

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master

Académique en sciences de la nature et de la vie

Option : phytopharmacie appliquée

Thème

Effet de la dilution d'un bioproduit à base de lombricompost sur les paramètres de croissance, de production et l'état phytosanitaire du blé dur "Triticum durum Desf" dans les conditions naturelles

Présenté par :

Melle. BENALI Amira
Mme. SALI Ouafa

Devant le jury composé de :

M ^{me} BABA AISSA.K	M.A.A	USDB	Présidente
M ^r . DJAZOULI. Z. E	M.C.B	USDB	Promoteur
M ^r . AROUN M.E.F	M.C.B	USDB	Co- promoteur
M ^{me} . AMMAD.F	M.C.B	USDB	Examinatrice

Année Universitaire 2015/2016

Remerciements

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq années de cursus nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple.

Tout d'abord, louange à « Allah » qui nous a guidé à suivre le bon chemin tout au long notre travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance et remerciements à notre promoteur le professeur **DJAZOULI.Z**, qui a fait preuve d'une grande patience et a été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail. Leurs conseils, leurs orientations ainsi que le soutien moral et surtout scientifique nous a permis de mener à terme ce projet. Leur encadrement était des plus exemplaires. Qu'elle trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude.

Nous adressons également nos remerciements à nous Co-promoteur monsieur le Professeur **AROUN M.E.F** pour la patience, l'aide et surtout les conseils judicieux et le sens du travail bien fait, prière de vous accepter le témoignage de nos sincères reconnaissances et pour l'enseignement.

Nos remerciements les plus profonds à notre enseignante Mme **BABA AISSA.K** pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury.

Nous tenons à exprimer notre plus vifs remerciements à Mme **AMMAD.F** d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous adressons également nos remerciements à tous nos enseignants, qui nous ont donné les bases de science.

Mes grands remerciements pour mes chers collègues de la promotion phytopharmacie appliqué.

Nous tenons à remercier Melle **DJAMAI Amina** technicienne au laboratoire de Zoologie, à tous l'encadrement de l'université Saad Dahleb Blida Département biotechnologie, et aux responsables de CCLS de l'Afroun.

Nous n'aurons pas oubliées de remercier beaucoup nos amies et nos collègues : B. Djihad et son père, K. Iman, M. Amel, B. Hamid Z. Islam, B. Mohamed et C. Mohamed pour tout l'aide matériel et surtout leur soutien moral au cours de ces dernières années. Merci pour leurs longues discussions, rires, moqueries tout le long de la route.

Enfin, Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à toutes les personnes, amis, qui nous a aidées par d'un sourire, d'une critique, d'un encouragement ou d'un service.

A tous, Un grand **MERCI**

DEDICACES

Je remercie notre dieu tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de finir ce modeste travail que je dédie, ma mère **FATIMA.Z**, mon père **ALI**, vous êtes pour moi une source de vie car grâce à vos sacrifices et votre affection je ne pourrais arriver jusqu'au bout. Que Dieu vous garde.

A mon mari **MOUHAMED** qui a été toujours présent pour moi

A mes frères (**AMINE, ABDOU** et **HOUCINE**), ma sœur **SOUMIA**, ma cousine **FATIMA** qui ont été toujours présent pour moi.

A ma belle famille **CHAABANE** qui sont toujours proche à moi et surtout ma belle mère (رحمها الله)

A mes professeurs **Mr DJAZOULI.Z, Mr ARROUN.M.E.F** qui m'ont enseigné, m'ont donné les meilleures conseils. Qui voilà trois ans m'ont encouragé à reprendre mes études. Et biensur le grand soutien moral.

Je dédie Melle **AMINA** technicienne de laboratoire de zoologie qui a fait un grand plaisir pendant ces dernières années. Sans oublier mes enseignants(es) de la spécialité de phytopharmacie.

A ma très chère amie et ma belle binome «**AMIRA**» qui j'ai partagé des moments des plus agréables qui m'a aidé dans toutes mes situations par sa gentillesse, sa patience et sa générosité.

A mes belles sœurs **HAYETTE** et **BAHIYA**, mes cousins et mes cousines

A tous ceux qui sont chères, proches de mon cœur et à tous ceux qui m'aiment et qui auraient voulu partager ma joie et ma tristesse: **DJIHAD, IMENE, AMEL, AMINA, FATIMA, KARIMA, NESRINE, ASMA, KAOUT HAR, ISLAM** et **HAMIDE**

A tout mes collègues de la spécialité de phytopharmacie et toutes les promotions de 2015 et de 2016.

Je dis: «un grand merci pour tous».

SALI OUAFA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À ma chère maman Djamila, qui est toujours pré de moi, m'encourage, me conseille, avec tous les moyens, aucun mot, ne peut exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as pas cessée de me donner depuis ma naissance, merci maman que dieu te garde et te protège

À mon très cher père Ramadan, source d'amour, d'affection, de générosité et de sacrifices, tu étais toujours le père de moi pour me soutenir; m'encourager et me guider avec les précieux conseils. Puisse «ALLAH» le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur

À ma sœur Nachida, son mari Yacine, et ses filles : Ikhlas et Ranime.

À ma sœur Asma, son mari Belkacem, et ses filles : Zineb et Asil.

À mon unique frère Hakim. Que «ALLAH» tu garde je te souhaite tout le bonheur qui te mérite.

À mes petites et chères sœurs pour leurs patiences et leurs sentiments d'amour Ikram et Madina, que dieu vous garde et illumine vos chemins.

À ma grande mère paternelle et ma grande mère maternelle.

À mon très cher ami et collègue de travail, le personne qui a beaucoup sacrifier pour moi et qui je remercie énormément Mohamed.

À mes très chers ami(e)s : Amel, Djihad, Iman, Nadjat, Nabila, Amina, Islem, Hamid

À mon promoteur Mr DJAZOULI.Z qui m'ont enseigné, m'ont donné les meilleures conseils.

À mon binôme et ma très chère amie Ouafa, et son mari.Mohamed.

À mes cousines et mes cousins.

À tout membre de ma famille.

À toute la promotion de phytopharmacie 2013-2016.

Amira

Effet de la dilution d'un bioproduit à base de lombricompost sur les paramètres de croissance, de production et l'état phytosanitaire du blé dur "Triticum durum Desf " dans les conditions naturelles

Résumé

Le lombricompost exerce un effet bénéfique sur la croissance des plantes en stimulant des mécanismes de défense inductible chez l'hôte, rendant celle-ci moins susceptible vis-à-vis des attaques de ravageurs. L'objectif de notre recherche est d'évaluer les effets des différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost sur les traits morphologiques de croissance et de production ainsi que l'état phytosanitaire du blé dur *Triticum durum*.

La fluctuation temporelle des traits de croissance du blé dur sera exposée en réaction aux différentes dilutions du jus de lombricompost formulé. Nous avons considéré le nombre de talle, le nombre de feuilles, la croissance de la partie aérienne et la croissance de la partie souterraine comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude du lombricompost à augmenter la production de la phytomasse chez le blé dur.

Les résultats de cette étude ont révélé que les valeurs recueillies montrent l'effet apparent des dilutions sur le nombre de talle, la croissance en longueur de la partie aérienne et de la partie souterraine par comparaison au témoin. Sur le plan des paramètres de production, les résultats affichent un avantage en nombre d'épis chez les traités par rapport au témoin. En revanche, l'application foliaire des deux dilutions permet d'avoir une installation timide du puceron de l'épi.

Mots clefs

Dose, Biofertilisants, défense naturelle des plantes, Semis, Traitement.

Effect of dilution of a bioproduct based vermicompost on growth parameters, production and plant health of durum wheat "Triticum durum Desf " in natural conditions Abstract

Abstract

Vermicompost have a beneficial effect on plant growth by stimulating inducible defense mechanisms in the host, making it less susceptible against pest attacks. The objective of our research is to assess the effects of different dilutions of biofertilisant formulated on the basis of juice of earthworm droppings on the morphological traits of growth and production as well as the phytosanitary status of the durum wheat *Triticum durum*.

Our results have helped to detect that the variation of the parameters of growth and production as well as the state of health of the durum wheat has been evolved under the effect of different dilutions of the JUICE of earthworm droppings formulated in natural conditions.

The results of this study revealed that the values collected show the apparent effect of the dilutions on the number of Talle, the growth in length of the aerial part and the underground part by comparison to the witness. On the plan. Production parameters, the results displayed an advantage in number of spikes in the Treaty by report to the witness. On the other hand, the foliar application of two dilutions allows having a facility shy of the aphid from the spur.

Key words

Dose, Biofertilisants, natural plant defense, seedling Treatment

تأثير المنتج الطبيعي المخفف و المستخلص من عصير **Lombricompost** على معايير النمو ، الإنتاج وصحة النبات للقمح الصلب وفق الظروف الطبيعية

ملخص

Lombricompost له تأثير إيجابي على نمو النباتات و ذلك عن طريق تنشيط آليات الدفاع، مما يجعلها أقل عرضة ضد هجمات المتلفين. والهدف من بحثنا هو تقييم التأثيرات المختلفة من المخصبات الطبيعية المخففة و المستخلصة من عصير **Lombricompos** على أساس الصفات المورفولوجية للنمو والإنتاج وكذلك الحالة الصحية للقمح الصلب.

التغيرات الزمنية لصفات النمو لدى القمح الصلب تعرض ردة فعل على التخفيفات المختلفة المحضرة. وقد إعتبرنا عدد السيقان، عدد الأوراق، نمو الجزء العلوي ونمو الجذور كعوامل مع القدرة على كشف كفاءة **Lombricompost** على زيادة إنتاج الكتلة الحيوية النباتية للقمح الصلب.

وقد كشفت نتائج هذه الدراسة إلى أن البيانات التي تم جمعها تظهر تأثيراً واضحاً للتخفيف على عدد السيقان، نمو الجزء العلوي ونمو الجذور مقارنةً بالمجموعة الشاهدة. على أرضية الميدان، مؤشرات الإنتاج قد بينت تأثيرات إيجابية في عدد السنابل المعالجة مقارنةً مع نتائج القمح الشاهد. ومع ذلك، فإن كلاً من المستخلصات المطبقة على القمح تسمح بإقامة حشرة المن (PUCERON).

كلمات مفتاحية

جرعة ,مخصب طبيعي ,دفاع الطبيعي للنباتات ,زرع ,علاج

Table de matière

Titres	Pages
INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	02
I.1. Présentation du blé	
I.1.1. Origine génétique et géographique du blé dur	
I.1.2. Classification botanique	
I.1.3. Les caractères morphologiques	
I.1.3.1. Appareil racinaire	
I.1.3.2. Appareil aérien	
I.1.3.2.1. La tige	
I.1.3.2.2. La feuille	03
I.1.3.3. Appareil reproducteur	
I.1.3.3.1. Les fleurs	
I.1.3.3.2. Le grain	
I.1.4. Cycle de développement du blé dur	
I.1.4.1. La période végétative	04
I.1.4.1.1. Phase germination- levée	
I.1.4.1.2. Phase levée-tallage	05
I.1.4.2. La période reproductrice	
I.1.4.2.1. Phase montaison et le gonflement	
I.1.4.2.2. La phase épiaison	06
I.1.4.2.3. La phase floraison – fécondation	
I.1.4.2.4. La phase de maturation	
I.1.4.2.5. Phase maturité complète	
I.1.5. Les exigences du blé	07
I.1.5.1. Le phosphore	
I.1.5.1.1. Importance du phosphore	
I.1.5.1.2. Rôle physiologique du phosphore	
I.1.5.1.3. Rythmes d'absorption du phosphore par la plante	
I.1.5.1.4. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures	08
I.1.5.2. L'azote	
I.1.5.2.1. Rôle physiologique de l'azote	
I.1.5.2.2. L'azote dans le blé	
I.1.5.2.3. Formes d'azote absorbé par les plantes	09
I.1.5.3. Le potassium	
I.1.5.3.1. Rôle physiologique du potassium	
I.1.5.3.2. Mode d'alimentation potassique de la plante	10

I.1.5.3.4. Sources du potassium	
I.1.6. Les principaux ravageurs sur blé dur	
I.1.6.1. Les nématodes	
I.1.6.2. Les insectes	
I.1.6.2.1. La mouche de Hesse	
I.1.6.2.2. Les pucerons	
I.1.6.2.3. Les punaises	11
I.1.7. Les principales maladies du blé dur	
I.1.7.1. Les champignons	
I.1.7.2. Bactéries	
I.1.7.3. Virus	12
I.2.1. La stimulation de défenses naturelles des plantes (SDN)	13
I.2.2. Intérêt des SDN en protection des plantes.	
I.2.2.1. Intérêt technique	
I.2.2.2. Intérêt environnemental	14
I.3. Lombricompost	15
I.3.1. Le ver du compost	
I.3.2. Vermicompostage	
I.3.3. Le compost	
I.3.4. Le jus de compost	16
I.3.5. La valeur du lombricompost	
I.3.5.1. Teneur en éléments nutritifs assimilables par les végétaux	
I.3.5.2. Teneur en microorganismes bénéfiques	
I.3.5.3. Capacité à stimuler la croissance des végétaux	17
I.3.5.4. Capacité à repousser les ravageurs	
I.3.5.5. Capacité de résistance aux maladies	
I.4. La formulation des produits	
I.4.1 Définition de la formulation.	18
I.4.2. Les composants d'un produit formulé	
CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES	
II.1. Présentation de la région d'étude	20
II.1.1. Situation géographique de la Mitidja	
II.1.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude	21
II.2. Caractéristiques stationnelle	23
II.3. Matériel d'étude	24
II.3.1. Matériel végétal	
II.3.2. Biofertilisant formulé à base de jus de	25

lombricompost brut	
II.4. Méthodes d'étude	
II.4.1. Dispositif expérimental et application des traitements	26
II.4.2. Prélèvement et évaluation de l'effet du biofertilisant	28
II.5. Analyses statistiques des résultats	29
CHAPITRE III: RÉSULTATS	30
III.1. Présentation générale de l'effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur le blé dur	
III.2. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les paramètres de croissance du blé dur	31
III.2.1. Effet sur le nombre de talle	
III.2.2. Effet sur le nombre de feuilles	32
III.2.3. Effet sur la longueur de la partie aérienne	33
III.2.4. Effet sur la longueur de la partie racinaire	35
III.3. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les paramètres de production du blé dur	36
III.3.1. Effet sur le nombre d'épi	
III.3.2. Effet sur la maturation des graines	39
III.4. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur l'installation du puceron de l'épi du blé dur <i>Sitobion avenae</i>	41
III.5. Optimisation de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur la production de la phytomasse du blé dur	42
CHAPITRE IV : DISCUSSION GENERALE	45
IV.1. Effet des dilutions sur les paramètres de croissance du blé dur	
IV.2. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les paramètres de production du blé dur	46
IV.3. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur l'installation du puceron de l'épi du blé dur <i>Sitobion avenae</i>	
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVE	47

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1	Teneur en éléments minéraux de quelques plantes	07
Tableau 2	Exportation du blé en phosphore	08
Tableau 3	Les types d'adjuvants et leurs activités	19
Tableau 4	Température mensuelles moyennes et précipitation enregistrées à Boufarik durant la période d'expérimentation	21
Tableau 5	Caractéristique du Blé dur	24
Tableau 6	Valeurs moyennes (\pm SD) des paramètres de croissances et de production ainsi que l'état d'infestation par le puceron de l'épi <i>Sitobion avenae</i>	30
Tableau 7	Régressions multiples appliquée à l'effet des dilutions du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les traits de croissance et de production du blé dur	42

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 1	Cycle de développement du blé	04
Figure 2	Les principales maladies cryptogamiques du blé dur	12
Figure 3	Lombric composteur	15
Figure 4	Localisation géographique de la plaine de la Mitidja	20
Figure 5	Localisation de la région d'étude dans le Climagramme d'EMBERGER (période 2001-2015)	22
Figure 6	Photo satellite de la parcelle d'étude et travaux de culturaux	23
Figure 7	Dispositif de production du jus de lombricompost	25
Figure 8	Préparation du lit de semis	26
Figure 9	Dispositif expérimental	26
Figure 10	Caractéristiques des parcelles expérimentales de l'essai	27
Figure 11	Mode d'apport des traitements	27
Figure 12	Présentation de la parcelle d'étude en phase de croissance végétative du blé dur	28
Figure 13	Méthode d'estimation des traits croissance et de production des plantules du blé dur	28
Figure 14	Variation du nombre de talle sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	31
Figure 15	Etude comparée du tallage du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	32
Figure 16	Variation du nombre de feuilles sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	32
Figure 17	Etude comparée du nombre de feuilles du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	33
Figure 18	Variation de la croissance en longueur du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de	34

	lombricompost formulé	
Figure 19	Etude comparée de la croissance en longueur du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	34
Figure 20	Variation de la croissance racinaire du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	35
Figure 21	Etude comparée de la croissance racinaire du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost	36
Figure 22	Variation de production d'épis chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	37
Figure 23	Etude comparée de la production d'épis chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	38
Figure 24	Effets temporel des dilutions du jus de lombricompost formulé sur la production d'épis chez le blé dur	38
Figure 25	Etude comparée de la maturation des graines chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	39
Figure 26	Variation de la maturation des graines chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	40
Figure 27	Variation des abondances du puceron de l'épi du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	41
Figure 28	Etude comparée des abondances du puceron de l'épi du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé	41
Figure 29	Relations entre les dilutions du bifertilisant et les traits de croissance et de production	43

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abréviation	Signification
Ab	Attaque bioagresseurs
ANOVA	Analyses Of Variance
DAR	décal avant récolte
G	gramme
G.L.M	Modèle linéaire global
IPM	Integrated Pest Management
I.T.A.F	Institut Technique d'Arboriculture Fruitière
K	potassium
LMR	limite maximale de résidus
Mg	Milligramme
Ms	Masse
N	Azote
P	Phosphore
P₂O₅	Phosphorus pentoxide
Q	Quartile
Rdt	Rendement
S	Stade
S.D.N	stimulation de défenses naturelles des plantes

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Depuis sa découverte et sa domestication par les cultivateurs des premières civilisations, le blé a toujours été au cœur d'enjeux politiques, économiques et sociaux de premier rang (**Roudart, 2006**). Le blé est aujourd'hui considéré parmi les récoltes les plus avancées dans le monde, avec une production annuelle excédant les 606 millions de tonnes pendant la dernière décennie (FAO, 2016). Cette importance s'explique par deux aspects différents, l'un économique et l'autre culturel (**Hawkes, 2004**). Pendant le siècle passé la production du blé avait augmenté d'une manière générale.

En Algérie, les céréales d'hiver, et particulièrement les blés, sont à la base de l'alimentation humaine. Elles font partie du paysage agricole et socioculturel de l'Algérie. Elles occupent les plus grandes superficies et son grain constitue la base de l'alimentation des populations (**Hamadach et al., 1998**). Malgré l'importance relative des superficies emblavées, la production céréalière algérienne reste insuffisante comparativement aux potentialités productives et des besoins du pays. Ceci est dû en partie aux conditions difficiles du milieu de production et à la faiblesse du potentiel génétique du matériel végétal utilisé (**Hachemi et al., 1978**), mais aussi et surtout à la prévalence de plusieurs stress biotiques tels que les maladies cryptogamiques qui contribuent en grande partie à la perte de rendement variant en fonction de l'ampleur des incidences et sévérités d'attaque de ces différents pathogènes.

Les biofertilisants enrichissent la nourriture de la plante mais l'on a également découvert qu'ils protègent la plante en agissant comme mécanisme de défense. Cette défense pourrait être due à différents facteurs, à savoir, par exemple, qu'une plante mieux nourrie est plus résistante contre l'attaque des bioagresseurs, les champignons, les bactéries. (**Primavesi, 1989**).

Les études qui suivent ont été menées à la station agronomique département de biotechnologie de la faculté des sciences de la nature à l'université de BLIDA 1. Ce mémoire est divisé en quatre chapitres. Le premier est consacré aux recherches bibliographiques, qui s'articulent autour de quelques informations sur le blé dur, généralité sur la stimulation de défenses naturelles des plantes (SDN), lombricompost et ces intérêts et La formulation des produits Le deuxième chapitre décrit les différentes étapes de l'expérimentation en plein champ en décrivant le matériel végétal, le matériel et les techniques utilisées. expérimentales employées. La présentation et la discussion des résultats sont données dans Le troisième chapitre Une interprétation des résultats obtenus suivie un quatrième chapitre d'une discussion générale qui relie les données bibliographiques, suivie d'une conclusion générale, qui fait le point sur le niveau de réponse aux objectifs fixés et sur les perspectives envisagées pour compléter et faire évoluer ce travail.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Présentation du blé

I.1.1. Origine génétique et géographique du blé dur

Le blé dur comme le blé tendre appartiennent au genre *Triticum*. Ce genre comporte de nombreuses espèces autres que le blé, qui se répartissent en trois groupes distincts selon leur nombre de chromosomes : Le groupe diploïde ($2n = 14$ chromosomes) ou groupe de *Triticum monococcum* (engrain, en langage courant). Le groupe tétraploïde ($2n = 28$ chromosomes) ou groupe de *Triticum dicoccum* (amidonnier), dans lequel on trouve *T. durum*; (blé dur), Le groupe hexaploïde ($2n = 42$ chromosomes) ou groupe de *Triticum sativum*, auquel appartient *T. sativum* (blé tendre), ou encore appelé *T. vulgare* (**Anonyme, 1981**).

Les recherches archéologiques ont montré que la domestication des différentes espèces de blé par l'homme du néolithique s'est faite à l'intérieur du centre de répartition géographique des ancêtres sauvages du blé, il y a plus de 10 000 ans (**Brown et al., 1999**). Les blés sauvages tétraploïdes, comme l'Emmerl et l'Amidonnier, présentent des grains entourés par une coque (hull), d'où leur nom de blé coque (**Smith, 1996**). Ils sont, largement répandus au Proche-Orient (**Bozzini, 1988**). Comparativement aux blés diploïdes, leurs grands épis et leurs gros grains, les rendaient beaucoup plus intéressants pour la domestication (**Feldman, 2001**). La culture du blé dur, est apparue entre 9000 et 7000 ans avant J.C. dans la région qui s'étend sur la Palestine, la Syrie, la Turquie, l'Iran et l'Iraq (**Dubcovsky et Dvorak, 2007**). Elle a commencée à se répandre au-delà de cette région au cours de la période néolithique, pour atteindre la mer Egée, le sous-continent indien, l'Afrique et l'Europe, selon les mouvements migratoires des peuplades d'antan (**Wayne, 1995**).

I.1.2. Classification botanique

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille, qui sont caractérisées par des critères morphologiques particuliers. Le blé dur est une monocotylédone qui obéit à la classification suivante (**Prats, 1960 ; Crête, 1965 ; Bonjean et Picard, 1990 ; Feillet, 2000**):

Embranchement: Spermaphytes
S/Embranchement : Angiospermes
Classe: Monocotylédones
Super Ordre: Commeliniflorales
Ordre: Poales

Famille: Graminacée
Tribu: Triticeae
Sous tribu: Triticinae
Genre: *Triticum*
Espèce: *Triticum durum* Desf

I.1.3. Les caractères morphologiques

I.1.3.1. Appareil racinaire

La racine du blé est fibreuse. A la germination, la radicule ou racine primaire, et un entre-nœud sub-coronal émergeant du grain. Cet entre-nœud évolue vers la formation d'un collet près de la surface du sol. Le système racinaire secondaire peut être assez développé, s'enfonçant à des profondeurs atteignant jusqu'à deux mètres. Il apporte les éléments nutritifs à la plante (**Soltner, 1988**).

I.1.3.2. Appareil aérien

I.1.3.2.1. La tige

La tige ou talle de la plante est cylindrique, comprend cinq ou six inter-nœuds, qui sont séparés par des structures denses appelées nœuds d'où naissent les feuilles. La tige est creuse ou pleine de moelle (**Soltner, 1988**).

I.1.3.2.2. La feuille

Les feuilles sont à nervures parallèles. Le limbe possède souvent à la base deux prolongements aigus embrassant plus ou moins complètement la tige : les oreillettes ou stipules à la soudure du limbe et de la graine peut se trouver une petite membrane non vasculaire entourant en partie le chaume (**Belaid, 1986**). La feuille terminale a un rôle primordial dans la reproduction (**Soltner, 1988**).

I.1.3.3. Appareil reproducteur

I.1.3.3.1. Les fleurs

Elles sont regroupées en une inflorescence composée d'unités morphologiques de base : les épillets. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole (**Soltner, 1988**).

I.1.3.3.2. Le grain

Le grain de blé (caryopse) montre une face dorsale creusée d'un profond sillon qui s'allonge du sommet à la base. Le caryopse est surmonté d'une brosse. L'embryon est situé au bas de la surface dorsale. Le grain comporte trois parties : l'enveloppe du grain (péricarpe), l'enveloppe du fruit (assise protéique), l'endosperme (albumen), et le germe ou embryon (**Soltner, 1988**).

I.1.4. Cycle de développement du blé dur

En général, toutes les céréales ont le même cycle de développement. Le développement représente l'ensemble des modifications phénologiques qui apparaissent au cours du cycle de la culture. Les dates de déclenchement des stades de développement dépendent essentiellement des températures et des photopériodes accumulées par la culture depuis sa germination. Trois périodes repères caractérisent le développement du blé à savoir : la période végétative, reproductrice et période de formation du grain et maturation (**Bouffenaar et al., 2006**). (fig.1)

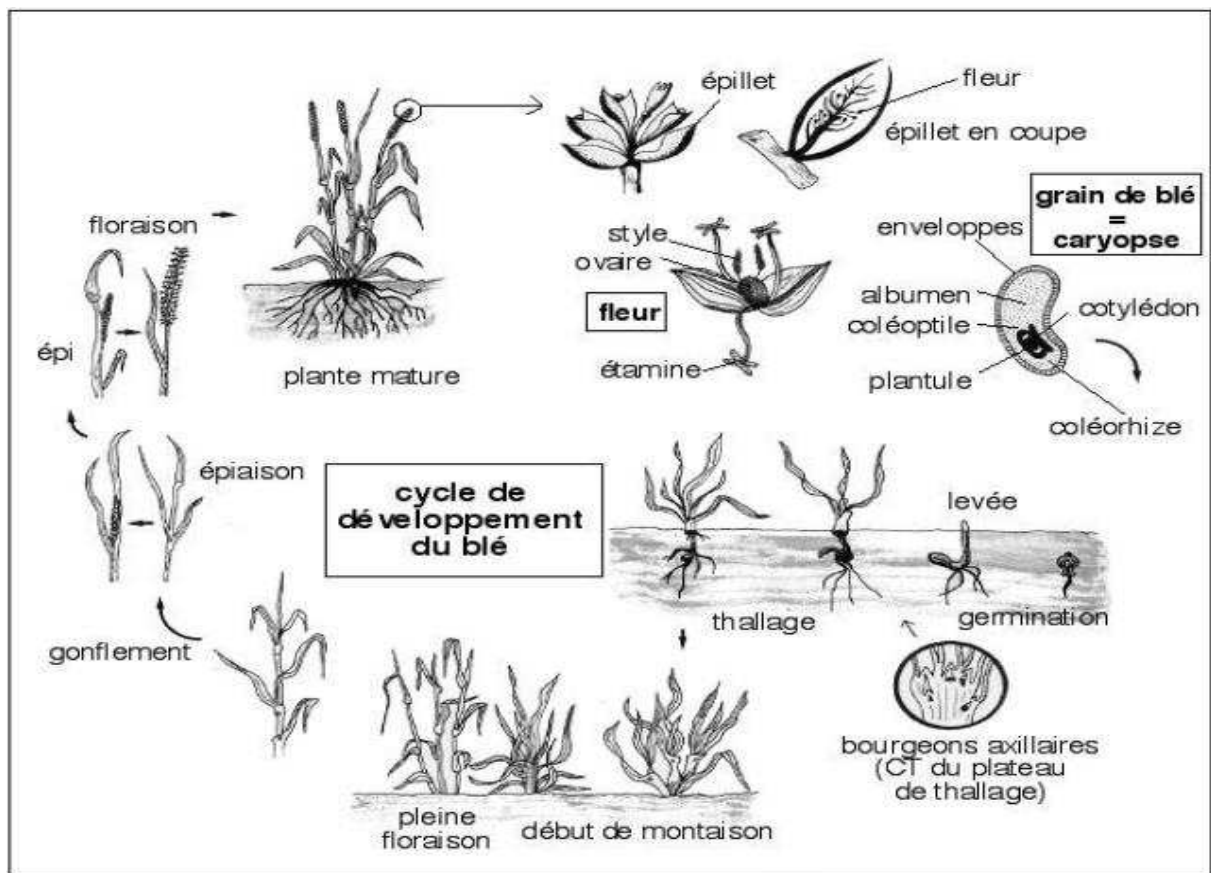


Figure1 : Cycle de développement du blé (Henry et De Buyser, 2000)

I.1.4.1. La période végétative

Elle débute par le passage du grain de l'état de vie ralentie à l'état de vie active au cours de la germination qui se traduit par l'émergence de la racicule et des racines séminales et celle de l'élongation de la coléoptile. Elle se divise en deux phases dont leur durée s'étale jusqu'au fin tallage avec une croissance complètement végétative (**Bouffenaar et al., 2006**).

I.1.4.1.1. Phase germination- levée

La germination de la graine nécessite deux conditions: *(i)* il faut que la graine soit capable de germer c'est à dire qu'elle est fertile. *(ii)* Le sol doit fournir à la graine l'eau et l'oxygène et la chaleur nécessaires pour sa germination (**Soltner, 2005**).

I.1.4.1.2. Phase levée-tallage

C'est un mode de développement propre aux graminées qui comprend deux stades:

Stade de formation du plateau de tallage : C'est le phénomène de "pré tallage" dans lequel le deuxième entre nœud qui porte le bourgeon terminal s'allongé à l'intérieur de la coléoptile. Il stoppe sa montée à 2 centimètres sous la surface quelle que soit la profondeur du semis, à ce niveau il y aura l'apparition d'un renflement : c'est le futur plateau de tallage. (**Soltner, 2005**).

Stade d'émission des talles : à l'aisselle des premières feuilles du blé des bourgeons axillaires entre alors en activité pour donner de nouvelles pousses : les talles (**Soltner, 2005; Gate, 1995**). Durant cette phase, la plante se base dans leur alimentation sur les ressources de la graine et l'azote du sol parce que ses besoins sont faibles en éléments minéraux notamment l'azote jusqu'au stade 2-3 feuilles (**Austin et al., 1975**) in **Cherfia (2010)**. D'après **Masle (1981)**, une alimentation azotée limitante pour la plante se manifeste simultanément par l'interruption du processus de tallage herbacé et par une réduction de la croissance des talles existantes.

I.1.4.2. La période reproductrice

C'est la formation et la naissance de l'épi. Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex. Ce stade marque la fin de la période végétative et l'acheminement vers la fonction de la reproduction (**Bouffenaar et al., 2006**).

I.1.4.2.1. Phase montaison et le gonflement

Durant cette phase, il y a l'allongement des entre nœuds d'un certain nombre de talles herbacées. Les talles les plus âgées se trouvent couronnées par des épis alors que les talles suffisamment avancée meurent par la suite (**Masle, 1981**). Cette phase est marquée par un agrandissement de la demande en eau, lumière et l'azote (**Clement et al., 1975, Gate, 1995**).

La durée de cette phase est très peu variable, de 28 à 30 jours. Elle se termine au moment de la différenciation des stigmates des fleurs (**Bouffenaar et al., 2006**). A partir de la montaison, les besoins en azote deviennent très importants et déterminent le nombre d'épis, le nombre de grain par épi et le poids maximal du grain (**Hebert, 1975**).

I.1.4.2.2. La phase épiaison

Cette période commence dès que l'épi apparaît hors de sa graine foliaire et se termine quand l'épi est complètement libéré (**Maume et Dulac, 1936**). La durée de cette phase est de 7 à 10 jours. Elle dépend des variétés et des conditions du milieu, (**Martin- Prevel, 1984**). C'est la phase où la culture atteint son maximum de croissance.

I.1.4.2.3. La phase floraison – fécondation

Elle est déterminée par la sortie des étamines hors des épillets. La fécondation est accomplie lorsque les anthères sortent des glumelles. Le nombre de fleurs fécondées dépend de la nutrition azotée et d'une évapotranspiration pas trop élevée (**Soltner, 1988**).

I.1.4.2.4. La phase de maturation

Cette phase est caractérisée par le grossissement du grain, l'accumulation de l'amidon et les pertes de l'humidité des graines qui marque la fin de la maturation. Cette phase de maturation dure en moyenne 45 jours (**Soltner, 1988**).

Les graines vont progressivement se remplir et passer par différentes stades :

Maturité laiteuse : ce stade est caractérisé par la migration des substances de réserves vers le grain et la formation des enveloppes. Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive

Maturité pâteuse : durant cette phase les réserves migrent depuis les parties verts jusqu'aux grains. La teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue. Quand le blé set mûr le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves

I.1.4.2.5. Phase maturité complète

Après le stade pâteux, le grain mûrit, se déshydrate. Il prend une couleur jaune, durcit et devient brillant. Ce stade est sensible aux conditions climatiques (**Soltner, 1988**).

I.1.5. Les exigences du blé

I.1.5.1. Le phosphore

I.1.5.1.1. Importance du phosphore

Le phosphore est un élément fondamental parmi les trois éléments majeurs (N, P, K) apportés par les engrais. Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale (**Duthil, 1973**). Mais il est beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique. Sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote. La teneur des végétaux en phosphore est soumise à des variations fort importantes ; elle dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé ; elle dépend également, mais dans une moindre mesure, de la richesse du sol en P_2O_5 ; elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique (tabl 1) (**Gervy, 1970**).

Tableau 1: Teneur en éléments minéraux de quelques plantes (Duthil, 1973)

Espèces végétales	Partie de la plante	N (% MS)	P_2O_5 (% MS)	K_2O (% MS)
Blé	-Graine	1,10-2,30	0,70-1,1	0,35-0,70
	-Paille	0,30-0,60	0,15-0,25	1,00-1,60
Orge	-Graine	1,10-1,73	0,88-0,98	0,50-0,66
	-Paille	0,33-0,60	0,31-0,47	0,65-1,50

I.1.5.1.2. Rôle physiologique du phosphore

Le phosphore joue également plusieurs rôles dans la vie des plantes. Il est considéré comme un constituant essentiel des chromosomes. Il intervient partout où il y a multiplication cellulaire d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue également un rôle déterminant dans le transfert d'énergie. Il est indispensable à la photosynthèse et aux processus chimico-physiologiques de la plante (**Lambert, 1979**).

Moughli montre en 2000 que le phosphore participe dans :

- (i) la maturation des grains de céréales. Des teneurs élevées en phosphore réduit le temps de maturité et donne une paille plus solide.
- (ii) la formation des graines qui nécessite des quantités importantes de phosphore stockées dans les semences.
- (iii) la stimulation de la croissance des racines nécessite un apport localisé de phosphore (et nitrate) qui entraîne une prolifération des racines dans cette zone.

I.1.5.1.3. Rythmes d'absorption du phosphore par la plante

La nutrition phosphatée des plantes ne peut être assurée que par du phosphore présent sous forme de phosphates (**Fardeau, 1993**). Les prélèvements de phosphore par les végétaux, lors de leurs premiers stades de développement, sont extrêmement réduits.

C'est ainsi qu'un blé d'hiver, du semis jusqu'à la fin du tallage, ne puise que tout au plus 1 g de P/m² dont 1/10 était déjà contenu dans le grain semé. Puis la marche des prélèvements s'accélère rapidement et passe au rythme de 400 g/ha/jour de P soit près de 1 Kg P₂O₅/ha/jour pendant les périodes de montaison et d'épiaison (**Gervy, 1970**). L'absorption des éléments nutritifs par les cultures varie selon le stade végétatif. Les céréales à croissance rapide absorbent l'azote et le potassium au rythme journalier de 5 Kg/ha et le phosphore en quantité dix fois plus faibles (**Buckman, 1990**). (tab2).

Tableau 2: Exportation du blé en phosphore (Vilain, 1997).

Culture	Nature de produit	P ₂ O ₅ prélevé (% MS)	Rdt (q/ha)
Blé	Grain	0.9	50
	Plante entière	1.2	

I.1.5.1.4. Exigences nutritionnelles en phosphore des cultures

En générale l'absorption du phosphore par les plantes est à peu près terminée vers la fin de la période de croissance maximale. La production de 1 g de matière sèche par une plante requiert un prélèvement d'environ 3 mg de P (**Fardeau, 1993**).

I.1.5.2. L'azote

I.1.5.2.1. Rôle physiologique de l'azote

Soltner en 2003 signale que l'azote est l'élément nutritif le plus déficient dans les systèmes de productions agricoles à travers son rôle dans: L'azote est donc nécessaire à tous les stades de la plante: jeune, croissance, reproduction et mise en réserve. La synthèse de la matière vivante à partir de la matière minérale. Il est un constituant essentiel du cytoplasme qui favorise la synthèse des glucides grâce à l'augmentation du nombre de chloroplastes. Il permet la constitution des réserves azotées dans les graines, la multiplication cellulaire donc la croissance des tissus, la multiplication des chloroplastes. C'est un facteur de rendement, et parfois de qualité, puisque il augmente la teneur en protéines des céréales.

I.5.2.2. L'azote dans le blé

L'action de l'azote sur les céréales dépend surtout de l'époque de son apport. En effet, tous les chercheurs dont **Remy et Viaux (1980)** qui se sont préoccupés des apports azotés admettent que pour avoir de bons résultats, il est nécessaire que l'azote soit disponible en quantité suffisante sous forme assimilable au début montaison. Lors du gonflement floraison, la matière végétale augmente rapidement et par conséquent les besoins en azote du blé deviennent importants (**Grignac, 1981**). Un manque en azote à cette période se traduit par une floraison précoce qui peut répercuter sur les rendements. Pendant la maturation, l'azote minéral du sol en quantité insuffisante ne peut pas couvrir les besoins du blé (**Masle et Meynard, 1981**).

I.5.2.3. Formes d'azote absorbé par les plantes

En 2003, **Soltner** précise que dans les sols agricoles, l'azote se trouve à une proportion de 95 % sous forme organique. L'azote sous forme minérale, forme essentiellement assimilable par les plantes, ne représente que 100 à 200 Kg par hectare dans les régions tempérées. Les plantes absorbent les formes ioniques solubles dans la solution du sol seulement qui se trouvent sous formes de Nitrate (NO_3^-) qui constitue la forme préférentielle d'absorption de l'azote par les cultures et l'Ammonium (NH_4^+) dont une grande partie dans le sol est convertie en nitrate par les microorganismes du sol. D'autres parties sont absorbées directement par les racines.

I.1.5.3. Le potassium

I.1.5.3.1. Rôle physiologique du potassium

Le potassium est un élément très mobil dans le végétal, dont il joue un rôle multiple. Il intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules. Il régulerait l'échange intracellulaire, active la photosynthèse, participe dans la formation des protéines, interviennent dans les processus d'évolution des composés azotés et favorise leur migration vers les organes de réserves. Il diminue les besoins des plantes en eau, permet une meilleure résistance au froid et à la verse comme il favorise l'effet des autres éléments, en particulier l'azote (**Cottignies, 1977**).

En physiologie végétale, il est le cation le plus important, en quantité mais aussi au regard de ses nombreuses fonctions biochimiques et physiologiques. Pourtant, il est le seul élément majeur, indispensable qui ne soit pas un constituant des biomolécules. Sa présence est nécessaire à la turgescence cellulaire et au maintien du pH pour de nombreuses synthèses dans le cytoplasme. Mais le trait majeur du potassium est sa rapidité d'absorption par les tissus des plantes. (**Gerardeaux.2009**). Le potassium compense le déficit de lumière ; une double dose

de potassium remplace le soleil car le potassium augmente la teneur en chlorophylle et donc stimule l'intensité de l'assimilation (**Bayens, 1967 in Adjabi, 1992**).

I.1.5.3.2. Mode d'alimentation potassique de la plante

L'absorption du potassium par les plantes s'effectue essentiellement à l'état ionique libre (**Lemee, 1978**). La quantité absorbée n'est pas constante au cours de la vie des plantes ; en général elle est d'autant plus forte que le développement végétal est intense.

Chez beaucoup des plantes cultivées, l'absorption potassique est en avance par rapport à la formation de matière sèche; c'est le cas des céréales (**Cottignies, 1977**).

La concentration du potassium dans la solution du sol contrôle d'après largement sa diffusion vers la plantes cultivées et son prélèvement (**Mengel et Kerkby, 1982**).

Sekhon (1983) considère que ce mouvement peut aussi être influencé par l'humidité du sol lors de la croissance du végétal.

I.1.5.3.4. Sources du potassium

Les principales sources de potassium sont les minéraux primaires et la matière organique. Les minéraux primaires potassiques contient la part entière du potassium on le trouve surtout dans les feldspaths et les micas localisé dans le réseau cristallin, mais il peut se trouver dans certains nombre de minéraux non potassique tel que les plagioclases. (**Duchaufour, 1979**).

I.1.6. Les principaux ravageurs sur blé dur

D'après **Jacquemin et al., (2009)**, d'autres ravageurs sporadiques peuvent être observés dans les céréales, comme des mineuses, plusieurs espèces de cécidomyies, des thrips et même des rongeurs, des oiseaux ou des nématodes (**Moule, 1971**).

I.1.6.1. Les nématodes

Les nématodes sont connus comme étant des ravageurs des céréales depuis plus de 300 ans, mais leur capacité à transmettre les viroses n'a été découverte que récemment (**Zilinsky, 1983**).

I.1.6.2. Les insectes

Les insectes ravageurs des céréales causent des dégâts importants sur blé. Ils occasionnent des dégâts aux plantes soit directement en les consommant, soit indirectement en tant que vecteurs de maladies (**Boulal et al., 2007**).

I.1.6.2.1. La mouche de Hesse

Ce parasite s'attaque surtout aux jeunes plantules et affecte le tallage herbacé. (**Boulal et al., 2007**)

I.1.6.2.2. Les pucerons

Deux espèces sont importantes : *Sitobion avenae* et *Rhopalosium padi*. Cette dernière espèce pullule à la montaison, mais elle est surtout à craindre en automne, comme vecteur du virus de la jaunisse nanisante de blé (**Capisano, 1997 in Fritas, 2012**).

I.1.6.2.3. Les punaises

Les dégâts sont souvent occasionnés au tallage, à l'épiaison et sur les grains (**Oufroukh et Hamadi, 1993 in Fritas, 2012**).

I.1.7. Les principales maladies du blé dur

I.1.7.1. Les champignons

L'infection par les champignons pathogènes peut être à l'origine de maladies provoquant des pertes assez importantes à la culture de blé. Les champignons, pouvant s'adapter à tous les milieux, absorbent les éléments nutritifs qu'ils puisent dans les tissus de l'hôte. Parmi ces champignons on distingue (**Prescott et al., 1987**): L'oïdium (fig. 2a), Fusarioses de l'épi (fig. 2b), La Septoriose (fig. 2c), Les Rouilles. (La rouille brune (fig. 2e), c. La rouille jaune (fig. 2f), La rouille noire (fig. 2g)

I.1.7.2. Bactéries

Ces micro-organismes pathogènes peuvent être disséminés par les insectes, le vent ou l'eau. Des blessures superficielles ou des stomates ouverts permettent aux bactéries de pénétrer dans les tissus de la plante hôte. Elles envahissent le système vasculaire ou les espaces intercellulaires et provoquent des nécroses par les toxines ou les enzymes qu'elles sécrètent. (**Prescott et al., 1987**).

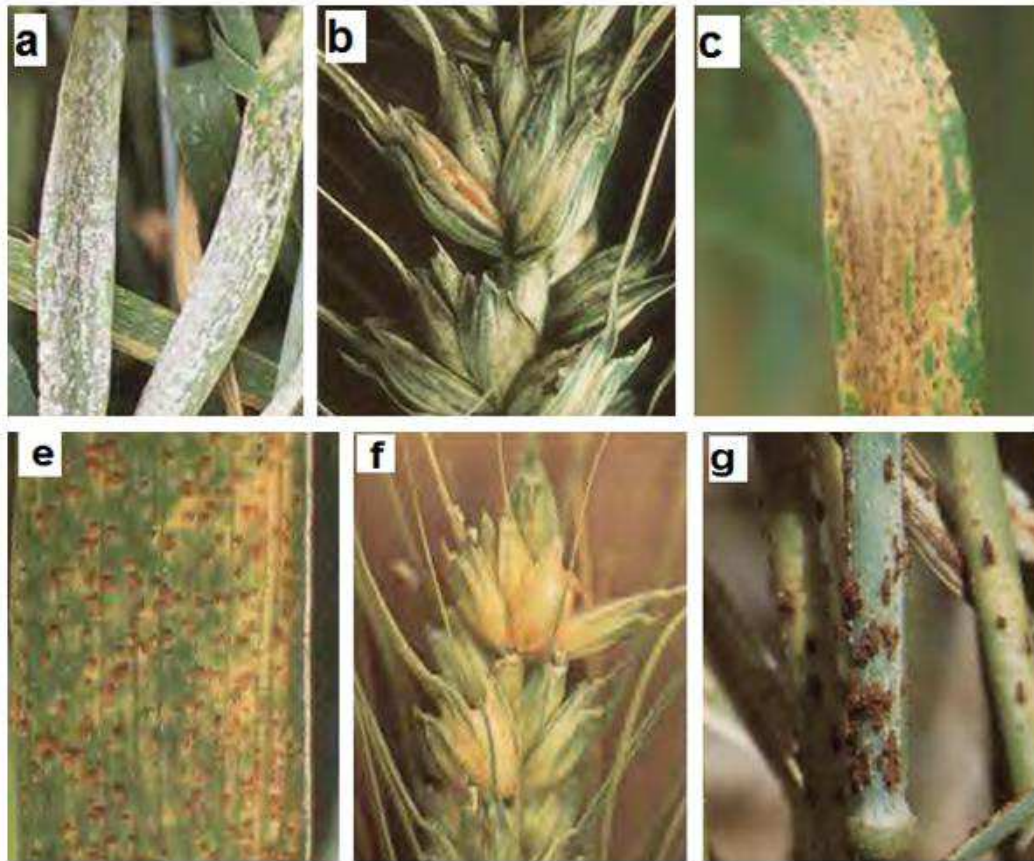


Figure 2 : Les principales maladies cryptogamiques du blé dur d'après (Prescott et al., 1987)

a. L'oïdium, b. Fusarioses de l'épi, c. La Septoriose, Les Rouilles. (e. La rouille brune, f. La rouille jaune, g. La rouille noire (2g)

I.1.7.3. Virus

Ce sont des organismes microscopiques qui parasitent les cellules des plantes. (**Iaffont, 1985a**). La pénétration des particules de virus dans la plante se fait par des piqûres d'insectes ou d'autres vecteurs comme les nématodes ou par les champignons, en bref par des Blessures (**Corbaz, 1990**). Les symptômes provoqués par les virus varient beaucoup : taches ou anneaux chlorotiques, mosaïque, rougissement des feuilles, nécroses, enroulement des feuilles, nanisme de la plante (**Corbaz, 1990**).

I.2.1. La stimulation de défenses naturelles des plantes (SDN)

Les plantes sont soumises en permanence à des stress abiotiques ou biotiques. Pour y faire face, elles ont plusieurs types de barrières, physiques ou chimiques. Plus une plante est capable de mettre en place des mécanismes de défense rapides et appropriés, moins le stress aura de conséquences sur la santé de la plante (**Rémus-Borel, 2007**).

Il existe deux types de défense des plantes ; constitutive et inductible. Le premier peut être d'origine biochimique (composition des tissus, présence des substances allélochimiques) ou morphologique (taille, forme ou couleur des feuillages, la cire, etc.) (**Auclaire, 1989 in Rat-mourris, 1994 ; Gravot, 2009**), il est présent à tout moment du développement de la plante, il est constitué par un ensemble de structures physiques ou barrières chimiques qui permettent de contrer la pénétration et le développement des bio-agresseurs (**Klarzynsk et Fritig, 2001**). Le second type de défense regroupe un ensemble de défenses induites par la présence d'un bio-agresseur, il nécessite la synthèse de nouveaux composés (**Rémus-Borel, 2007**), par la néosynthèse localisée des métabolites secondaires et des protéines de défense et des barrières physiques (**Gravot, 2009**). Selon **Rémus-Borel, (2007)**, la défense inductible des plantes se déroule en trois grandes étapes :

(i) Lors d'une interaction plante-agent pathogène, un signal sera produit et reconnu par des récepteurs qui se trouvent dans les membranes des cellules à la surface de la plante. (ii) L'activation des messages secondaires. (iii) Ces derniers agiront soit au niveau du noyau de la cellule infectée afin d'aller activer des facteurs de transcription qui permettront l'expression de gènes responsables de la production de nouveau composés, soit, agiront à distance afin d'activer des réactions de défense dans des cellules qui ne sont pas encore infectées.

I.2.2. Intérêt des SDN en protection des plantes.

I.2.2.1. Intérêt technique

Les SDN induisent les réactions de défense de la plante, qui mobilise alors ses moyens propres. Or le plus souvent il s'agit d'une résistance systémique acquise, qui est efficace contre un large spectre d'agresseurs. C'est un confort pour l'agriculteur qui réalise, en même temps, une économie du nombre de passages au champ par rapport à l'application de plusieurs autres interventions ciblées. De plus, ce large spectre de résistance permet d'envisager une lutte contre les viroses et les phytoplasmoses contre lesquelles on ne possède actuellement aucun traitement conventionnel. Les SDN sont aussi souvent efficaces sur un grand nombre de cultures, ce qui peut sauver des cultures mineures pour lesquelles le nombre de

produits phytosanitaires disponibles est quasi-nul. Parce qu'ils ont un mode d'action indirect, il semble impossible que les SDN entraînent des résistances (qui seraient en fait des résistances aux propres systèmes de défense de la plante) (**Gullino et al., 2000; Lyon et Newton, 1997**).

L'utilisation des SDN en alternance avec des produits phytosanitaires « classiques » permettrait d'éviter ou de retarder l'apparition de résistances à ces produits et donc augmenterait leur durabilité. Or c'est là un enjeu majeur de la protection des plantes pour les années à venir. Il y aurait un effet de synergie intéressant à exploiter, permettant de réduire encore plus le nombre de traitements fongicides grâce au gain d'efficacité. (**Gullino et al., 2000, Jeandet et al., 1996**).

I.2.2.2. Intérêt environnemental

Les SDN sont le plus souvent des analogues ou des dérivés de molécules naturelles, efficaces à très faible dose et avec un profil éco-toxicologique généralement bon (certains sont même exempts de classement toxicologique et éco-toxicologique, comme Iodus 40 R). Ce sont donc des molécules très respectueuses de l'environnement, ce qui est crucial quand on sait qu'il s'agit d'une préoccupation majeure du public comme des pouvoirs publics et des agriculteurs. Par conséquent, elles n'ont généralement pas de contraintes de limite maximale de résidus (LMR) et de délai avant récolte (DAR) d'où une meilleure flexibilité pour l'utilisateur (**Jeandet et al., 1996**).

Enfin, les SDN sont une méthode de lutte qui complète bien les autres méthodes utilisées, comme la lutte chimique mais aussi la lutte biologique (les SDN n'ont aucun effet sur les auxiliaires), la sélection variétale, les pratiques culturales. Elles ont donc leur place dans les programmes de gestion intégrée des ravageurs (Integrated Pest Management ou IPM) qui se développent de plus en plus notamment dans une optique de respect de l'environnement (**Jeandet et al., 1996**).

I.3. Lombricompost

Les populations d'invertébrés, comme les vers de terre dans le sol, jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques (**Lavelle et al., 1994**). En effet, les lombrics interviennent dans la dynamique de la matière organique dans le sol. Ils transforment la matière organique instable, souvent d'origine végétale, en substances organiques stables appelées "humus" (**Mitchell, 1997**). Les vers de terre participent également à la libération d'éléments minéraux disponibles dès lors pour les plantes cultivées (**Parmelee et al., 1998**).

I.3.1. Le ver du compost

D'après (**Cassellato ,1987**).Il existe dans la nature de nombreuses d'espèces de vers, mais seules quelques-unes peuvent être mises dans les Compostières. Les gros vers de terre de jardin ne sont pas utilisables pour le compostage. Les lombrics de compost sont des vers de surface qui se trouvent au maximum à 10 cm de profondeur et se reproduisent très vite.

La décomposition de la matière organique est principalement assurée par 2 espèces de vers

(i) *Eisenia foetida*: appelé le ver tigré ou ver du fumier. Il préfère les matières en décomposition (Fig. 3a).

(ii) *Eisenia endrei* : le ver rouge, préfère les matières fraîches (Fig.3b).

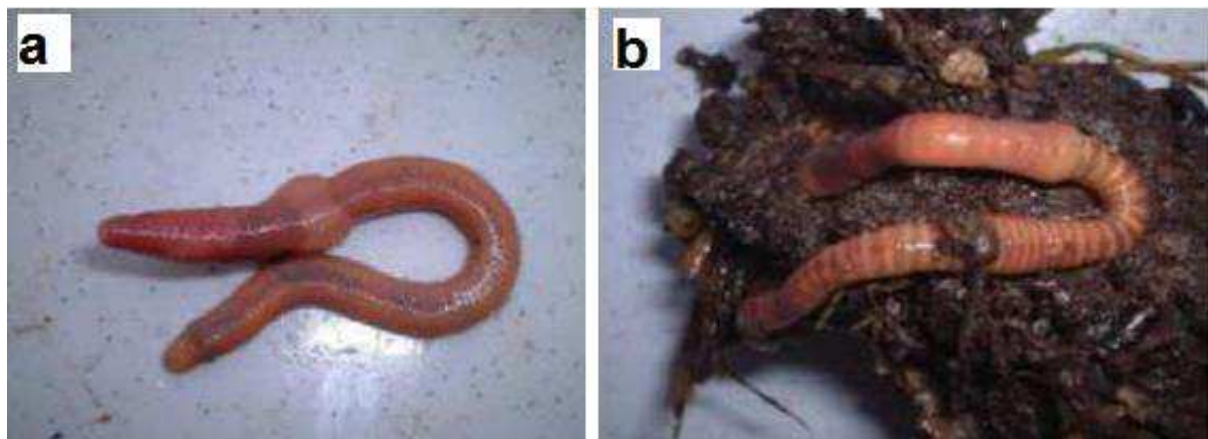


Figure 3: Lombric composteur (Donea et Simus, 2002).

(a) le ver tigré, (b) le ver rouge

I.3.2. Vermicompostage

Selon **Donea et Simus (2002)**, La vie de ver est fortement influencée par la température, l'humidité et l'aération de leur milieu de vie. Leur température de vie optimale est comprise entre 15 et 25°C, l'humidité idéale entre 75 et 85% et le pH entre 6,5 et 8. La lumière, le bruit, de même que les vibrations les font fuir et constituent des facteurs de dérangement importants. À 25°C, le cycle biologique complet prend environ 52 jours en conditions optimales de laboratoire, taux qui pourrait être difficile à réaliser dans les élevages à grande échelle. (**Tomlin, 1981**).

Le ver du fumier est adapté pour transformer des matières organiques (généralement des déchets) en une matière très semblable à l'humus ou au terreau connu sous le nom de lombricompost ou vermicompost. L'objectif est le traitement le plus rapide et le plus efficace possible des matériaux.

I.3.3. Le compost

Le compost est une source importante de matière organique produite par la dégradation ou la décomposition de la matière organique fraîche par les micro-organismes (**Petit et Jobin, 2005**), les insectes et les vers de terre, ceci dans des conditions bien définies (**Duplessis, 2002**).

Ainsi, les matières premières organiques, telles que les résidus des cultures, les déchets animaux, les restes alimentaires et les déchets industriels appropriés, peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisants, une fois le processus de compostage est terminé (**Petit et Jobin, 2005**).

I.3.4. Le jus de compost

Il s'agit d'un lixiviat, à l'aspect de mélasse très liquide, obtenu à partir de la matière organique composée de plus de 800/0 d'eau, dans la compositière (Fig.6), mise à l'action des macro-organismes et micro-organismes (**Donea et al., 2002**).

I.3.5. La valeur du lombricompost

I.3.5.1. Teneur en éléments nutritifs assimilables par les végétaux

Atiyeh et al. (2002) ont découvert que le compost avait une teneur plus élevée en ammonium, alors que le lombricompost tendait à être plus riche en nitrates, la forme d'azote la plus assimilable par les végétaux. Dans le même ordre d'idées, des travaux effectués au CANÉ par **Hammermeister et al. (2004)** indiquent que «à poids égal, le fumier lombricompost offre davantage de N que le fumier composté classique». Cette étude a également montré que les taux d'apport en

plusieurs éléments nutritifs, notamment P, K, S et Mg, ont été accrus par le lombricompostage comparativement au compostage classique. Ces résultats corroborent ce que d'autres chercheurs ont mis en lumière (**Short et al, 1999; Saradha, 1997, Sudha et Kapoor, 2000**). Il semble que le processus de lombricompostage tend à accroître la disponibilité pour les végétaux de la plupart des éléments nutritifs par rapport au compostage classique.

I.3.5.2. Teneur en microorganismes bénéfiques

La littérature offre moins de données sur ce sujet que sur la disponibilité des nutriments; mais on estime généralement que le lombricompost surpasse le compost en ce qui a trait aux niveaux d'activité microbienne. Dans ce domaine, on doit beaucoup à l'université de l'Ohio et au Dr Clive Edwards (**Subler et al, 1998**). Dans un entretien (**Edwards, 1998**), il affirme que « le lombricompost pourrait être 1000 fois plus actif que le compost classique sur le plan de l'activité microbienne, même si ce taux n'est pas toujours atteint. » Et il poursuit: « Il s'agit de micro-organismes beaucoup plus aptes à transformer les éléments nutritifs et à les rendre plus facilement assimilables par les végétaux que ceux que l'on trouve dans le compost. Dans le compost, ce sont des micro-organismes thermophiles – La gamme de micro-organismes est assez différente et beaucoup plus bénéfique dans un lombricompost. Je réitère ce que j'ai déjà affirmé à plusieurs reprises : un lombricompost est de beaucoup préférable à un compost ordinaire, si on cherche à stimuler la croissance des plantes. »

I.3.5.3. Capacité à stimuler la croissance des végétaux

Les lombricomposts ont à maintes reprises amélioré la germination, la croissance et le développement des semis, et accru la productivité des plantes beaucoup plus qu'il ne serait possible avec la simple transformation de substances minérales nutritives en vue de les rendre plus disponibles (**Atiyeh et al, 2002**).

I.3.5.4. Capacité à repousser les ravageurs

Il contient des particules de silice disponibles pour les plantes, avec lesquelles elles renforcent leur épiderme et repoussent ainsi les insectes (**Sloane, 2003**). Des études antérieures ont également montré que le traitement foliaire des plantes avec du lombricompost était associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes (**Pajot, 2010**).

I.3.5.5. Capacité de résistance aux maladies

Edwards et Arancon (2004) rapportent qu'ils ont « étudié les effets d'assez faibles applications de lombricomposts commerciaux sur des infections de *Pythium*

(concombres), de rhizoctone (radis de serre), de verticilliose (fraises), d'excoriose et d'oïdium (vignes). Dans toutes nos expériences, les applications de lombricompost ont réduit notablement l'incidence de la maladie. »

L'utilisation des différentes doses de biofertilisant entre autre le lombricompost, permet de mieux comprendre le rôle de cette substance naturelle sur la performance de la production de la phytomasse et dans l'induction de la résistance contre les ennemis naturels en particulier (**Pajot, 2010**).

I.4. La formulation des produits

I.4.1 Définition de la formulation.

La formulation nécessite la mise en œuvre de l'ensemble des connaissances lors du mélange de l'association ou de la mise en forme d'ingrédients souvent incompatibles entre eux de façon à réaliser un produit caractérisé par une fonction d'usage » (**Aubry et Schorsch, 1999**).

I.4.2. Les composants d'un produit formulé

D'après **Smith, 2006** ; un produit formulé ou un composé formulé est constitué d'une molécule active (matière active) et d'un adjuvant.

(i) Matière active: Une matière active est une matière première permettant de remplir la fonction d'usage d'un produit.

(ii) Adjuvant: Un adjuvant permet d'augmenter l'efficacité, la sécurité, la manipulation et l'application d'une matière active en modifiant ces caractéristiques physique ou chimique.

Les formulations des substances actives et l'ajout éventuel d'adjuvants lors de préparation qui intéressent à améliorer l'efficacité du produit (**Guichard, 2005**). Il existe différents types d'adjuvants, classés selon leur nature, composition et rôle, **Smith (2006)** classé dix types d'adjuvants selon leurs activités (Tab3).

Tableau 3 : Types d'adjuvants et leurs activités

Type	Activité
Pénétrants	Permettent aux produits de traverser la couche extérieure d'une surface traitée.
Dispersants	Permettent aux produits de former une couche uniforme sur la surface traitée.
Adhésifs	Permettent aux produits d'adhérer à la surface traitée.
Agents tensioactifs	Améliorent la dispersion, l'étalement ou les propriétés mouillantes d'un produit.
Agents mouillants	Facilitent le mélange des poudres mouillables et des pâtes granulées avec l'eau, et leur adhésion aux surfaces cibles.
Anti moussants	Réduisent la formation de mousse dans les mélanges à pulvériser exigeant une forte agitation.
Tampons	Augmentent la solubilité des produits dans l'eau ou ralentissent la décomposition chimique de certains produits en abaissant le pH de l'eau alcaline.
Agents antidérive ou épaississants	Augmentent le diamètre des gouttelettes pulvérisées et réduisent la dérive des particules.
Émulsifiants	Permettent de mélanger un produit à base d'huile avec de l'eau.
Émulsions inverses	Permettent de mélanger des produits à base d'eau avec des supports à base d'huile.

CHAPITRE II

Matériel et Méthodes

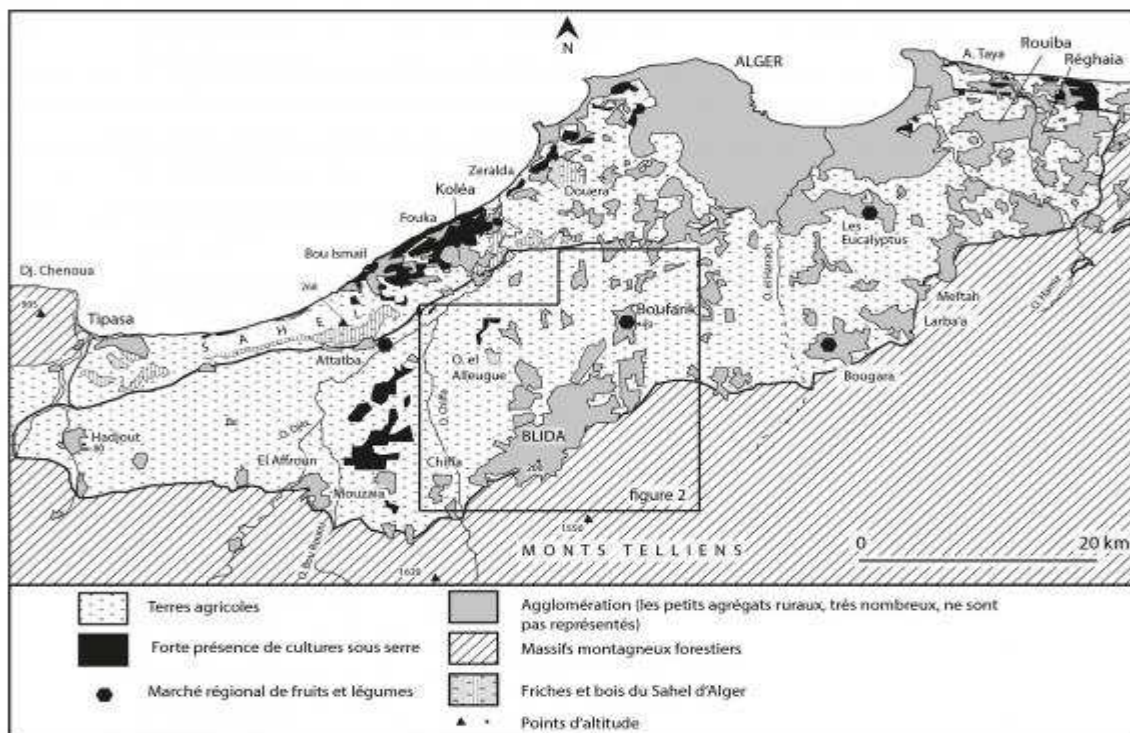
Chapitre II: Matériel et méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude

II.1.1. Situation géographique de la Mitidja

D'après **Mutin (1977)**, la Mitidja est la plus grande plaine du sublittoral d'Algérie avec une latitude $36^{\circ}28'$ à $36^{\circ}40'$ N et une longitude $2^{\circ}43'$ à $3^{\circ}09'$ E. Elle s'étend sur une longueur de 100 km et une largeur allant de 5 à 20 km. Sa superficie totale est voisine de 140 000 ha. Encadrée par un ensemble de montagnes et de collines. Limitée au nord par la ride du sahel qui l'isole de la mer méditerranée, à l'ouest par le massif du Chenoua (905m), au sud par l'atlas tellien et à l'est par les premières collines du massif de Djurdjura (Fig. 4).

Les altitudes sur la lisière méridionale dépassent généralement les 140m (260 m à Blida), pour s'abaisser vers le nord, dans la basse plaine à une vingtaine de mètres (18 m à ancien lac halloula) ; Par contre, aux deux extrémités, les altitudes varient de 60 à 70 m pour la partie occidentale et de 90 à 100 m pour la partie orientale.



**Figure 4: Localisation géographique de la plaine de la Mitidja (Anonyme, 2011).
Echelle: 1/500 000**

II.1.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Selon **Ramade (2003)**, la température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. Les températures mensuelles en degré Celsius enregistrées durant l'année de l'expérimentation à Boufarik sont notées dans le tableau 4.

Tableau 4 : température mensuelles moyennes et précipitation enregistrées à Boufarik durant la période d'expérimentation

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Av.	Mai	Juin	Juil.	Aout
M	30,55	28	21,65	18,73	17,36	15,7	21,2	21,87	23,37	-	-	-
m	16,69	12,5	12,83	10,92	6,85	7,33	10,91	14,28	18,27	-	-	-
(M+m) / 2	23,62	20,26	17,24	14,83	12,1	11,51	16,05	18,07	20,82	-	-	-
P(mm)	7,8	53,2	80,7	38	106,5	98,1	57,5	77,6	45,6	-	-	-

(I.T.A.F, 2015)

L'analyse des températures de la région de Mitidja, fait ressortir que les basses températures sont enregistrées aux mois de janvier et février. Les hautes températures sont notées habituellement durant les mois de juillet et août. À partir du mois du février les températures augmentent et atteint le maximum au mois d'aout, et à partir de ce mois. Les données enregistrées durant l'année de l'expérimentation nous révèlent que la température la plus faible a été observée au mois janvier (6,85°C) de l'année 2015.

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale. Le tableau 4 renferme les données pluviométriques enregistrées à Boufarik en millimètres. Les mois les plus pluvieux sont Janvier (106,5 mm) et Février (98,1 mm).

Les données recueillies auprès de la station météorologique de l'Institut Technique d'Arboriculture Fruitière de Boufarik (I.T.A.F) ont fait l'objet de l'étude de la synthèse climatique.

Le diagramme Ombrothermique de (2001 à 2015), montre deux périodes fondamentales: l'une humide de huit mois s'étalant de Janvier à Mai puis d'Octobre à Décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à Septembre.

L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leur classification dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par STEWART (**Stewart, 1969**), dont la formule est comme suit :

$$Q_2 = 3,43 * P / (M - m),$$

P : la pluviométrie annuelle (mm), **M** : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, **m** : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

En projetant les valeurs (T_{\min} et Q_2) sur le diagramme d'EMBERGER, nous avons défini l'étage bioclimatique pour la région de Boufarik et qui se situe dans l'étage sub-humide à hiver doux pour les 15 ans de 2001 à 2015 (Fig. 5).

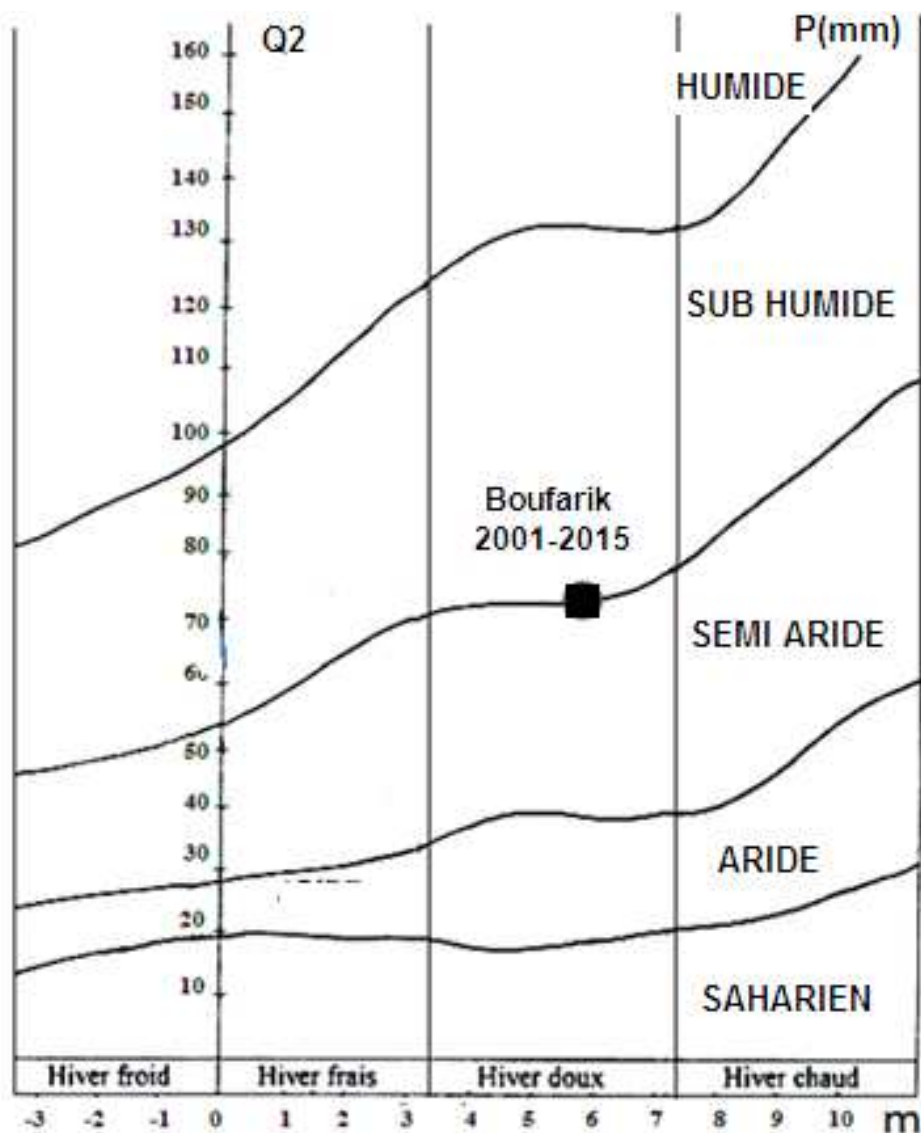


Figure5: Localisation de la région d'étude dans le Climagramme d'EMBERGER (période 2001-2015)

II.2. Caractéristiques stationnelle

L'expérimentation a été conduite au niveau de la station expérimentale de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1. Cette dernière est limitée au Nord par Halwia et Guerrouaou à l'Ouest par l'oued Beni mered, au Sud par le piémont de l'atlas Blidéen et à l'Est par l'Oued khremis (**Aissa, 1986**). Le site est une jachère caractérisée par une végétation spontanée constituée de nombreuses plantes mellifères et pollinifères, notamment la moutarde des champs, la carotte sauvage, la bourrache et l'oxalis. La parcelle qui a servi à notre étude expérimentale répond à certains critères de choix à savoir : sol sablo-Limoneux, pas de précédent cultural et fin c'est une parcelle qui n'a jamais été travaillée. La parcelle a subi un labour par une charrue à disque suivi d'un disquage (Fig.6)



Figure6: Photo satellite de la parcelle d'étude et travaux de culturaux

(Originale, 2016)

II.3. Matériel d'étude

II.3.1. Matériel végétal

Notre étude a porté sur une variété de blé dur «Vitron» dont les caractéristiques sont comme suite:

Tableau 5: Caractéristique du Blé dur (d'après CCLS d'affroune-BLIDA)

Variété	Vitron
Morphologique	Epi compact. Hauteur de la plante à la maturité : 63-72 cm. Présente une paille moyenne.
Culturel (agronomiques)	Cycle : semi tardif. Tallage : forts. Rendement : Elevé.
Origine	Espagne
Tolérances aux maladies et aux déférentes conditions climatiques	Rouille brune : modérément sensible. Oïdium : modérément sensible. Septoriose : moyennement sensible. Fusariose : assez sensible. Froids : moyennement résistant. Sécheresse : moyennement tolérante. Verse : bonne résistant
Technologiques	Qualité semoulière : bonne. Mitadinage : modérément résistant. Moucheture : modérément sensible. Teneur en protéines : 13.5%

II.3.2. Biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost brut

L'élevage de ver de terre anécique « *Eisina feotida* » sur des déchets ménagés produit deux types d'engrais ; le lombricompost et le jus. Pour obtenir un lombricompost, il faut utiliser un système de casier qu'on superpose l'un sur l'autre et en mettant dedans les lombrics et les déchets ménagés et de la terre a fin qu'il puisse dégrader ses déchets en un engrais biologique et en récoltant aussi un liquide qu'on appelle le thé du lombric (jus de lombricompost). Le jus de lombricompost récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans les déchets de cuisine (environ 80 % de leur masse) chargée des nutriments minéraux et oligo-éléments assimilés lors de l'écoulement dans le lombricompost (Fig.7a).

Le bioproduit est préparé sur la base du jus de lombricompost est issu d'un élevage de ver de terre anécique sur des déchets ménagés. Le jus de lombricompost brute est utilisé comme matière active à la quelle un mélange de mouillant, de pénétrant et tension actif (Glycérol, poly glucoside et Plastifiant) sont ajoutés, après une agitation active à l'ultraturax. La formulation testée est enregistré sous le numéro du brevet (DZ/P/2015/000256) (Fig.7b).

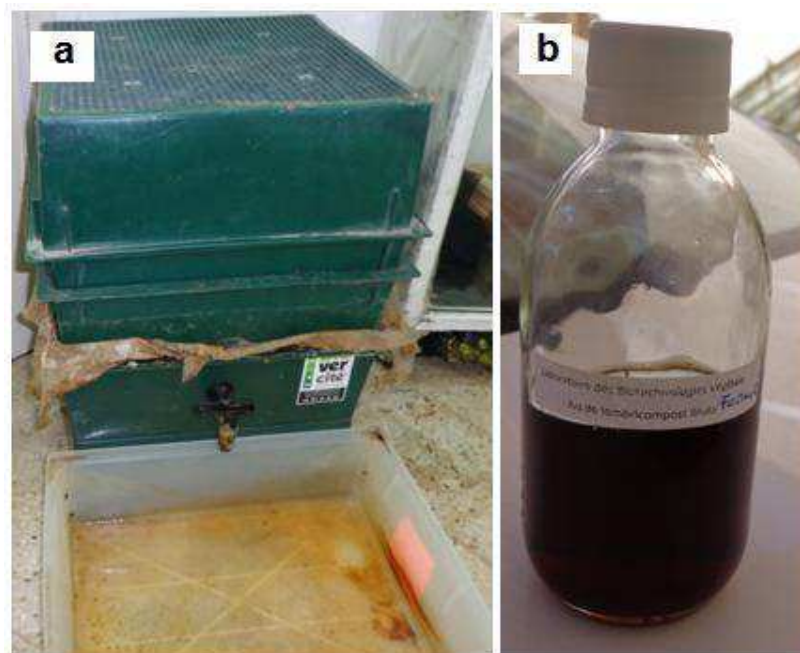


Figure 7 : dispositif de production du jus de lombricompost (Originale, 2016)

(a)lombricomposteur vertical (b) bioproduit formulé

II.4. Méthodes d'étude

II.4.1. Dispositif expérimental et application des traitements

La surface de la parcelle expérimentale est de 123.5 m² (19 m × 6.5 m) a subit un ensemble de façons culturales (labour & disquage) dans le but de préparer le lit de semis (Fig8 a et b). Le semis des graines de blé dur var Vitron a été réalisé manuellement directement dans le sol le 28 janvier 2016 (Fig8 c, d et e).

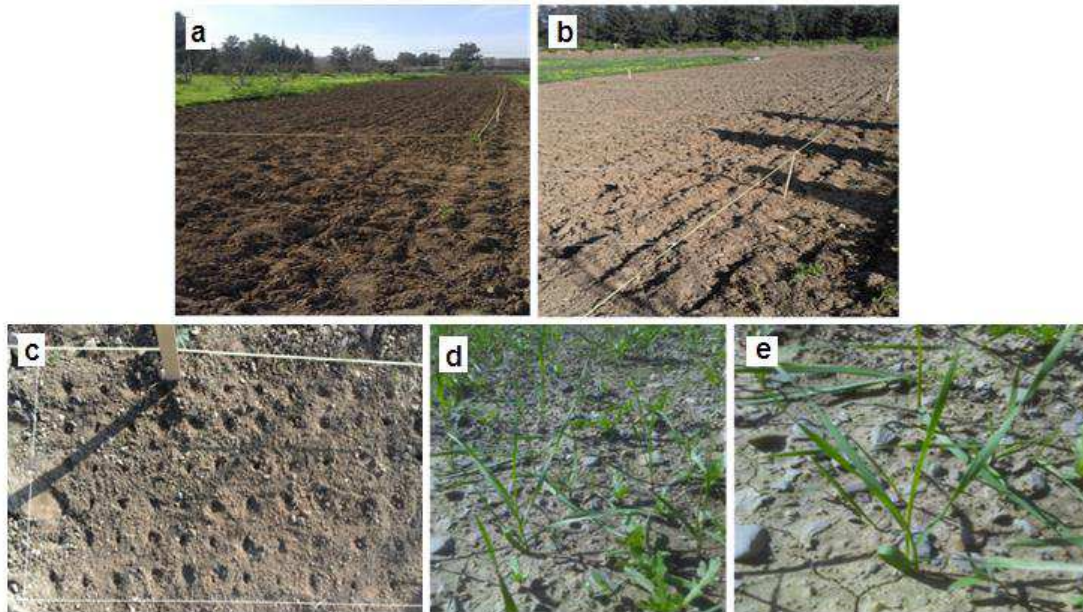


Figure 8: Préparation du lit de semis (Originale, 2016)

(a et b) Labour et disquage de la parcelle expérimentale (c, d et e) semis des graine de blé

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet a 3 répétitions (Fig.9). Trente parcelles élémentaires de 0,75 m² ont été délimitées contenant chacune 96 grains de blé dur avec une distance de plantation de 10 cm. Les parcelles élémentaires sont distantes de 1 mètre les unes des autres avec un passage entre ligne de 2m. (Fig 10)

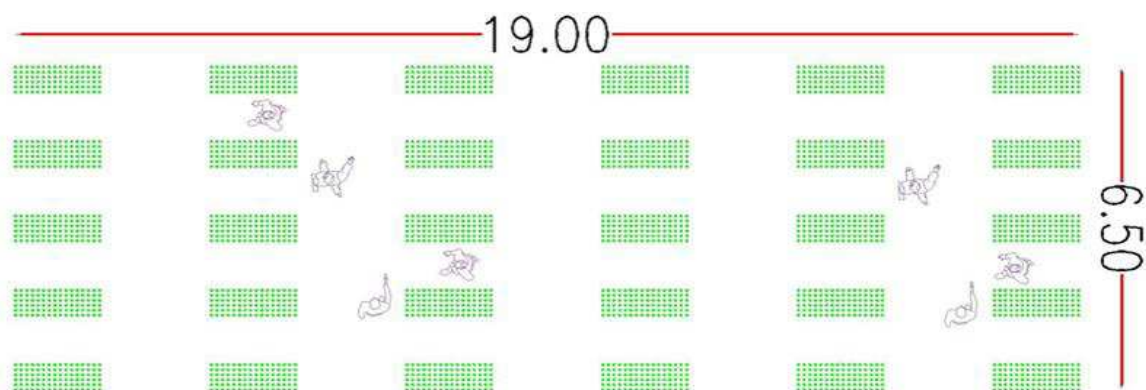


Figure 9: Dispositif expérimental (Originale, 2016)

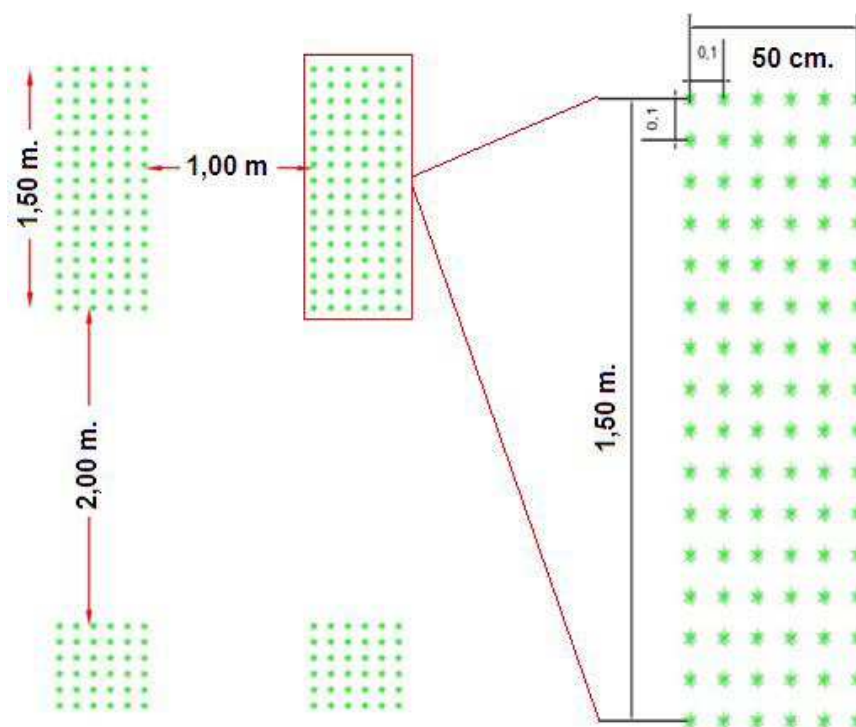


Figure 10: Caractéristiques des parcelles expérimentales de l'essai (Originale, 2016)

Le dispositif est irrigué régulièrement selon les besoins de la culture. Au stade 2 à 4 feuilles, les plantules ont reçu les différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost (Biofertilisant formulé/eau courante) par application foliaire aux doses respectives: **D1** (4 ml/l), **D2** (4.25 ml/l), **D3** (4,5 ml/l), **D4** (4,75 ml/l), **D5** (5 ml/l), **D6** (5,25 ml/l), **D7** (5,5 ml/l), **D8** (5,75 ml/l), **D9** (6 ml/l). Les parcelles témoins ont reçu une application foliaire à l'eau courante **D0** (eau courante) (Fig.11).

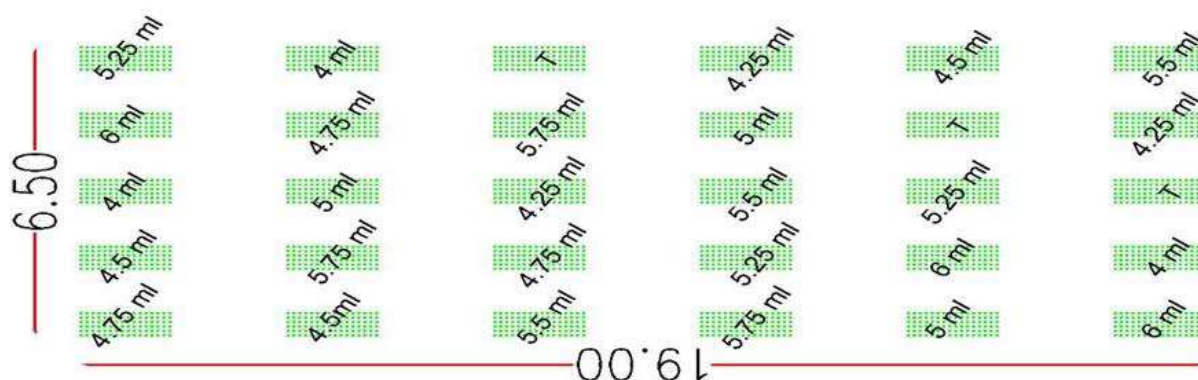


Figure 11: Mode d'apport des traitements (Originale, 2016)

L'apport des différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost est renouvelé chaque 15 jour durant toute la phase de croissance végétative (tallage- formation d'épis) soit 3 apports.

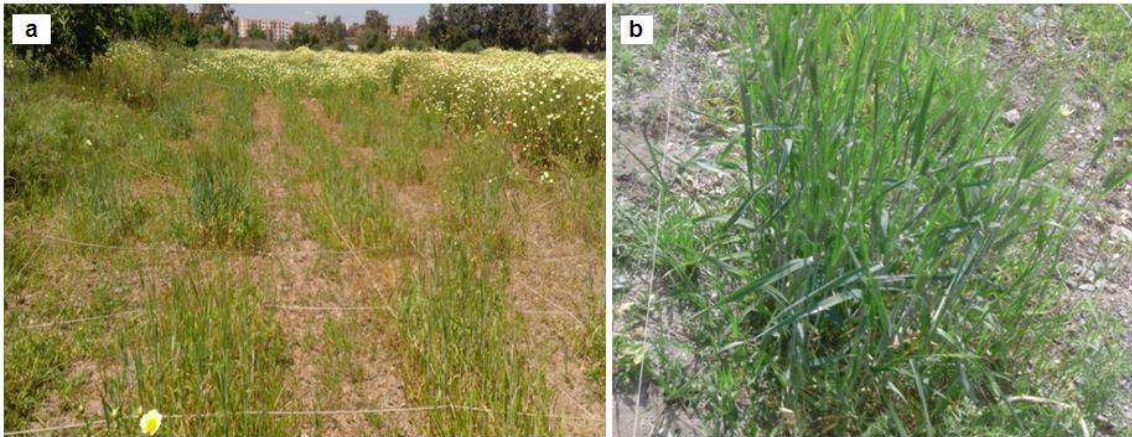


Figure 12: Présentation de la parcelle d'étude en phase de croissance végétative du blé dur (Originale, 2016)

(a) Parcelle expérimentale (d) formation d'épis

II.4.2. Prélèvement et évaluation de l'effet du biofertilisant

Après chaque apport des différentes doses du biofertilisant, 6 plantules sont prélevées d'une manière au hasard de chaque parcelle expérimentale. Sur l'ensemble du matériel végétale échantillonné, les traits de croissance (nombre de talle, nombre de feuilles, croissance en longueur de la partie racinaire et croissance en longueur de la partie aérienne), les traits de production (nombre d'épis, nombre de graine en stade laiteux et nombre de graines en stade pâteux) ainsi que la présence de ravageurs animaux ont été estimé (Fig. 13).



Figure13: Méthode d'estimation des traits croissance et de production des plantules du blé dur (Originale, 2016)

II.5. Analyses statistiques des résultats

L'analyse de variance est sollicitée lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (différentes doses du biofertilisant et périodes d'exposition), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. Le déroulement des tests a été réalisé par le logiciel SYSTAT vers. 7 (**SPSS, 2009**).

CHAPITRE III

Résultats

CHAPITRE III: RÉSULTATS

Les résultats relatifs aux effets des différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost sur les traits morphologiques de croissance et de production ainsi que l'état phytosanitaire du blé dur *Triticum durum* sont présentés dans ce chapitre.

III.1. Présentation générale de l'effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur le blé dur

La variation des paramètres de croissances et de production ainsi que l'état sanitaire du blé dur a été évoluée sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé dans les conditions naturelles.

Les valeurs recueillis montrent l'effet apparent des dilutions sur le nombre de talle, la croissance en longueur de la partie aérienne et de la partie souterraine par comparaison au témoin (Tableau 6). Sur le plan. Paramètres de production, les résultats affichent un avantage en nombre d'épis chez les traité par rapport au témoin (Tableau 6). En revanche, l'application foliaire des dilutions (4,25 - 5,5 ml/l) permet d'avoir une installation timide du puceron de l'épi *Sitobion avenae* (Tableau 6).

Tableau 6: Valeurs moyennes (\pm SD) des paramètres de croissances et de production ainsi que l'état d'infestation par le puceron de l'épi *Sitobion avenae*

	Paramètres de croissance				Paramètres de production			Infestation
	NTH	NFE	LPA	LPR	NEP	GSL	GSP	ABPU
4 ml/l	1,54 \pm 0,22	5,04 \pm 1,56	62,84 \pm 8,46	4,47 \pm 0,21	0,98 \pm 0,52	3,94 \pm 6,83	8,02 \pm 13,89	0 \pm 0
4,25 ml/l	1,67 \pm 0,35	5,56 \pm 2,31	62,65 \pm 9,14	4,64 \pm 0,64	1,4 \pm 0,14	5,54 \pm 9,59	7,76 \pm 13,44	0,093 \pm 0,16
4,5 ml/l	1,44 \pm 0,25	5,15 \pm 1,63	68,69 \pm 7,69	4,33 \pm 0,94	1,22 \pm 0,19	6,13 \pm 10,62	6,96 \pm 12,06	0 \pm 0
4,75 ml/l	1,70 \pm 0,57	6,11 \pm 2,4	68,75 \pm 10,36	4,22 \pm 0,64	1,37 \pm 0,56	5,87 \pm 10,17	11,54 \pm 19,98	0,167 \pm 0,29
5 ml/l	1,63 \pm 0,27	5,78 \pm 3,12	65,26 \pm 7,99	4,52 \pm 0,6	1,15 \pm 0,38	7,98 \pm 13,82	9,65 \pm 16,71	0,056 \pm 0,1
5,25 ml/l	1,54 \pm 0,08	4,87 \pm 1,28	62,88 \pm 4,48	4,01 \pm 0,49	1,09 \pm 0,38	6,93 \pm 12	6,39 \pm 11,07	0,611 \pm 1,06
5,5 ml/l	1,33 \pm 0,15	4,74 \pm 1,21	61,59 \pm 8,52	3,73 \pm 0,74	1,11 \pm 0,35	5,81 \pm 10,07	5,56 \pm 9,62	0,129 \pm 0,22
5,75 ml/l	1,46 \pm 0,23	5,67 \pm 2,02	66,21 \pm 7,39	3,95 \pm 0,40	1,28 \pm 0,42	7,22 \pm 12,51	8,72 \pm 15,11	0 \pm 0
6 ml/l	1,33 \pm 0,17	5,04 \pm 1,5	70,81 \pm 7,01	4,99 \pm 0,81	1,15 \pm 0,33	6,3 \pm 10,91	9,15 \pm 15,84	0 \pm 0
Témoin	1,41 \pm 0,26	6,72 \pm 3,43	62,3 \pm 8,21	4,21 \pm 0,74	1,07 \pm 0,45	9,28 \pm 16,07	7,09 \pm 12,28	0 \pm 0

NTH : nombre de thalle, NFE : nombre de feuille, LPA : longueur de partie aérienne, LPR : longueur de partie racinaire, NEP : nombre d'épi, GSL : graine au stade laiteux, GSP : graine au stade pâteux, ABPU : attaque bioagresseur de puceron.

III.2. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les paramètres de croissance du blé dur

La fluctuation temporelle des traits de croissance du blé dur sera exposée en réaction aux différentes dilutions du jus de lombricompost formulé. Nous avons considéré le nombre de talle, le nombre de feuilles, croissance de la partie aérienne et la croissance de la partie souterraine comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude du lombricompost à augmenter la production de la phytomasse chez le blé dur.

III.2.1. Effet sur le nombre de talle

Les valeurs minimales et maximales du développement du nombre de talle présentées par les boîtes à moustache (Box-Plot) révèlent une capacité de production de talle très visible des différents traitements dès la dilution (4,75 – 5,75 ml/l). Cette capacité de tallage est très visible en référence aux valeurs de la médiane indiquées par le deuxième quartile (Q2). Sous l'effet des dilutions (4,75 – 5,75 ml/l) nous signalons le rapprochement du premier quartile (Q1) au deuxième quartile (Q2), ainsi les taux les plus forts en termes de tallage sont considérés majoritaire par rapprochement au troisième quartile (Q3). (Fig. 14).

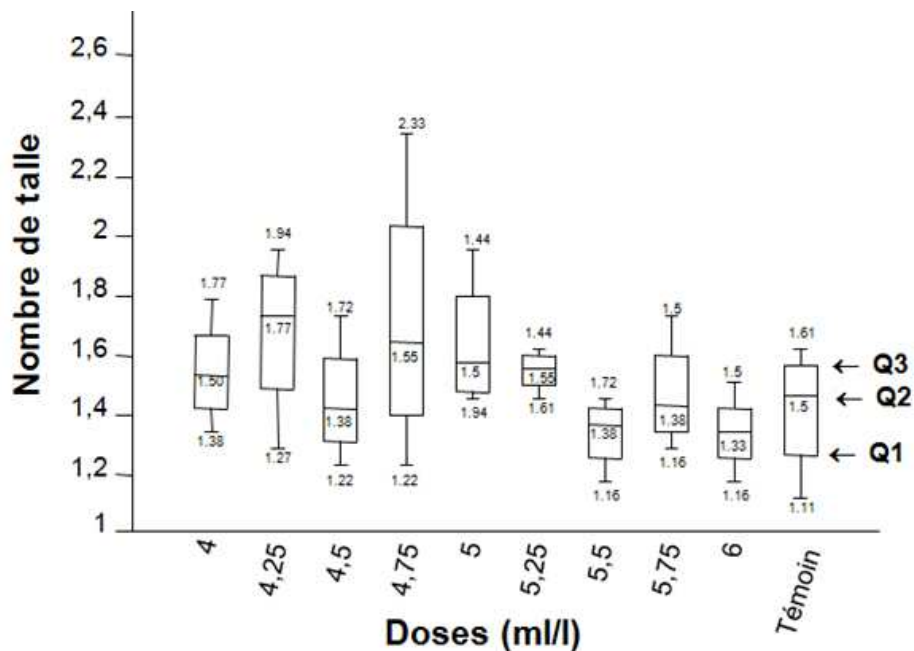


Figure 14: Variation du nombre de talle sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

L'analyse de la variance type (G.L.M), permet d'étudier l'effet strict du facteur temps et du facteur dilution sur le tallage du blé dur. Les résultats de l'analyse montre que le temps exerce un effet significatif sur le développement de talle dès l'apport du premier traitement (Fig. 15a). Cependant, le tallage paraît nullement influencé par les

différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost (Fig. 15b).

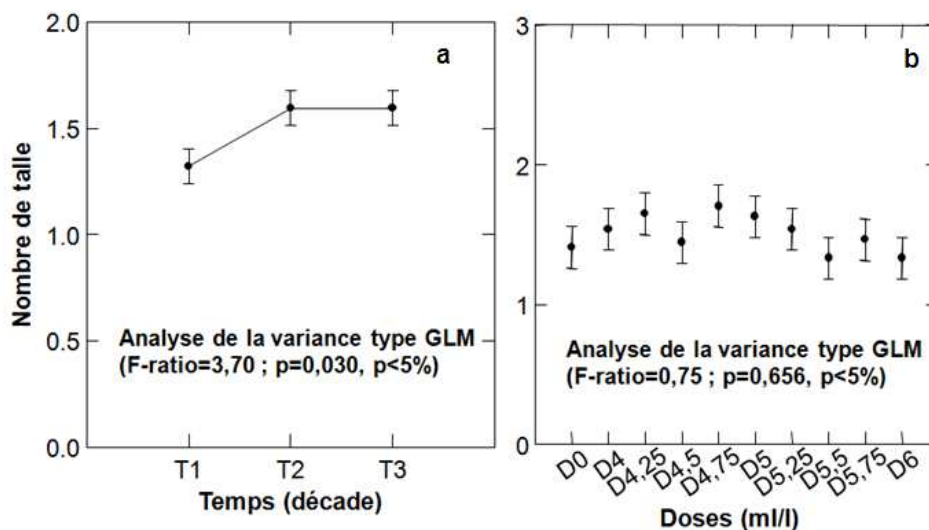


Figure 15: Etude comparée du tallage du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

III.2.2. Effet sur le nombre de feuilles

Le graphique Box-Plot indique par référence aux médianes que le nombre de feuilles est très variable sous l'effet des différentes dilutions du biofertilisant. La plus part des dilutions (dés 4,25 ml/l) affichent des nombres assez important. Cette tendance est très visible aussi chez le témoin (Fig. 16).

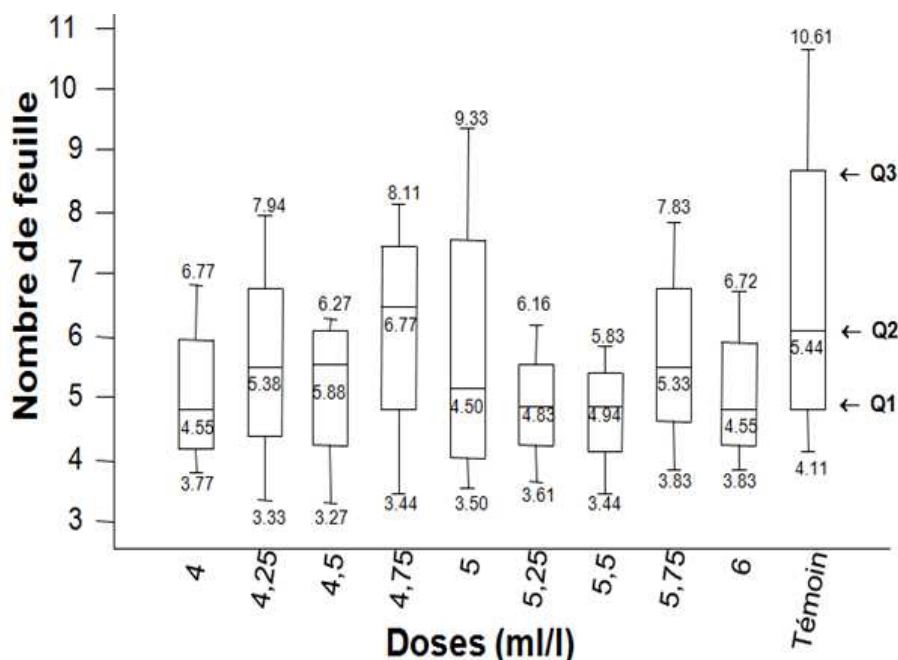


Figure 16: Variation du nombre de feuilles sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

Les résultats d'analyses touchant l'évolution du nombre des feuilles présentent des différences hautement significatives sous l'effet du temps (Fig. 17a). L'analyse de la variance type GLM confirme l'absence d'un effet stimulatif au profit des dilutions du lombricompost, en termes d'induction de feuillaison (Fig. 17b).

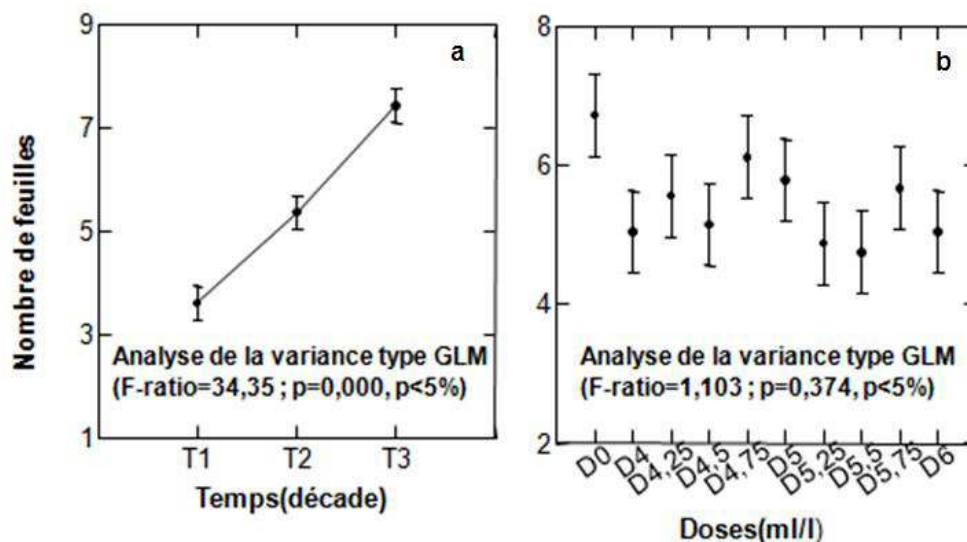


Figure 17: Etude comparée du nombre de feuilles du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

III.2.3. Effet sur la longueur de la partie aérienne

Un important rythme d'évolution de la croissance des tiges du blé dur est remarqué dès la dilution (4,50 ml/l) du biofertilisant. Les longueurs maximales sont signalées sous l'effet de la dilution (6 ml/l). Le graphique des boîtes à moustache, indique une majoration en longueurs maximale du faite que la médiane du témoin se rapproche du premier quartile (Q1) (Fig. 18).

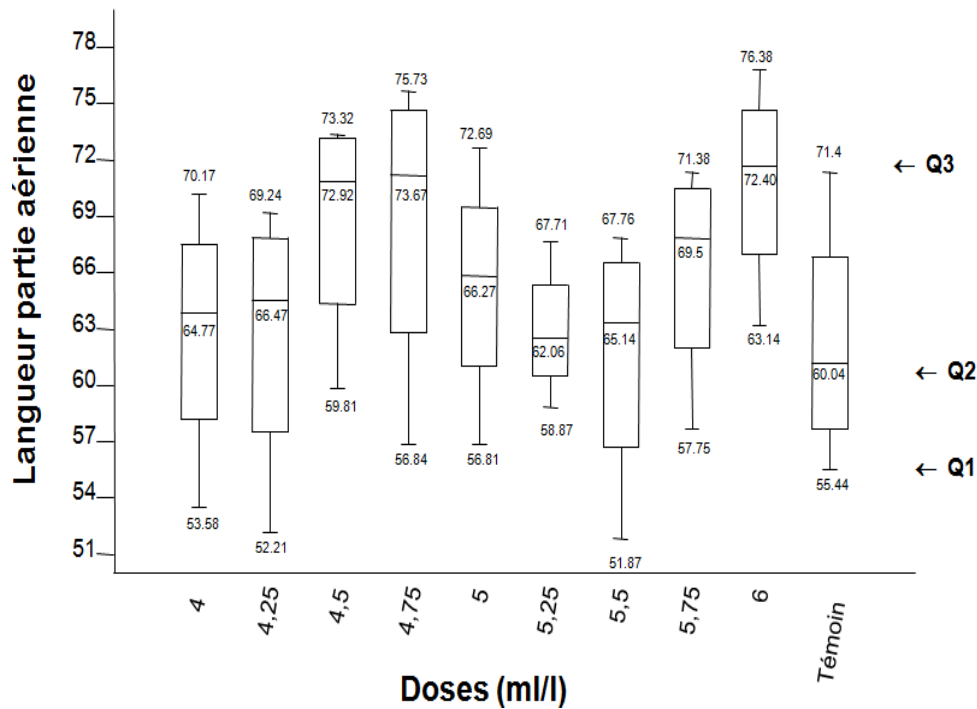


Figure 18: Variation de la croissance en longueur du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

La figure 19 montre que le facteur temps d'exposition agit d'une manière très significative sur la croissance en longueur de la partie aérienne du blé dur (Fig. 19a). Il en est de même pour le facteur dilutions du biofertilisant dont l'effet est significativement apparent sur la croissance des plants du blé dur (Fig. 19b). L'analyse de la variance confirme la présence d'un effet stimulant graduel et progressif des dilutions en moindre effet (4,50 – 4,75 ml/l) vers les dilutions les plus stimulants à savoir la dilution (6 ml/l) (Fig. 19b).

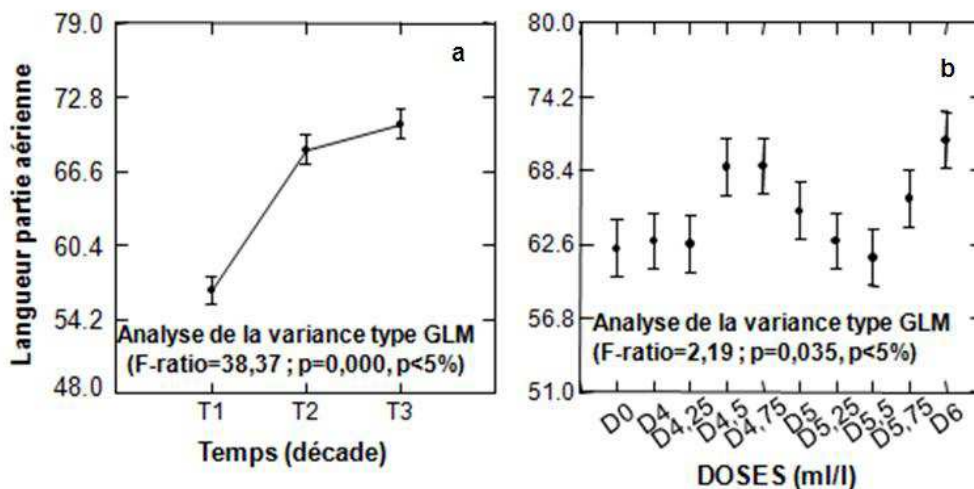


Figure 19: Etude comparée de la croissance en longueur du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

III.2.4. Effet sur la longueur de la partie racinaire

Un rythme similaire à celui enregistré chez la croissance de la partie aérienne est affiché en termes d'évolution de la croissance de la partie racinaire du blé dur est remarqué dès la dilution (4,25 ml/l) du biofertilisant. Les longueurs maximales sont signalées sous l'effet de la dilution (6 ml/l). Le graphique des boîtes à moustache, indique une majoration en longueurs maximale du faite que la médiane du témoin se rapproche du premier quartile (Q1) (Fig. 20).

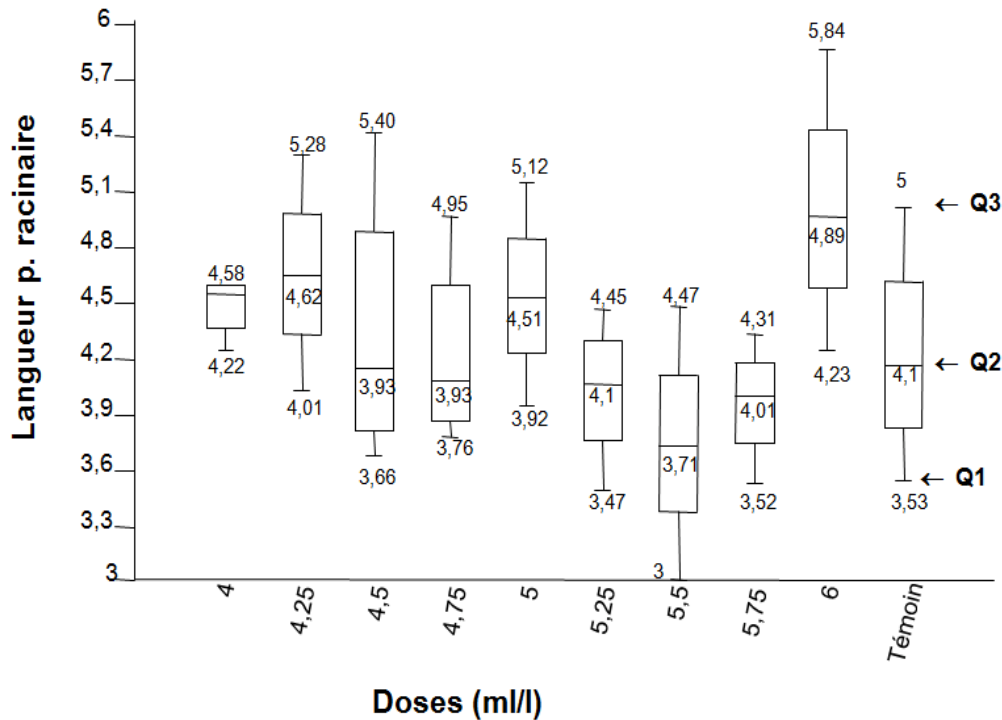


Figure 20: Variation de la croissance racinaire du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

La figure 21 montre que le facteur temps agit d'une manière significative sur la croissance racinaire du blé dur dès le deuxième apport des dilutions du biofertilisant ((Fig. 21a), alors que le facteur dilutions présente un effet significativement apparent sur la croissance racinaire (Fig. 21b). Les valeurs de la partie racinaire les plus importantes sont enregistrées sous l'effet de la dilution (6ml/l), avec un degré moindre sous l'effet de la dilution (5ml/l) (Fig. 21b).

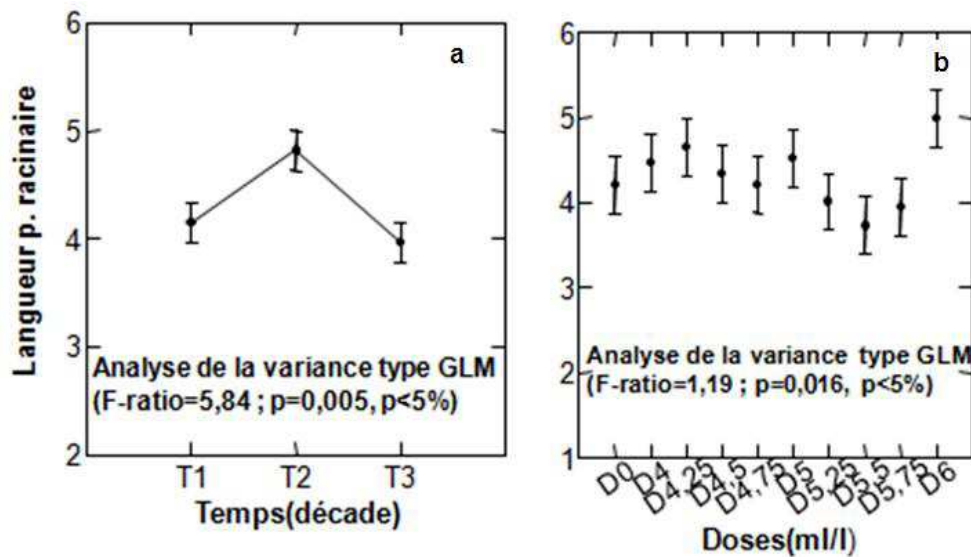


Figure 21: Etude comparée de la croissance racinaire du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

III.3. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les paramètres de production du blé dur

La fluctuation temporelle des traits de production du blé dur a été étudiée sous l'effet de différentes dilutions de jus de lombricompost formulé. Nous avons considéré le nombre d'épis et la maturation des graines comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude du lombricompost d'augmenter le rendement du blé dur.

III.3.1. Effet sur le nombre d'épi

Le développement du nombre d'épis révèle l'existence d'un rythme de production assez marqué dès l'exposition des plants de blé dur au jus de lombricompost formulé appliqué à la dilution (4,25 ml/l). La production d'épis se montre très influencée les dilutions (4,75 et 5,75 ml/l). Sous l'effet de ses dernières dilutions, le nombre d'épis produit est majoré du fait que la médiane se rapproche du premier quartile (Q1) (Fig. 22).

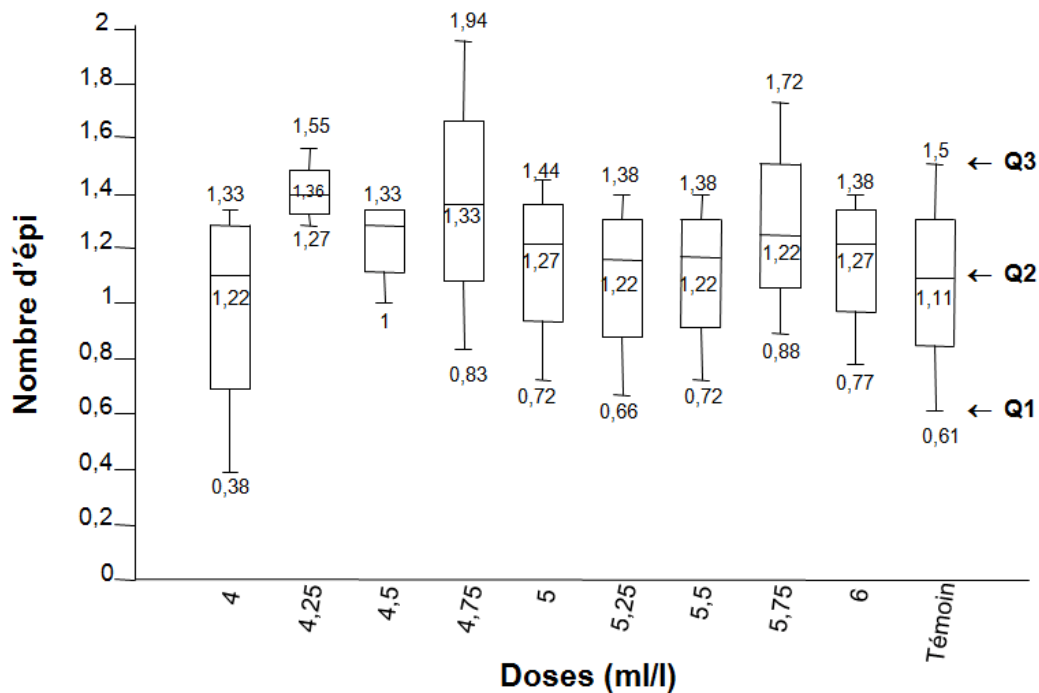


Figure 22: Variation de production d'épis chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

Les résultats d'analyses relatifs à l'induction des épis chez le blé dur affichent des différences hautement significatives sous l'effet du temps et des dilutions du jus de lombricompost formulé (Fig. 23a et b). Le rythme de formation d'épi est fonction du temps et par conséquent tributaire de la gradation d'apports des traitements (Fig. 23a). Les dénivellations du nombre d'épis enregistrés sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé sont en faveur, en premier degré, aux dilutions (4,25 – 4,75 ml/l), en second lieu s'affiche par ordre d'importance les dilutions (5,75 – 6 ml/l) (Fig. 23b).

L'analyse de la variance type ANOVA nous a permis de confronter le facteur temps x le facteur dilutions. Ainsi les résultats montrent clairement la présence d'une différence significative concernant la variation temporelle de la production d'épis chez le blé dur sous l'effet des dilutions du jus de lombricompost formulé (Fig. 24). L'examen de la fluctuation de l'induction des épis à travers le graphique de l'analyse de la variance fait ressortir que la majorité d'épis sont produits entre le premier apport et le deuxième apport des traitements dès l'exposition des plants aux dilutions (4 – 6 ml/l). (Fig. 24).

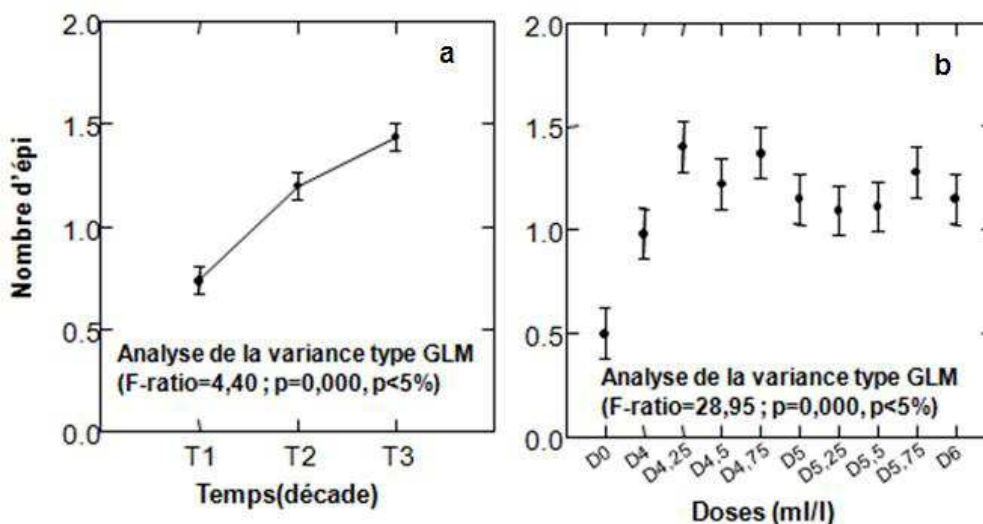


Figure 23: Etude comparée de la production d'épis chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

**Analyse de la variance type ANOVA
(F-ratio=2,01 ; p=0,023, p>5%)**

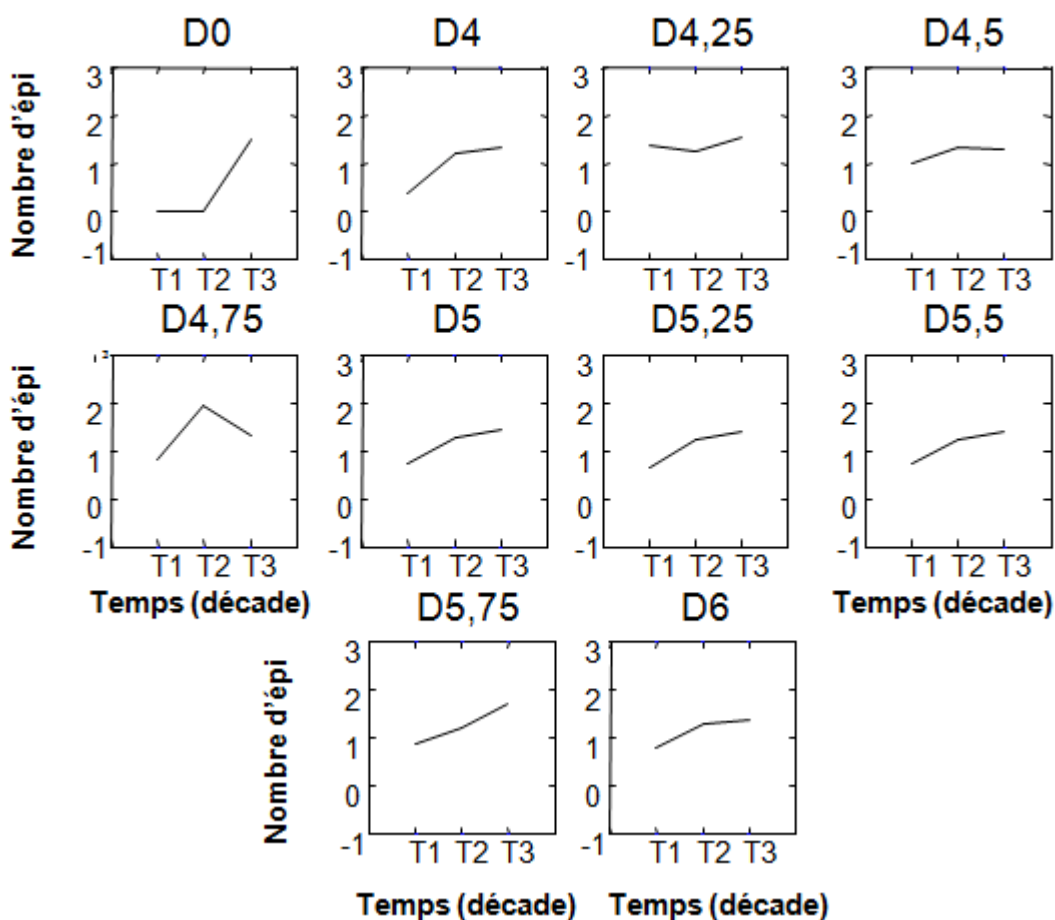


Figure 24: Effets temporel des dilutions du jus de lombricompost formulé sur la production d'épis chez le blé dur

III.3.2. Effet sur la maturation des graines

La maturation des graines du blé dur par passage du stade laiteux au stade pâteux a été considérée dans cette partie. Les graphiques du Box-Plot affichent une hétérogénéité en termes de maturation des graines du blé tant qu'au stade laiteux qu'au stade pâteux et cela sous l'effet des différentes dilutions appliquées par comparaison au témoin (Fig. 26).

Le modèle général linéaire (G.L.M), affiche nettement une gradation temporelle positive en termes de maturation des graines (Fig. 25). A travers le même test, l'effet des différentes dilutions sur la maturation des graines n'enregistre aucun effet significatif et cela par la visualisation des probabilités associées qui dépassent largement les 5% (Fig. 25).

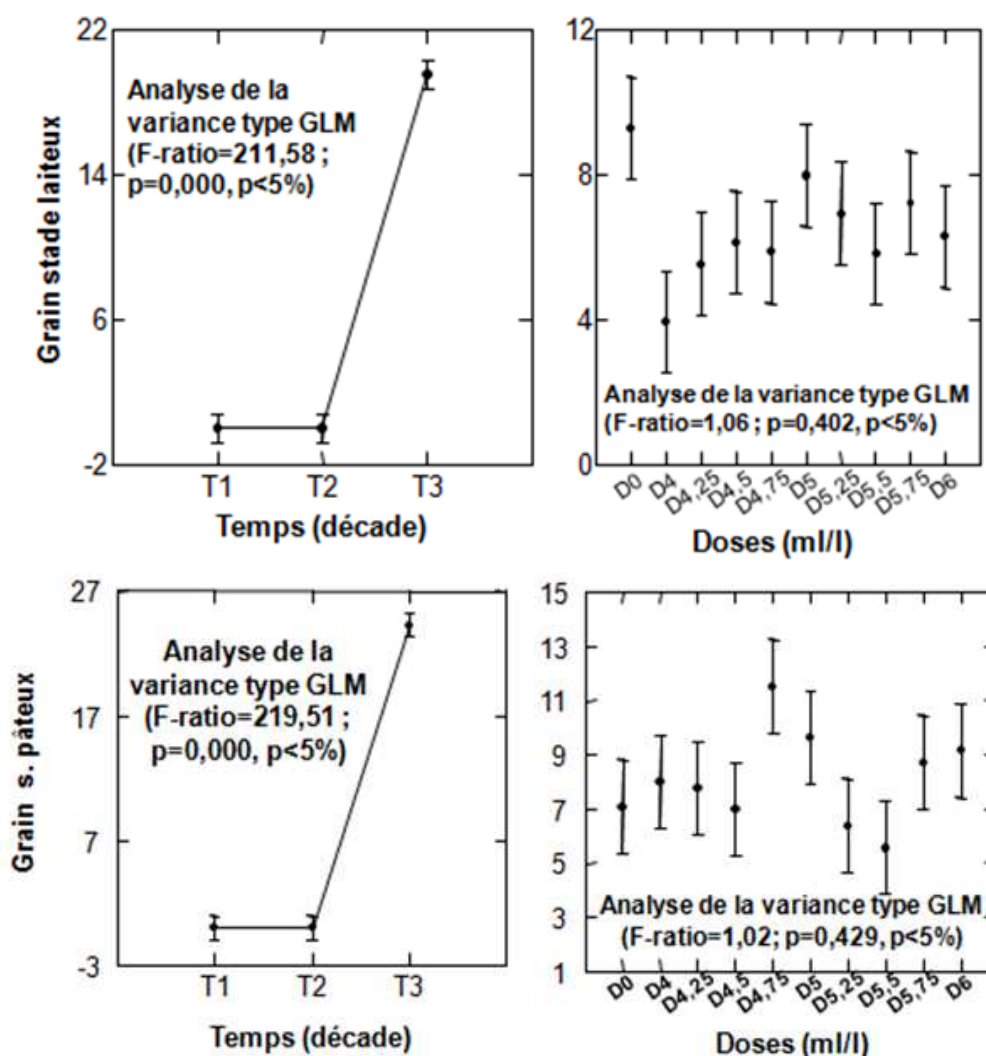


Figure 25: Etude comparée de la maturation des graines chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

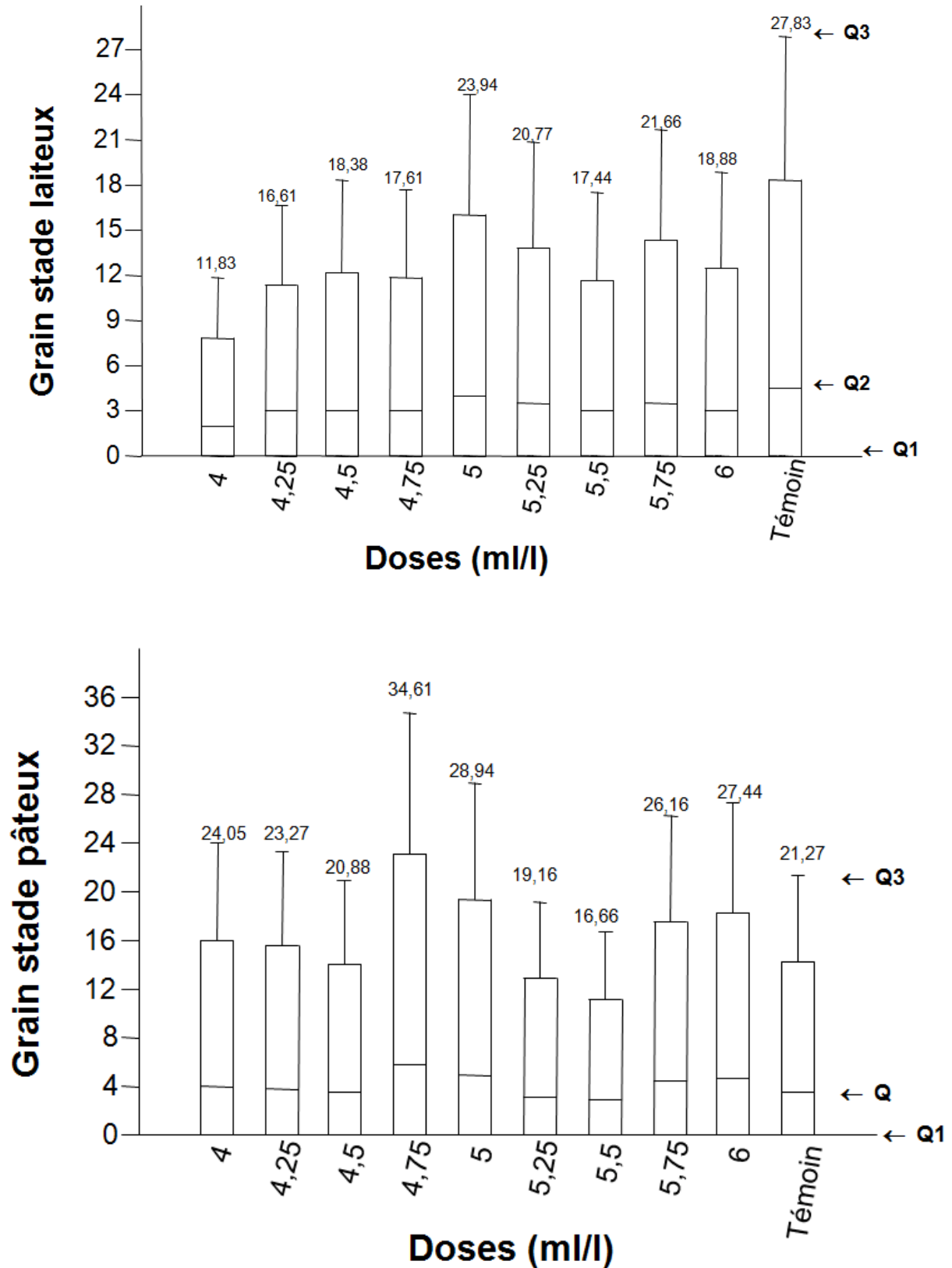


Figure 26: Variation de la maturation des graines chez le blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

III.4. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur l'installation du puceron de l'épi du blé dur *Sitobion avenae*

La fluctuation temporelle des abondances du puceron de l'épi *S. avenae* a été étudiée sous l'effet de différentes dilutions de jus de lombricompost formulé. Nous avons considéré l'installation primaire du puceron de l'épi comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude du lombricompost de stimuler les défenses naturelles du blé dur. Le graphique Box-Plot (Fig. 27), ainsi que l'analyse de la variance type GLM (Fig. 28), montrent clairement l'incapacité des différentes dilutions du jus de lombricompost à réduire les abondances du puceron de l'épi *S. avenae* par comparaison au témoin.

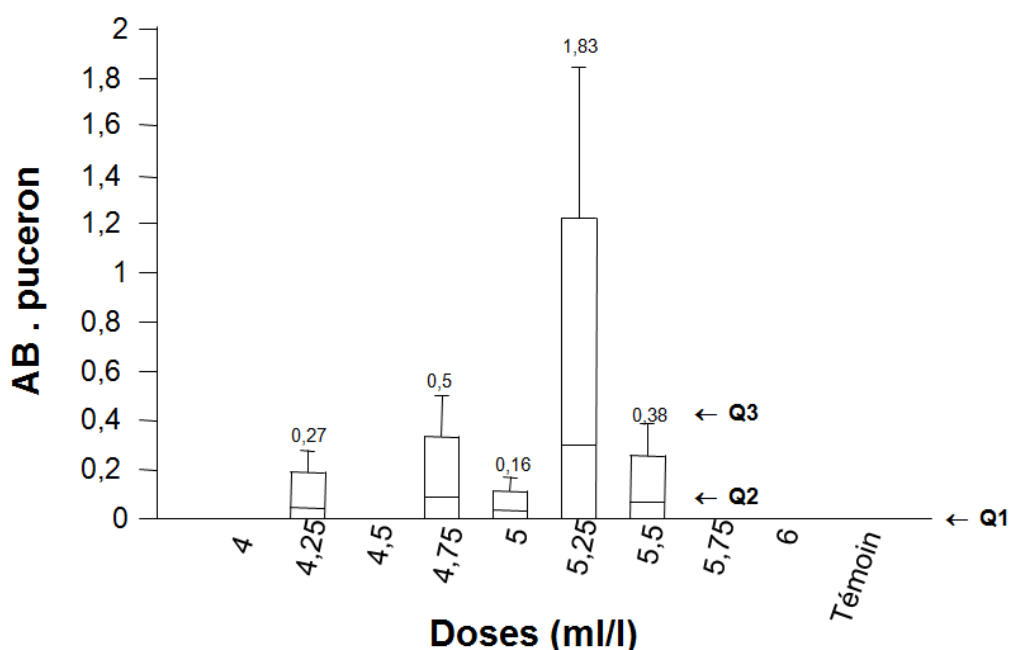


Figure 27: Variation des abondances du puceron de l'épi du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

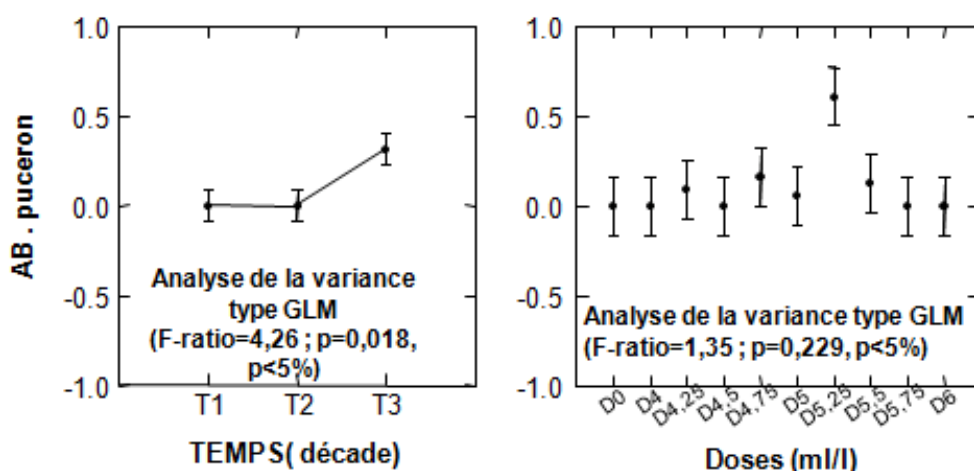


Figure 28: Etude comparée des abondances du puceron de l'épi du blé dur sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé

III.5. Optimisation de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur la production de la phytomasse du blé dur

On s'est posé la question de savoir si les traits de croissance et de production dépendaient de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost, c'est-à-dire optimisé la dilution dans le but d'améliorer le rendement du blé dur. Nous avons seulement considéré les traits ayant exprimés des significations positives avec les dilutions du biofertilisant (Test GLM et Test ANOVA). Concernant la longueur des parties aérienne et racinaire du blé ainsi que l'induction de formation des épis, l'analyse globale montre que les paramètres cités sont significativement influencés par la dilution du biofertilisant

Nous avons vérifié qu'il existe bien une corrélation positive entre la dilution du biofertilisant et les traits de croissance et de production du blé dur. Le coefficient de Pearson affiche nettement la réaction positive de la longueur de la partie aérienne ($r = 0,765$, Fig. 29) et de la longueur de la partie racinaire ($r = 0,672$, Fig. 29) durant leur exposition aux différentes dilutions du biofertilisant. Cette corrélation n'est pas visible entre l'induction des épis et les dilutions ($r = 0,321$, Fig. 29)

Nous avons étudié l'effet de la variation de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur la fluctuation des traits de croissances et de production du blé dur. Les résultats compilés dans les tableaux de la régression multiples indiquent la variation des dilutions (=constante) en fonction de la longueur des parties aérienne et racinaire ainsi que le nombre d'épis (Tableau 7). Les liens établis entre dilutions du biofertilisant et paramètres de croissance et de production seront estimé par référence à la valeur de la probabilité associée. La nature de la corrélation (positive, négative) sera désignée par référence à la valeur du coefficient.

Tableau 7 : Régressions multiples appliquée à l'effet des dilutions du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les traits de croissance et de production du blé dur

	Coeff.	Std.err.	t	p
Constante	1,6744	5,3508	0,31292	0,06697
LPA	0,11733	0,095045	1,2345	0,27188
LPR	-0,73054	0,77166	-0,94671	0,38726
NEP	-1,0109	2,0351	-0,49671	0,64046
	Coeff.	Std.err.	t	p
Constante	1,2636	4,9435	0,2556	0,0068
LPA	0,103	0,084683	1,2162	0,026957
LPR	-0,69754	0,71892	-0,97026	0,036939

LPA : longueur de partie aérienne, LPR : longueur de partie racinaire, NEP : nombre d'épi,

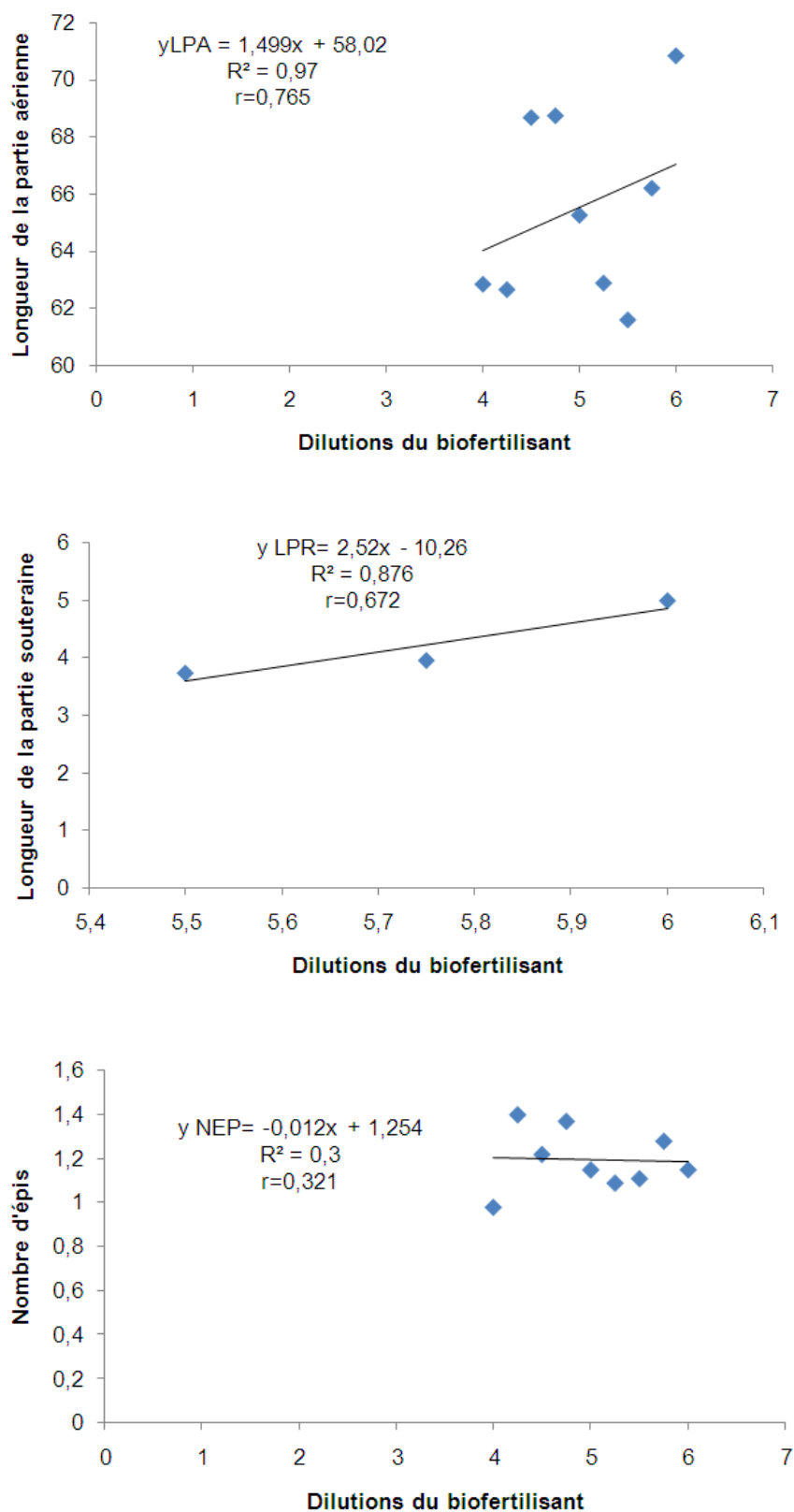


Figure 29: Relations entre les dilutions du bifertilisant et les traits de croissance et de production

Les tabulations relatives aux dilutions du biofertilisant affichent une variation marginalement significative, cependant la longueur des parties aérienne et souterraine exprime une relation modérée avec les dilutions du biofertilisant. L'induction de production d'épis se montre loin d'être un paramètre qui réagit à la variation de la dilution du biofertilisant.

Sur la base des relations établies par la régression multiple, nous avons calculé les constantes du modèle mathématique de l'optimisation de la dilution du biofertilisant à base de jus du lombricompost.

$$Y = (\text{coeff.} \pm \text{Std.err.}) \times \text{Val Obs LPA} - (\text{coeff.} \pm \text{Std.err.}) \times \text{Val Obs LPR} + \text{Constante}$$

$$Y_{\text{predict}(+)} = 0,18 \text{ LPA} - 1,41 \text{ LPR} + 1,26$$

$$Y_{\text{predict}(-)} = 0,018 \text{ LPA} - 0,021 \text{ LPR} + 1,26$$

CHAPITRE IV

Discussion Générale

Chapitre IV : Discussion générale

Les biofertilisants ont à maintes reprises amélioré la germination, la croissance et le développement des semis, et accru la productivité des plantes beaucoup plus qu'il ne serait possible avec la simple transformation de substances minérales nutritives en vue de les rendre plus disponibles (**Atiyeh et al, 2002**). Dans cette optique la présente étude vise à mettre en évidence l'effets des différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost sur les traits morphologiques de croissance et de production ainsi que l'état phytosanitaire du blé dur *Triticum durum*. Les résultats de l'évaluation de l'effet des dilutions sur les traits de croissance et de production du blé dur nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes:

IV.1. Effet des dilutions sur les paramètres de croissance du blé dur

Les résultats montrent que le temps d'exposition des plantules du blé dur aux traitements exerce un effet significatif sur le développement de talle. Le tallage paraît nullement influencé par les différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost. De plus, le facteur temps d'exposition agit d'une manière très significative sur la croissance en longueur de la partie aérienne du blé dur. Le facteur dilutions du biofertilisant signale un l'effet significativement apparent sur la croissance de la partie aérienne. Il on est de même concernant la croissance racinaire qui affiche une nette relation avec les facteurs dilutions et le temps d'exposition aux traitements. La modulation des traits de croissance sous l'effet du jus de lombricompost suppose que les plants exposés ont bénéficiés d'une ressource alimentaire très riche et équilibrée en référence aux constituants du lombricompost. Cette hypothèse trouve son justificatif dans les nombreux travaux d'**Atiyeh et al. (2000)** dont ils avancent que le lombricompost stimule encore la croissance des plantes même si elles reçoivent déjà une nutrition optimale. Les analyses effectuées par les mêmes auteurs soulignent qu'à maintes reprises que les déchets organiques vermicompostés ont des effets bénéfiques sur la croissance des végétaux indépendamment des transformations nutritionnelles et de la disponibilité. Qu'ils soient utilisés comme amendements ou qu'ils entrent dans les milieux d'horticulture hors-sol, les lombricomposts ont à maintes reprises amélioré la germination, la croissance et le développement des semis, et accru la productivité des plantes beaucoup plus qu'il ne serait possible avec la simple transformation de substances minérales nutritives en vue de les rendre plus disponibles».

De leur coté **Dominguez et al., (1997) et Arancon (2004)**, signalent que l'apport bénéfique maximum du lombricompost est obtenu à des proportions de 10 à 40 % du substrat de culture. Il semble qu'au-dessus de 40 %, l'apport de lombricompost n'est plus bénéfique et qu'il peut même se traduire par une baisse de la croissance ou du rendement. Soulignons enfui que le lombricompost contiendrait des composés riches en hormones qui faciliteraient la croissance des plantes.

.IV.2. Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur les paramètres de production du blé dur

Les résultats relatifs à l'induction de la production des épis chez le blé dur affichent une corrélation positive avec les dilutions du jus de lombricompost formulé et le temps d'exposition aux traitements. Nous avançons l'hypothèse de richesse du lombricompost en acides humiques et en acides fulviques dont leurs impacts stimulent l'induction de la formation des épis. Ces résultats sont comparables à ceux d'**Edwards (1998)**, où il avance que les lombrics accélèrent l'humification de la matière organique. Ainsi, le lombricompost contiendrait davantage de substances humiques (acides humiques et acides fulviques), que le compost, ce qui pourrait expliquer, entre autre, son action bénéfique sur les plantes. De même **Edwards et Burrows (1988)**, signalent que la plupart des graines testées germaient plus rapidement et se développaient davantage dans un mélange contenant du lombricompost.

IV.3.Effet de la dilution du biofertilisant à base de jus de lombricompost sur l'installation du puceron de l'épi du blé dur *Sitobion avenae*

Bien que les résultats montrent clairement l'incapacité des différentes dilutions du jus de lombricompost à réduire les abondances du puceron de l'épi *S. avenae* par comparaison au témoin. Nous estimons à travers la masse documentaire disponible que les biofertilisants enrichissent la nourriture de la plante mais l'on a également découvert qu'ils protègent la plante en agissant comme mécanisme de défense. Cette défense pourrait être due à différents facteurs, à savoir, par exemple, qu'une plante mieux nourrie est plus résistante, comme soutenu par la théorie de la trophobiose. Si une plante est dotée de tous les éléments qui lui sont nécessaires, en quantités suffisantes et au bon moment, elle réunit toutes les conditions requises pour se défendre contre l'attaque des insectes, les acariens, les nématodes, les champignons, les bactéries. Aussi, les biofertilisants étant un produit vivant, les microorganismes qu'ils renferment peuvent aider à lutter contre les micro-organismes nuisibles qui attaquent la plante (**Primavesi, 1989**). La composition de la fertilisation peut influencer la présence dans la plante de certains composés toxiques pour les bioagresseurs, ainsi que le renforcement des parois cellulaires d'après **Nicot (2009)**. En Argentine, les fermiers qui utilisent le lombricompost considèrent qu'il est sept fois plus riche que le compost). La littérature s'accorde quant aux bienfaits du lombricompost qui stimule la croissance, le rendement et la résistance aux maladies et même à la capacité insectifuge (**Bogdanov,1996**). Selon **Chamel et Gambonnet (1982)**, l'utilisation du lombricompost par pulvérisation foliaire sur des plants de fèves a conduit une forte diminution des densités des formes biologiques du puceron noir de la fève *Aphis fabae*, surtout la dilution du 10% , ceci peut être expliqué par certains travaux qui rejoignent nos résultats par la susceptibilité de ces produits d'enrichir la plante dans le, ou les éléments contenus dans leur formule, et il semble bien que les répercussions à en atteindre le métabolisme des ravageurs.de réduire encore plus le nombre de traitements fongicides grâce au gain d'efficacité.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale et perspective

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude relatifs aux effets des différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost sur les traits morphologiques de croissance et de production ainsi que l'état phytosanitaire du blé dur *Triticum durum*, nous pouvons dégager les résultats suivants :

Le temps d'exposition des plantules du blé dur aux traitements exerce un effet significatif sur le développement de talle. Le tallage paraît nullement influencé par les différentes dilutions du biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost. De plus, le facteur temps d'exposition agit d'une manière très significative sur la croissance en longueur de la partie aérienne du blé dur. Le facteur dilutions du biofertilisant signale un l'effet significativement apparent sur la croissance de la partie aérienne. Il on est de même concernant la croissance racinaire qui affiche une nette relation avec les facteurs dilutions et le temps d'exposition aux traitements.

L'induction de la production des épis chez le blé dur affichent une corrélation positive avec les dilutions du jus de lombricompost formulé à et le temps d'exposition aux traitements.

Les différentes dilutions du jus de lombricompost formulé paraient incapacité à réduire les abondances du puceron de l'épi *S. avenae* par comparaison au témoin

Sur la base des résultats avancées, nous suggérons une rétrospective sur l'application du jus de lombricompost sous d'autres doses et de varier les modes d'apport des traitements. Des paramètres plus sensibles à l'action SDN peuvent être envisagés en termes d'évaluation de l'effet des biofertilisants sur les traits de croissance, de production et de santé végétale.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Anonyme, 1981- Larousse agricole. *Edition Larousse*. Publié sous la direction de Jean M Clément. pp171-253.

Anonyme, 2011- United States Department of Agriculture, USDA in Toepfer international.

Arancon N.Q., 2004-An Interview with Dr. Norman Arancon, Casting Call, Vol.9.N°2.

Atiyeh R.M., Dominguez J., Subler S. et Edwards C.A., 2000-Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei* Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*, 44, pp 709-724.

Atiyeh R.M, Subler S., Edwards C.A., Bachman G., Metzger J.D. et Shuster W., 2002- Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil», *Pedobiologia*, no 44, pp 579-590.

Aubry J.M. et Schorsch G., 1999- Formulation - Présentation générale. Formulation. Paris, Techniques de l'ingénieur, 210p.

Austin R.B. et Jones H.G., 1975-The physiology of wheat—*Annual Report-Plant breeds inst.* Cambridge inst. England, pp 327-355.

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

Belaid D., 1986- Aspect de la céréaliculture algérienne, Ed- O.P.U, 217p.

Biocycle., 2001 - Vermicompost as Insect Repellent, 19p.

Bogdanov P., 1996- Commercial Vermiculture: How to Build a Thriving Business in Red worms. VermiCoPress, (Oregon), 83 p. Très intéressant pour tous ceux qui envisagent l'élevage commercial des vers.

Bonjean A. et Picard E., 1990- Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé; Poitiers : *Aubin imprimeur*. 36p.

Boudreau A., Matsuo R. et Laing W., 1992- L'industrie des pâtes alimentaires, pp 193-223. In « Le blé. Eléments fondamentaux et transformation ». Coordonnateurs : Boudreau A. et Menard G., Ed. Les presses de l'Université Laval, Canada. 439 p.

Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S., 2007- Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.

- Boufenar F. et Zaghouane O., 2006-** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. *Première édition. ITGC.* 154p.
- Bozzini A., 1988-** Origin, distribution, and production of durum Wheat in the world. Fabriani G. et C. *Lintas. durum: chemistry and technologie.* AACC. pp1-16.
- Brown T. A., Harris D. R., Rollo F. et Evershed R. P., 1999-** How Ancient DNA May Help in Understanding the Origin and Spread of Agriculture. *Biological Sciences Vol. 354, N° 1379,* pp 89 – 98.
- Buckman., 1990-** Agriculture et fertilisation. Ed. Norsk hydro a.s. 258p.
- Caseellato S., 1987-** On polyploidy in oligochaetes with particular reference to lumbricids. In *On earthworms. Selected symposia and monographs U.Z.I.,* Modena, Italy, Mucchi. ed A. M. Bonvicini Pagliaiet Omodeo P., pp: 75–87.
- Capisano., 1997-** Orges de brasserie, les préférées des malteurs - *Cultivar,* no 392-PP27-28.
- Chamel, A. et Gambonnet B., 1982-** Study with isolated cuticles of the behaviour of zinc applied to leaves. *J. Pl. Nutri.* 5pp 153 -171
- Clement G. et Prats J., 1970-** les céréales. *Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed.* 351p.
- Clement G., 1971-** les céréales, (Grand court), *Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier.* pp78-91p.
- Clement G., 1971-** les céréales, (Grand court), *Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier.* pp 78-91.
- Clement M., Grandcourt J. et Parts., 1975 :** Les céréales collections d'enseignement agricole 2^{ème} édés ; Baillière France. pp 60-61.
- Corbaz R., 1990-** principes de phytopathologie de lutte contre les maladies des plantes, 257p.
- Cottignies X., 1977-** Potasse et agriculture. Société commerciale des potasses et de l'azote Mulhouse. 112 p.
- Crête P., 1965 -** Précis de botanique .Tome II, systématique des angiospermes. Paris 2, ed. pp11-38
- Dominguez., Edwards C.A. et Subler S., 1997-** A comparaison of vermiwmposting and composting. *Biocyde, Apnl,* pp 57-59.

Donea M., Simus P. et Pain J., 2002-guide pratique de lombricompostage individuel .Service éco-conseil. Namur , 22p.

Doumandji A., mitiche B. et Salaheddine D;2003: Cours de technologie descéréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des publications Universitaires, pp 1-22.

Dubcovsky J. et Dvorak J., 2007 - Genome Plasticity a Key Factor in the Success of Polyploid wheat Under Domestication. Science Vol. 316, Issue 5833, 1862 p.

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

Duplessis J., 2002- Le compostage facilité : guide sur le compostage domestique.109 p.

Duthil J., 1973- Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, Ed. J.B. Baillière. 654p.

Edwards C.A., 1998- Earthworm Ecology, CRC Press, USA, 355 p.

Edwards C.E., Dominguez J., Norman Q.A., 2004- The influence of vermicomposts on plant growth and pest incidence. In: Shakir, S.H., Mikhail, W.Z.A. (Eds.), Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century. Self-Publisher. Cairo, pp 397–420.

Fardeau J. C., 1993- Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol plante. Perspectives agricoles n° :181-juin, pp : 17-22.

Feillet P., 2000- Le grain de blé, composition et utilisation. *Edition INRA, paris*: pp 23-25.

Feldman M., 2001- Origin of Cultivated Wheat .Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre, p 3-58.

Gate P., 1995 -Ecophysiologie du blé Paris, ED. Tec Doc Lavoisier. 429p.

Gerardeaux E., 2009- In **LAIB S., 2011**- Ajustement de la phénologie, de la croissance et de la production de biomasse du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) face à des carences en potassium .thèse docteur, l'université de bordeaux I, école doctorale des sciences et environnements.110p.

Gervy R., 1970- Les phosphates et l'agriculture. Paris, Ed. Dunod. 298p.

- Gravot A., 2009-** La réponse de stress chez les végétaux. Université de Rennes 1, 34p.
- Grignac P., 1981** - Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). pp 185-194.
- Guichard P., Aubertot J.N., Barbier A., Carpentier J.J., Gril L., Lucas S., Savary I., Savini M., Voltz (éditeurs)., 2005-** Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64 p.
- Gullino M.L., Leroux P., et Smith C.M., 2000-** Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. *Crop Protection*, 19: pp1–11.
- Hachemi D., 2007-** Bulletin Economique, N°6. Ambasciata Italiain Algeria Ufficio Commerciale, 6 p.
- Hamadach A., Ait Abdellah F., et Labada M., 1998-** Synthèse des travaux de recherche réalisés par les fermes expérimentales sur la protection des grandes cultures : 1977-97. Bilan de la recherche sur les grandes cultures. ITGC, 13 p.
- Hammer meister, A.M., P.R. Warman, E.A. Jeliaskova, R.C. Martin.,2004-** «Nutrient supply and lettuce growth in response to vermicomposted and composted cattle manure», soumis à Bioresource Technology, déc.
- Hawakes J.G (2004)** why were plants domesticated in some areas and note in others ?international biodeversity N62, pp 140-144.
- Hebert J., 1975-** Techniques nouvelles de production du blé. *Document I.T.C.F.*, 16p.
- Henry Y. et Beyser J., 2000-** Origine de blé dans la science. *H séne*26, pp60-62.
- Jacquemin G., Mahieu A., Berger A., VancutsemF. et ProftM., 2009-**Livre blanc« céréales ».F.U.S.A.Gx et CRA-W Gembloux
- Jeandet P., Adrian M., Joubert J.M., Hubert F., et Bessis R., 1996-**Stimuler les défenses naturelles de la vigne. Un complément à la lutte phytosanitaire contre le Botrytis. *Phytoma* 488,pp21–25.
- Klarzynski O., Fritig B., 2001-**Stimulation des défenses naturelles des plantes. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Paris – Séries III – Sciences de la Vie 324, pp 953-963.

- Laffont J.M., 1985-** Le désherbage des céréales. Encyclopédie Agricole Pratique. Paris,ed.La nouvelle librairie, 96 p.
- Lambert J.C., 1979-**La fertilisation phosphatée. Revue cultivars. N° 115, pp 96-97.
- Lavelle P., Dangerfield M., Fragoso C., Eschenbrenner V., Lopez-hernandez D. et Pashanasi B., 1994-**The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In Swift MJ., Woomer P, The biological management of tropical soil. New York, ed. John WileySayce, pp137–169.
- Lemee G., 1978-** Action de la sécheresse sur les végétaux. Bull. Soc. Ecophysiol., 3(1), pp 6-12.
- Lepoivre P., 2003-** phytopathologie. De boek université. 427p
- Lyon G.D. et Newton A.C., 1997-** Do resistance elicitors offer new opportunities in integrated disease control strategies ?Plant Pathology, 46: pp636–641.
- Martin Prevel P., 1984-** L'analyse végétal dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales pp 653-667.
- Masle M.J., 1981-**Mise en évidence d'un stade critique par la montée d'une talle. Agronomie, 1, pp 623-632.
- Masle J. et Meynard J.M., 1981-** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière, Thèse., Doctorat., INA, Paris, France, 274p.
- Maume L. et Dulac J., 1936-** Echantillonnage rationnel de la plante en vue des analyses Chimiques comparatives, C.R.A.cd Agri Franc 26, pp906-913.
- Mengel K. et Kirkby E.A., 1982-**Principles of Plant Nutrition, International Potash Institute Bern, Suisse.
- Mitchell P.L., 1997-** Misuse of regression for empirical validation of models. Agricultural Systems 54: 313-326
- Moughli L., 2000-** Les engrais minéraux : caractéristiques et utilisations. Ed. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc (Bulletin mensuel d'information et de liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture PNTTA, N° 72), 4p.
- Moule C., 1971-**Céréales 2. Phytotechnie spéciale. Paris, ed. La maison rustique, 236p.

- Mutin G., 1977-** La Mitidja, décolonisation et espace géographique, Paris, Edition CNRS, 607 p.
- Mutin L., 1977-** La Mitidja décolonisation et espèces géographiques, Alger, Ed.OPU, 607p.
- Nicot P.C., Sato Y., Rossman A.Y., 2001-** Identification of two powdery mildew fungi, *Oidiumneolycopersici* sp. nov.and *O. lycopersici*, infecting tomato in different part of the world. *Mycological Research* 105, pp 684-697.
- Oufroukh F. et Hamadi M., 1993-** Maladies et ravageur des céréales. In **benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L., 1998-** Evaluation phénologique de quelques variétés d'orge (*hordeumvulgare* L.) et leur sensibilité vis-à-vis de *drechsleragraminea*Rab.Mém. IngAgro.INA.El-harrach, pp 59-62.
- Pajot E., 2010-**«Les Stimulateurs des Défenses Naturelles en Production Végétale : Mythe ou Réalité ? », XVI Rencontres Professionnelles. EP Valinov-Vegepolys.Rittmo. Colmar.
- Petit J. et Jobin P., 2005-** La fertilisation organique des cultures, les bases. Fédération d'agriculture biologique du Québec (FABQ) [en ligne]. Longueil, Québec. 52p.Disponiblesur:<http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Brochure%20fertilisation15nov.pdf>. (Consultée le 25 juin 2009).
- Prats J., 1960-** La fertilisation raisonnée .Ministère de l'agriculture. Direction générale de production et de marchés. 7ème édition. Paris, 87p.
- Prescott J. M., Burnett P.A., Saari E.E., Ransom J., De Milioano W., Singh R.P. et Bekele G., 1987-** Maladies et ravageurs du blé : guide d'identification au champ. CIMMYT. Mexico ,133 p.
- Ramade F., 1984-** Eléments d'écologie fondamentale. Paris,ed. Mc Graw-Hill., 397p.
- Remy JC. et Viaux PH., 1980-** Evolution des engrais azotés dans le sol. Perspectives agricoles spéciales. In Laib S 2011.
- Rémus-Borel W., 2007-** Etude de role de la silice chez le blé dans l'induction des molecules de defense lors d'une infection par le blanc. These Doctorat.Dép.phytologie. Université Laval, Québec,125p
- Roudort L., 2006-** Terres cultivées et terres cultivable dans le monde. *Paleohistoria* N 48, pp 150-156.

Saradha T. 1997-«The culture of earthworms in the mixture of pond soil and leaf litter and analysis of vermifertilizer», J. Ecobiology, vol. 9, no 3, pp 185-188.

Sekhon G.S., 1983- Potassium dynamique in the soils of semi-arid and arid areas proceeding of the 17 the call of the int-Potash INST. Hecd MOROCCO.157 p.

Short J.C.P., Frederickson J.et Morris R.M. «Evaluation of traditional windrow-composting and vermicomposting for the stabilization of waste paper sludge (WPS)», in Diaz Cosin, D.J., Jesus, J.B. et Trogo, D. (Éd.), 1999, 6th International Symposium on Earthworm Ecology, Vigo (Esp.), 1998- Pedobiologia, vol. 43, no 6 (1999), pp 735-743.

Sloane N.J.A., 2003- The on-line encyclopedia of integer sequences. Notices. Am. Math. Soc. 50, pp 912–915.

Smith C.J.,2006- Accumulation of phytoalexins: defence stimulus response system. New Phytologist 132, pp1-45.

Soltner D., 1988- Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions 464 P.

Soltner., 2003 - Les basses des productions végétales. Ed 23^{ème} T1 : le sol et son amélioration 464p.

Soltner D., 2005-Les grandes productions végétales, 20^{ème} édition, collection des sciences et techniques agricoles. 245p.

Stewart P., 1969- Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique.Quelques réflexions. Bull. Soc. Hist. Afri. Du nord, 24p.

Subler S., Edwards C. et Metzger J., juillet 1998-«ComparingVermicomposts and Composts», BioCycle,, pp 63-66.

Sudha B. et KapoorK.K.,2000- «Vermicomposting of crop residues and cattle dung with Eiseniafoetida», Bioresource Technology, no 73, pp 95-98.

Tomlin A.D., 1981-Élevage des vers de terre. Agriculture Canada.Canadex No 489.4p.

Vilain M., 1997- La production végétale. Les composantes de la production. Ed 13^{ème}. 478 p.

Wayne S.C., 1995- Crop Production. John Wiley and Sons, pp60 – 62

Zilinsiky F.J., 1983- Maladies des céréales à paille : guide d'identification : CIMMYT, Mexico.