à la dégradation de la qualité du sol et au déclin des productions résultat de la pratique intensif de l'agriculture moderne, les techniques de conservation de sol, qui visent une réduction du travail du sol sont appliquées dans la plupart des pays des cinq continents (Steiner, 1998; Derpsh, 2001).

I.4.1. Définition de l'agriculture de conservation

Bien que les définitions varient selon les auteurs et ne fassent pas l'unanimité, pour simplifier et homogénéiser les échanges sur ces techniques de travail du sol, la FAO a proposé une définition regroupant tous les termes utilisés. (Benites et Ashburner, 2001).

Le terme "agriculture de conservation " (de sol) est le terme générique à employer. Sa définition a été retenue lors du "First World Congress on Conservation Agriculture: a " worldwide challenge " qui a eu lieu à Madrid du 1-5 octobre 2001.

Comme elle était définie l'agriculture de conservation est un moyen d'atteindre une agriculture durable et profitable par l'application de trois principes agronomiques fondamentaux:

- Absence de retournement profond du sol et implantation des cultures en un travail minimum du sol (allant jusqu'à l'absence total de ce dernier, cas de semis direct)
- Maintien d'un couvert végétal permanent (mort ou vivant)
- La diversification systématique des rotations culturales (notamment dans le cas des cultures annuelles ou associations culturales dans le cas des cultures pérennes. (Chevrier et Barbier, 2002).

Cette définition de l'AC va donc au-delà des aspects purement techniques illustrés quant à eux par l'utilisation de vocables tels que conservation tillage, lequel fait référence à tout système de travail du sol ou de semis qui permet de couvrir 30% ou plus de la surface du sol avec des résidus, cela afin de réduire l'érosion.

D'après, Triomphe et *al*, 2006. On pourrait de même définir en termes techniques stricts des pratiques telles que le labour minimum (minimum tillage), ou le non-labour (no-tillage), les techniques culturales simplifiées (TCS), ou encore les systèmes de culture sous couverture végétale (SCV), sans pour autant qu'aucune de ces définitions n'incluse l'éclairage "large" proposé par la définition de l'agriculture de conservation.

I.4.2. L'agriculture de conservation (une agriculture durable, une agriculture intégrée)

Le développement durable tel qu'il est défini lors de la conférence de RIO de 1992 est le développement qui répond aux besoins présents d'une humanité solidaire, mais qui laisse aux générations futures la possibilité de survivre et de prospérer.

D'après Ruttan, 1990, l'agriculture durable devra être capable de satisfaire la demande existante des aliments et par conséquent devra considérer inévitablement le renforcement de la productivité agricole. A cet effet, les exigences basiques de l'agriculture devront considérer les aspects suivant d'une forme intégrée, garantir une production suffisante et continue d'une manière rentable.

Selon Girardin, 1993, le concept couvert par "sustainable agriculture" dans les pays anglophones se traduit plutôt par "agriculture intégrée" en Europe.

L'agriculture intégrée est "un mode de production comportant la mise en œuvre des techniques les plus conformes à des exigences d'ordre économique et écologique

dans la perspective d'optimiser la qualité des produits qui en sont issus" (Anonyme, cité par Girardin, 1993)

Cette définition souligne 4 idées fortes correspondant à des modes de production:

- Économiquement viable.
- Respectueux de l'environnement et préservation des ressources naturelles.
- Assurant la qualité des produits et limitant les risques pour la santé humaine.
- Permettant une bonne intégration sociale des personnes intervenant dans le processus de production et de transformation.

I.4.3. Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation

I.4.3.1. le travail minimum de sol

Le système de labour simplifié du sol comprend un gradient continu allant de réduction du nombre de passages d'outils aratoires jusqu'à l'élimination complète de toute action mécanique sur le sol. La perturbation ou la manipulation du sol doit respecter la présence d'un mulch d'au moins 30% de sol couvert et l'élimination de toutes actions de retournement ou mixage des horizons. Il s'agit surtout d'utilisation d'outils à dents ou à lames, la situation extrême est le zéro-labour ou semis direct. (Mrabet, 2001).

Selon, Coufourier et *al.*, 2008, on distingue différentes techniques sans labour selon le degré de travail du sol :

➤ **Avec décompactage** : Le sol n'est pas retourné mais un travail est réalisé à la même profondeur que le labour soit sans mélange des horizons (outils à lames obliques ou droites), soit avec mélange des horizons (cultivateurs lourds, on parle alors de pseudo-labour) ;

➤ **Avec déchaumage profond** : Le sol est mélangé sur 10 à 20 cm ;

➤ **Avec déchaumage superficiel** : Le sol est mélangé sur moins de 10 cm ;

➤ **Le semis direct / non-labour** : Le semis direct est une simplification plus poussée du travail du sol, qui consiste à implanter une culture sans travail préalable du sol, tout en effectuant une ouverture dans le sol pour déposer la semence à la profondeur souhaitée et ceci afin d'assurer à la graine les conditions les plus favorables à la graine, à la germination, à la levée et à la croissance pour obtenir les rendements escomptés. Cette simplification du travail se caractérise par une absence totale de l'action totale de l'action d'un outil aratoire. (Mrabet, 2001).

D'après, Benites et Ashburner, 2001, le semis direct est un facteur essentiel de l'agriculture de conservation. Cependant, la présence d'un couvert végétal permanent et les cultures présentes dans la rotation doivent être absolument compatibles à cette technique d'implantation. Le semis direct est plus qu'une technique c'est un système.

➤ **Les principes de semis direct** : Le semis direct est basé sur quatre principes :

- La suppression totale du travail du sol y compris le labour;
- La couverture permanente du sol par des résidus de récolte;
- Le semis avec un semoir spécial à travers cette couverture de résidus;
- Le contrôle des mauvaises herbes par des herbicides. Sous-systèmes classique des mauvaises herbes sont maîtrisés par des labours, mais aussi avec des herbicides.

Toutefois, en semis direct, seul l'option chimique, intégrée à la pratique de la rotation des variétés compétitives, est possible. (Mrabet, 2001).

I.4.3.2. Couverture permanente des sols

Le second principe consiste à ne jamais laisser le sol à nu ou le maintien permanent d'une couverture végétale sur les sols. La couverture permanente est assurée par un mulch végétal vivant (plantes de couverture) ou mort (paille). Elle peut se faire de différentes façons:

- maintien sur le sol des résidus de la culture précédente ;
- présence d'une végétation naturelle;
- installation des plantes cultivées (cultures intercalaires ou dérobées) qui en dehors de leur fonction de protection du sol peuvent également être utilisées pour l'alimentation humaine ou du bétail. (FAO.2007).

I.4.3.3. Les rotations culturales

La rotation des cultures est tout aussi importante que le maintien d'une couverture végétale en surface. C'est la troisième porte d'entrée et souvent la dernière à l'agriculture de conservation car la plus difficile. (Thomas et Archambeau, 2011)

La rotation des cultures n'est pas seulement nécessaire pour assurer la couverture des besoins des micro-organismes du sol en éléments nutritifs. Grâce à la différence entre les systèmes racinaires des cultures utilisées, la rotation culturale opère comme une pompe biologique dans la mesure car elle permet de remonter et de recycler les

éléments minéraux situés dans les couches profondes du sol. Cette fonction est importante pour limiter les fuites hors système cultivé et pour améliorer ou restaurer les sols pauvres afin de les rendre productifs.

Les rotations culturales sont importantes pour la lutte phytosanitaire dans la mesure où elles permettent de casser la chaîne de transmission des pathologies spécifiques à certaines végétales.

I.4.4. Les avantages de l'agriculture de conservation et de semis direct

L'AC présente un grand potentiel pour tous les types d'exploitations agricoles et d'environnements agro-écologiques, c'est un moyen de concilier production agricole, amélioration des conditions de vie et protection de l'environnement.

I.4.4.1. Sur le plan de l'environnement

I.4.4.1.1 Limitation de l'érosion

L'érosion est la dégradation de la surface du sol sous l'action de l'eau et de l'air. Il existe plusieurs formes d'érosion: hydrique, éolienne et mécanique. Environ 3 millions d'hectares des terres arables disparaissent progressivement chaque année dans le monde (Benmansour et *al.*, 2006). Les facteurs d'influence des phénomènes d'érosion sont la morphologie du terrain, les propriétés du sol et le climat ainsi cette dégradation est d'autant plus accentuée par une exploitation intensive et imprudente des terres agricoles ou encore par la mauvaise gestion des champs agricoles (Nouira et *al.*, 2007). Par contre les techniques de travail du sol peuvent limiter ses influences. (Chevrier et Barbier, 2002).

La présence de mulch végétal vivant ou mort diminue l'effet splash et réduit donc la battance dans les sols sensibles, limite le dessèchement de la couche superficielle et protège les fines particules de sol contre le vent. Le taux de recouvrement du sol par les résidus est très élevé en semis direct, ce qui correspond à un effet protecteur important du couvert végétal et donc à une limitation de l'érosion. (Chevrier et Barbier, 2002).

Selon, Joanna M'seffer, 2009, le fait de ne plus travailler le sol et d'implanter une couverture végétale ou d'avoir un mulch permet une meilleure stabilité du sol. En outre la compaction ou le tassement des sols sont d'autant plus limités que la présence de couvert végétal ou de mulch est important (INRA, 2004).

Le travail du sol en semis direct conduit à des taux d'érosion plus faible comparativement au labour conventionnel. Donc cette technique constitue une mesure

efficace pour protéger les sols contre l'érosion, réduisant ainsi les charges de sédiments contaminés évacués vers les cours d'eau. (Nouira et *al.*, 2007).

I.4.4.1.2. L'amélioration de la protection et qualité de l'eau

Parmi les avantages de l'AC la limitation de la pollution des eaux de surface par les substances fertilisantes et les résidus des produits phytosanitaires du fait de la réduction de l'érosion. En plus elle contribue à limiter la pollution des eaux par le lessivage de nitrates en réduisant la lixiviation de l'azote, car la minéralisation de l'azote contenu dans les matières organiques est ralentie tant à l'automne qu'au printemps. (Chevrier et Barbier, 2002).

Selon Viaux.1999, la présence d'un couvert végétal vivant pendant la période hivernale permet donc, en complément de Techniques Culturelles Simplifiées, de limiter la lixiviation des nitrates dans le sol pendant les périodes pluvieuses de l'hiver. De plus la présence de couvert végétal augmente l'adsorption et la dégradation des matières actives ce qui réduit la fuite de cette dernière dans le milieu. En outre, d'après les travaux de Abdellaoui et *al.*, 2006, la couverture du sol a permis de limiter l'évaporation du sol suite à la limitation de la remontée par capillarité de l'eau contenue en profondeur de sol.

Certains auteurs tels que Barriuso et *al.*, 1991, démontrent que la simplification du travail du sol, en particulier le semis direct favorise une diminution de la disponibilité des pesticides et donc de leur pollution.

I.4.4.1.3. Un accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique

Les TCS favorisent l'augmentation de l'activité biologique du sol au travers de deux phénomènes :

- La concentration des matières organiques en surface favorise sa décomposition et sa minéralisation par voie biologique
- L'absence de retournement et la réduction du travail du sol réduisent le stress mécanique du milieu et minimisent la destruction des micro-habitats. (Chevrier et Barbier, 2002).

D'après, Granval et *al.*, (1993), quand on ne travaille plus le sol, on constate que la biomasse lombricienne est presque multipliée par cinq ainsi, la présence de cultures intermédiaires dans des systèmes en travail minimum contribue également à l'accroissement de leur populations.

De son côté Barbot, 2008, déclare que les populations de vers de terre sont très sensibles à la fréquence des opérations de travail du sol : ils sont plus nombreux en techniques culturales simplifiées ou en semis direct qu'en labour. Les lombrics travaillent le sol gratuitement jusqu'à 2 m de profondeur, alors que les outils créés par l'homme ne descendent pas à plus de 40 cm de profondeur. Cependant, les galeries générées par les pérégrinations lombriciennes abritent d'autres insectes utiles, favorisent un meilleur drainage et stabilisent le sol, évitant ainsi l'érosion.

En outre, le maintien d'un couvert permanent sur le sol fournit un habitat pour plusieurs espèces qui se nourrissent des pestes, et qui vont à leur tour attirer des insectes, les oiseaux et d'autres animaux. La rotation des cultures et des plantes de couverture permet de maintenir et d'augmenter la biodiversité génétique contrairement à un système de monoculture. (Chevrier et Barbier, 2002).

I.4.4.1.4. Une contribution à la réduction de l'effet de serre

Il est aujourd'hui largement admis que l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre contribue au processus de réchauffement climatique. L'agriculture serait responsable de 30% des émissions des gaz à effet de serre dans le monde, dont 25% des émissions de CO₂ et 70% des émissions de NO₂ (FAO, 2001).

Les systèmes agricoles basés sur le maintien d'un couvert végétal et le non labour du sol stockent plus de carbone, comparé aux quantités que les systèmes utilisant le labour à la charrue rejettent dans l'atmosphère. Pendant les premières années de mise en œuvre de l'AC, l'accumulation de la matière organique du sol augmente en raison de la décomposition des racines, et des résidus de cultures qui restent à la surface du sol. La décomposition de la matière organique est lente, et une bonne partie est incorporée dans le profil du sol, conséquemment la libération du carbone dans l'atmosphère est ralentie. Dans le bilan global, le carbone est piégé dans le sol. (Chevrier et Barbier, 2002).

L'AC est dite une " agriculture de carbone ". Elle présente un grand intérêt pour la réduction des émissions des gaz à effets de serre grâce : au stockage du carbone dans la matière organique, à la réduction de l'érosion, la réduction de la consommation des carburants et, à terme, un recours limité à la fertilisation azotée. Son intérêt pour la prévention des effets désastreux du réchauffement climatique est avéré. (FAO, 2007).

I.4.4.2. Sur le plan Agronomique

I.4.4.2.1. Un enrichissement des matières organiques des sols en surface

Les techniques de conservation des sols contribuent, par le non retournement des sols, à localiser les matières organiques en surface. Cependant, l'accumulation des résidus des cultures entraîne une augmentation de la matière organique du sol. Dans un premier temps, ceci se limite à la première couche superficielle du sol, mais avec le temps ce phénomène va toucher les couches en profondeur. La matière organique joue un rôle important dans le sol : utilisation des engrais, capacité de rétention d'eau, agrégats du sol et environnement du système racinaire sont fortement influencés par la teneur du sol en matière organique. (Chevrier et Barbier, 2002 et Bénites, 2002).

Bessam et Mrabet, 2001 démontre que l'état de la matière organique et l'activité biologique sont les pivots de l'amélioration de la structure du sol sous semis direct avec couverture de résidus. Ce système présente un taux de matière organique toujours plus élevé.

I.4.4.2.2. Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale

Les techniques de conservation des sols contribuent tout d'abord à protéger le sol des « accidents structuraux ». En effet, la formation du mulch augmente la densité de la couche arable, ce qui a pour conséquence d'améliorer la résistance du sol au tassement et de limiter la battance. (Chevrier et Barbier, 2002., Mrabet et al., 2001).

Avec l'adoption des techniques de conservation des sols, la structure du sol se modifie progressivement pour atteindre un profil cultural continu après quelques années. Il a été constaté que la semelle de labour est ameublie sous semis direct (par les nombreux canaux de vers de terre reliant la surface aux couches inférieures du sol) (Chervet et al., 2001). Les techniques de semis direct sont une nouvelle démarche agronomique qui vise à développer voir restaurer le sol vers une fertilité naturelle. Cette amélioration de la fertilité du sol s'appuie sur une redynamisation organique des sols et une restructuration de sa partie superficielle qui au lieu d'être sensible à la dégradation deviendra un support pour une agriculture durable. (Mrabet et al., 2001).

D'après, Guerif, 1991, les changements de la stabilité de la structure peuvent être détectés dès deux à trois ans après le changement de pratiques culturales; l'équilibre est atteint en trois années seulement.

I.4.4.2.3. Les maladies cryptogamiques

La présence importante de matières organiques en surface en non-labour constitue un milieu favorable à la phase saprophyte des champignons et d'après Jouy, 2001 et Abdellaoui et *al.*, 2006, la simplification du travail du sol entraîne une évolution du parasitisme défavorable (infestation par les mauvaises herbes et infection par les maladies cryptogamiques). cela est due d'une part à la présence des résidus laissés en surface, et d'autre part à la non perturbation du milieu caractéristiques du semis direct. (Cure, 1991).

Selon, Colbach (1996), la pression du piétin échaudage et du piétin verse dépend largement des successions culturales et donc de la fréquence de retour de la culture hôte plutôt que des techniques de travail du sol. Les mouvements des horizons engendrés par le travail du sol vont déterminer la position par rapport à la surface de l'inoculum conservé sur les résidus de plantes et donc influencer l'apparition des maladies sur les hôtes (cultures ou adventices).

La pression de piétin échaudage est peu modifiée par les techniques de travail du sol par contre le piétin verse diminuerait en technique de non-labour. Cette technique accentuerait légèrement la présence de fusarioses et de septorioses.

Les risques de maladies augmentent avec un retour fréquent d'une des cultures hôtes du champignon. C'est pourquoi, il est recommandé d'avoir des successions culturales longues et variées au niveau des cultures utilisées. Néanmoins l'introduction de crucifères en tant que culture intermédiaire dans une succession ayant un retour fréquent du colza augmente le risque d'apparition de maladies telles que le phoma ou la hernie du chou. (Chevrier et Barbier, 2002).

En fin la succession culturale a autant d'influence que les techniques de travail du sol. Par contre, conjuguées à d'autres facteurs de risque (choix variétal, semis précoces, variétés sensibles, mauvais contrôle chimique, présence de matières organiques, monoculture), les TCS demandent beaucoup plus de vigilance et de rigueur pour l'agriculteur. (Chevrier et Barbier, 2002).

I.4.4.2.4. Les adventices

A l'échelle mondiale, dans le système de semis direct, la gestion des mauvaises herbes se présente comme la deuxième contrainte après celle de la disponibilité d'un semoir adapté. (El Gharras et *al.*, 2009). Les adventices pérennes et vivaces sont plutôt favorisés par les techniques sans labour (Jouy, 2001). D'après l'auteur, le semis direct laisse en surface des débris végétaux dont la présence peu favorable à la levée, laisse le

stock semencier en condition défavorable et est favorable au développement d'espèces vivaces.

Cependant en AC, ce sont les désherbants de synthèse qui assurent la fonction de maîtrise des adventices. En effet le glyphosate était le pilier du semis direct, il est devenu le filet de sécurité de l'agriculture de conservation. (Archambeau, 2011). Par contre, Detourdonne, 2008 et Zapata, 2009, ont démontré que le couvert végétal permanent qu'est l'un des principes de l'AC participe à la maîtrise de l'enherbement empêchant les mauvaises herbes de pousser.

En outre, en TCS le choix judicieux de la rotation est essentielle et elle est plus efficace contre les mauvaises herbes, les adventices du précédent restent inoffensives et la plupart des graines vont disparaître avant le retour de la culture. (Frédéric thomas et Archambeau, 2011). El Brahli et Mrabet, 2000, ajoute : au long terme, au bout de 3 à 4 années, le non retournement du sol aboutit à un épuisement de stock des semences et une faible incidence des mauvaises herbes. Des espèces redoutées comme l'Emex épineux (*Emex spinosa* (L.) Camp) ou le Brome (*Bromus rigidus* Rolh) s'éliminent assez vite après quelques années de semis direct faisant place aux Chardons dont les semences sont disséminées facilement par le vent.

I.4.4.2.5. Un gain de temps et de carburant

En agriculture de conservation la diminution du temps passé au niveau de l'ensemble des interventions « machine » est importante. En effet, Le non labour permet d'économiser de 2h/ha à 2.5h/ha en temps de traction à l'implantation (Young, 2001). Selon, Tebrügge, 1997, le gain de temps à l'implantation varie selon le type de sol mais est en faveur du non-labour.

Yalcin et *al.*, 2005, mentionnent que le semis direct réduit la consommation d'énergie par un facteur de 6 et le temps de mise en place de la culture par un facteur de 4 comparativement au système conventionnel. Cependant, la préparation du sol avec les techniques culturales simplifiées donna le meilleur rendement.

Tableau : 1. Les fonctions dans l'écosystème des terres sous agriculture de conservation et les conséquences mondiales de son non adoption. (Scherr, 1999).

Fonctions dans l'écosystème du sol (valeurs d'usage indirect)	Conséquences potentielles mondiales ou régionales de la dégradation des sols
<ul style="list-style-type: none"> • Support des plantes domestiquées (cultures) et des animaux (bétail) • Support de l'habitat de la vie • Source d'oligo-éléments pour la consommation humaine (par exemple, qualité vs. quantité de nourriture) • Rôle de tampon et de modération du cycle hydrologique (par exemple drainage, stockage temporaire, etc.); protection des bassins • Décomposition et recyclage (par exemple élimination de déchets) • Régulation des gaz de l'atmosphère et des cycles élémentaires (par exemple séquestration du carbone) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de production de culture / bétail, entraînant) des problèmes d'éco-réfugiés et la famine, demande d'une intervention international • Perte d'une biodiversité importante au niveau mondial • Carences alimentaires et maladies, demandant une intervention internationale • Inondation, transport de sol et problèmes de sédimentation trans-frontalière; faible infiltration entraînant une réduction du rendement des cultures (voir ci-dessus) • Perte d'une importante biodiversité au niveau des micro-organismes et des vers du sol (par exemple pénicilline, streptomycine); accumulation de déchets dans des proportions mondiales • Émissions de gaz à effet de serre et réchauffement mondial quand la matière organique est détruite

I.5. L'agriculture de conservation dans le monde et en Algérie

I.5.1. L'agriculture de conservation dans le monde

Peu de pays (excepté les USA qui ont créé en 1933 le Soil Conservation Service) disposent des statistiques fiables sur les techniques de conservation (des sols) et l'AC. Les données disponibles sont généralement fondées sur des estimations (Derpsch, 2001).

Depuis son apparition l'agriculture de conservation les terres agricoles qu'elle occupe dans le monde n'arrêtent pas d'augmenter. En 2000 l'AC est pratiqué sur environ 57 millions d'hectares, presque 3 pour cent des 1500 millions d'hectares de terres arables dans le monde. (FAO, 2003). En 2008 la superficie des terres cultivées sous ce système atteint 150 millions d'hectares soit environ 7 pour cent des terres cultivables dans le monde. (Derpsch, 2009). Plus de 84% de ces surfaces se trouvent sur le continent américain (Nord et Sud), 14% en Australie et le reste 2% en Europe, en Asie et en Afrique.

L'Amérique latine a le taux le plus élevé d'adoption des pratiques de non-travail du sol dans le monde. Les premières tentatives consignées de non labour mécanisé ont eu lieu dans la région subtropicale du Brésil entre 1969 et 1972 et en 1981 et 1982 dans la zone tropicale du Brésil. (Sorrenson et *al.*, 1997 et 1998 ; Banque mondiale, 2000).

I.5.2. L'agriculture de conservation en Algérie

Les techniques simplifiées et le semis direct sous couvert végétal ont fait de grands progrès de part le monde et même dans les pays méditerranéens, mais pas en Algérie. (Bouzerzour et *al.*, 2006). Cependant, les travaux de recherche et de développement sur l'agriculture de conservation et particulièrement sur le semis direct en Algérie sont très limités. En effet, comparativement au Maroc (20 ans de recherche) et à la Tunisie (5 à 6 années de recherche) où ce système a été testé et où les superficies qui lui sont réservées ne cessent pas de s'accroître, l'Algérie, n'a démarré des études sur le système du semis direct que depuis 2003. (Zaghouane et *al.*, 2006).

Selon, Bouzerzour et *al.*, 2006, l'idée d'introduire ces techniques directement aux niveaux des exploitations, a émergé suite à la soumission d'un projet sur l'efficacité d'utilisation de l'eau dans le cadre INCO-MED, au cours de l'année 2002. Cette idée a évolué par la suite pour se matérialiser en la création d'une association entre les chercheurs et Agriculteurs poursuivant le même objectif.

Les premiers travaux de recherches sont réalisés par Mahdi, 2004 et Beram, 2004 dans les conditions pluviales le premier à travaillé sur le blé et le deuxième sur la luzerne, depuis plusieurs travaux sont réalisés en particuliers dans les conditions de semi-arides de Sétif dont on trouve les travaux de Bouzerzour et *al.*, 2006 et dans les conditions pluviales dont, Abdellaoui et *al.*, 2006 et Zaghouane et *al.*, 2006 et bien d'autres.

I.6. Les limites de L'agriculture de conservation

Il est reconnu, de par le monde, que la diffusion des systèmes à base d'agriculture de conservation est complexe. Il ne s'agit pas d'un simple processus technique de la diffusion et adoption d'une variété, d'un type d'engrais ou d'herbicide, mais du changement de toute la gestion des cultures de même que les mentalités des agriculteurs. (Lahmar , 2006).

- L'agriculture de conservation n'est pas appropriée à tous les agro-écosystèmes. Le développement et la durabilité de ses systèmes sont hautement dépendants des conditions locales. (Lahmar, 2006). Il existe généralement une période de transition de cinq à sept ans avant que le système d'AC atteigne son équilibre. Les rendements peuvent être moindres dans les premières années. (Mrabet, 2001). En effet, Abdellaoui et *al.*, 2006, ont pu démontrer que les effets bénéfiques de semis direct sur les composantes de l'environnement ne sont pas constatés dès la première année de sa pratique mais probablement à long terme l'évolution de la structure du sol ainsi que sa composition chimique influenceront positivement sur la productivité et la qualité du sol.
- Si les facteurs saisonniers ne sont pas pris en compte, l'application inadaptée de produits chimiques peut augmenter le risque de lessivage du fait d'un déplacement plus rapide de l'eau par les biopores. (Anonyme, 2009).
- Si la rotation des cultures, les variétés de couverture de sol et les variétés de cultures ne sont pas ajustées à des niveaux optimaux, une plus grande quantité de produits chimiques peut être nécessaire pour contrôler les mauvaises herbes et les nuisibles. D'après, Lahmar, 2006, l'AC dépend encore principalement de l'usage de produits chimiques pour le contrôle des adventices, des ravageurs et des maladies ; et, le devenir des pesticides, des métaux lourds, et des polluants organiques persistants et leurs impacts sur les ressources naturelles de base, l'environnement, la chaîne alimentaire et la santé ne sont pas bien documentés.

- Les émissions d'oxyde nitreux (N₂O) augmentent pendant la période de transition entre les deux systèmes.
- L'AC semble exiger de l'exploitant des qualifications importantes en matière de gestion et implique des investissements pour l'achat de nouveaux équipements ainsi des graines de variétés de couverture qui sont adaptées aux conditions locales. (Anonyme, 2009).

En fin, en dépit de ces avantages apparents, et malgré quelques exceptions notables dans le monde en développement, l'AC s'est répandue relativement lentement, particulièrement dans les systèmes de culture en climat tempéré. Cependant, un élément clef de ces systèmes est l'existence d'un environnement institutionnel et politique et efficace incluant tous les acteurs (agriculteurs et leurs organisations, chercheurs, professionnels et décideurs, etc....), capables de produire et de partager le savoir nécessaire pour développer, adapter, corriger et améliorer les systèmes. Cela est fondamental notamment dans la phase de transition où un continuel ajustement des systèmes est nécessaire (Lahmar, 2006).

I.7. Généralités sur les champignons

I.7.1. Définition

Les champignons sont des organismes eucaryotes ne constituent pas une entité monophylétique mais forment au contraire un groupe très hétérogène dont la caractéristique essentielle commune est la nutrition hétérotrophe par absorption, celle-ci pouvant prendre la forme du saprophytisme, du parasitisme ou de la symbiose. (Nasraoui, 2006).

a) Les champignons symbiotiques : Il s'agit des champignons mycorhiziens, qui aboutissent des interactions à bénéfiques avec les racines des plantes (Vander et *al.*, 1998).

b) Les champignons phytopathogènes : Ils établissent des interactions antagonistes avec les plantes (Vander, 2003).

c) Les champignons saprophytes (libres) : Ils participent notamment aux processus de décomposition des matières organiques, d'immobilisation des éléments minéraux et établissent des interactions neutres avec la plante. (Klein et Paschke, 2004)

I.7.2. Systèmes de classification et d'identification des champignons

L'identification des très nombreuses espèces fongiques susceptibles de coloniser les végétaux est une étape très importante. En effet, toutes les espèces n'ayant pas les mêmes caractères physiologiques ni les mêmes exigences, l'identification peut donner des indications précieuses sur l'origine d'une contamination et permettre un traitement adapté.

Cette identification a pendant longtemps été exclusivement basée sur l'observation des caractères culturaux et morphologiques de l'espèce. Les progrès récents de la biologie moléculaire ont permis de proposer des outils d'aide à l'identification. (Abdel Massih, 2007).

Toutefois, la complexité du règne fongique fait, qu'à l'heure actuelle, ces outils ne peuvent pas encore remplacer complètement l'examen morphologique, qui reste la base de l'identification. (Tabuc, 2007).

I.7.2.1. Identification morphologique

L'identification des genres fongiques repose sur des critères morphologiques :

- ***aspect macroscopique*** du mycélium (aspect, couleur, le relief, la taille et odeur des colonies, ainsi les structures de fructification).
- ***aspect microscopique*** des structures reproductrices (le thalle, les spores, aspect des spores, modes de formation des conidies, mode de groupement des conidies, mode d'implantation des cellules conidiogènes, présence de structures protectrices issues de la reproduction asexuée ou sexuée, présence des chlamydospores).

I.7.2.2. Identification génétique

De nombreuses études ont visé à développer des méthodes outils d'identification reposant sur l'étude des acides nucléiques (ADN et ARN) qui ne nécessitent plus obligatoirement un examen morphologique (Hinrikson *et al.*, 2005 ; Feuilhade de Chauvin, 2005 ; Jin *et al.*, 2004).

Les méthodes les plus intéressantes sont basées sur l'amplification par PCR (Polymerase Chain Reaction) de certaines régions spécifiques comme le gène codant pour la sous-unité 28S ribosomale (région D1-D2) et des régions ITS1 et ITS2 (Hinrikson *et al.*, 2005).

L'identification moléculaire d'espèces fongiques est, à l'heure actuelle, surtout appliquée en mycologie médicale pour différencier les espèces d'intérêt. En effet, les

infections fongiques envahissantes sont de plus en plus identifiées comme cause primaire de morbidité et de mortalité, particulièrement chez les immunodéficients (Aguire, *et al.*, 2004).

Cette méthode est aussi utilisée pour différencier et identifier les moisissures responsables de l'altération des aliments, principalement les espèces de *Penicillium* (Boysen *et al.*, 2000 ; Hageskal *et al.*, 2006), par contre pour les *Fusarium*, les méthodes moléculaires existantes donnent des résultats fréquemment peu concluants et l'examen morphologique classique semble encore une méthode indispensable à l'identification des espèces appartenant à ce genre fongique (Healy *et al.*, 2005).

Si à l'heure actuelle les outils de d'identification moléculaire ne semblent pas en mesure de remplacer l'identification morphologique classique, il est probable que dans les années à venir, ces méthodes représenteront des outils particulièrement utiles pour la détection et l'identification fongique dans les aliments. (Tabuc, 2007).

I.7.2.3. Classification basées sur des critères morphologiques

La classification des champignons s'est d'abord fondée sur les caractéristiques morphologiques du thalle et les organes de reproduction sexuée. Des niveaux taxonomiques intraspécifiques, essentiels pour le phytopathologiste ne peuvent être identifiés sur base de critères morphologiques. Ces niveaux sont les formes spécialisées (*forma specialis*) qui montrent une spécificité parasitaire vis-à-vis d'une espèce hôte particulière tandis que les races (ou biotypes) s'attaquent spécialement à certains cultivars de l'espèce-hôte, à l'exclusion des autres. (Lepoivre, 2003).

I.7.2.4. Classifications moléculaires

Les techniques moléculaires ciblant les séquences d'acides nucléiques connaissent un essor important au niveau intraspécifique. Elles permettent de résoudre des problèmes d'identification insolubles par des critères morphologiques. A cet égard, les gènes qui codent pour les ARN ribosomiques présentent un intérêt particulièrement important. Ils sont réunis au sein d'un opéron contenant des régions très conservées (régions codantes correspondant aux molécules 5,8S, 17S et 25S), des régions à faible variabilité (les régions intercalaires ITS) et des régions très variables situées entre les opérons entre les opérons (régions IGS). Les séquences ITS sont largement utilisées pour les comparaisons entre espèces fongiques. (Lepoivre, 2003).

I.8. Les champignons telluriques phytopathogènes

Les champignons telluriques phytopathogènes (fungi ou mycètes) constituent un groupe d'organismes microscopiques hétérotrophes Ubiquistes, présentant des structures et des caractéristiques biologiques extrêmement diversifiées. Kirk *et al* ., 2001). Plusieurs genres de champignons telluriques sont capables d'infecter les racines de plantes sauvages et cultivées et de causer des dégâts importants. Il s'agit notamment des *Aspergillus*, les *Penicillium* et les *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Pythium*, *verticillium*... L'ensemble de ces microorganismes provoquent des maladies sur diverses cultures maraîchères, céréales, plantes, (Agrios, 2005).

Les fontes de semis sont un ensemble de maladies qui sont largement répandues à travers le monde. On les rencontre dans les forêts, les champs et les serres. La gamme d'hôte est également très large. La maladie affecte les plantes de toute catégorie d'âge confondue. Cependant, les grands dommages sont observés au niveau des plantules et des graines en germination.

Selon Perrin, 1988, la fonte des semis constitue un événement cryptogamique universellement connu. L'attaque correspond à une altération des tissus du collet de la plantule accompagnée d'un rétrécissement en diamètre. La plantule s'affaisse comme cisailée à la base, puis flétrit. En pleine terre la maladie évolue de proche en proche formant des taches de mortalités caractéristiques de la fonte des semis.

Cette dernière est généralement causée par des pseudo-champignons du genre *Pythium* (famille des Pythiaceae) qui vivent en saprophytes dans le sol mais qui se comportent en parasites de semis ou de jeunes plantules lorsque les conditions sont défavorables (substrats humides et froids). Certains champignons tels *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Fusarium* causent des symptômes similaires à ceux engendrés par *Pythium*. C'est champignons peuvent causer aussi des maladies de type pourriture de fruits poussant à la surface du sol ou qui y arrivent accidentellement (Lepoire, 2003).

I.8.1. Les principaux genres de champignons telluriques phytopathogènes

I.8.1.1. Le genre *Alternaria*

En 1816, Nees décrit pour la première fois un champignon qu'il nomme *Alternaria tenuis*. Le genre *Alternaria* a, par la suite été décrit par Joly (1964) ; Neergaard (1981), et Simmons ,(1993). Il est classé parmi les *Deuteromycetes Dematiaceae*. La complexité taxonomique des *Alternaria* liée à leur diversité et leur hétérogénéité a généré de nombreuses classifications.

L'émergence de la taxonomie moléculaire basée sur la comparaison des séquences nucléotidiques, a abouti au classement du genre parmi les Ascomycètes au sein de la classe des *Dothideomycètes*. Ils sont phylogénétiquement proches de nombreuses espèces phytopathogènes (comme *Leptosphaeria*, *Venturia*, *Pleospora*, *Phaeosphaeria*, *Mycosphaerella*, *Cladosporium*, *Pyrenophora*, *Clochliobolus* etc.).(Calmes, 2011).

Le genre *Alternaria* regroupe plus de 100 espèces ubiquitaires extrêmement répandues dans les sols, la végétation, l'air ou les aliments (Simmons, 1993). Si certaines espèces vivent à l'état saprophyte pouvant occasionnellement être des agents pathogènes opportunistes, d'autres sont responsables de maladies atteignant les plantes et les insectes. Cependant la majorité des espèces du genre *Alternaria* sont des champignons phytopathogènes inféodés à une famille de plantes ou à une plante spécifiquement.

Ils sont généralement présents sur les semences provoquant des manques à la levée ou des fontes de semis. Les jeunes pousses atteintes constituent une source importante d'inoculum primaire pour les plantes matures où tous les organes aériens peuvent être affectés (Champion, 1997). La gamme de plantes hôtes concernées par l'alternariose est très variée et certaines espèces peuvent provoquer d'importants dégâts sur des espèces cultivées occasionnant des pertes financières significatives. C'est le cas, par exemple d'*A. Triticina* sur les céréales. (Calmes, 2011)

I.8.1.2. Le genre *Fusarium*

Ce genre inclue des champignons imparfaits appartenant à la classe des Deutéromycètes. Les formes parfaites ou téléomorphes de quelques espèces de *Fusarium* sont connues, et appartiennent à la classe des Ascomycètes (ordre des Hyphocreales, famille des Nectriaceae, genres *Gibberella*, *Calonectria* et *Nectria*). Le genre comprend près de 40 espèces souvent largement répandues (Nelson *et al.*, 1983).

Sur le plan économique le genre *Fusarium* est très important parce qu'il regroupe beaucoup d'espèces phytopathogènes, susceptibles d'induire des maladies (fusarioses) chez de nombreuses plantes. Il est considéré parmi les champignons telluriques les plus agressifs, causant des flétrissements et des pourritures sur de nombreuses espèces végétales cultivées, (Benhamou *et al.*, 1997).

En outre, beaucoup d'espèces saprophytes sont capables de se développer en tant que pathogènes secondaires sur des tissus végétaux sénescents. Les espèces du

genre *Fusarium* peuvent ainsi attaquer les céréales (maïs, blé, orge, avoine), des légumes, les plantes ornementales et beaucoup d'arbres fruitiers. La majorité des espèces de *Fusarium* sont susceptibles de produire des mycotoxines et sont ainsi impliquées dans des intoxications chez les animaux d'élevage. (Tabuc, 2007).

Les principales espèces de *Fusarium*, compte tenu de leur fréquence dans les différents substrats, notamment les céréales, de leur potentiel toxigène et de leur pouvoir pathogène, sont : *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* et *F. verticilloides* (*F. moniliforme*). (Tabuc, 2007). *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* sont les agents pathogènes de la maladie des pourritures racinaires qui se manifeste aussi bien sur blé dur et tendre que sur l'orge. Cette maladie apparaît particulièrement dans les zones semi-arides et durant les années à faible pluviométrie. (Ezzahiri, 2008). Chez le pois ce type de maladie peut aussi être occasionné par *F. oxysporum f.sp. solani*. (Haglund et Kraft, 2001).

Le flétrissement vasculaire est la maladie qui provoque les plus grandes pertes pour de nombreuses plantes cultivées, telles que les légumes, et des cultures tropicales elle est aussi provoquée par *F. oxysporum* (Agrios, 2005).

I.8.2.3. Le genre *Pythium*

Le nom *Pythium* est donné à un genre de microorganismes classés parmi les *oomycètes* qui est un groupe qui comprend plusieurs champignons phytopathogènes économiquement importants avec ces dégâts et ces bénéfices. (Anonyme b, 2007).

Le genre *Pythium* occupe une place de marque en raison de sa grande dispersion dans le monde et son impact considérable sur l'économie agricole. En effet, plusieurs espèces de *Pythium* sont de redoutables pathogènes des plantes cultivées comme le blé (Djouamaa et al, 2008).

Les *Pythium* phytopathogènes sont d'autant plus dangereux qu'une même espèce peut s'attaquer à un grand nombre de cultures. Ils infectent en général, les graines en germination, les jeunes plantules et les tissus succulents et provoquent leur pourriture. Les symptômes des Pythioses sont aussi divers que sévères. Dans la majorité des cas, c'est la fonte des semis qui est observée (Djouamaa et al, 2008).

Chapitre II. Matériels et méthodes :

II.1. Les objectifs du travail

L'un des grands problèmes qui affecte la production des grandes cultures (céréales, légumes secs) algérienne est représentée par les fléaux agricoles, plus particulièrement les agents phytopathogènes. La conduite des cultures en conditions du semis-direct est nouvelle en Algérie, il est donc indispensable de suivre l'évolution de ces pathogènes afin de pouvoir agir rapidement et efficacement en cas de nécessité.

La présence d'un couvert végétal en permanence offre théoriquement un environnement favorable au développement des champignons telluriques. La confirmation de cette donnée constitue l'objectif principal de cette étude.

A travers l'analyse de plusieurs échantillons prélevés à partir de parcelles élémentaires conduites en semis direct et en conventionnel situées à la station ITGC de Sétif, nous allons étudier la diversité et l'abondance des champignons telluriques phytopathogènes.

II.2. Caractéristiques pédoclimatiques de la station d'étude

L'étude a été réalisée au niveau de l'institut technique des grandes cultures (ITGC), station expérimentale de Sétif. la campagne 2010 /2011.

II.2.1. Situation géographique

La station expérimentale, est située au Sud-ouest, à 4 kilomètres du chef lieu de la commune de Sétif. Les terres agricoles de la station se trouvent de part et d'autre de l'oued Bousselam. Les coordonnées géographiques de la station expérimentale sont d'une latitude de 36° 9 Nord et d'une longitude 5° 22 Est. La principale voie d'accès,

est le chemin de Wilaya n°2 reliant Sétif-El Hachichia, et récemment par l'autoroute Est-Ouest en passant par l'aéroport d'Ain Arnat.

II.2.1.1. Caractéristiques pédologiques

L'étude a été conduite au niveau de la Station ITGC de Sétif (1081 m d'altitude). La région appartient à l'étage bioclimatique semi-aride, caractérisé par un climat continental typiquement méditerranéen. L'essentiel du cumul pluviométrique est enregistré au cours de la saison froide. Les analyses du sol indiquent que la texture de l'ensemble des parcelles est argilo-limono-sableuse. Ce sol se caractérise par une forte teneur en calcaire total de 33,5%. Le pH eau est basique et il est de l'ordre de 8,5.(ITGC,2011).

I.2.1.2. Caractéristiques climatiques

A - Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique (fig.1), montre l'existence de deux périodes sèches séparées par une période humide enregistrée durant la campagne agricole 2010/2011.

Les données climatiques de cette campagne, se sont avérées en général conformes aux conditions climatiques qui caractérisent la région d'étude.

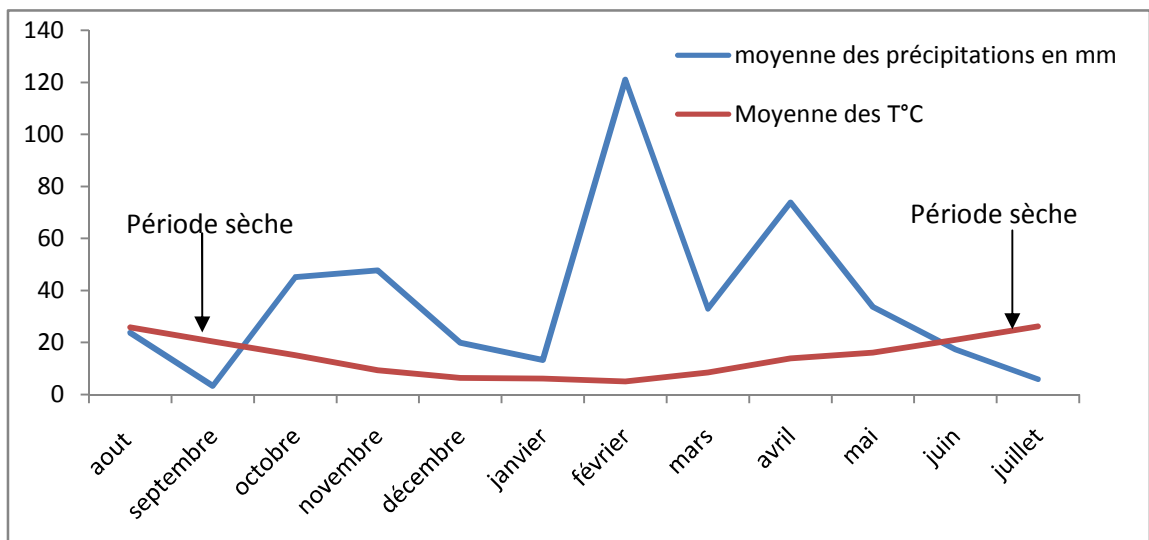


Fig 1 : Diagramme ombrothermique de la campagne 2010/2011.

B - La température :

Durant la campagne agricole 2010/2011, la température mensuelle moyenne la plus basse a été enregistrée durant le mois de janvier avec 6.1°C, et il est également le mois le plus froid de la décennie 2001/2010 avec une moyenne de 5.46°C. Concernant la moyenne la plus haute elle correspondait au mois de juillet avec une moyenne de 26.1 °C pour l'année 2010/2011 et il est toujours le mois le plus chaud de la décennie avec 27.05°C. (Tableau annexes 3).

D - La pluviométrie :

Pendant la campagne 2010/2011, le mois le plus pluvieux était le mois de mai avec 67.4mm, suivi par le mois d'avril avec 52.1mm et enfin le mois de novembre avec 45.8mm.

Durant la décennie 2001 /2010, les mois les plus pluvieux étaient, respectivement, le mois d'Avril avec 48,65mm, suivi par le mois de janvier avec 47,55mm et enfin le mois de Décembre avec 44,75 mm. (Tableau annexe 3).

II.2.2. Description du dispositif expérimental

Des bandes cultivées en différentes espèces (pois chiche, lentilles, blé dur, pois fourragère, jachère chimique et jachère pâturée) de 6 m large et de 30 m de long, avec un des rotations quadriennales différentes (tableau 02). Sept parcelles sont conduites en semi direct pendant quatre années consécutives et la huitième est menée en système conventionnel.

Le semis a été réalisé par un semoir adapté au système de semi direct de marque Semeato.

Tableau 02 : Historique des rotations quadriennales des parcelles élémentaires:

	1 ^{ère} Année	2 ^{ème} Année	3 ^{ème} Année	4 ^{ème} Année
Parcelle 1	Blé	Blé	Blé	Blé
Parcelle 2	Blé	Jachère chimique	Blé	Blé
Parcelle 3	Blé	Jachère pâturée	Blé	Pois-chiche
Parcelle 4	Lentilles	Blé	Jachère chimique	Blé
Parcelle 5	Lentilles	Blé	Jachère chimique	Lentilles
Parcelle 6	Blé	Pois-fourragère	Blé	Lentilles
Parcelle 7	Lentilles	Blé	Lentilles	Blé
Parcelle 8	Jachère pâturée	Blé	Jachère pâturée	Blé

II.3. Prélèvement des échantillons

L'échantillonnage est réalisé à partir des sept parcelles travaillées sous semis direct pendant quatre ans consécutives et à partir d'une parcelle travaillée en conventionnel, qui sert de comparaison entre les deux systèmes.

Nous avons prélevé trois échantillons espacés de deux mètres chacun sur deux horizons; le premier horizon représente la couche superficielle alors que le deuxième horizon se trouve à une profondeur variant de 7 à 15cm. Donc, six échantillons ont été prélevés à partir de chaque parcelle élémentaire et un total de quarante huit échantillons ont été récoltés de tout l'essai.

Le prélèvement des échantillons a été fait le : 4 /02/ 2011 qui correspond au stade de la levée.

Notons que le semis était réalisé le : 24/ 11/ 2010.

II.3.1. Traitement des échantillons

Au laboratoire, les échantillons ont été séchés à l'abri de toute contamination. On tamise la terre une fois sèche, à l'aide d'un tamis de 2 mm de maille pour éliminer les grosses particules, les cailloux et les débris organiques, puis on repasse par un tamis de 0,4mm pour garder que la partie la plus fine de la terre.

Les tamis doivent être stérilisés pour chaque échantillon par passage à la flamme du bec bunsen et le tamisage doit se faire dans des conditions aseptiques. Une fois les produits de tamisage recueillis, on pèse à partir de chaque échantillon 10g de terre.

II.3.2. Analyse des échantillons

Afin de réaliser l'inventaire des champignons phytopathogènes et étudier la diversité et l'abondance fongiques, nous avons adopté la méthode de la suspension-dilution (Davet, 1996; Davet and Rouxel, 1997).

II.2.1. Préparation des suspensions dilutions (dilution plates)

Le principe consiste à mettre le sol en suspension dans de l'eau stérile, puis à incorporer les différentes dilutions de cette suspension dans le milieu d'isolement.

Cette technique comprend plusieurs étapes, allant de la préparation des dilutions jusqu'à l'interprétation des résultats (Rapilly, 1968).

a) Matériel de préparation : cité dans les annexe 1

Toute la verrerie nécessaire doit être stérilisée au préalable à l'étuve à une température de 120°C pendant 20 minutes.

b) Procédure de préparation :

On procède tout d'abord à la numérotation des tubes à essais ainsi que les fioles en les étiquetant respectivement de 10^{-1} à 10^{-4} pour les différentes dilutions et (1, 2,3....) pour les différentes échantillons.

On pipete 9ml de l'eau distillée stérile qu'on met dans chacun des tubes à essais et que l'on dispose en série dans un portoir.

La préparation des dilutions consiste tout d'abord à ajouter 10g de terre à 90ml d'eau stérile, puis agiter pendant 30mn, ce qui constitue la dilution 10^{-1} . On prélève 1ml de la suspension (10^{-1}) à l'aide d'une pipette graduée stérile et on les transfère dans un tube à essai contenant déjà 9ml d'eau distillée stérile, on obtient ainsi la suspension dilution (10^{-2}). Des prélèvements successifs de 1ml dans cette suspension, puis dans les suivantes, ajoutées chaque fois à 9 ml d'eau stérile, vont constituer les dilutions 10^{-3} , 10^{-4} . (Davet et Rouxel., 1997)

Le passage d'une suspension dilution à une autre se fait en prenant soin de changer les pipettes graduées entre chaque prélèvement.

II.2.2. Préparation du milieu de culture

a) Composition :

- 200g de pomme de terre épluchée ;
- 15g d'agar ;
- 20g de dextrose (saccharose) ;
- 1000ml d'eau distillée ;

b) Préparation

On coupe la pomme de terre en petits morceaux, la faire cuire dans 500ml d'eau distillée pendant 15 à 30'. Puis on filtre la solution en gardant l'extrait après élimination du résidu.

On ajoute à cet extrait l'agar dissout au préalable sur l'agitateur magnétique chauffant en même temps, du dextrose, on laisse sur la plaque chauffante le mélange jusqu'à dissolution des produits, après on ajuste la fiole avec de l'eau distillée jusqu'à un volume de 1000ml.

Il faut fermer avec du coton la fiole contenant la préparation et couvrir le bouchon avec du papier aluminium, ainsi elle sera portée à l'autoclave pour une stérilisation de 20' à une température de 120°C.

Enfin le milieu est ainsi prêt à être coulé dans les boites de pétri et conservé pour un éventuel ensemencement.

II.2.3. Mise en culture de l'inoculum

Le coulage du milieu se fait près du bec Bunsen à un rayon de 10cm de celui-ci, à l'intérieur de la hotte.

Le milieu ne sera coulé qu'une fois sa température baisse à environ 40°C (ni trop chaud, ni trop froid au toucher).

Le coulage se fait en ouvrant légèrement les boites de Pétri et en laissant couler une petite quantité du milieu couvrant la surface de la boite. Celle-ci doit être refermée aussitôt pour éviter toute contamination. On étale le milieu en remuant horizontalement les boites. Avant le coulage et à chaque fois que c'est nécessaire on flambe l'extrémité de la fiole.

II.2.3.1. L'ensemencement

L'ensemencement se fait toujours dans la zone stérile du bec Bunsen. On prélève 0,5 à 1ml de chaque suspension dilution pour chaque échantillon avec une pipette stérile et on les déverse dans une boîte de Pétri préparée à cet effet. On étale à l'étalement jusqu'à homogénéisation de la suspension sur la surface de milieu de culture.

Sur les boîtes ensemencées on indique le numéro de l'échantillon, la dilution ainsi que la date d'ensemencement. On a réalisé deux répétitions pour chaque dilution.

II.2.3.2. L'incubation

Les boîtes ensemencées sont portées à l'incubation à l'étuve à une température de 26°C à 27°C pendant 3 à 7 jours jusqu'à apparition d'un bon développement des champignons.

II.2.4. le repiquage

Après un bon développement des colonies, on effectue des repiquages de chaque colonie pour purifier les champignons et minimiser les risques de contamination, jusqu'à arriver à isoler sur chaque boîte de Pétri une seule colonie d'un champignon donné.

Le repiquage se fait par prélèvement d'un fragment de colonie à l'aide d'une anse stérilisée tout en évitant son contact avec les autres colonies avoisinantes de la même boîte. Ce fragment est déposé au centre d'une nouvelle boîte sur laquelle on indique la date de repiquage et les coordonnées de la boîte de prélèvement.

Le repiquage se fait aseptiquement près du bec Bunsen.

II. 2.5. L'identification

La détermination systématique d'une souche est basée sur deux types d'observation : macroscopiques et microscopiques.

II.2.5.1. L'observation macroscopique

On s'intéresse à l'aspect, la forme, la couleur et la vitesse de croissance des colonies. Ces observations se font à l'œil nu et à la loupe binoculaire.

II.2.5.2. L'observation microscopique

Juste après l'observation macroscopique, on procède au prélèvement d'un fragment à l'aide d'un pique stérilisé à la flamme qu'on monte dans une goutte de lactophéno, entre lame et lamelle et qu'on porte à l'observation microscopique au différents grossissements en générale (40 et 100).

II.2.5.3. Traitement statistique des données

Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse de la variance, de comparaison des moyennes et d'une étude de la corrélation.

II.2.5.4. Analyse de la variance

L'analyse de variance permet de tester la similitude de variable en termes statistiques. L'effet variable est significatif lorsque la probabilité de l'erreur réellement commise est :

- $P = 0.001$ Très hautement significatif.
- $P = 0.01$ Hautement significatif.
- $P = 0.05$ Significatif.

L'analyse de la variance effectuée est à deux critères de classification (blocs et traitements). Les moyennes sont comparées à l'aide du test de Newman-Keuls, lorsque cela est nécessaire (différences au moins significatives) pour constituer des groupes homogènes au seuil 5 %.

Logiciels utilisés

- 1) Microsoft Office **Excel** pour le traitement des données et la réalisation des histogrammes ;
- 2) Pour l'analyse de la variance, nous avons utilisé le logiciel **SYSTAT** et la probabilité de 5%, comme seuil de signification. Dans le cas où les différences s'avèrent significative un test Newman et Keuls s'impose, ce test est réalisé par **SPSS IBM**.
- 3) Pour l'étude de la corrélation, nous avons utilisé le logiciel **PAST**.

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1.1. Inventaire des champignons et identification des genres

L'identification des genres fongiques a été réalisée selon les clés de détermination de (Zillinsky, 1983 ; Botton *et al.*, 1990; Lepoivre, 2003; Nasraoui, 2006) en se basant sur les caractères macroscopiques des colonies (aspect, couleur, odeur, forme, contour, etc.) et sur les caractères microscopiques du mycélium et des conidies ou spores (cloisonnement du mycélium, forme des spores et conidies, forme des organes de fructification, etc.).

Sur la base des caractères macroscopiques des colonies observées (tableau 02) qui donne des aspects différenciables entre les résultats de l'ensemencement et la purification pratiquée afin de séparer les colonies obtenues, suite à des dilutions décimales différentes pour chaque échantillon. Celle-ci est fonction de la richesse et la diversité des populations fongiques de l'échantillon.

Sur la base des caractères microscopiques retenus après l'observation au microscope optique de marque Carl Zeiss Jena et au grossissement X40 et X100, nous sommes arrivés à identifier neuf (9) genres (tableau 3), avec une répartition en quantité et en qualité différente que nous allons étudier et détailler ultérieurement.

En effet, nous avons pu identifier *Alternaria sp.*, *Aschocyta sp.*, *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.*, *Erysiphe sp.*, *Fusarium sp.*, *Helminthosporium sp.*, *Penicillium sp.* et *Rhizopus sp.*

Nous avons également relevé la présence de différentes espèces pour un certain nombre de genres. En effet, nous avons observés la présence de deux espèces de *Fusarium*, trois espèces d'*Alternaria*, trois espèces aussi pour *Aspergillus* et quatre espèces de *Penicillium*. Le reste des genres à savoir *Helminthosporium*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Erysiphe*, *Blumeria* n'est présenté que par une seule espèce.

Il faut noter qu'on n'était pas en mesure d'identifier les différentes espèces rencontrées, alors on les a appelées, espèce 1, espèce 2 ; etc.

Tableau 02: tableau récapitulatif des espèces identifiées par horizon et par parcelle.

Parcelles	Horizons	Caractéristiques macroscopiques	Genre
P1	H1	- blanc, revers blanc - jaune, revers blanc. - vert noirâtre, revers blanc. - noire, revers jaune. -Vert foncé.	<i>Fusarium sp1.</i> <i>Penicillium sp1</i> <i>Alternaria sp1</i> <i>Aspergillus sp1</i> <i>Cladosporium sp</i> <i>Erysiphe sp</i>
	H2	- blanc, revers blanc - jaune, revers blanc. - vert noirâtre, revers blanc. - noire, revers jaune	<i>Fusarium sp1.</i> <i>Penicillium sp1</i> <i>Alternaria sp1</i> <i>Aspergillus sp1</i> <i>Bulmeria sp</i>
P2	H1	- pleine de mycélium et points noirs -vert cotonneuse, revers blanc -vert foncée -vert claire, revers jaune - rose, revers blanc. - blanc, revers blanc -vert clair	<i>Rhizopus sp</i> <i>Penicillium sp2</i> <i>Cladosporium sp</i> <i>Aspergillus sp2</i> <i>Fusarium sp2</i> <i>Fusarium sp1.</i> <i>Alternaria sp2</i>
	H2	- pleine de mycélium et points noirs -vert claire, revers jaune -vert claire, revers blanc -vert cotonneuse, revers blanc - beige, revers blanchâtre. - vert noirâtre, revers blanc. - blanc, revers blanc -vert foncée - rose, revers blanc.	<i>Rhizopus sp</i> <i>Aspergillus sp2</i> <i>Aspergillus sp3</i> <i>Penicillium sp2</i> <i>Helminthosporium sp</i> <i>Alternaria sp1</i> <i>Fusarium sp1.</i> <i>Cladosporium sp</i> <i>Fusarium sp2</i>
P3	H1	- pleine de mycélium et points noirs. - rose, revers blanc. -vert militaire, revers blanc. -vert claire, revers jaune - beige, revers blanchâtre. -vert foncée -blanche volumineuses, revers blanc	<i>Rhizopus sp</i> <i>Fusarium sp2</i> <i>Alternaria sp3</i> <i>Aspergillus sp2</i> <i>Helminthosporium sp</i> <i>Cladosporium sp</i> <i>Penicillium sp3</i>
	H2	- blanc, revers blanc -blanche volumineuses, revers blanc -vert claire, revers jaune -vert clair -vert grisâtre, revers jaune. - jaune, revers blanc. - beige, revers blanchâtre.	<i>Fusarium sp1.</i> <i>Penicillium sp3</i> <i>Aspergillus sp2</i> <i>Alternaria sp2</i> <i>Penicillium sp4</i> <i>Penicillium sp1</i> <i>Helminthosporium sp</i>

P4	H1	- pleine de mycélium et points noirs. - blanc, revers blanc. - rose, revers blanc. - beige, revers blanchâtre. - vert noirâtre, revers blanc. -vert cotonneuse, revers blanc. -vert claire, revers jaune	<i>Rhizopus sp</i> <i>Fusarium sp1</i> <i>Fusarium sp2</i> <i>Helminthosporium sp</i> <i>Alternaria sp1</i> <i>Penicillium sp2</i> <i>Aspergillus sp2</i>
	H2	- rose, revers blanc. - beige, revers blanchâtre. -vert cotonneuse, revers blanc. -vert claire, revers jaune	<i>Fusarium sp2</i> <i>Helminthosporium sp</i> <i>Penicillium sp2</i> <i>Aspergillus sp2</i>
P5	H1	- jaune, revers blanc. - blanc, revers blanc. - vert, revers blanc.	<i>Penicillium sp1</i> <i>Fusarium sp1.</i> <i>Penicillium sp2</i>
	H2	- vert grisâtre, revers jaune. - blanc, revers blanc. - rose, revers blanc. - noire, revers jaune.	<i>Penicillium sp4</i> <i>Fusarium sp1.</i> <i>Fusarium sp2.</i> <i>Aspergillus sp1</i>
P6	H1	- pleine de mycélium et points noirs. -Vert foncé. - rose, revers blanc. - beige, revers blanchâtre. - noire, revers jaune. - vert grisâtre, revers jaune. - vert noirâtre, revers blanc.	<i>Rhizopus sp</i> <i>Cladosporium sp</i> <i>Fusarium sp2.</i> <i>Helminthosporium sp</i> <i>Aspergillus sp1</i> <i>Penicillium sp4</i> <i>Alternaria sp1</i>
	H2	- Pleine de mycélium et points noir. - blanc, revers blanc. - vert militaire, revers blanc. - noire, revers jaune. - beige, revers blanchâtre.	<i>Rhizopus sp</i> <i>Fusarium sp1.</i> <i>Alternaria sp3</i> <i>Aspergillus sp1</i> <i>Helminthosporium sp</i>
P7	H1	- rose, revers blanc. - blanc, revers blanc. - vert grisâtre, revers jaune. - gris noirâtre, revers blanc. - jaune, revers jaune. - beige, revers blanchâtre.	<i>Fusarium sp2.</i> <i>Fusarium sp1.</i> <i>Penicillium sp4</i> <i>Aspergillus sp2</i> <i>Aspergillus sp3</i> <i>Helminthosporium sp</i>
	H2	- vert grisâtre, revers jaune. - rose, revers blanc. - beige, revers blanchâtre. - jaune, revers jaune.	<i>Penicillium sp4</i> <i>Fusarium sp2.</i> <i>Helminthosporium sp</i> <i>Aspergillus sp3</i>
P8	H1	- vert- jaunâtre, revers blanc - blanc, revers blanc. - jaune, revers jaune.	<i>Penicillium sp3</i> <i>Penicillium sp2</i> <i>Aspergillus sp3</i>
	H2	- vert- revers blanc. - jaune, revers jaune.	<i>Penicillium sp2</i> <i>Aspergillus sp3</i>

III.1.2.Observation microscopique des genres identifiés

III. 1.2.1. L'*Alternaria*

Sous microscope optique (grossissement X40), le mycélium est de type non cloisonné associé à la présence de conidies pluricellulaires en chaînes brunes irrégulières ; souvent en forme de massue, cloisonnées longitudinalement et transversalement Fig. (2).

III. 1.2.2. L'*Aspergillus*

Le mycélium est cloisonné portant de nombreux conidiophores dressés, non ramifiés, terminés en vésicule. Des phialides formées directement sur la vésicule ou sur des métules, et tête conidiennes unisériées ou bisériées ; les conidies en chaîne unicellulaires Fig. (3).

III. 1.2.3. Le *Penicillium*

Le mycélium de *Penicillium* est de type cloisonné portant de nombreux conidiophores isolés, ramifiés, terminés par un pénicille ; Pénicille constitué de phialides branchés directement à l'extrémité du conidiospores Fig. (4).



Fig. 2. Aspect du mycélium et des conidies d'*Alternaria sp* sous microscope optique grossissement X 40.



Fig. 3. Aspect des conidies d'*Aspergillus sp.* sous microscope optique grossissement X 100.



Fig. 4. Aspect des conidies de *Penicillium sp.* sous microscope optique grossissement X 100.

III. 1.2.4. Le *Rhizopus*

Le thalle à croissance rapide Sporosystophores généralement très grands, terminés en entonnoir, en bouquet de 2 à 6 présentant à la base de rhizoïdes ; Columelles brunes, globuleuses ou semi globuleuses Fig. (5).

III. 1.2.5. Le *Cladosporium*

Les colonies apparaissent de couleur vert foncé, revers blanc, petites colonies en chaînes globulaires, elliptiques ou fusiformes et lisses Fig. (6).

III. 1.2.6. Le *Fusarium*

Des macroconidies fusiformes, septés, courbées et pointues Fig. (7).

III. 1.2.7. L'*Erysiphe* :

Les conidiophores se présentent, comme un tube cylindrique à contenu granuleux. Les conidies sont transparentes, à parois incolores ou faiblement grisâtres, elles ont la forme de petits tonnelets dont la surface est fréquemment granuleuse. Leur taille varie en fonction de la plante-hôte. En moyenne, elles mesurent de 25 à 30 μm par 8 à 10 μm . Fig. (8)

III. 1.2.8. Le *Bulmeria* :

Les fructifications des cléistothèces sont brunes foncées, globuleuses avec des asques filamenteuses. Les ascospores sont ellipsoïdes, mesurant 20-30 x 10-13 μm environ. Fig. (9)

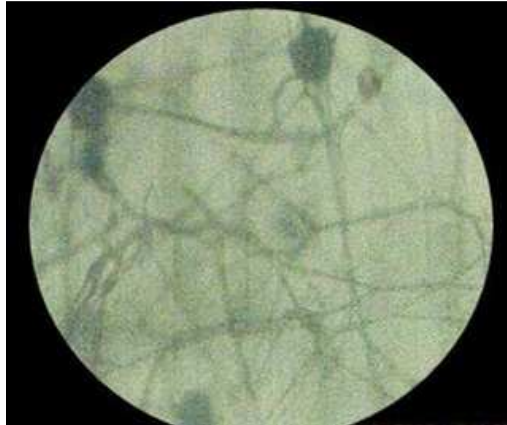


Fig. 5. Aspect du mycélium et des conidies de *Rhizopus sp.* Sous microscope optique grossissement X 100.

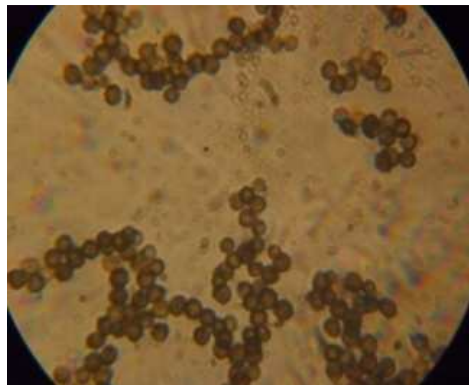


Fig. 6. Aspect des conidies de *Cladosporium sp.* sous microscope optique grossissement X40.

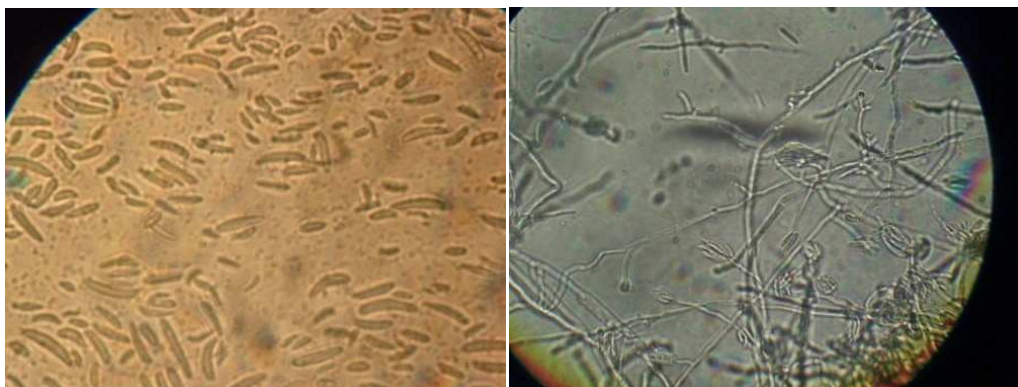


Fig. 7. Aspect du mycélium et des conidies de *Fusarium sp.* sous microscope optique grossissement X 40.

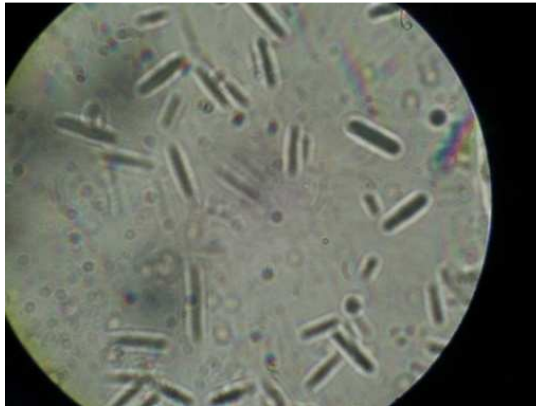


Fig. 8. Aspect du mycélium et des conidies d'*Erysiphe sp* sous microscope optique grossissement X 40.

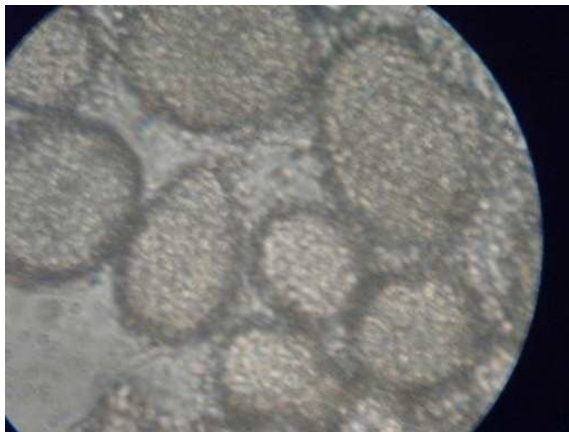


Fig. 9. Aspect du mycélium et des cléistothèces de *Blumeria sp* sous microscope optique grossissement X 40

III.2. Effet des paramètres de culture sur l'abondance et la diversité fongiques

L'étude s'intéresse à la mise en évidence des effets du système de conduite du sol sur l'abondance et la diversité des champignons dans un sol ayant été travaillé pendant quatre années consécutives dans les conditions de semi-direct et un autre en condition de semis conventionnel.

Egalement, l'étude s'intéresse à l'influence de plusieurs autres facteurs comme la culture en place, le précédent cultural, le système de conduite, l'horizon, la position de la parcelle élémentaire, etc., sur les deux paramètres étudiés à savoir la diversité et l'abondance des champignons pathogènes et opportunistes.

III.2.1. Effet des systèmes sur l'abondance et la diversité des populations fongiques

III.2.1.1. Effet sur l'abondance

L'étude de l'abondance des champignons pathogènes et opportunistes dans les différents échantillons récoltés, est donnée par le nombre de colonies qui apparaissent après la mise en culture dans les boîtes de pétri. Comme on a travaillé avec des dilutions décimales différentes entre les échantillons, c'est suivant la richesse de chaque échantillon. Pour que les résultats doivent avoir une certaine logique mathématique, les résultats ont été ramenés à la dilution décimale par extrapolation et la moyenne des trois échantillons représente l'abondance de chaque horizon, et la moyenne des deux horizons représente l'abondance de la parcelle correspondante et elles sont représentées en pourcentage dans le tableau (3).

Tableau (03) : Abondance des champignons pathogènes et opportunistes dans chaque parcelle.

Parcelles	Abondance (%)
Parcelle 1	22,41 %
Parcelle 2	19,84 %
Parcelle 3	18,45 %
Parcelle 4	15,30 %
Parcelle 5	13,75 %
Parcelle 6	8,86 %
Parcelle 7	1,30 %
Parcelle 8	0,08 %

En effet, les résultats montrent une différence dans l'abondance des champignons dans les huit parcelles élémentaires, ceci est noté indépendamment des caractéristiques de chaque parcelle. Le taux d'infestation varie de 22,41% pour la parcelle (1) et de 0,08 pour la parcelle (8).

Selon les résultats obtenus Figure (10), la moyenne de l'abondance des champignons phytopathogènes et opportunistes de toute les parcelles travaillées en semis direct est plus importante par rapport à celle de la parcelle témoin, travaillée en système conventionnel avec le taux de 14,27% pour SD et 0,08% pour le SC.

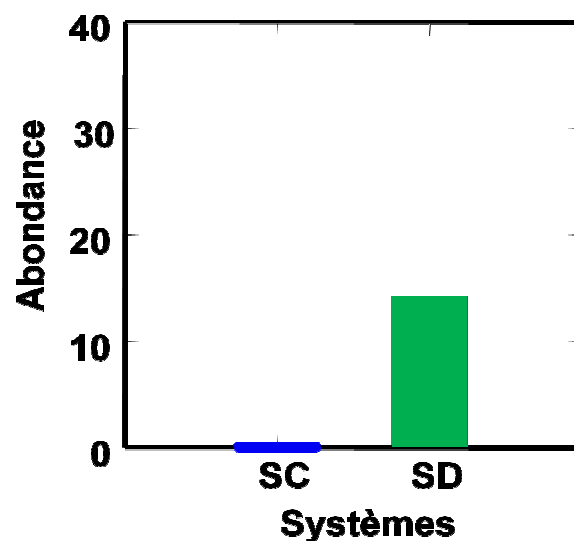


Fig. 10. L'abondance observée au niveau des parcelles des deux systèmes.

En effet l'analyse de la variance indique une différence significative entre les deux systèmes étudiés $P= 0,031^*$

III.2.1.2 Effet sur la diversité

L'étude de la diversité fongique en matière de champignons phytopathogènes et opportunistes est donnée par la somme des genres rencontrés dans l'échantillon étudié. En effet, les résultats présentés dans le tableau (03) et la représentation graphique (figure 11), montrent une légère différence dans la diversité entre les parcelles étudiées, indépendamment des caractéristiques de chaque parcelle.

Tableau (04) : Diversité des champignons pathogènes et opportunistes au niveau des différentes parcelles.

Parcelles	Diversité (somme des genres / échantillon)
Parcelle 1	7
Parcelle 2	7
Parcelle 3	7
Parcelle 4	6
Parcelle 5	3
Parcelle 6	7
Parcelle 7	4
Parcelle 8	2

Au niveau des parcelles 1, 2,3 et 6 nous avons constaté le plus grand nombre de genres qu'est de 7 suivie de la 4^{ème} parcelle avec 6 genres, et les parcelles 5 et 7 avec 3 et 4 genres respectivement, sachant que toutes ces parcelles sont conduites en semis direct. A l'encontre, la parcelle 8 travaillée en conventionnel nous n'avons trouvé que 2 genres, ainsi elle est la moins riche en genres fongiques. D'ailleurs, les genres rencontrés ne sont que des champignons saprophytes (*Aspergillus*, *Penicillium*). Ce sont des champignons opportunistes très dominants, ils ont été trouvés dans toutes les parcelles conduite sous le système conventionnel ou en semis direct.

Les résultats donnent le genre *Fusarium* comme étant le plus présent, il a été rencontré dans presque toutes les parcelles conduites en semis direct mis à part la parcelle 5, ainsi que les genres *Helminthosporium* et *Cladosporium* que nous avons rencontré sur 5 parcelles.

Les genres les moins rencontrés étaient *Blumeria* et *Erysiphe*, qui n'ont été identifié qu'une seule fois dans la parcelle 1 conduite en semis direct et cultivée par le blé pendant 4 ans.

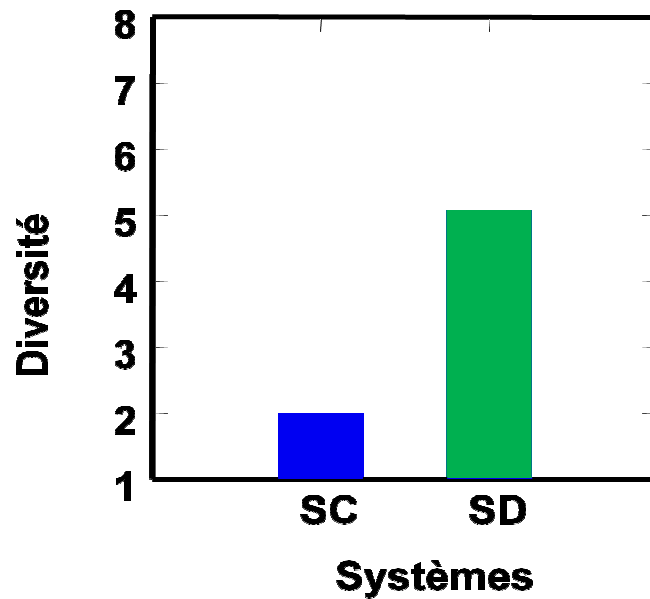


Fig. 11. Représentation graphique de la diversité observée dans les deux systèmes.

Au vu des résultats obtenus il ressort que la moyenne des genres dans les parcelles travaillées en semi direct est plus élevée que celle de la parcelle conduite en conventionnel. Ainsi l'analyse de la variance révèle une différence significative pour l'effet des systèmes sur la diversité des champignons ($P=0,016^*$).

Au terme de cette étude expérimentale, nous pouvons conclure que le système de conduite des cultures est l'un des facteurs qui agissent sur l'abondance et la diversité des champignons phytopathogènes. Cette influence est beaucoup plus positive du point de vue abondance et diversité dans le système de semis direct à cause de la présence en permanence du couvert végétal. Celui-ci offre les conditions les plus favorables pour le développement des champignons d'une manière générale et les champignons phytopathogènes en particulier, et selon les résultats de (Jouy, 2001) qui a constaté que la présence importante de matières organiques en surface en non-labour, constitue un milieu favorable à la phase saprophyte des champignons, ainsi les travaux de Matthieu (2006), confirment ces résultats, puisque les populations de la microflore du sol sont fortement perturbées par l'abandon du labour au profit du semis direct.

Les inconvénients les plus évidents à prévoir pour la pratique continue du semis direct en France, comme sous les tropiques, peuvent apparaître avec le renforcement du pouvoir pathogène des champignons du sol (Séguy et Bouzinac, 1999).

L'abandon total du labour dans la rotation maintient les résidus en surface et favorise le développement des maladies dans les rotations à retour fréquent des céréales à pailles (Colbach, 1996). Le non enfouissement des résidus de récolte engendre la création de foyers d'infection potentielle avec d'éventuels risques au niveau de la qualité de la récolte, et sur lesquels il convient de demeurer vigilant : différents travaux ont déjà mentionné les risques d'amplification des champignons producteurs d'aflatoxines (Cure, 1991, Germon, 2009), et le semis direct ne demande pas des mesures spécifiques contre les maladies et les ravageurs, sauf contre les fusarioses et les limaces (Chervet, 2007).

Les maladies racinaires sont des obstacles majeurs à l'adoption du semis direct; leur importance s'y accroît à cause de l'absence de labour, de l'augmentation des résidus de culture à la surface du sol et des conditions du sol qui sont normalement plus froides et plus humides au printemps (Timothy et al, 2002). En outre, les températures plus fraîches et la plus grande humidité du sol qui vont de pair avec le labour de conservation peuvent augmenter l'incidence de maladies causées par des champignons du sol (Aibar, 2006).

III.2.2. Distribution et abondance des genres sur les parcelles

Les résultats de l'inventaire des champignons phytopathogènes et opportunistes dans nos parcelles représentées sur le graphique ci-dessous, révèle que le taux des champignons en fonction des genres ce diffère dans les parcelles. Cependant, les genres les plus abondants sont le *Fusarium*, le *Penicillium* et l'*Aspergillus*.

On note que sur les parcelles 1, 2, 4 et 6 cultivées en blé, blé, lentille, blé respectivement sous semis direct, le *Fusarium* prend le monopole suivi de l'*Aspergillus*. Sur les parcelles 3 et 5 c'est le *Penicillium* qui est le plus abondant, suivi par le *Fusarium* dans la P3 et de l'*Aspergillus* au niveau de la parcelle 5, les deux systèmes de conduite sous semis direct, et cultivées en blé et lentille selon l'ordre. Dans la parcelle 7 l'*Aspergillus* est présent en masse plus importante suivi de *Penicillium* et l'*Helminthosporium* ainsi le *Fusarium* avec un taux plus faible. En dernière position la parcelle 8 qu'est cultivé en blé sous le système conventionnel dans la quelle le *Penicillium* et l'*Aspergillus* représente le totale de la flore fongique.

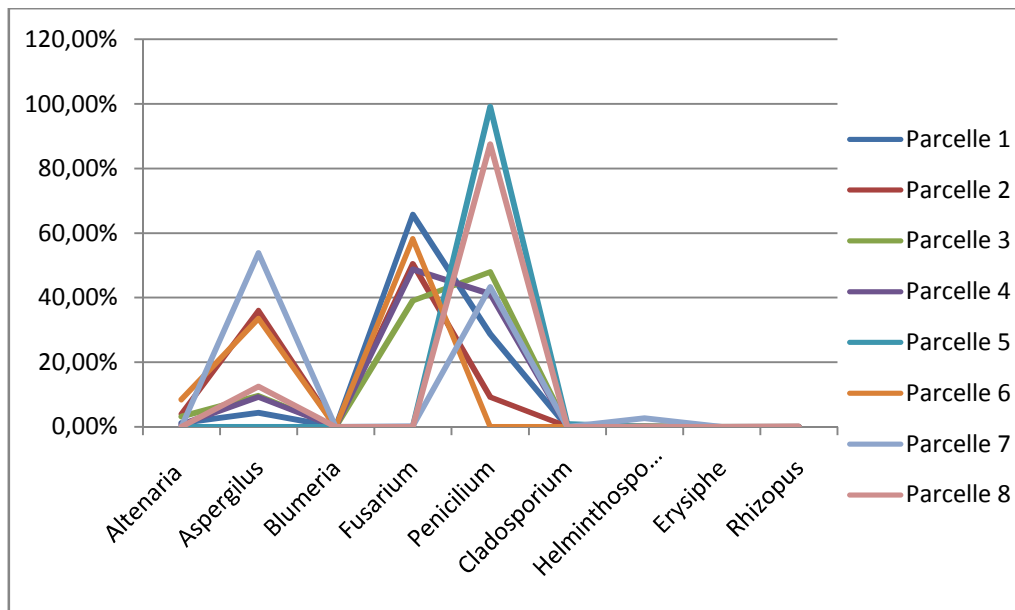


Fig. 12 : représentation graphique de l'abondance des différents genres au niveau des parcelles étudiées

En outre, l'abondance de *Fusarium* est très marquante au niveau de toutes les parcelles travaillées en particulier en semi direct à l'exception de la parcelle 5 qui se joint à la parcelle 8 qu'est conduite en conventionnel.

Les analyses de la variance révèlent que malgré la grande différence de l'abondance de *Fusarium* dans les deux systèmes elle reste non significative ($P= 0,158$ ns) Figures (13 et 14) mais elle est très hautement significative pour l'effet rotation ($P=0,002$ **).

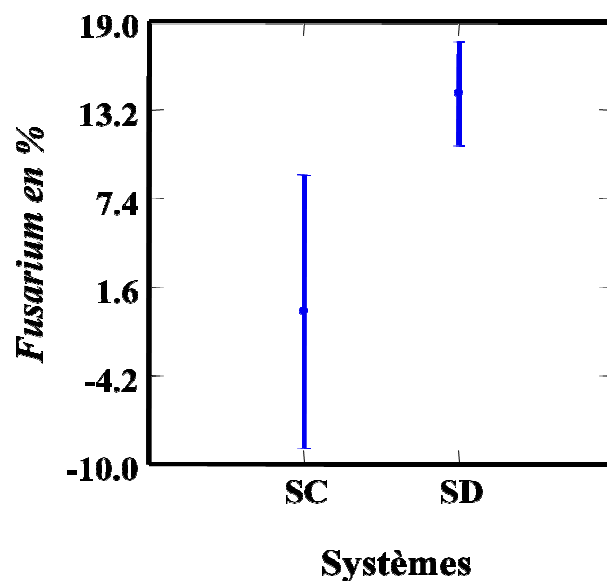


Fig13. Représentation graphique des résultats d'analyse de l'abondance de *Fusarium* dans les deux systèmes.

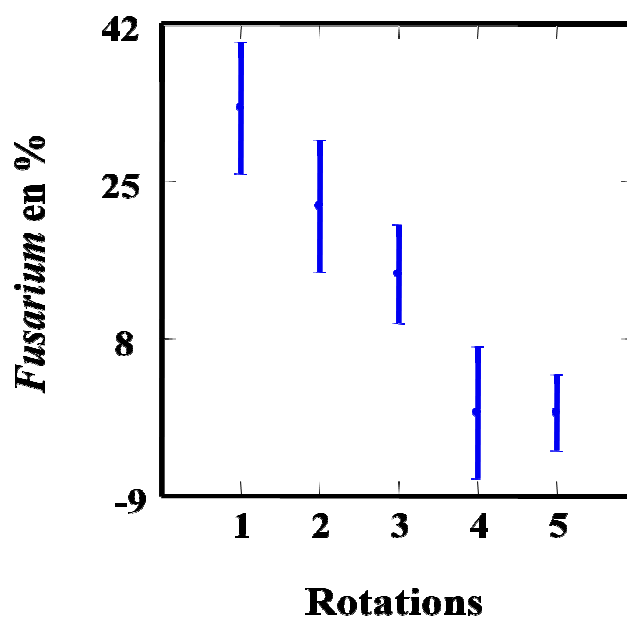


Fig 14. Représentation graphique des résultats d'analyse de l'abondance de *Fusarium* en fonction des rotations.

L'abondance du *Fusarium* varie en fonction de la rotation et du type de culture en place particulièrement le blé et son retour dans la parcelle. En effet, dans la parcelle où le blé est cultivée pendant 4 ans successives, le *Fusarium* est plus abondant ce qui est confirmé par les travaux de (Tramier, 1986), qui constata que l'importance des agents

pathogènes d'origine tellurique croit avec la pratique de plus en plus fréquente de la monoculture.

En outre, nos résultats mettent en évidence que si la culture en place est un blé, le *Fusarium* est plus abondant en surface qu'en profondeur par contre si la culture en place n'est pas un blé et que le précédent est un blé le taux de *Fusarium* augmente en profondeur qu'en surface. Des résultats analogue ont été obtenus par Colbach, (1996), qui en étudiant les effets du travail du sol sans retournement (non-labour) sur les risques d'infection et les niveaux d'infection du blé par les maladies cryptogamiques - piétin-verse, piétin-échaudage, fusariose du pied, rhizoctone - dans les rotations avec un retour fréquent des céréales à pailles, a conclu que le niveau et la gravité de ces maladies du pied sont fortement liés à la profondeur d'enfouissement des résidus de la dernière culture "hôte" des champignons pathogènes sur la parcelle.

Lorsque le précédent est une culture hôte (par exemple un blé), les niveaux d'infection sont réduits après un labour par rapport à un travail du sol à moindre effet "enfouissant". Lorsque le précédent n'est pas une culture hôte mais que l'anté-précédent est une culture hôte, le labour est susceptible d'augmenter les risques de maladies en remontant des vieilles pailles infectieuses, surtout si celles-ci ont été enfouies par un labour avant l'implantation du précédent.

Lorsque les céréales à pailles reviennent un an sur deux, les pratiques les plus préventives vis-à-vis des maladies du pied consistent donc à labourer un an sur deux. L'abandon total du labour dans la rotation maintient les résidus en surface et favorise le développement des maladies dans les rotations à retour fréquent des céréales à pailles. La "simplification" du travail du sol nécessite donc de compenser cette pression

Cependant nous avons constaté que dans la parcelle 7 cultivée par les lentilles et le blé en alternance, le taux de *Fusarium* est très faible et que dans la parcelle 5 dont le blé n'est introduit dans la rotation qu'une seule fois, on note l'absence totale de *Fusarium* sachant que les deux parcelles sont conduites en semis direct, ce que nous a amené à conclure que la rotation adéquate est aussi un facteur important dans l'abondance des champignons telluriques d'une manière générale et de *Fusarium* en particulier, ceci est confirmé par les travaux de Steinert (2005) qui relève que les exploitations qui pratiquent les techniques culturales simplifiées n'ont pas vu d'augmentation significative de la pression des maladies cryptogamiques, pour autant que la rotation des cultures soit adéquate.

III.2.3. Effet de l'horizon sur l'abondance et la diversité des champignons en fonction des systèmes

III.2.3.1. Effet sur l'abondance

Ce qui est remarquable ici, c'est la nette différence dans l'abondance entre les différents horizons, indépendamment des caractéristiques de chaque parcelle. Les résultats présentés dans le tableau (05) montrent que le taux de présence d'espèces fongiques varie de 16,21% dans l'horizon 1 de la parcelle 1 cultivée en blé sous semis direct à 0,07% uniquement dans l'horizon 1 de la parcelle 8 qui est cultivée par une jachère pâturée, sous le système conventionnel, et de 10,72% noté dans l'horizon 2 de la parcelle 5 cultivée par le pois chiche sous semi-direct, à 0,01% notées dans le même horizon pour la parcelle 8 cultivée par une jachère pâturée, sous le système conventionnel .

Les résultats montrent que le taux d'infestation varie selon les horizons de chaque parcelle, on constate que dans les parcelles, 1, 3, 6 et 8 l'horizon 1 présente une abondance fongique par rapport à l'horizon 2 et cette différence est plus remarquable entre l'horizon 1 et le deuxième horizon de la parcelle 1 cultivée en blé sous semis directe avec 16,21% et 6,19% respectivement. Par contre dans le reste des parcelles 2, 4 et 7, l'horizon 2 prend la dominance, et la parcelle 5 est la plus remarquable avec 3,03% dans l'horizon 1 et 10,72% dans l'horizon 2.

Tableau (05) : l'abondance des champignons pathogènes et opportunistes en fonction des horizons.

	H1	H2
Parcelle 1	16,21%	6,19%
Parcelle 2	9,44%	9,40%
Parcelle 3	11,95%	6,50%
Parcelle 4	5,93%	9,38%
Parcelle 5	3,03%	10,72%
Parcelle 6	5,08%	3,78%
Parcelle 7	2,78%	0,05%
Parcelle 8	0,07%	0,01%

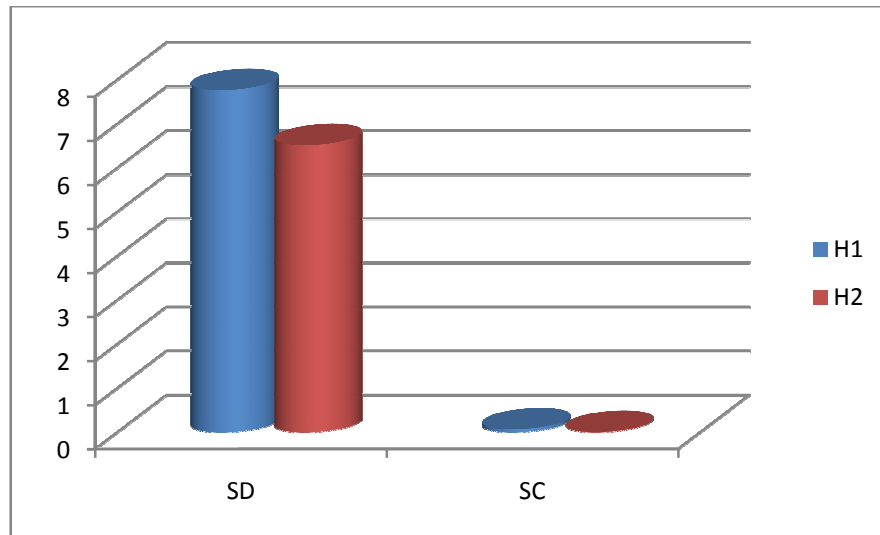


Fig. 14. L'abondance des champignons en fonction des deux horizons dans les deux systèmes

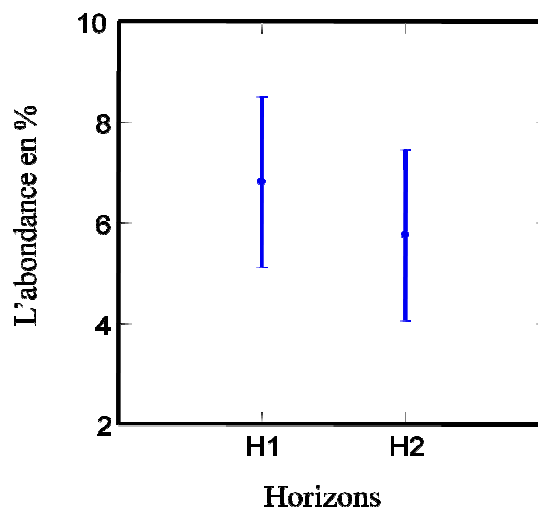


Fig. 15. La moyenne de l'abondance en fonction des horizons.

La différence est nette dans les parcelles séparément, mais elle reste très faible en fonction des systèmes figure (14) en effet l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative ($P=0,70$ ns).

III.2.3.2. Effet sur la diversité

L'effet de l'horizon sur la diversité révèle qu'il n'y a pas une grande différence entre les horizons de la même parcelle étudiée, ceci est valable pour les 8 parcelles (tableau 6).

L'horizon le plus riche en champignons fongiques est l'horizon H1 dans la parcelle 3 et la parcelle 6 caractérisées par un semis direct et cultivées par le blé et lentille respectivement, avec 7 genres au niveau de l'horizon 1 (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Cladosporium*, *Rhizopus*,). Alors que les parcelles 5 et 8 étaient les moins riches en champignons dans les deux horizons avec uniquement deux genres chacun (*Cladosporium*, *Penicillium*) et (*Penicillium*, *Aspergillus*) par ordre, la parcelle 5 cultivée par la lentille sous le semis direct, par contre la dernière est cultivée en jachère pâturée sous le travail conventionnel.

Dans l'horizon, mis à part la parcelle 2 cultivée en blé et conduite en semis direct qui fait l'exception avec 7genre (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Cladosporium*, *Rhizopus*), dans les autres parcelles, l'horizons deux reste le moins riche en genre fongique et toujours les parcelles 5 et 8 qui marque le nombre le plus faible avec 3 (*Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*) et 2 genres (*Aspergillus*, *Penicillium*) respectivement.

Tableau (06) : Effet des horizons sur la diversité des champignons pathogènes et opportunistes.

Parcelles	Horizon 1	Horizon 2
Parcelle 1	6	5
Parcelle 2	6	7
Parcelle 3	7	5
Parcelle 4	6	4
Parcelle 5	2	3
Parcelle 6	7	5
Parcelle 7	4	4
Parcelle 8	2	2

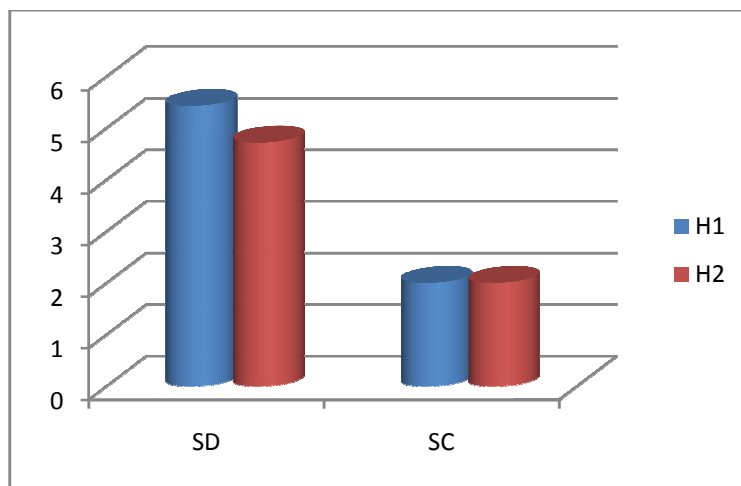


Fig. 16. Représentation graphique de la diversité observée dans les horizons étudiés.

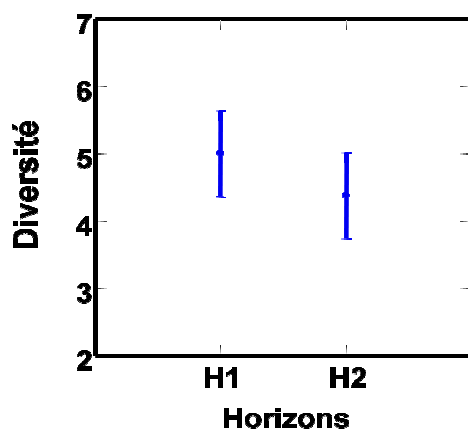


Fig. 17. La moyenne de la diversité au niveau des horizons.

L'analyse de la variance montre que l'effet horizon est non significatif sur la diversité des champignons ($P=0,50ns$).

Dans le système de semis direct, on conclue qu'il y' a une différence dans l'abondance et la diversité entre les différents horizons de chaque parcelle. La tendance va vers la diminution progressive des champignons en allant en profondeur à cause de l'absence de la matière organique qui n'est plus enfouie par les labours. (Timothy et *al*, 2002) affirment que certaines maladies causées par des champignons pathogènes transmis par le sol peuvent devenir plus graves en raison de l'absence de perturbation de sol et la rétention de culture sur la surface du sol. Ces résidus de culture peuvent servir comme source d'inoculum et de maintenir l'humidité favorable et les conditions de

température dans les 10-15 premiers centimètres du sol ou les agents pathogènes sont le plus actifs. Par ailleurs, en semis direct, les champignons sont dominants dans les cinq premiers centimètres de sol alors qu'en situation labourée, cette zone est dominée par les bactéries (Matthieu, 2006).

Des résultats analogues ont été également obtenus par Seguy et al. (2009), un sol qui n'est plus travaillé, les résidus de récolte et la phytomasse additionnée par les "pompe biologiques" assurent une couverture permanente du sol aussi bien en saison des pluies qu'en saison sèche. Un horizon nourricier à très forte activité biologique se crée dans les 5 premiers cm du sol.

Si l'analyse de la variance révèle que cette différence n'est pas significative peut être que la profondeur n'est pas suffisante, où bien d'autres facteurs non étudiés cache cette influence.

III.2.4. Effet des rotations sur l'abondance et la diversité des champignons

Le classement des rotations est fait en fonction de type de culture et de son retour dans la rotation. Elles sont représentées sur le tableau (07).

Tableau 07 : le classement des rotations.

Numéro de rotation	La rotation
R1	Blé /Blé/ Blé/ Blé
R2	Blé/ Jachère chimique / Blé/ Blé
R3	Blé/ Jachère pâturée/ Blé /Pois-chiche Lentilles/ Blé/ Jachère chimique/ Blé Blé /Lentilles /Blé /Pois-fourragère
R4	Lentilles/Blé/Jachère chimique/Lentilles
R5	Lentilles/ Blé/ Lentilles/ Blé

Les résultats illustrés sur la figure (18) montre que la rotation 1 composée d'une seule culture qu'est le blé représente le taux le plus élevé suivi de la rotation 2 qui cultivé en blé pour 2 ans puis ils ont introduit la jachère chimique pour revenir à la culture de blé, et ensuite les rotations 3 et 4 presque en même niveaux mais on note que le taux le plus faible au niveau de la rotation 5 qu'est caractérisée par la succession de deux culture différente en alternance qui sont une légumineuse et une graminée par contre les autre rotation sont composé d'une espèce légumineuse et céréalière et la

majorité du temps la jachère est introduite dans la rotation comme il est le cas dans R3 et R4.

Pour la diversité on note une légère différence entre les rotations 1,2 et 3 alors que cette différence est plus large entre ces rotations précédentes et les rotations 4 et 5. Cependant, l'analyse de la variance révèle que la différence entre les rotations en fonction de l'abondance ($P=0,028$ *) est significative et hautement significative pour la diversité ($P=0,004$ **).

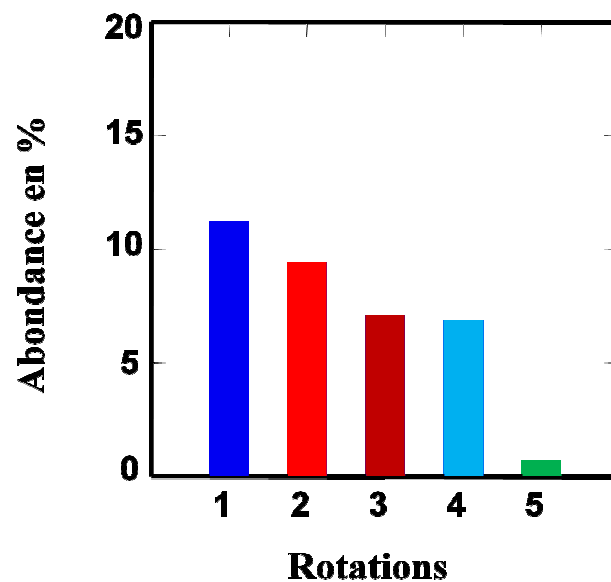


Fig. 18. L'abondance des champignons en fonction des rotations.

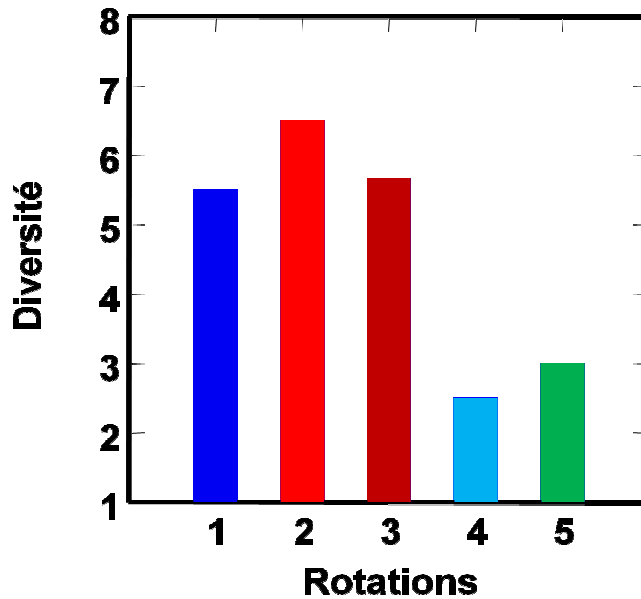


Fig. 19. La diversité en fonction des rotations.

Concernant l'influence de la culture en place ainsi que les précédents culturaux, nous avons trouvés que la rotation agit positivement sur la diversité et l'abondance des champignons. Les résultats montrent que la diversité fongique varie en fonction de type de rotation. Ainsi, plus la culture revient sur la parcelle plus la richesse en taux et en genre des champignons augmentent, en effet la monoculture favorise le développement de champignons et d'autre organisme pathogène, selon Chevrier et Barbier, 200, les risques de maladies augmentent avec un retour fréquent d'une des cultures hôtes du champignon. Par ailleurs, la rotation de diverses espèces végétales permet de diversifier la fore et la faune du sol, étant donné que les racines sécrètent différentes substances organiques qui attirent une diversité de bactéries et de champignons. Ces micro-organismes vont à leur tour jouer un rôle important dans la transformation des substances sécrétées en éléments nutritifs pour la plante et les rotations culturales sont importantes pour la lutte phytosanitaire dans la mesure où elles permettent de casser la chaîne de transmission des pathologies spécifiques à certaines végétales. (FAO, 2007). D'autres essais de longue durée suivis par l'ITCF, fondés sur des successions maïs/blé ou monoculture de blé, ont montré de faibles différences entre techniques d'implantation, avec des résultats contrastés par rapport à des rotations plus diversifiées. (Nathalie, 1996).

III.2.5. Pathogénécité des genres rencontrés

La pathogénécité des champignons varie d'une espèce à une autre, ainsi les champignons rencontrés ont été classés selon leur pathogénécité selon une échelle préétablie. Les champignons sont classés comme suit tableau (08).

Tableau (08): Echelle de La pathogénécité des champignons.

Genres	Classe	Echelle
<i>Penicillium</i> et <i>Aspergillus</i>	Non pathogène (opportuniste)	0
<i>Alternaria</i> , <i>Rhizopus</i> et <i>Erysiphe</i>	Faiblement pathogènes	1
<i>Fusarium</i> , <i>Blumeria</i>	Moyennement pathogènes	2
<i>Helminthosporium</i> et <i>Cladosporium</i>	Fortement pathogènes.	3

Selon le tableau (09), on remarque que chaque parcelle a été infectée par un nombre de champignons qui diffère par leur pathogénécité. La parcelle 1 conduite en semis direct, cultivée par le blé est infectée par deux champignons faiblement pathogène, l'*Alternaria* et l'*Erysiphe* et deux autres moyennement pathogène, *Fusarium* et *Blumeria* aussi par un autre champignon fortement pathogène le *Cladosporium*.

Dans la parcelle 2 cultivée par blé avec Jachère chimique comme précédent sous semis direct est infectée par un champignon moyennement pathogène, le *Fusarium* et deux champignons faiblement pathogènes, *Alternaria* et *Rhizopus* aussi par d'autres champignons fortement pathogènes : *Helminthosporium* et *Cladosporium*. Même chose observée pour la parcelle 3 cultivée en blé et Jachère pâturée comme précédent sous semis direct toujours, et aussi pour la parcelle 6 cultivée en blé et pois fourrager comme précédent, et aussi conduit sous semis direct.

Pour la parcelle 4 conduite sous semis direct, cultivée en cultivée par lentille avec précédent blé est infectée par un champignon fortement pathogène, l'*Helminthosporium* et par le *Fusarium* qu'est un champignon moyennement pathogène, aussi par 2 champignons faiblement pathogène dont l'*Alternaria* et le *Rhizopus*.

La parcelle 5 conduite en semis direct, cultivée par le pois chiche est infectée par un seul champignon moyennement pathogène, le *Fusarium*.

La parcelle 7 caractérisée par un semis direct, cultivée par le blé est infectée par un champignon moyennement pathogène, le *Fusarium* et un champignon fortement pathogène, l' *Helminthosporium*.

La parcelle 8 conduite sous le système conventionnel, laissée comme jachère pâturée était infectée uniquement par des champignons non pathogènes opportunistes à savoir : *Penicillium* et *aspergillus*.

Tableau (09) : Nombre de genre rencontrés dans chaque parcelle selon leur pathogénécité.

	Champignons faiblement pathogènes	Champignons moyennement pathogènes	Champignons fortement pathogènes
Parcelle 1	2	2	1
Parcelle 2	2	1	2
Parcelle 3	2	1	2
Parcelle 4	2	1	1
Parcelle 5	0	0	1
Parcelle 6	2	1	2
Parcelle 7	0	1	1
Parcelle 8	0	0	0

Nous sommes arrivés au résultat que le *Fusarium* est le champignon le plus présent dans toutes les parcelles conduites en semi directe. D'après Seguy et al. (2009), les seuls inconvénients enregistrés par l'utilisation continue des techniques de semis direct sont relatifs à une recrudescence nette des champignons du sol préjudiciables aux cultures tels que le *Fusarium* : un choix judicieux de la plante de couverture associé à un traitement fongicide approprié des semences permet de résoudre ce problème.

L'incidence des maladies fongiques comme la fusariose, les pourritures des racines (*Rhizoctonia sp.*) les fontes de semis (*Pythium sp.*) est fortement réduite dans des sols avec amendements organiques dans lesquels se développe une forte activité microbienne, comme en semis direct sur couverture végétale permanente (Lahmar et Bouzerzour, 2010).

III.2.6. Etude des corrélations :

Une étude basée sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été effectuée avec le logiciel *PAST* vers. 1.91. L'étude des corrélations a été réalisée sur les axes 1, 2, du moment qu'ils présentent une forte contribution à l'identification des nuages avec les valeurs respectives de 89,76% et 7,58%. Le cercle de corrélation figure (20) n'a exclu aucun paramètre de la corrélation.

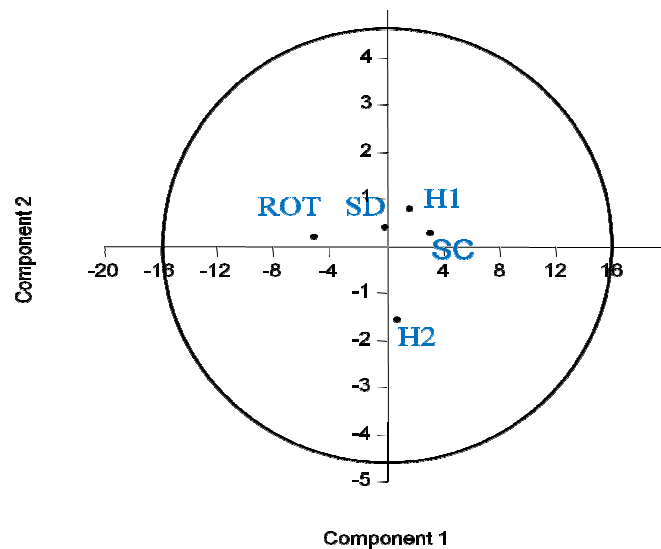


Fig 20. Cercle de corrélation des paramètres étudiés.

Une classification hiérarchique ascendante (CHA) des différents paramètres (calculée par le biais des distances euclidiennes) a été réalisée. Les calculs de la distance euclidienne sont basés sur un axe de similarité de -2,4 (fig.21).

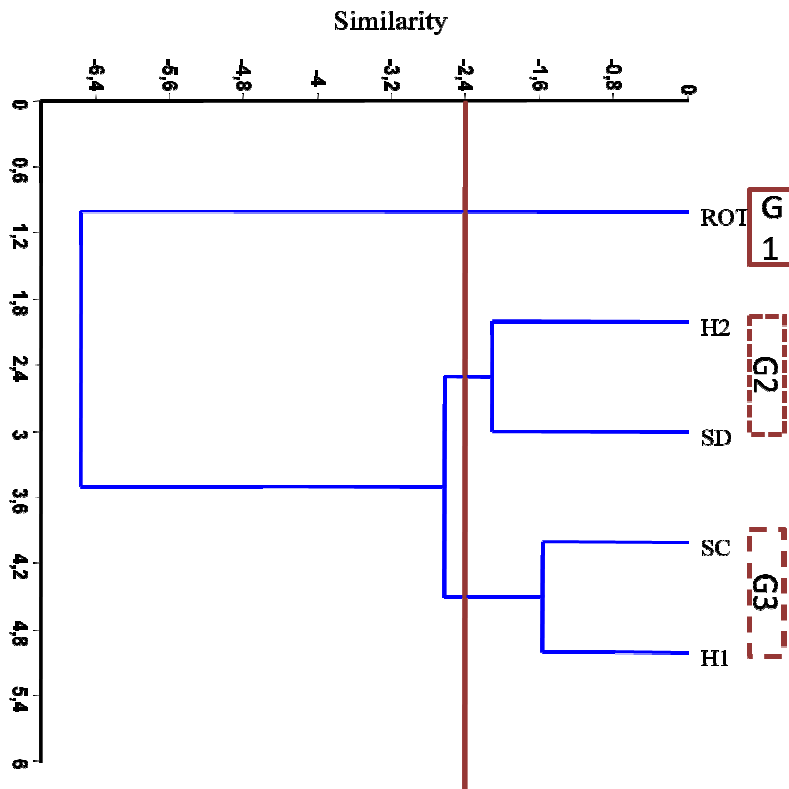


Fig. 21. Classification hiérarchique ascendante (CHA) des différents paramètres étudiés (calculée par le biais des distances euclidiennes).

D'autre part, une étude complémentaire basée sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP), effectuée sur les différents traitements, montre la présence d'une corrélation entre les valeurs constituant la matrice des données.

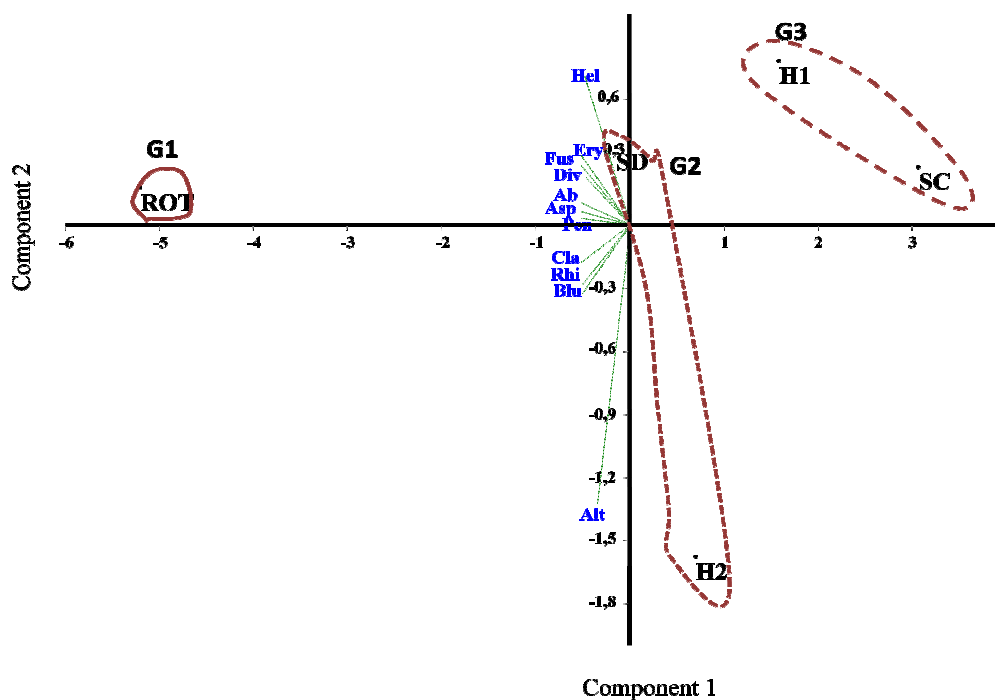


Fig. 22 : Analyse en Composantes Principales (ACP) des différents paramètres et facteurs étudiés.

ROT : rotation, SC : semis conventionnel, SD : semis-direct, H1 :horizon1, H2 : horizon2, Div : diversité, Abn : abondance, Alt : *Alternaria*, Asp : *Aspergillus*, Blu : *Blumeria*, Cla : *Cladosporium*, Ery : *Erysiphe*, Fus : *Fusarium*, Hel : *Helminthosporium*, Pen: *Penicillium*, Rhi: *Rhizopus*.

Le premier groupe est représenté par le facteur rotation qu'est corrélé positivement avec les deux vecteurs étudiés (l'abondance et la diversité), ainsi que le groupe 2 qui est constitué par le facteur semis-direct et l'horizon 1, Ce groupe est corrélé positivement avec l'abondance et la diversité, par contre le troisième groupe 3 composé de deux facteurs semis conventionnel et l'horizon 2 est corrélé négativement avec les deux vecteurs abondance et diversité .

Conclusion

A travers cette étude expérimentale, nous avons étudié l'effet de plusieurs facteurs liés au champignons phytopathogènes inféodés aux sols agricoles conduits sous deux systèmes de cultures différents, l'un conventionnel et l'autre de semis direct, au niveau de la station expérimentale ITGC de Sétif.

Au départ nous avons réalisé un inventaire de tous les champignons que ce soit pathogènes ou opportunistes, présents dans les parcelles élémentaires. Nous avons identifié, neuf genres, qui sont les suivants: *Fusarium*, *Alternaria Helminthosporium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Blumerie*, *Erysiphe* et *Rhizopus*. Par ailleurs, nous avons noté la présence de plus 'une espèce pour certain genres. En effet, *Penicillium* s'est présenté avec quatre espèces, *Alternaria* et *Aspergillus* avec trois espèces chacun, *Fusarium* avec deux espèces, le reste à savoir, *Helminthosporium*, *Blumeria*, *Rhizopus*, *Erysiphe* et *Cladosporium* avec une espèce chacun.

Nous avons remarqué que l'influence du système de conduite en semis-direct agit positivement du point de vue abondance et diversité sur les champignons tant pathogènes que saprophytes comparativement au système conventionnel, à cause de la présence en permanence du couvert végétal dans le premier. Celui-ci offre les conditions les plus favorables pour le développement des champignons d'une manière générale et les champignons phytopathogènes en particulier.

Nous avons observé que l'influence de la culture en place ainsi que les précédents culturaux, participent à la richesse des champignons en nombre de genre et en quantité d'inoculum dans le sol. Le système du semis direct dans une culture de blé dur favorise le plus le parasitisme, avec un taux d'infestation très élevé par rapport au semis conventionnel.

Dans les conditions du système de semis direct, il existe une différence dans l'abondance et la diversité entre les différents horizons de chaque parcelle. La tendance est vers la diminution progressive des champignons en allant en profondeur à cause de l'absence de la matière organique qui n'est pas enfouie par les labours.

Nous sommes arrivés au résultat que le *Fusarium* est le champignon le plus présent dans toutes les parcelles conduites en semi direct. Il constitue l'inconvénient majeur du non adoption de la technique du semis direct dans certain pays du monde, le cas du sud de la France. Le choix du système de semis direct dans de telles conditions de parasitisme par le *Fusarium*, nécessite une sélection judicieuse des espèces cultivées qui doivent avoir une

certaine résistance envers ce pathogène, associé à un traitement fongicide approprié des semences ce qui permettra de résoudre ce problème.

Le présent travail ne constitue qu'une étude préliminaire sur l'inventaire des champignons phytopathogènes, après quatre années consécutives de semis direct. La littérature affirme que la tendance vers une diminution des pathogènes après la cinquième année, donc la poursuite des travaux de recherches pour les prochaines années s'imposent.

En plus, la multiplication des sites d'observation, de cultures, le suivi en permanence de l'évolution des principaux parasites représentent des perspectives d'étude dans le futur. La connaissance de ces éléments peut nous offrir les avantages majeurs du système de semi direct, afin de pouvoir le vulgariser auprès des agriculteurs algériens, particulièrement dans les zones à grands risques, le cas des hauts plateaux et régions steppiques.

Références bibliographiques

Abdel Massih, M. (2007). Moisissures: identification, sources de contamination et moyens de lutte. Pôle technologique agroalimentaire: 3.

Abdellaoui, Z., Fettih, S., Zaghouane O. (2006). Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement d'une culture de blé dur en conditions pluviales. Dans : 3èmes Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct, Saragosse (Espagne), 23-25 mars 2006.

Abdellaoui, Z., Zaghouane, O., Houassine, D. (2006). Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes ?, Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), Hassan Badi, El Harrach, Alger.

Abdellaoui, Z., Teskrat, H., Belhadj, A., Zaghouane, O. (2010). Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide. *Options Méditerranéennes, A n° (96)*.

Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, USA UK.

Aguire, L., Hurst, S.F., Choi, J. S., Shin, J.H., Hinrikson, H.P, et Morrison, C.J. (2004).

Aibar, J. (2006). La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : principaux problèmes. Communication orale. Les actes des 3emes rencontre méditerranéennes du semi direct. Zaragoza. *Options Méditerranéennes, Série A, n° (69)*,p19-26.

Alaoui,P.H.D.(2006). Le developpement de l'agriculture biologique comme levier pour faire évoluer les pratiques agricoles et mieux prendre en compte l'environnement et la durabilité des systemes de production.

Anonyme. (2007). Un article de Wikipédia, l'encyclopédie libre. Référence NCBI : *Pythium* (en), <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pythium>.

Anonyme. (2009). L'exploitation conventionnelle. Fiche technique N° 5 : Agriculture de conservation. Communautés européennes.

Archambeau, M. (2011). Le glyphosate est il le 4^{ème} pilier de l'agriculture de conservation. Techniques culturales simplifiées, n° (62) mars /avril/ mai, 5p.

Archambeaud, M, et Thomas, F. (2011). La rotation , 3^{ème} pilier de l'agriculture de conservation. (WWW.agriculture-de-conservation.com) .

Ashburner, J.E., FAO. (2001). FAO's role in promoting Conservation Agriculture, Keynote contributions "First world Congress on Conservation Agriculture; 1-5 octobre 2001", Madrid (SP), ECAF-FAO, p132-147, 394 pp.

Barriusso, E., Calvet, R., Cure, B. (1991). Simplification du travail du sol et pollution par les pesticides, Perspectives Agricoles, n°(162), p 31-39.

Benhamou, N., Chet, I. (1996). Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum*: ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology* (86), p. 405–416.

Bénites, J. (2002). Retenir le désert avec l'agriculture de conservation. Revue Terre et vie, n° (61-62).

Benmansour, M., Duchemin, M., Nouira, A, et Gallichand, J. (2006). Emploi combiné des radioéléments, de la modélisation et des mesures aux champs pour étudier l'érosion hydrique des sols en milieu agricole (MAROC-CANADA) : Rapport 2006. Agence Universitaire de la Francophonie et Réseau Érosion & GCES, Actions en réseau, Convention P2-2092RR621. IRDA, CNESTEN, décembre 2006, 25 p.

Berama, R. (2004). Contribution à l'étude de la technique du semis direct (cas de la luzerne). Mémoire d'ingénieur INA El Harrach, Alger, 94 p.

Bessam, F., et Mrabet, R. (2001). Time influence of no tillage on organic matter and its quality of a vertic Calcixeroll in a semiarid area of morocco. In: Proceedings of international congress on conservation agriculture, 1-5 October 2001, Madrid (Spain), vol. 2, pp. 281-286.

Botton, B., Breton, A., Fèvre, M., Gauthier, S., Guy, P., Larpent, J P., Reymond, P., Anglier, J., Vayssier, Y., Veau, P. (1990). Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, Ed. Masson, Paris.

Boysen, M.E., Jacobsson, K.G., Schnürer, J. (2000). Molecular Identification of Species from the *Penicillium roqueforti* Group Associated with Spoiled Animal Feed, Appl. Environ. Microbiol., 66 (4), 1523-1526

Calmes, B. (2011) .Réponses adaptatives d'*Alternaria brassicicola* au stress oxydatif lors de l'interaction avec les brassicacées : Rôle du métabolisme du mannitol et des Glutathion-S-transférases. Thèse de doctorat Spécialité : Biologie Cellulaire et Moléculaire Végétale Ecole Doctorale VENAM.

Carof, M. (2006). Fonctionnement de peuplements en semis direct associant du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum L.*) à différentes plantes de couverture en climat tempéré . Thèse de Doctorat, I. N. A. P-G, Paris. 115p.

Chabane, M. (2010). L'Agriculture de Conservation : Voie de sécurité alimentaire dans les pays du Maghreb ? Options Méditerranéennes, A n° (96).

Champion, R. (1997). Identifier les Champignons Transmis par les Semences. INRA. Paris. Charvet Jean-Paul Le blé dans le monde, Evolution récente de la consommation, de la commercialisation et de la production. Annal de géographie. T.86, n° (478). pp 686-723, 1997. <http://www.presse.fr>.

Chervet, A., Guble, L., Hofer, P., Maurer-Troxler, C., Müller, M., Ramseier, L., Streit, B., Sturny Weisskopf, W.G., Zihlmann, P. (2007). Semis direct de l'essai à la pratique Expériences acquises dans un système de semis direct en continu .p4.

Chevrier, A., Barbier, S. (2002). Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols création d'un référentiel et premiers résultats. Mémoire de fin d'études. Institut National de la Recherche Agronomique de Versailles-Grignon Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable. p.96.

Colbach, N. (1996). Travail du sol : Incidence sur les maladies du pied et des racines du blé, Perspectives Agricoles, n° (218), Novembre, p 81-85.

Coufouier, N.(2008). Un manteau d'hiver régénérant. Reussir céréales grandes culture n°(2 /4).

Cure, B. (1991). Simplification du travail du sol et évolution du parasitisme. *Perspectives Agricoles*, 161 : 47-53.

Davet, P., Rouxel, F. (1997). Détection et isolement des champignons du sol. p.18-19.

Demeilliers, C. (2009). Quelle agriculture dans notre assiette et pour notre environnement.

Derpsch, R, and Friedrich, T. (2009). Global overview of conservation agriculture adoption. Proceedings, Lead Paper, 4th World Congress on Conservation Agriculture, 4-7 February 2009, New Delhi (India), pp. 429-438.

Derpsch, R. (2001). Conservation tillage, no-tillage and related technologies, Keynotecontributions "First world Congress on Conservation Agriculture; 1-5 octobre 2001", Madrid (SP), ECAF-FAO, p161-170, 394 pp.

Derpsch, R. (2005). The extent of conservation agriculture worldwide. Implications and impact. In: Proceedings of the 3rd World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya.

Djouamaa, M., Debabsa, R., Bouasla, S. (2008). Comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois variétés de blé dur (*Triticum durum*.desf) sous traitement par un fongicide. (TILT 250EC). D.E.S Biologie et Médecine universitaire de Souk – Ahras . pp 41.

Doran, J. W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44 : 765-771.

Dufour, N., Feron, F., Marcel, C., Coste, P., Chareyer, F., Dehery, R. (2005). Enjeux et principes de l'agriculture biologique. p13.

EL Brahli, A. (2009). Le semis direct opportunité pour une agriculture pluviale durable. « Nouvelles Alternatives en Développement Agricole et Rurales ». (*Agriculture du Maghreb*).p.80.

El Gharras, O., El Brahli, A., El Aissaoui, A., El Hantaoui, N. (2009). Le semis direct pour une agriculture pluviale de conservation. *Symposium international «Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED)», Rabat, Maroc.*

Ezzahiri,B.(2001). Les maladies du Blé Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte (Bultin Mensuel d'information et de liaison du PNTTA) N°77.

FAO . (2007). <http://www.fao.org/corp/statistics/fr/>.

FAO. (2001). The Economics of Conservation Agriculture. FAO, Rome.

FAO. (2004). Données agricoles de FAOSTAT, consulté le 22 avril 2004. Disponible sur <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture&language=FR> FLO-International. 2004. Products, consulté le 22 avril 2004.

Ficher, M. (2009). Sans sol vivant, pas de nourriture. Nature et progrès. Asbl (communiqué de presse. (16juin 2009).

Germon, J.C. (2009). Développement des techniques culturales sans labour (tcs) : implications agronomiques et environnementales introduction Copyright – Académie d'Agriculture de France.

Girardin, P. (1993). Agriculture intégrée : au-delà des mythes... un défi, Cahiers Agricultures; vol 2 n° (2), pp141-145.

Granval, P., Aliaga, R., Soto, P. (1993). Effets des pratiques agricoles sur les lombriciens (Lumbricidae), les bécassines des marais (Gallinago Gallinago) et dans la valeur pastorale du marais de la Dives (Calvados), Gibier Faune Sauvage, **vol.10**. p59-73.

Guerif, J. (1991). Simplification du travail du sol et évolution du milieu physique et chimique, Perspectives Agricoles, n° (161), septembre, p 39-46

Hageskal, G., Knutsen, A.K., Gaustad, P., de Hoog, G.S., Skaar1 I. (2006), Diversity and Significance of Mold Species in Norwegian Drinking Water, Appl. Environ. Microbiol., 72 (12), 7586-7593

Haglund, W.A ., Kraft, J .M. (2001). Fusarium wilt. In" Compendium of Pea Diseases Pests", (Eds. Kraft, J.M., Pflieger, F.L.) American Phytopathological Society Press, St. Paul, USA,13.

Healy, M., Reece, K., Walton, D., Huong, J., Frye S., Raad, II., Kontoyiannis, D.P. (2005), Use of the DiversiLab System for Species and Strain Differentiation of Fusarium Species Isolates, J. Clin. Microbiol., **43 (10)**, 5278-5280

Jin, J., Lee Y.K., Wickes B.L., (2004), NOTES Simple Chemical Extraction Method for DNA Isolation from Aspergillus fumigatus and Other Aspergillus Species, J. Clin. Microbiol., **42 (9)**, 4293-4296

Joly, P.B., Paradeise, C. (2003). Agriculture et alimentation : Nouveaux problèmes, nouvelles questions. Sociologie du Travail, n° (45), p. 1-8.

Jouy, L. (2001). Techniques sans labour : Evolution de la flore adventice. Perspectives. Agricoles, 271 : 58-61.

Kacemi, M., Peterson, G .A., Mrabet, R. (1995). Water conservation, wheat-trop rotations and Conference on challenges in Moroccan dryland agriculture. El Gharrous et al. (eds). INRA-Rabat. INRA-publication. pp 83-91.

Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C., Egham, U.K. and Stophes, J.A. (2001). Ainsworth and Bysby's Dictionnaire of fungi , 9 th edn .CABI. Bioscience.UK. Center and central Bureau Voie. Utrecht. The Net.

Klein, D.A., Paschke, M.W. (2004). Filamentous Fungy: The indeterminate lifestyle and microbial ecology. *Microbial Ecology*. **47**: 224-235.

Lahmar, R., Bouzerzourn, H. (2010). Du mulch terreux au mulch organique. Revisiter le dry-farming pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les Hautes Plaines Sétifiennes. *Options Méditerranéennes*, A n°(96).

Lahmar, R. (2006). Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. Les enseignements du projet KASSA. *Options Méditerranéennes, Série A. n° (69)*,p11-18.

Lal, R. (2009). Soils and food sufficiency. A review. Dans : *Agron. Sustain. Dev.*, 29, pp. 113-133.

Larousse Agricole. (1981), région agricole

Lepoivre, Ph. (2003). Phytopathologie : Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte, pp.111-140.

Lessirard, J. (2009). Amélioration de qualité, nutritionnelle des produits alimentaires : Propositions pour une Agriculture a vocation Nutrition-Santé.

Mahdi, M. (2004). Contribution à l'étude de la technique du semis direct sous pivots. Mémoire d'ingénieur INA El Harrach, Alger, 63 p.

Mahdi, M. (2004).Contribution à l'étude de la technique du semi direct sous pivot. Mémoire d'ingénieur INA EL-Harrach, pp : 9-30.

Mrabet, R. (2001). Le semi direct : potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du nord, [www.unecana.org/.../Le semi direct potentielalite](http://www.unecana.org/.../Le%20semi%20direct%20potentielalite).

Mrabet, R. (2001). Le semis direct : Potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du Nord. Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord (CDSR), Nations Unies, Commission Économique pour l'Afrique (CEA/TNG/CDSR/AGR), 32 p.

Mrabet, R. (2002). Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. *Soil & Tillage Res.* 66:119-128.

Mrabet, R., Saber, N., El-Brahli, A., Lahlou, S., Bessam, F. (2001). Total, Particulate Organic Matter and Structural Stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil & Tillage Res.* 57: 225-235.

M'seffer, J. (2009). L'érosion des sols Agricoles en ESTRIE, CAUSES et Conséquences. Essai présenté au centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env).

Murua, J.R., Laajimi, A. (2011). Transition de l'agriculture conventionnelle vers l'agriculture durable: quelques réflexions *coeurmaladie. com/tag/L'Agriculture +Est+une+Activité +Économique.*

Nasraoui, B. (2006). Les champignons parasites des plantes cultivées, biologie, systématique, pathologie, maladies.

Neerdaard,P.(1981). Risk for the EPPO Region from seeds borne pathogens. EPPO Bull.11, 207-212.

Nelson, P.E., Toussoun, T.A., Marasas, W.F.O. (1983). Fusarium species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania state Univ. Editor.

Nouira, A., Duchemin, M., Benmansour, M., gallichand, J., Bouksirate, H. (2007). Efficacité du semis direct à contrer l'érosion hydrique en milieu agricole : mise en évidence à l'aide des techniques de radioéléments, de modélisation et de mesures aux champs (Maroc et Canada).

Nouiri, I., M'hedhbi, K., Ben-hammouda, M., Kammassi, M., Neit el-arbi, S., Hannachi, M., Guesmi, L., Mannai, C., Hajji, S. (2004). Etude comparative de l'évolution de l'humidité des horizons de sol du sol entre le Semis Directe et semi conventionnel. *Deuxièmes Rencontre Méditerranéennes sur le Semis Direct Tabarka (Tunisie).*pp :17-19.

Pascal, L. (2003). World markets for organic citrus and citrus juices. Current market situation and medium-term prospects, FAO, 26 p.

Perrin, R. (1988). La fonte des semis en pépinières observation et expérimentation 1987 . Document interne CEMAG REP INRA. 1988 .21p.

Roper, M., Gupta, M., V.V.S.R. (1995). Management practices and soil biota. Australian Journal of Soil Research, 33, 321-339. Wardle, D. A. 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. In Begon M, Fitter, A. H. (eds.), *Advances in Ecological research*, vol. 26, Academic Press, New-York (USA), pp. 105-185.

Ruttan, VW. (1990). Sustainability is not enough. University of Illinois. Symposium Sustainability : Agriculture and Society. Agro-ecology. p 96-6.

Sauvé, L. (2007). Regard sur l'agriculture productiviste à la lumière de l'étude de cas de la production porcine industrielle : p2.

Scherr, S.J. (1999). Soil degradation: a threat to developing country food security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 27. Washington, DC, IFPRI.

Seguy, L., Ouzinac, S. (1999). Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en semis direct,

Séguy, L., Bouzinac, S., Maronezzi, A.C. (2009). Semis direct et résistance des cultures aux maladies. Document obtenu sur le site Cirad du réseau <http://agroecologie.cirad.fr>.

Simmons, G.G. (1993). Alternaria themes and variation (63-72). Mycotaxon 48, 109-140.

Steiner, I.C. (1998). Conserving natural resources and enhancing food security by adopting No-Tillage. An Assessment of the potential for soil-conserving production systems in various agro-ecological zones of Africa. GTZ Eschborn, Tropical Ecology Support Program, TOB publication number: TOB F-5/e, 53pp.

Steinert, K. (2005). Konservierende Bodenbearbeitung auf einem Hochleistungsstandort in der Hildesheimer Börde: Kraftstoffverbrauch hat sich halbiert. Landwirtschaft ohne Pflug 3, 49.

Tabuc, C. (2007). Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse présentée pour obtenir le titre de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse et de l'université de Bucarest .Spécialité : pathologie, mycologie, génétique et nutrition. 190p.

Tebrügge, F., Böhrnsen. (1997). Crop yields and economic aspects of no tillage compared to Plough tillage : results of long term soil tillage field experiments in Germany, p 25-45.

Timothy, C., Paulitz, R., Smiley, W., James Cook, R. (2002). Insights into the prevalence and management of soilborne cereal pathogens under direct seeding in the pacific northwest, u.s.a. 417- 427,

Timothy, C., Paulitz, W., Richard. (2002). Smiley and James Cook R. insights into the prevalence and management of soilborne cereal pathogens under direct seeding in the pacific northwest, u.s.a. 417- 427.

Vander Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*. 396: 69-72.

Vander Pulten, W.H. (2003). Plant defense belowground and spatiotemporal processes in natural vegetation: *ecology*. 84: 2269-2280.

Viaux, P. (1999). Une 3ème voie en Grande Culture : Environnement, Qualité, Rentabilité, Editions Agridécisions, 211p.

Villeneuve, C. (2002). Les conditions d'une agriculture durable à l'heure de la mondialisation. p.15.

Yalcin, H., Cakir, E., Aykas, E. (2005). Tillage parameters and economic analysis of direct seeding minimum and conventional tillage in wheat. *Journal of Agronomy*, 4:329-332.

Young, E. (2001). Charges de structures: les rouages de la mécanisation, *Cultivar le Mensuel*, n°(514), septembre, p26-28.

Zaghouane, O., Abdellaoui, Z., Houassine, D. (2006). Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes. *Options Méditerranéennes : Série A. n. 69 p. 183-187.*

Zapata, Ch. (2009). Supplément spécial l'avenir agricole. *SPACE*. p16.

Zillinsky, F.J. (1983). Maladies communes des céréales à paille. Guide d'identification.

Annexe 1

❖ Matériels

- ✓ Une série de tubes à essais de 25ml
- ✓ Des pipettes graduées
- ✓ Du coton stérile
- ✓ vortex
- ✓ Autoclave (SANOclav).
- ✓ balance (KERN EMB 600-2).
- ✓ microscope optique (Carlzelss jena)
- ✓ entonnoir.
- ✓ erlen.
- ✓ micropipette (1000µl)
- ✓ bain marie (memmenrt).
- ✓ portoirs
- ✓ l'étuve (memmenrt).
- fiolle de 250ml.
- lames
- papier d'aluminium
- Les lambos stériles.
- Plaque chauffante (SELECTR).
- Beck Bunsen.
- boites pétris.
- papier filtre.
- pissette.
- ans de platine.
- para film.
- les lamelles

❖ Solutions

- ✓ l'eau distillée stérile.
- ✓ lactophénol.
- ✓ Acide acétique.

❖ Milieux de culture

- ✓ Potao Dexros Agar (PDA)
- ✓ Extrait de pomme de terre (200g de pomme de terre)
- ✓ Glucose.....20 g
- ✓ Agar.....20 g
- ✓ Eau distillée.....1000 ml

Annexe 2

Moyenne mensuelle de la température pour la décade 2001 - 2010 (ONM, 2011).

Mois Année	janv	fév	mar	avr	mai	juin	jui	aou	sep	oct	nov	déc	Somme	Moyenne
2001	5,9	5,8	13,3	12,1	16,6	24	27,5	26,7	21	19,9	9,3	5,5	187,6	15,63
2002	5,8	7,9	10,5	13	18,1	24,7	25,5	24,1	20,2	16,9	9,9	7	183,6	15,30
2003	4,6	3,9	9	12,7	17,1	24,3	28,5	26,6	20	16,4	10,2	5	178,3	14,86
2004	5,5	8,2	9,8	10,6	13,2	21,7	25,9	26,6	25,5	18,4	8,4	5,7	179,5	14,96
2005	3,5	2,8	9,8	12,2	19,7	23,2	27,6	24,5	19,9	16,4	9,5	4,7	173,8	14,48
2006	3,6	4,8	9,9	14,8	19,4	23,9	26,3	24,7	19,7	18,4	11,2	6,6	183,3	15,28
2007	7,7	7,6	7,6	11,9	16,5	23,6	26,4	26,2	20,4	15,4	8,6	5,3	177,2	14,77
2008	6,8	7,5	8,6	12,9	17,3	21,5	27,3	26,3	20,8	14,9	14,9	8,1	186,9	15,58
2009	5,1	4,6	8,6	9,2	18	23,6	28,7	26,2	19,4	15,1	11,2	7,9	177,6	14,80
2010	6,1	7,3	9,9	12,9	14,2	21,4	26,8	25,8	20,4	15,2	9,4	6,4	175,8	14,65
Somme	54,6	60,4	97	122,3	170,1	231,9	270,5	257,7	207,3	167	102,6	62,2	1803,6	150,30
MMT 2001 - 2010	5,46	6,04	9,7	12,23	17,01	23,19	27,05	25,77	20,73	16,7	10,26	6,22	180,36	15,03

Annexe 3

Moyenne mensuelle de la précipitation pour la décade 2001 - 2010 (ONM, 2011)

Mois Année	janv	fév	mar	avr	mai	juin	jui	aou	sep	oct	nov	déc	Somme	Moyenne
2001	79	20,1	8,6	13,2	19,3	0	0	4	47,2	14,4	37,1	8,4	251,3	20,94
2002	22,7	24	29,5	8,8	24,2	1,5	44,3	33,8	3	10,1	100,1	67,4	369,4	30,78
2003	115,8	29	37,6	63,2	43,8	59,4	13,7	22,4	30	69,5	14	86,5	584,9	48,74
2004	42,5	18,8	34,1	68,8	73,6	16,7	0,7	32,6	1,74	37,4	50,2	101,3	478,44	39,87
2005	28	39,8	18	50,6	2,2	35,9	20	8,7	26,9	22,7	68,7	52,3	373,8	31,15
2006	61,8	37	9,8	42,4	88	7,4	37,8	3,2	52	1	9,1	45	394,5	32,88
2007	10,2	25	101,8	88,6	28,2	30	7,6	1	79,5	25,3	16,5	6	419,7	34,98
2008	10	19,3	48,9	21,3	75,8	15,2	54,5	19,8	44,6	42,4	42,4	27	421,2	35,10
2009	69,3	41,3	27,5	77,5	3,4	6,8	4,7	18,4	78,6	13,1	28,8	33,6	403	33,58
2010	36,2	46,5	44,7	52,1	67,4	17,8	3	23,8	3,4	45,2	47,8	20	407,9	33,99
Somme	475,5	300,8	360,5	486,5	425,9	190,7	186,3	167,7	366,94	281,1	414,7	447,5	4104,14	342,01
MMP 2001 - 2010	47,55	30,08	36,05	48,65	42,59	19,07	18,63	16,77	36,694	28,11	41,47	44,75	410,414	34,20

Annexe 4

N : nombre

D : dilution

E : échantillon

C : colonie

❖ Abondance (moyenne du nombre de colonies /échantillon) =
 $(NCD^{-1} \times 1) + (NCD^{-2} \times 10) + (NCD^{-3} \times 100) + (NCD^{-4} \times 1000)$

❖ Abondance (moyenne du nombre de colonies / horizon) :

$$\frac{NCE1 + NCE2 + NCE3}{3}$$

❖ Abondance (moyenne du nombre de colonies /parcelle) :

$$\frac{NCH1+NCH2}{2}$$

Annexe 5

A) Tableau d'analyse de la variance de l'abondance

	S.C.E	DDL	CM	TEST F	P
Var. Système	352,302	1	352,302	3,331	0,051
Var. Horizon	4,565	1	4,565	0,153	0,701
Var. Rotation	196,228	4	49,057	4,121	0,028
Var. Résiduelle	2028,45	39	147,44	/	/
Var. Totale	2581,545	45	553,364	/	/

B) Tableau d'analyse de la variance de la diversité.

	S.C.E	DDL	CM	TEST F	P
Var. Système	16,509	1	16,509	7,473	0,016
Var. Horizon	1,562	1	1,562	0,477	0,501
Var. Rotation	34,604	4	8,651	7,415	0,004
Var. Résiduelle	89,637	39	6,653	/	/
Var. Totale	142,312	45	33,375	/	/

C). Tableau d'analyse de la variance de l'abondance de Fusarium en fonction des systèmes et rotations

	S.C.E	DDL	CM	TEST F	P
Var. Système	357,143	1	357,143	2,227	0,158
Var. Rotation	1995,177	4	1995,177	9,032	0,002
Var. résiduelle	2852,985	25	215,619	/	/
Var. Totale	5205,305	30	2567,939	/	/

Résumé :

L'étude de la diversité et l'abondance des champignons phytopathogènes dans des sols conduits en semis-direct comparée au système conventionnel, a été étudié à travers l'analyse de plusieurs échantillons du sol provenant de différentes parcelles avec différents précédents culturaux et en fonction de deux horizons. Sur le plan diversité, les résultats révèlent la présence de 9 genres de champignons pathogènes et opportunistes tels que le *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Blumeria*, *Erysiphe*, *Helminthosporium* et *Cladosporium*. Sur le plan abondance, les résultats montrent une différence dans la richesse en espèce et en nombre des champignons pathogènes selon le système de conduite agricole. Nous avons constaté que le semis direct favorise le développement des champignons, particulièrement le *Fusarium*. En outre, le choix de la culture et de son emplacement dans la rotation constitue un élément important dans cette distribution, en effet la parcelle conduite en monoculture pendant 4 ans est avérée la plus infectée par rapport aux autres parcelles.

Mots clés : champignons phytopathogènes, précédent cultural, semis-direct.

Summary:

The diversity and abundance study of plant pathogenic fungi in soil conducted in-direct seeding (no tillage) plant pathogenic fungi compared to conventional system was studied through the analysis of various soil samples from different plots with different cropping history and function two horizons. In terms of diversity, the results indicate the presence of nine genera of fungi and opportunistic pathogens such as *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Blumeria*, *Erysiphe*, *Helminthosporium* and *Cladosporium*. In terms of abundance, the results show a difference in species richness and number of fungal pathogens as systems of farming practice. We found that direct seeding promotes the growth of fungi, particularly *Fusarium*. Furthermore, the choice of culture and its location in the rotation is an important element in this distribution, because the plot line for 4 years in monoculture was the most infected compared to other plots.

Keywords: plant pathogenic fungi, previous crop, direct seeding (no tillage).

ملخص:

أجريت دراسة تنوع ووفرة الفطريات المسببة للأمراض النباتية في التربة المزروعة عن طريق البذر المباشر مقارنة مع النظام التقليدي من خلال تحليل عينات من التربة أخذت من أراضي زراعية تختلف من حيث المحصول السابق، عمق العينة، النوع المزروع. من حيث التنوع، فإن النتائج تشير إلى وجود تسعة أجناس من الفطريات ومسببات الأمراض الانتهازية مثل *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Blumeria*, *Erysiphe*, *Helminthosporium*, *Cladosporium*. من حيث الوفرة، أظهرت النتائج فرقا في ثراء الأنواع وعدد مسببات الأمراض الفطرية وأنظمة ممارسة الزراعة. وجدنا أن البذر المباشر يعزز نمو الفطريات فيوزاريوم خاصة. وعلاوة على ذلك، إن اختيار النوع المزروع وموقعه في تناوب، عنصر مهم في هذا التوزيع، وذلك لأن تناوب نفس المزروع لمدة 4 سنوات في نفس القطعة هو أكثر إصابة مقارنة مع غيرها من التناوبات.

الكلمات الدالة: الفطريات المسببة للأمراض النباتية، الزرع المباشر، المحصول السابق.