

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTÉ DES SCIENCES AGRO-VÉTÉRINAIRES

DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



**Effet comparé d'un jus de lombricompost formulé fermenté sur blé dur
et d'une huile essentielle de Cèdre sur une culture de tomate
(*Lycopersicum exulentum*), Var. Marmande**

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme Master en science de la nature et de la vie

Spécialité : Phytopharmacie appliquée

Présenté par : Melle BENDAHIB CHAFIKA

Devant le jury composé de :

Mme BRAHIMI L.	M.A.B.	U.S.D.B.	Présidente du jury
Mr AROUN M.E.F	M.A.A.	U.S.D.B.	Promoteur
Mr DJAZOULI Z.D.	M.C.A.	U.S.D.B.	Co-promoteur
Mme TCHAKER F/Z.	M.A.B.	U.S.D.B.	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie الله de nous avoir donné la santé, la patience et les moyens, à fin que nous puissions accomplir ce travail.

Je tiens à remercier les membres de jury de thèse d'avoir accepté d'honorer et d'enrichir mon travail. Pour cela, je leur exprime ma profonde reconnaissance et mes respects.

*Nous somme redevables pour l'élaboration de ce mémoire à mon promoteur **Mr AROUN M.E.F.** Pour son aide, sa dynamique, ces conseils précieux et sa disponibilité. Sincères remerciements.*

*Mes sincères remerciements vont à mon co-promotrice **docteur DJAZOULLI.** Pour son aide et sa disponibilité.*

*Nos sincères remerciements et gratitude s'adressent à **Mme BRAHIMI L.** d'avoir fait l'honneur de présider la séance de ma soutenance.*

*Nous tenons à remercier l'examinatrice Melle **TCHAKER F/Z** qui a aimablement accepté de faire partie de notre jury de thèse. Sincères remerciements.*

Nous exprimons également nos remerciements à tous les enseignants de département de l'agronomie, et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Mes remerciements vont aussi aux personnels de la bibliothèque et du laboratoire de zoologie pour leur disponibilité et leur compréhension en particulier **AMINA.***

A tous mes camarades de la promotion

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

A mes chers parents qui m'ont tout donné sans rien en retour, et ceux qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leurs grand soutien et les énormes sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études.

A Mes chers frères et sœurs:

BRAHIM, ZAKARIJA et LES deux «S» SIRINE ET SOUAD

A toute la famille BENDAHIB

GRAND PERE BELKACEM

ONCLES: YASSINE, HOCINE, HAMID, ISMAIL, MOHAMED, FETHI

Tantes : ZAHIA ET ANISSA

A toute la famille BENTCHIKOU

Grand PERE, Grande MERE

MOHAMED-CHERIF et ATIKA

Oncles: MOHAMED, BRAHIM, ISMAIL

Tantes: F/ZOHRRA, AMINA ET SALIMA

Ma cousine MARWA

A toute la famille ELKINAI

Beau père et belle mère

Mon fiancé MOSSAAB

Belles sœurs ZINEB et HAWA

A toutes mes amies surtout

ZAHRA et IMENE

**Effet comparé d'un jus de lombricompost formulé fermenté sur blé dur
et d'une huile essentielle de Cèdre sur une culture de tomate
(*Lycopersicum exulentum*),Var. Marmande**

Résumé

Comme toutes les cultures, la tomate subit actuellement de graves problèmes sanitaires imputables aux attaques des bioagresseurs, notamment *Tuta absoluta*. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet fertilisant et stimulateur des systèmes de défense chez la tomate envers *Tuta absoluta* pulvérisation foliaire de jus de lombricompost issu d'une lombriculture.

Les résultats obtenus montrent que le jus de lombricompost s'avère être un stimulateur de la croissance et de l'augmentation du potentiel de production chez la tomate et déclenchent chez cette plante infestée un processus de défense naturelle contre *Tuta absoluta*.

Mots Clés :

Jus de lombricompost, huile essentielle, Cèdre, *Tuta absoluta*, tomate.

Comparative effect of vermicompost made fermented juice of durum and an essential oil of cedar on a tomato crop, Var. Marmande

ABSTRACT

Like all of other crops, the tomato undergoes serious health problems due to attacks by pests currently, including *Tuta absoluta*. The objective of this work is to study the fertilizing and stimulation effect of defense systems at tomato towards *Tuta absoluta* by application of a powdering of lombricompost and pulverization with tea of earthworm resulting from a lombriculture.

The results obtained showed that lombricompost and the tea of earthworm scientifically proves to be instigators of growth and increase in potential of production for crops and starts at the infested crop a natural process of defense.

Keywords:

Vermicompost juice, essential oil , cedar, *Tuta absoluta* , , tomato.

مقارنة تأثير عصير vermicompost المخمرفي مسحوق القمح الصلب

الزيت الأساسية لارز الأطلس على محصول الطماطم، فار. مارماند

الملخص

مثل أي محصول آخر، الطماطم متضررة بسبب هجمات الحشرات المضررة بما في ذلك توتا ايسولوتا (*Tuta absoluta*). الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير الأسمدة وتحفيز أنظمة الدفاع لدى الطماطم ضد *Tuta absoluta* عن طريق تطبيق أسمدة lombricomposte ورش شاي دودة الأرض (thé de lombric) المنتج من lombriculture.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن lombricompost و شاي دودة الأرض (jus de lombric) محفزان للنمو وإنتاجية النباتات المزروعة والزيادة المحتملة في المحاصيل الزراعية كما يقومان بتنشيط عملية الدفاع الطبيعية ضد *Tuta absoluta*.

كلمات البحث:

عصير lombricompost، الزيت الأساسية، لأرز الأطلس، توتا ايسولوتا (*Tuta absoluta*)، الطماطم

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : Généralités sur la Tomate

1. Origine et historique	3
2. Importance	3
2.1 Dans le monde.....	3
2.2. En Algérie	4
3. Classification botanique.....	5
4. Classification génétique	5
5. Caractéristiques morphologique	5
5.1. Appareil végétatif	5
5.2 Appareil reproducteur	6
6. Caractéristiques physiologiques.....	7
7. Les variétés de la tomate	8
8. Principales maladies et ravageurs	8
8.1. Principales maladies	8
8.2. Les ravageurs.....	9

Chapitre II : La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*

Introduction

1. Origine et répartition géographique	10..
1.1. Dans le monde.....	10
1.2. En Algérie	11

1.3. Position systématique et Synonymes.....	11
2. morphologie.....	12
2.1. L'œuf.....	12
2.2. La larve	12
2.3. Les chrysalides	13
2.4. L'adulte	14
3. Biologie, plantes hôtes et dégâts.....	14
3.1. Biologie.....	14
3.2. Plantes hôtes.....	15
3.3. Symptômes et dégâts.....	15
3.3.1. Sur les feuilles.....	15
3.3.2. Sur les tiges.....	16
3.3.3. Sur les fruits.....	16
4. Stratégies de lutte.....	17
4.1. Mesures prophylactiques	17
4.1.1 Utilisation de plants indemnes.....	17
4.1.2 Entretien cultural.....	17
4.1.3. La protection insect-proof (Installation des filets)	17
4.2. Lutte curative.....	17
4.2.1. La lutte chimique	17
4.2.2. Lutte biologique.....	18
4.2.3. Lutte biotechnologique	19
4.2.3.1. Piégeage massif.....	19
4.2.4. Les biopesticides :	19

CHAPITRE III : jus de lombricompost et huile essentielle de cèdre

Introduction

1. Jus de lombricompost, fermentation solide et substrat.....	21
1.1. Jus de lombricompost.....	21
1.1.1. Composition	21
1.1.2. Intérêt.....	22
1.2. Fermentation solide.....	22
1.3. Substrat de fermentation: paille de blé dur	24
2. huile essentielle de Cèdre (<i>Cedrus atlantica</i>)	25
2.1. Composition chimique.....	25
2.2. Intérêts.....	25

CHAPITRE III : Matériels et méthodes

Objectif.....	26
1. Lieu d'étude	26
1.1. Phase pépinière.....	26
1.2. Phase abri-serre tunnel.....	26
2. Matériel	27
2.1 Matériel végétal.....	27
2.2. Biofertilisant et bioinsecticide.....	27
2.3. Matériel animal	27
2.4. Autre matériel.....	28
3. Méthodes.....	28
3.1. Préparation et entretien de la culture.....	28
3.1.1. Semis.....	28

3.1.2. Préparation de la parcelle.....	29
3.1.2.1. Préparation du sol	29
3.1.2.2. Repiquage des plants	29
3.1.2.3. Dispositif expérimental	29
3.1.3. Entretien.....	30
3.2. Préparation des produits	30
3.2.1. Préparation du jus de lombricompost fermenté sur substrat solide	30
3.2.2. Préparation de la dose de jus de lombricompost formulé fermenté.....	31
3.2.3. Extraction d'huile essentielle de cèdre.....	31
3.2.4. Préparation de la dose d'huile essentielle de cèdre..	32
3.2.5. Préparation de la dose du mélange synergique.....	32
3.3. Application des traitements biologique et dénombrement.....	33
3.3.1. Première partie : Effets fertilisant du jus de lombricompost fermenté.....	33
3.3.2. Partie 2 : Effets comparés du jus de lombricompost fermenté et huile essentielle de cèdre et leur synergie.....	34
3.4. Calendrier de projet.....	35
3.5. Analyses statistiques.....	35
3.5.1. Evaluation temporelle des facteurs de production et d'infestation.....	35
3.5.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)	35
3.5.3. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37)	36

CHAPITRE V : Résultats et discussion

1. Effet de jus de lombricompost fermenté sur les paramètres de production de la tomate..	37
1.1. Evolution temporelle.....	37
1.1.1. Evolution temporelle de la longueur des plants.....	37
1.1.2. Evolution temporelle du nombre de bouquets floraux.....	37

1.1.3. Evolution temporelle du nombre de fruits.....	37
1.2. Evaluation de l'effet fertilisant du jus de lombricompost fermenté sur les paramètres de production	
1.2.1. Evaluation de l'effet fertilisant sur la longueur des plants.....	40
1.2.1.1. Evaluation de l'effet fertilisant des trois premiers apports.....	40
1.2.1.2. Evaluation de l'effet comparé des différents traitements.....	40
1.2.2. Evaluation de l'effet fertilisant sur le nombre de bouquets floraux.....	42
1.2.2.1. Evaluation de l'effet fertilisant du deuxième et troisième apport de jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur.....	42
1.2.2.2. Evaluation de l'effet comparé des différents traitements.....	42
1.2.3. Evaluation de l'effet fertilisant sur le nombre de fruits.....	42
1.2.3.1. Evaluation de l'effet fertilisant du troisième apport de jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur.....	42
1.2.3.2. Evaluation de l'effet des différents traitements.....	42
1.3. Etude comparée de l'effet des traitements sur les paramètres de production	44
1.3.1 Etude comparée de l'effet des traitements sur la longueur des plants.....	44
1.3.1.1. Effet comparé des différentes applications jus de lombricompost ...	44
1.3.1.2. Effet comparé des différents traitements sur la longueur des plants	45
1.3.2. Etude comparée de l'effet des traitements sur le nombre de bouquets floraux..	47
1.3.2.1. Effet comparé des différentes applications au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur.....	47
1.3.2.2. Effet comparé des différents traitements sur le nombre de bouquets floraux.....	48
1.3.3. Etude comparée de l'effet des traitements sur le nombre de fruits.....	50

1.3.3.1. Effet comparé des différentes applications au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur.....	50
1.3.3.2. Effet comparé des différents traitements sur la longueur des plants.....	50
2. Effet comparé du jus de lombricompost, l'huile essentielle de cèdre et du mélange sur les infestations de la mineuse de la tomate.....	52
2.1. Evolution temporelle.....	52
2.1.1. Sur les infestations larvaires de <i>T. absoluta</i>	52
2.1.2. Sur les infestations foliaires.....	52
2.2. Evaluation de l'effet des traitements sur les infestations larvaires et foliaires.....	54
2.2.1 Sur les infestations larvaires	54
2.2.2 Sur les infestations foliaires.....	54
2.3. Etude comparée de l'effet des traitements sur les infestations larvaires et foliaires.....	56
2.3.1. Etude comparée des infestations larvaires sous l'effet des différents traitements et périodes.....	56
2.3.2. Etude comparée des infestations foliaires sous l'effet des différents traitements et périodes.....	56
Discussion.....	59
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	

Liste des abreviations

m : mètre

cm : centimètre

ml : millilitre

JLF : jus de lomricompost formulé fermenté

HEC : huile essentielle de Cèdre

J : jour

S : semaine

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principaux pays producteurs de tomate en 2007 (FAO STAT 2007 in GIOVE et ABIS)	4
Tableau 02 : Evolution des superficies cultivées et de production en tomate en Algérie entre 2001-2009 (MADR, 2009).	4
Tableau 03 : Insecticides employés contre les larves et adultes de la mineuse dans la production de tomate (POTTING, 2009).	18
Tableau 04 calendrier et suivi des différentes étapes	35
Tableau 05 : Longueur des plants en fonction des traitements et périodes.	44
Tableau 06 : Nombre de bouquets floraux en fonction des traitements et périodes	47
Tableau 07 : Nombre de fruits en fonction des traitements et périodes	50
Tableau 08 : Nombre de larve en fonction des traitements et période	56
Tableau 09 : Nombre de feuilles infestées en fonction des traitements et périodes	57
Tableau 10 : Nombre de folioles infestées en fonction des traitements et périodes	57

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Appareil reproducteur de la tomate : a : fleurs (ORIGINALE, 2013), c : fruits (ORIGINALE, 2013), c₁ : graine sèche de tomate (www.tomatosphere.org), c₂ : pépins de tomate (www.snv.jussieu.fr).	7
Figure 02 : Carte représentative des premières détections de <i>Tuta absoluta</i> dans différents secteurs des pays méditerranéens et européens entre 2006 et 2010 (DESNEUX <i>et al</i> , 2010).	10
Figure 03 : Aire de répartition de <i>Tuta absoluta</i> en Algérie durant la campagne agricole 2009 /2010 (ZAID, 2010).	11
Figure 04 : Œufs de <i>Tuta absoluta</i> (CHLIH, 2009).	12
Figure 05 : Stade L ₁ (G X 8) (ORIGINALE, 2013).	13
Figure 06 : Stade L ₂ (G X 8) (ORIGINALE, 2013).	13
Figure 07 : Stade L ₃ (G X 8) (ORIGINALE, 2013).	13
Figure 08 : Stade L ₄ (G X 8) (ORIGINALE, 2013).	13
Figure 09 : Chrysalide face ventrale (ZAID, 2010) (X10).	13
Figure 10 : Chrysalide face dorsale (ZAID, 2010) (X10).	13
Figure 11 : Adulte de <i>Tuta absoluta</i> (Original, 2013).	14
Figure 12 : Feuilles attaquées(ORIGINALE, 2013).	15
Figure 13 : Attaque sur tige (AMAZOUZ, 2008).	16
Figure 14 : Attaque sur fruit (ORIGINALE, 2013).	16
Figure 15 : Site du travail expérimental (GOOGLE EARTH, 2013	27
Figure 16 : Obtention des plantules de tomate (ORIGINAL, 2013).	28
Figure 17 : Dispositif expérimental	29
Figure 18 : Obtention des plantules de tomate (ORIGINAL, 2012)	30
Figure 19 : Jus de lombricompost formulé fermenté après dilution (Originale, 2013).	31
Figure 20 : Appareillage d'extraction par entraînement à la vapeur l'eau (Originale, 2013).	31

Figure 21 : Huile essentielle de cèdre (Originale, 2013).	32
Figure 22 : Huile essentielle de cèdre après dilution (Originale, 2013).	32
Figure 23 : Mélange de jus de lombricompost formulé fermenté +Huile essentielle de cèdre après dilution. (Originale, 2013).	32
Figure 24 : Schéma récapitulatif du suivie de l'effet fertilisant du jus de lombricompost fermenté	33
Figure 25 : Effets comparés du jus de lombricompost formulé fermenté et l'huile essentielle de cèdre et leur synergie	34
Figure 26 : Evolution temporelle de la longueur des plants sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (A),(B),(C) et l'effet comparé des différents traitements (D).	38
Figure 27 : Evolution temporelle du nombre de bouquets floraux sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (A, B, C) et l'effet comparé des différents traitements (D).	39
Figure 28 : Evolution temporelle du nombre de fruits sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (H) et l'effet comparé des différents traitements (I).	39
Figure 29 : Evaluation de la longueur des plants sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (A : traitement 1, B: traitement 2, C : traitement 3) et l'effet comparé des différents traitements (D: traitement 4).	41
Figure 31 : Evaluation du nombre de bouquets floraux sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (H: traitement 2) et l'effet comparé des différents traitements (I: traitement 3).	43
Figure 31 : Evaluation du nombre de fruits sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (H: traitement 2) et l'effet comparé des différents traitements (I: traitement 3).	43
Figure 32 : Etude comparée des traitements sur la longueur des plantes A, B : traitement 1, B, C : traitement 2, E, F : traitement 3, G, H : traitement 4.	46
Figure 33 : Etude comparée des traitements sur le nombre de bouquets floraux A, B : traitement 2, B, C : traitement 3, E, F : traitement 4	49
Figure 34 : Etude comparée des traitements sur le nombre de fruits A, B : traitement 3 ; B, C : traitement 4.	51
Figure 35 : Evolution temporelle des infestations larvaires (A) et foliaires (B :	53

feuilles, C : folioles) sous l'effet des différents traitements

Figure 36: Evaluation de l'effets des traitements sur les infestations larvaires (A) et foliaires (B : feuilles, C : folioles) **55**

Figure37 : Etude comparée des traitements sur les infestations larvaires (A, B) et foliaires (C, D : feuilles, E, F : folioles). **58**

Introduction

Dans le cadre de la préservation du milieu, l'augmentation quantitative et qualitative de la production, l'agriculture durable doit gérer les interactions complexes entre le sol, l'eau, les plantes, les animaux, le climat soumis à l'effet des pratiques culturales.

Dans un contexte, de nombreuses méthodes de lutte alternatives et/ou complémentaires sont développées afin de minimiser le recours à l'utilisation des insecticides de synthèse, dont les effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine sont reconnus et identifiés. Les méthodes actuellement étudiées sont celles qui tendent à développer l'utilisation des molécules bioactives à effets fertilisant, pesticide et stimulateur des systèmes de défense chez les plantes.

Le recours à ces méthodes constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les règles régissant la lutte contre les ennemis des cultures. Cette approche, consiste à donner aux plantes les moyens de se défendre elles-mêmes, ou renforcer leurs propres moyens de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur (FRAVEL *et al.*, 1999).

De nombreux travaux ont montré que l'application des éliciteurs (COLE, 1999 ; COUDERCHET *et al.* 2003), et des extraits d'algues (LIZZI *et al.* 1998) sur une plante, peuvent activer préventivement ses réactions de défense qui conduit à l'augmentation de sa résistance aux bioagresseurs. Mais, rares sont les travaux s'intéressant à l'impact de l'utilisation du Lombricompost et de ses dérivés comme produits fertilisants et stimulateurs des défenses naturelles des plantes contre les ravageurs.

C'est dans ce cadre, que s'articule notre travail portant sur l'effet comparé d'un jus de lombricompost formulé fermenté, d'une huile essentielle de Cèdre et leur mélange.

CHAPITRE I : Généralités sur la tomate

1. Origine et historique

La tomate est originaire de l'Amérique du sud, précisément de la cordillère des Andes, aujourd'hui partagée entre le Pérou, le Chili et l'Equateur. Elle a été longtemps cultivée en tant que plante ornementale, de réputation toxique. Son utilisation ornementale lui a valu le nom de pomme dorée ou golden apple (du latin Mala aurea) ou pomme d'amour ou love apple (Poma amoris). Le mot « tomate » dérive de l'appellation indienne du Mexique: « tomatl ». Le premier écrit relatant la comestibilité de la tomate reviendrait à l'italien Matthioli (1544) qui avait rapporté que " la tomate est mangée avec de l'huile, du sel et du poivre " (EL FADL et CHTAINA, 2010).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du sud de l'Espagne, qui l'ont introduite étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (LATIGUI, 1984).

2. Importance

2.1 Dans le monde :

Les données reportées dans le tableau n°1, montrent que les deux premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine (25,34 %), suivie des Etats-Unis (08,84 %). Par contre, l'Algérie est classée au 18^{ème} rang mondial (00,81%), avec une production très faible par rapport à celle des pays du bassin méditerranéen tels que l'Egypte, Italie ou l'Espagne.

Tableau n°1 : Principaux pays producteurs de tomate en 2007 (FAO STAT 2007 in GIOVE et ABIS)

Pays	Production (10³ tonnes)	(%)
Monde	124 875	100%
Chine	31 644	25 ,34%
USA	11 043	08,84%
Algérie	1 023	00,81%
Tunisie	960	00,76%
Maroc	1 206	00,96%
Egypte	7 600	06,08%
Italie	7 187	05,75%
Syrie	946	00,75%
Espagne	4 651	03,72%
Portugal	1 085	00,86%
France	790	00,63%
Grèce	1 712	01,37%

2.2. En Algérie

Nous nous apercevons selon les données du tableau 02 ci-dessous, que les superficies cultivées et la production ont augmentées entre 2001 et 2009. Cependant, nous constatons que les rendements sont restés faibles comparés à ceux obtenus par d'autres pays du bassin méditerranéen, comme la Tunisie, le Maroc, l'Espagne, la France ou l'Italie dont les rendements varient de 350 Qx/ha à 1500 Qx/ha.

Tableau n°2 : Evolution des superficies cultivées et de production en tomate en Algérie entre 2001-2009 (MADR, 2009).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Superficies Ha	16760	17820	18650	19432	21089	20436	20079	19655	20789
Productions Qx	3735340	4013640	4569330	5121950	5137280,4	5489336	5673134	5592491	6410343
Rendements Qx /Ha	222,87	225,20	245,00	263,60	243,60	268,60	282,50	284,50	308,40

3. Classification botanique

La tomate appartenant à la famille des Solanacées est désignée par LINNE en 1753, sous la nomenclature binomiale, *Solanum lycopersicon* (MUNROE et SMALL, 1997).

RICK et HOLLE ont identifié en 1990, neuf espèces du genre *Lycopersicon* *L. peruvianum*, *L. pimpinellifolium*, *L. hirsutum*, *L. cheemannii*, *L. parviflorum*, *L. chilense*, *L. chmielewskii*, *L. pennellii* et *L. lycopersicum*.

DOMINIQUE *et al.* (2009), classent la tomate *Lycopersicum esculentum*, parmi l'Embranchement des Phanérogames, le Sous Embranchement des Spermatophytes, l'Ordre des Polemoniales, la Famille des Solanacées et le Genre *Lycopersicum*.

4. Classification génétique

La tomate cultivée, *Lycopersicon exulentum* Mill est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques, dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

La structure de la fleur de *L. exulentum* assure une cleistogamie (autogamie stricte). Mais, elle peut se comporter comme une plante allogame. On peut avoir jusqu'à 47 % de fécondation croisée dans la nature (PUBLISHER, 2004).

5. Caractéristiques morphologique

La tomate est une plante annuelle, dont le fruit est une baie. Cette dernière est rouge, parfois jaune ou orangée, de forme ronde ou plus ou moins allongée, lisse ou creusée de sillons, toujours charnues. Elle contient dans la pulpe une grande quantité de petites graines blanches, plates, réniformes, feutrées lorsqu'elles sont sèches. (CHAUX et FOURY, 1994, SHANKARA *et al.*, 2005).

5.1 Appareil végétatif

Le système racinaire est puissant, très ramifié à tendance fasciculée. Il est important sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond, on peut trouver des racines jusqu'à 1 mètre de profondeur (CHAUX et FOURY, 1994).

La tige est de forme anguleuse, épaisse aux entre nœud pubescent (couvert de poil), de consistance herbacée en début de croissance, se lignifie en vieillissant. Cette croissance monomodale au début, après quatre ou cinq feuilles devient sympodiale, développant des bourgeons axillaires donnant naissance à des ramifications successives. Par contre, les bourgeons terminaux produisent des fleurs ou avortent.

Les rameaux issus des bourgeons axillaires produisent des feuilles à chaque nœud et se terminent par une inflorescence (CHAUX et FOURY, 1994).

La tige porte deux types de poils, simple ou glanduleux. Ces derniers contenant une huile essentielle qui donne son odeur caractéristique de la plante (KOLEV, 1976).

Les feuilles alternées, sont composées de cinq à huit folioles principales, longues de 10 à 25 cm et portant un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentés sur les bords, grisâtre à la face inférieure. Elles sont souvent repliées en forme de cuillères ou même à bords enroulés en dessus (RAEMAEEKERS, 2001).

5.2 Appareil reproducteur

Les fleurs (**Figure 1a**) sont regroupées sur le même pédoncule en bouquet formant des grappes plus ou moins bifurquées de trois à huit fleurs chez les variétés fixées et au-delà chez les hybrides (POLESE, 2007).

Le calice comporte cinq sépales verts. Il est persistant après la fécondation et subsiste au sommet du fruit. La corolle comporte cinq pétales d'un jaune vif, soudées à leur base.

L'androcée comporte cinq étamines à déhiscence latérale. Les anthères allongées forment un cône resserré au tour du pistil, constitué de deux carpelles soudés formant un ovaire super biloculaire à deux loges et à placenta central. Chez certaines variétés l'ovaire est pluriloculaire (DORE et VAROQUAUX, 2006).

REY et COSTES (1965) rappellent que la formule florale de la fleur est la suivante :

5 sépales + 5 pétales + 5 étamines + 2 carpelles.

Le fruit (**Figure 1b**) présente deux loges. En section méridienne, il peut revêtir des formes très variées, ellipsoïdales, plus ou moins aplaties, globuleuses, ovales,

plus ou moins allongées, voir cylindriques ou piriformes. La taille est extrêmement variable, allant de 1.5 cm de diamètre pour la tomate cerise à plus de 10 cm.

La couleur varie du rouge foncée, rose, bleuâtre, orange, jaune, et même blanche. Cette diversité de coloration est due à la présence de deux principaux pigments, le carotène (jaune) et le lycopène (rouge) (CHAUX et FOURY, 1994).

Le nombre de graines par fruit varie de 80 à 500. Elles sont recouvertes d'un mucilage qui présente à maturité un albumen et embryon à courbe, à germination épigée. La graine est petite (250 à 350 graine par gramme) (CHAUX et FOURY, 1994).

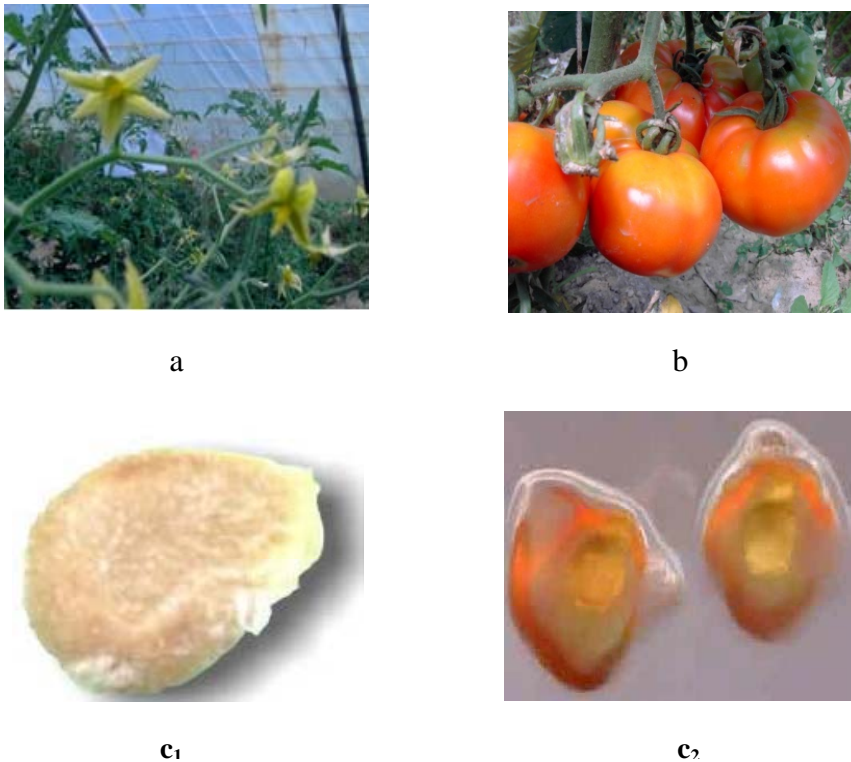


Figure 1 : Appareil reproducteur de la tomate : **a** : fleurs (ORIGINALE, 2013), **c** : fruits (ORIGINALE, 2013), **c₁**: graine sèche de tomate (ANONYME, 2010), **c₂**: pépins de tomate (ANONYME, 2010).

6. Caractéristiques physiologiques

De nombreux travaux ont été faits sur la tomate, ce qui nous permet de connaître assez bien son cycle biologique, ses exigences, ainsi que les conditions de

milieu, lui permettant un développement optimum et une bonne productivité (HELLER, 1981).

D'après GALLAIS et BANNEROT(1992), le cycle végétatif complet de la graine à la graine de la tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture. Mais, il s'étend généralement de 3,5 à 4 mois du semis jusqu'à la récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit).

7. Les variétés de la tomate

Les tomates peuvent être classées d'après leurs caractères morphologiques et botaniques : ils déterminent l'aspect et le port que revêt le plant de tomate, ainsi la plus part des variétés ont un port dit indéterminé (ou non déterminé) à l'opposé des autres, dites à port déterminé (JEAN-MARIE, 2007).

8. Principales maladies et ravageurs

8.1. Principales maladies

La tomate peut être attaquée par de nombreuses maladies, provoquant des pertes qui sont parfois sévères (SHANKARA *et al.*, 2005), telles que :

Les maladies cryptogamiques comme le mildiou (*Phytophthora infestans*), l'alternariose (*Alternaria solani*), la moisissure grise (*Botrytis cinerea pers*), la cladosporiose (*Fulvia fulva*), l'oïdium (*Leveillula taurica*), La fusariose vasculaire (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*) et la verticilliose (*Verticillium dahliae*) (VEROLET, 2001).

Les maladies bactériennes comme la moucheture (*Pseudomonas syringae pv.tomato* (Okabe) Alstatt), la gale bactérienne (*Xanthomonas campestris pv.vesicatoria (doidge) Dowson*), le Chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis subsp.michiganensis*) et la moëlle noire (*Pseudomonas corrugata (Roberts and scarlett)*) (VEROLET, 2001).

Les viroses dues au Virus de la mosaïque du tabac (TMV), le Virus de la mosaïque du concombre (CMV), le Virus Y de la pomme de terre (PYV), le *Tomato yellow leaf-curl virus* (TYLCV), et le virus de la maladie bronzée de la tomate (BLANCARD, 1988).

8.2. Les ravageurs

SHANKARA *et al.*, (2005) signalent parmi les principaux ravageurs de la tomate :

Les nématodes des racines noueuses provoquent des galles sur les racines des plantes. Trois espèces sont fréquentes *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*. Les plantes atteintes restent petites de taille et sont sensibles aux maladies fongiques et bactériennes transmises par le sol.

Les acariens de couleur souvent jaune, rouge ou orange, mesurent moins d'1 mm. Les larves issues des œufs pondus sur les feuilles et les adultes sucent la sève des plantes. Les tétranyques fabriquent des toiles en fils légers qui ressemblent aux toiles d'araignées. Les feuilles et les tiges jaunissent et se dessèchent. Les dommages qu'ils provoquent sont les plus importants pendant la saison sèche.

Les pucerons dont les dommages directs sont produits lorsqu'ils apparaissent en grands nombres sur la culture. En outre, leurs dommages indirects sont induits par les viroses qu'ils transmettent.

Les aleurodes ou mouches blanche présentent un problème au cours de la saison sèche.

Les thrips sucent la sève des feuilles, ce qui cause des taches argentées sur la surface des feuilles. Quelques espèces de thrips sont des vecteurs de la maladie virale.

Les noctuelles sont des ravageurs courants dans les cultures de tomate. Les larves qui sortent des œufs se nourrissent des feuilles, des fleurs, des fruits et même des racines.

Les mineuses sont des chenilles de microlépidoptères (1 à 2 cm d'envergure). Ces chenilles creusent dans le limbe des feuilles des galeries serpentantes qui s'élargissent au fur et à mesure de leur croissance. Elles émettent une cire protectrice et entraînent la déformation des feuilles et leur chute (disparition de la chlorophylle).

CHAPITRE II : La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*

Introduction

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* est un insecte déprédateur nuisible à la tomate. La larve creuse des galeries dans les feuilles, la tige, au niveau des bourgeons apicaux, et des fruits verts et mûrs, causant des pertes de rendements parfois atteignant 100%. En plus de la tomate (*Lycopersicon exulentum*), des attaques larvaires ont été signalées en Algérie, sur l'aubergine (*Melogena solanum*), pomme de terre pepino (*Muricatum de solanum*) et mauvaises herbes parmi les solanacées (*Datura stranoium*, *Lylium chilense* et *Solanum migrum*). (ANONYMEa, 2008).

1. Origine et répartition géographique

1.1. Dans le monde

MUGNIERY *et al*, (sd) cité par ROUSSELLE *et al*, en 1996, précisent que *Tuta absoluta* est présente dans les zones tempérées de haute altitude d'Amérique du Sud. En 1964, elle est déclarée par URBANEJA *et al*, (2007) en Argentine, d'où elle s'est propagée vers d'autres pays de l'Amérique Latine comme la Bolivie, le Brésil, le Chili, la Colombie, l'Equateur, le Paraguay, l'Uruguay et le Venezuela.

En 2006, elle a été détectée en Espagne dans la province de Castillo. En 2008, elle a été identifiée dans d'autres pays du bassin Méditerranéen (Maroc, Algérie, Tunisie). En 2009, elle a été observée en Grande-Bretagne, Pays-Bas, Albanie, Suisse, Portugal, Malte et au Nord de la France. Plus récemment, elle a été identifiée par KILIC (2010) dans la province d'Izmir, en Turquie (Figure 2).



Figure 2 : Carte représentative des premières détections de *Tuta absoluta* dans différents secteurs des pays méditerranéens et européens entre 2006 et 2010 (DESNEUX *et al*, 2010).

1.2. En Algérie

La présence de cette espèce invasive en Algérie est confirmée pour la première fois au mois de mars, sur tomate sous serres dans la commune de Achacha dans la wilaya de Mostaganem (Algérie) par GUENAOUI en 2008. Ce déprédateur s'est répandu par la suite à d'autres wilayas (EL ABCI, 2009).

En 2009, 16 wilayas productrices de tomates sont touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chlef, El Tarf, Oran, Aïn Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi Ouzou, Béjaïa, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'sila et Biskra) (LOUCIF, 2009) (Figure 3).

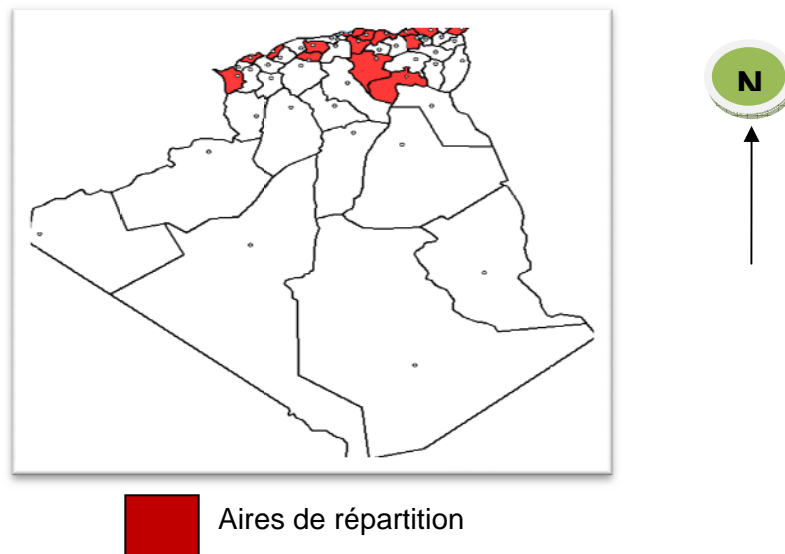


Figure 3: Aire de répartition de *Tuta absoluta* en Algérie durant la campagne agricole 2009 /2010 (ZAID, 2010).

1.3. Position systématique et Synonymes

La position systématique de *Tuta absoluta* fut établie en 1917 par Meyrick. Ainsi, ce ravageur appartient selon Roel *et al.* (2009) à :

Embranchement :	<i>Arthropoda</i>
Sous-embranchement :	<i>Uniramia</i>
Classe :	<i>Insecta</i>
Ordre :	<i>Lepidoptera</i>
Famille :	<i>Gelechiidae</i>
Sous-famille :	<i>Gellechiinae</i>
Genre :	<i>Tuta</i>
Espèce :	<i>T.absoluta</i>

EPPO (2005) signale que l'espèce est désignée également sous les noms de *Phthorimaea absoluta* (Meyrick, 1917), *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1962), *Scrobipalpula absoluta* (Povolny, 1964), *Scrobipalpuloides absoluta* (Povolny, 1987) et *Tuta absoluta* (Povolny, 1994).

2. morphologie :

2.1. L'œuf

Les œufs sont de formes ovales, de couleur blanc crème juste avant la ponte et deviennent orange marron juste après éclosion. La ponte se fait d'une manière individuelle ; les œufs sont déposés, isolés les uns des autres.

La femelle pont de 40 à 50 œufs, elle pont en générale au niveau des jeunes bourgeons et jeunes feuilles (ANONYME, 2010) (Figure 4).



Figure 4: Œufs de *Tuta.absoluta* (CHLIH, 2009).

2.2. La larve

Les larves sont des chenilles, qui possèdent une capsule céphalique nettement différenciée, ainsi que des paires de pattes dès l'éclosion, les chenilles sont au départ de couleur crème puis deviennent verdâtre et rose claire, ou arborent des stries roses le long du dos. Elles ont une bande noire derrière la tête quand elles atteignent leur dernier stade de développement.

Selon MARCANO (2008), la larve initiale du 1^{er} stade mesure 0.9 mm et celle du stade L₃ mesurent 4.5 à 5.6 mm de long et les larves de 4^{ème} stades peuvent mesurer jusqu'à 7.5 mm (Figure 5, 6, 7 et 8).



Figure 5: Stade L₁ (G X 8)
(ORIGINALE, 2013).



Figure 6: Stade L₂ (G X 8)
(ORIGINALE, 2013).



Figure 7: Stade L₃ (G X 8)
(ORIGINALE, 2013).



Figure 8 :Stade L₄ (G X 8)
(ORIGINALE, 2013).

2.3. Les chrysalides

C'est l'état pendant lequel la larve âgée cesse de s'alimenter. Elle est de forme cylindrique de 4.3 mm de large et 1.1 mm de diamètre. La nymphose peut avoir lieu au sol, sur les feuilles ou à l'intérieur des mines. Elle est couverte généralement par un cocon blanc et soyeux (Figure 9 et 10).

Selon MARGARIDA (2008), les chrysalides sont de couleur marron, la métamorphose dure 9 à 11 jours.



Figure 9 : Chrysalide face ventrale
(ZAID, 2010) (GX10).



Figure10: Chrysalide face dorsale
(ZAID, 2010) (GX10).

2.4. L'adulte

Les adultes sont gris et marron, mesurent environ 6 mm et leur envergure est de 10 mm environ. Les males sont un peu plus foncés que les femelles (ANONYME, 2011) (Figure 11).

Ils possèdent des antennes filiformes, ornées d'une bande brune foncée et blanche et légèrement plus grande que le male (MARGARIDA, 2008).



Figure 11: Adulte de *Tuta absoluta* (Original, 2013).

3. Biologie, plantes hôtes et dégâts :

3.1. Biologie

SILVA (2008) montre que le cycle biologique de cet insecte dure de 29 à 38 jours, en fonction des conditions climatiques. La température minimale d'activité est de 9°C. Une femelle peut pondre de 250 à 260 œufs au cours de sa vie. Les œufs déposés sur la partie aérienne des plantes, libèrent des chenilles qui creusent des galeries dans les feuilles, tiges et fruits.

Entre les stades larvaires, la chenille sort des galeries de feuillages ou des fruits pour en creuser des nouvelles. Les transformations en pupes se font soit à la surface d'une feuille. Parfois recroquevillée ou dans une galerie.

Les papillons sont actifs tôt le matin et au crépuscule et se cachent entre les feuilles pendant la journée.

L'hivernation se fait au stade œuf, pupes ou adultes, au stade larvaire *T. absoluta* n'entre pas en diapause. (ANONYME, 2011).

3.2. Plantes hôtes

Les cultures de la famille des Solanacées, comme la tomate, la pomme de terre et l'aubergine sont les plantes hôtes de prédilection de la mineuse de la tomate (PEYRERA et SANCHEZ, 2006). En revanche pour WANG et *al.* (2004), le poivron et le tabac, d'autres espèces de la même famille ne sont pas favorables au développement de ce ravageur, par contre la morelle de la caroline (*Solanum carolinense* L.) peut servir d'hôte secondaire.

3.3. Symptômes et dégâts

3.3.1. Sur les feuilles

Après l'éclosion, les larves cherchent un point d'entrée dans les feuilles (ATTOUF, 2008), puis pénètrent entre les deux épidermes de la feuille, et commencent à consommer les feuilles, formant des galeries ou mines, (FERNANDEZ et MONTAGNE, 1990), en se nourrissent du mésophile et laissent intact l'épiderme (MARGARIDA, 2008). Ces mêmes galeries peuvent être confondues avec celles des mouches mineuses, *Liriomyza* sp, (CAPONERO et COLELLA, 2009). Avec le temps, les mines se nécrosent et brunissent (TETEREL, 2009) (Figure 12).

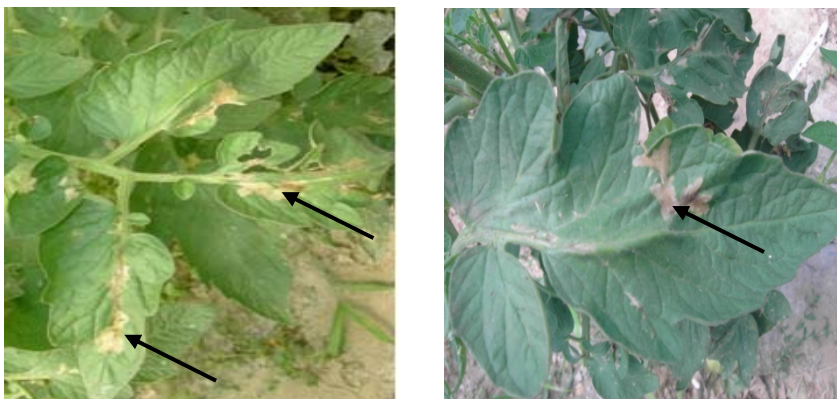


Figure 12 : Feuilles de tomate attaquées par *T.absoluta* (ORIGINALE, 2013).

3.3.2. Sur les tiges

Les larves pénètrent à l'intérieur des tiges forment des mines et laissent leurs excréments à l'intérieur (GARZIA *et al.*, 2009) (Figure 13).



Figure 13 : Attaque de *T.absoluta* sur tige de tomate
(AMAZOUZ, 2008).

3.3.3. Sur les fruits

Les larves attaquent les fruits en formation ou mûrs. Elles pénètrent et creusent des galeries rendant les fruits non comestibles et non commercialisables. Les dommages causés par les larves favorisent l'installation d'agents pathogènes tels que les bactéries et les champignons (BERKANI et BADAOU, 2008 ; MARGARIDA, 2008) (Figure 14).



Figure 14 : Attaque *T.absoluta* sur fruit de tomate
(ORIGINALE, 2013).

4. Stratégies de lutte

La limitation des populations du ravageur peut être réalisée par différentes méthodes :

4.1. Mesures prophylactiques

Elles sont obligatoires et salutaires, elles portent sur l'application par les agriculteurs des principales mesures suivantes :

4.1.1 Utilisation de plants indemnes

Ceci exige une double vigilance au niveau de la pépinière et au repiquage des plants

- Au niveau des pépinières :

Les producteurs de plants de tomate doivent à leur niveau éliminer systématiquement les plants atteints (ANONYME, 2008b).

- Au repiquage :

L'agriculteur ne doit utiliser que des plants sains et refuser tout plant atteint ou douteux (ANONYME, 2008c).

4.1.2 Entretien cultural

Parmi les pratiques culturales traditionnellement appliquées, l'agriculteur doit impérativement s'atteler à désherber à l'intérieur et aux alentours des serres cultivées (ANONYME, 2008c). Ceci lui permet d'éliminer des refuges naturels du ravageur (ANONYME, 2008d).

4.1.3. La protection insect-proof (Installation des filets)

C'est la voie prophylactique la plus sûre. Elle permet d'empêcher toute infiltration d'insectes dangereux nocifs aux cultures tels que les noctuelles, les pucerons, les aleurodes et bien d'autres organismes nuisibles (ERROUKRMA, 2011).

4.2. Lutte curative

4.2.1. La lutte chimique

Différentes matières actives sont utilisées contre les états larvaire et adulte de *Tuta absoluta* (Tableau n°3). Des insecticides biologiques particulièrement à base de *Bacillus thuringiensis* et le Spinosad sont utilisés contre les jeunes larves.

En effet, le recours à la lutte chimique est indispensable car elle constitue la ressource sûre à laquelle l'agriculteur maraîcher a accès tout le temps.

Tableau n°3: Insecticides employés contre les larves et adultes de la mineuse dans la production de tomate (POTTING, 2009).

Matières actives	Nom du produit	Stade de l'insecte
Methoxyfenoxide	<i>Runner</i>	Jeunes larves
Indoxacarb	<i>Steward</i>	Toutes les étapes Larvaires
Pyrethrine	Piperonylbutoxide <i>Spruzit vlb.</i>	Larve / Adulte
Teflubenzuron	<i>Nomolt</i>	Jeunes larves
Spinosad	<i>Tracer</i>	Larve
Deltamethrin	<i>Decis Micro/EC</i>	Larve / Adulte
Methomyl	<i>Methomex 20LS</i>	Larve

Cependant, l'utilisation des pesticides contre *Tuta absoluta* a montré une efficacité limitée, même après l'augmentation de la fréquence d'application et le changement des types d'insecticides utilisés (FRANÇA, 1993).

La résistance à certains insecticides a été rapportée dans plusieurs pays (SIQUEIRA *et al*, 2000). Des effets secondaires ont été constatés sur les ennemis et les pollinisateurs des cultures (POTTING, 2009).

4.2.2. Lutte biologique

La lutte biologique est la gestion des arthropodes nuisibles en utilisant d'autres populations d'autres organismes (ennemis naturels) afin de limiter la densité et la croissance de la population de ravageurs (Van DRIESCHE et BELLOWS, 1996). Dans l'optique de la réduction des moyens chimiques de contrôle des insectes ravageurs, la perspective de la lutte biologique est pleine de promesses (THIERY, 2007).

Plus de 20 espèces de parasites de *T. absoluta* ont été décrits (LUNA et WADA, 2006). DESNEUX *et al.*, (2010) mentionnent des parasites des œufs *Trichogrammatidae*, des acariens prédateurs *Phytoseidae*, des punaises *Miridae*, des genres *Nesidiocoris* et *Macrolophus*, ainsi que des Hémiptères *Nabidae* comme parasites et prédateurs des larves.

Plusieurs essais de lutte biologique contre ce ravageur sont connus en Amérique du Sud, particulièrement avec le parasitoïde des œufs *Trichogramma* (MEDEIROS *et al.*, 2006). Les meilleurs résultats ont été obtenus grâce aux lâchers des parasites *Trichogrammatidae* et à la punaise prédatrice *Macrolophus*. (POTTING, 2009).

En Algérie, LATRECH a mené en 2011, au niveau de l'INPV, un élevage de la punaise prédatrice *Nesidiocoris tenuis*, provenant d'un lot introduit d'Espagne. Les essais de lâchers ont montré que malgré le nombre réduit d'individus lâchés, le taux d'infestation larvaire est réduit à 22.3% par rapport à celui de la culture témoin (sans lâchers) dont l'infestation est de 60%.

4.2.3. Lutte biotechnologique

4.2.3.1. Piégeage massif

C'est une méthode efficace pour diminuer la population de *T. absoluta* par l'utilisation des phéromones sexuelles. (FILHO *et al.*, 2000). Le piégeage massif à l'aide des pièges à phéromone est un moyen de lutte complémentaire qui a pour effet la réduction importante de la population des mâles de *T. absoluta* et par conséquent des accouplements (ANONYMEa, 2010).

4.2.3.2. Les biopesticides :

Des insecticides biologiques particulièrement à base de *Bacillus thuringiensis* et le Spinosad sont utilisés contre les jeunes larves.

La grande perturbation de l'équilibre écologique est due à l'utilisation massive de produits pesticides, d'origine chimique. La restauration de l'équilibre écologique est une condition essentielle (RIPA, 1981 in COLLAVINO et GIMENEZ 2008).

Le contrôle de la mineuse de la tomate pourrait se faire grâce à des actions intégrées (pesticides sélectifs et lutte biologique) auxquelles pourraient être associés

des champignons et des bactéries. Les biopesticides sont des produits de substitution constitués d'organismes entomopathogènes (MURPHY *et al.*, 1998).

Les biopesticides sont des agents de lutte biologique contre des ravageurs spécifiques (CHARUDATTAN *et al.*, 2002). L'ingrédient actif des biopesticides est une substance naturelle présente chez l'animal, la plante et l'organisme vivant ou un virus (EPA, 2003).

Les biopesticides comprennent trois grands groupes: Le premier groupe est appelé : pesticides microbiens, parce que le principe actif peut être un micro-organisme comme les bactéries, les champignons, les virus ou les protozoaires.

Le PIP (Plant-Incorporated-protectans) correspond à la deuxième catégorie des biopesticides. Les plantes sont les substances qui produisent ces biopesticides.

Le troisième groupe correspond aux pesticides biochimiques. Ces derniers comprennent des substances telles les phéromones synthétiques, les extraits de plantes qui attirent les insectes nuisibles et les pièges (EPA, 2003).

Les biopesticides sont moins toxiques que les pesticides d'origine chimique classique. Généralement, ils sont très spécifiques pour le déprédateur. Les pesticides conventionnels, à large spectre, affectent les oiseaux, les insectes et les mammifères (EPA, 2003).

CHAPITRE III : jus de lombricompost et huile essentielle de cèdre

Introduction

En plus des méthodes bien connues de gestion des maladies des plantes en agriculture telles que la rotation des cultures, le choix de variétés résistantes et semences certifiées indemnes de maladies, la solarisation du sol. Des approches nouvelles intéressantes sont explorées pour combattre les ravageurs et supprimer les maladies des plantes par des moyens naturels tels que les substances fertilisantes et stimulatrices des systèmes de défense des plantes. C'est dans ce cadre que s'incère notre travail par l'utilisation d'un jus de lombricompost fermenté sur substrat de poudre de blé dur, dont l'effet est comparé à celui d'une essentielle de cèdre.

1. Jus de lombricompost, fermentation solide et substrat

1.1. Jus de lombricompost

1.1.1. Composition

Le jus de lombricompost contient des macroéléments nutritifs disponibles sous forme de NO₃, PO₄, Ca, K, Mg et S et des micronutriments qui présentent des effets similaires sur la croissance et le rendement des plantes (Singh et al., 2008). De même, ils contiennent une grande proportion des substances humiques sous forme d'acides humiques, fulviques et humiques qui fournissent de nombreux sites de réaction chimique aux organismes microbiens connus d'améliorer la croissance des plantes et la suppression des maladies par les activités des bactéries (*Bacillus*), des levures (*Sporobolomyces* et *Cryptococcus*) et des champignons (*Trichoderma*), ainsi que des antagonistes chimiques tels que des phénols et des acides aminés (Nagavalemma et al., 2004).

1.1.2. Intérêt

L'utilisation des biofertilisants 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). Des études ont également montré que le traitement foliaire des plants avec du lombricompost était associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes (PAJOT, 2010).

Les nutriments minéraux solubles, les acides organiques et les régulateurs de croissance des plantes solubles dans le jus de lombricompost ont un effet positif sur le développement de la racine initiale et la croissance des plantes à la fois par l'application foliaire et l'application au sol (KEELING et al., 2003 ; EDWARDS et al., 2006 ; ARANCON et al., 2007). Il contient également des régulateurs de croissance bénéfiques à la croissance (CANELLAS et al., 2002).

EDWARDS ET ARANCON (2004) rapportent des diminutions statistiquement significatives des populations d'arthropodes (pucerons, cochenilles, tétranyques) et des réductions corollaires des dégâts infligés aux plantes dans des essais portant sur la tomate, le poivron et le chou grâce à des ajouts de 20 % et 40 % de lombricompost. Ils signalent également une suppression significative des nématodes endoparasites au cours d'essais en champs sur des poivrons, des tomates, des fraises et du raisin. Il faudra cependant davantage de recherches avant qu'on puisse considérer le lombricompost comme une solution de rechange aux pesticides ou aux autres méthodes non toxiques de protection phytosanitaire.

1.2. Fermentation solide

La fermentation en milieu solide (FMS) consiste selon ANONYME (2007) en une culture de microorganismes (bactéries, champignons et autres) dans un substrat solide sans écoulement d'eau. Il s'agit d'exploiter le métabolisme et le mécanisme de croissance de ces microorganismes et leur métabolisme sur des substrats pour dégrader la matière solide afin d'en produire des substances à forte valeur ajoutée comme les enzymes, les aliments pour bétail, les engrais.

Le développement microbien se fait, en surface et à l'intérieur de la matrice solide, en absence de tout écoulement liquide. La matrice poreuse peut être constituée d'un substrat naturel ou d'un support inerte capable d'absorber les nutriments qui se trouvent à l'état dissout dans une solution.

On peut distinguer deux types de fermentations en milieu solide :

- Culture solide sur une phase substrat-support, la phase solide est constituée à partir d'un matériel naturel assurant à la fois la fonction de support et de source de nutriments.
- Culture solide avec une phase support imprégnée d'un milieu liquide. Dans ce type de fermentation, la phase solide est considérée comme un support inerte qui ne constitue pas une source de nutriments pour les micro-organismes. Il sert seulement de réservoir d'une solution nutritive absorbée au niveau de la matrice solide. Les matériaux utilisés sont divers, et la plupart ont une forte capacité de rétention d'eau (bagasse de canne à sucre, écorce de bois, éponge, polyuréthane, vermiculite).

Selon ANONYME (2007), les paramètres, de contrôle de la FMS, sont essentiellement l'humidité, la température, le pH et l'aération.

La quantité d'eau à ajouter est fonction de la capacité de rétention d'eau du substrat solide et de la nature du micro-organisme. Cette teneur en eau doit être suffisante pour le métabolisme des champignons tout en gardant la matrice solide (pas d'écoulement d'eau) et sans affecter la porosité du substrat au risque de réduire les échanges gazeux.

La régulation de la température est nécessaire dans un processus fermentaire, car le dégagement de la chaleur générée au cours des activités métaboliques des micro-organismes se traduit par une augmentation de la température. Ceci pose un sérieux problème au cours de la FMS aussi bien à l'échelle du laboratoire qu'à l'échelle industrielle. Par conséquent, le maintien de la température établie en début de la fermentation (généralement température optimale de la croissance du micro-organisme) est une tâche très difficile.

Le maintien du pH au cours de la fermentation reste une tâche très difficile à réaliser en particulier pour les FMS qui n'emploient pas de systèmes d'agitation car

l'activité métabolique des micro-organismes engendre la production d'une multitude de produits dans le milieu de culture. Ceci provoque une variation du pH qui agit sur la bonne croissance des micro-organismes. Le pH initial d'une culture est ajusté à son optimum par la solution nutritive qui imprègne le support.

L'aération au cours de la FMS permet d'assurer le maintien des conditions en aérobiose, l'élimination du CO₂ et de certains métabolites volatils, la régulation de l'humidité et la régulation de la température, en évacuant la chaleur dégagée par les micro-organismes.

Au cours du processus de la FMS, l'aération des cultures se fait par injection d'air comprimé stérile à travers les fermenteurs à aération forcée. Son débit est fonction de la nature du micro-organisme mis en culture et de la porosité du substrat.

1.3. Substrat de fermentation: paille de blé dur

La paille de blé désigne les tiges et les feuilles sèches, coproduits de la récolte du grain de blé. D'après ZEITOUN (2011), elle est constituée de 89.3% de la matière sèche, dont 8.6 % de la matière minérale et 91.3% de la matière organique. Elle comprend 3.7% de protéines, 32.4% de cellulose, 15.3% de lignine et 28.6% d'hémicellulose. La cellulose constitue le composé majoritaire de la paille, suivie par les hémicelluloses. La lignine représente environ 14% de la masse de la matière sèche de la plante, ce qui fait de la paille une matière végétale peu lignifiée. Les minéraux sont présents en plus faible quantité et les protéines sont un composé minoritaire.

Les éléments minéraux de la paille, jouent un rôle essentiel dans la vie de la plante en intervenant dans différents mécanismes biologiques, telles que la respiration, la photosynthèse ou la synthèse des protéines. Le silicium représente, à lui seul, plus de la moitié des différents minéraux présents (SUN et *al.*, 1996). On le trouve principalement sous la forme de dépôts hétérogènes de silice sur la surface externe de l'épiderme. D'autres éléments peuvent être trouvés sous forme de dépôt, dont le calcium. Les autres minéraux que l'on peut trouver en quantités significatives dans la plante sont le potassium, le sodium, le magnésium le phosphore et le soufre. Les feuilles sont les organes de la plante les plus riches en minéraux (HARPER et LYNCH, 1981).

2. huile essentielle de Cèdre (*Cedrus atlantica*)

2.1. Composition chimique

L'extraction de l'huile essentielle à partir des feuilles de Cèdre (*Cedrus atlantica*) a révélé une grande variété des constituants volatils, représentant 92,40% de l'huile essentielle totale. Les composés majeurs sont l' α -pinène (14,85%), suivie par l'himachalène (10,14%), la β -himachalène (9,89%), le σ -himachalène (7,62%), Le cis- α -atlantone (6,78%), l'himachalol (5,26%), le α -himachalène (4,15%), le germacrène D (3,52%), le β -caryophyllène (3,14%), le cadinene (3,02%), la β - pinène (2,35%), l'humulène (2,30%) et la copaène (2,26%) (DERWICH et *al.*, 2010).

2.2. Intérêts

L'huile essentielle de cèdre est utilisée à la place de la pyréthrine contre les insectes domestiques et cela en raison de ses propriétés insecticides et de son caractère non toxique pour les mammifères (SALLE, 1991). L'huile essentielle de cèdre est également un fongicide efficace, non-phytotoxique car elle contrôle la détérioration fongique de certaines épices pendant leur stockage (MAXWELL-HUDSON, 1995). En outre le β -himachalène, constituant principal principe actif de l'huile de cèdre, présente une activité anti-inflammatoire (LENFELD et *al.*, 1986). Les huiles essentielles de *Cedrus atlantica* présentent une efficacité contre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus sphaericus* et *Staphylococcus intermedius* (DERWICH et *al.*, 2010).

CHAPITRE III : Matériels et méthodes

Objectif

Nous avons choisi comme culture pour la réalisation de notre expérimentation, la tomate maraichère var. Marmande en raison de son importance parmi les légumes et sa large consommation dans le monde.

Ce travail consiste à étudier :

l'effet fertilisant d'un jus de lombric fermenté sur substrat solide sur les facteurs de production de la tomate et d'un bio insecticide à base d'huile essentielle de cèdre sur la mineuse de la tomate, « *Tuta absoluta* ».

1. Lieu d'étude

Notre expérimentation a été réalisée en deux phases :

1.1. Phase pépinière

Le semis, la germination et le développement des plantules ont été réalisés en pépinière dans une serre en polycarbonate d'orientation nord-sud du laboratoire des cultures maraichères, dont l'aération est assurée par des fenêtres latérales et le chauffage par des radiateurs (Figure 15).

1.2. Phase abri-serre tunnel

Le repiquage des plants et les tests d'efficacité biofertilisant et bioinsecticide ont été réalisés dans un abri serre tunnel d'une superficie de 400m² couvert d'un film plastique souple en polyéthylène au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie (Figure15).



Pépinière

Abri serre tunnel

Figure 15: Site du travail expérimental (GOOGLE EARTH, 2013).

2. Matériels

2.1. Matériel végétal

- Semence de tomate

La semence de tomate, variété Marmande à croissance indéterminée, obtenue par autofécondation d'individus homozygotes nous a été fournie par l'Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI) de Staouéli (Alger).

2.2. Biofertilisant et bioinsecticide

Le jus de lombricompost formulé fermenté est le matériel biofertilisant et biostimulateur des systèmes de défense chez les plantes et l'huile essentielle de cèdre, en tant que matériel bioinsecticide ont été produits et préparé au laboratoire de Zoologie de Département des Sciences Agronomiques de l'université de Blida.

2.3. Matériel animal

Les chenilles des différents stades larvaires et les adultes de la mineuse de la tomate sont pris comme modèle biologique afin de suivre leur niveau d'infestation sous l'effet d'un traitement à base d'huile essentielle de cèdre et du jus de lombricompost fermenté, en tant que stimulateur des systèmes de défense de la plante.

2.4. Autre matériel

L'utilisation du matériel nécessaire durant l'expérimentation :

- Un mètre afin de mesurer périodiquement la longueur des plants.
- Piège type delta à phéromone sexuelle afin de pouvoir vérifier par les captures des mâles le début de l'infestation de la culture par la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*.
- Une loupe de poche pour le dénombrement des infestations larvaires, des mines occupées et vides de la mineuse de la tomate.
- Un seau d'eau pour arrosage périodique.
- Un pulvérisateur manuel de 1000 ml est utilisé pour l'application des différents traitements foliaires de jus de lombric fermenté, d'huile essentielle de cèdre et du mélange de jus de lombric fermenté, d'huile essentielle de cèdre.

3. Méthodes

3.1. Préparation et entretien de la culture

3.1.1. Semis

Le semis en pépinière a été réalisé le 12 décembre 2012, à raison de 2 graines par alvéole sur plaque dans un substrat de mélange de terre fertile et d'humus provenant d'un élevage camelin. (Figure 16).



Figure 16: Obtention des plantules de tomate (ORIGINAL, 2013).

3.1.2. Préparation de la parcelle

3.1.2.1. Préparation du sol

Avant le repiquage des plantules au stade 04 à 05 feuilles, nous avons réalisé un labour superficiel à l'aide d'une charrue à disque, l'épandage d'un fumier de ferme camelin et le traçage des billons dans le sens de la longueur de l'abri serre afin de favoriser l'aération et l'irrigation par gravité de la culture.

3.1.2.2. Repiquage des plants

Il a été réalisé le 2 janvier 2013 dans un abri serre tunnel, à raison de 10 plants par bloc.

3.1.2.3. Dispositif expérimental

La parcelle expérimentale répartie en 04 blocs d'une superficie de 3 m² chacun, distant entre eux de 1.5 mètre en longueur et de 3.5 m en largeur. Chaque bloc comprend 10 plants distants de 60 cm les uns des autres (Figure17).

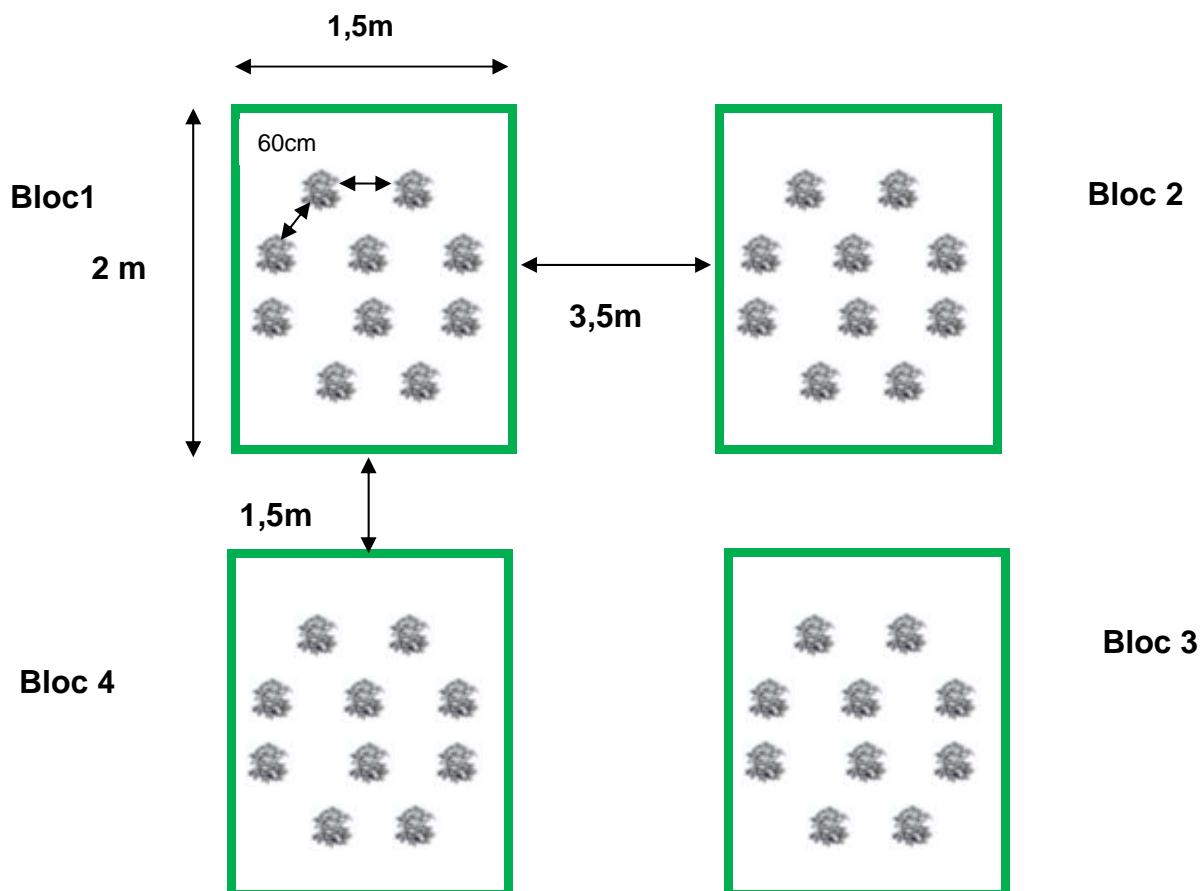


Figure 17 : Dispositif expérimental

3.1.3. Entretien

Les différentes opérations culturales réalisées pendant l'expérience consistent en:

- Une irrigation effectuée par semaine.
- Un désherbage manuel est réalisé au cours de l'expérimentation.
- Un binage –buttage est effectué tout les dix (10) jours, afin d'aérer le sol et favoriser l'émission de nouvelle racines.
- La suppression des bourgeons axillaires tout au long du cycle de développement de la plante.
- L'élimination des feuilles malades, sèches et celles au contact du sol.
- Le tuteurage des plants de tomate.
- L'aération de la culture, si nécessaire est assurée par l'ouverture des deux portes latérales.

3.2. Préparation des produits

3.2.1. Préparation du jus de lombricompost fermenté sur substrat solide

Le substrat de paille blé dur a été broyé dans un mixeur électrique et tamisé afin d'obtenir une poudre de très fine particule. Le jus de lombricompost est mis en phase de fermentation dans une chambre de culture (horti box). (Figure 18)



Figure 18 : Jus de lombricompost formulé fermenté sur blé dur (Originale 2013).

3.2.2. Préparation de la dose de jus de lombricompost formulé fermenté

Le jus de lombricompost formulé fermenté a été dilué à l'eau de robinet, puis agité dans un agitateur jusqu'à obtention d'une mousse pour l'utilisation en traitement en tant que biofertilisant et biostimulateur de systèmes (Figure19).



Figure 19 : Jus de lombricompost formulé fermenté après dilution (Originale 2013).

3.2.3. Extraction d'huile essentielle de cèdre

La matière végétale (feuilles) est au contact de vapeur d'eau sans macération préalable. Les produits évaporés sont entraînés par la vapeur d'eau et recueillis par condensation dans un réfrigérant à serpentin. La séparation de l'eau et des HE se fait par différenciation des densités dans un « essencier » (Figure 20,21).



Figure 20 : Appareillage d'extraction par entraînement à la vapeur l'eau (Originale, 2013).



Figure 21 : Huile essentielle de cèdre (Originale, 2013).

3.2.4. Préparation de la dose d'huile essentielle de cèdre

L'huile essentielle de cèdre est reconnue pour ses effets toxiques sur de nombreux ravageurs, a été diluée à une dose de 10ml / 1litre (Figure 22).



Figure 22 : Huile essentielle de cèdre après dilution (Originale, 2013).

3.2.3. Préparation de la dose du mélange synergique

Le jus de lombricompost formulé fermenté et l'huile essentielle de cèdre ont été préparés avec une demi-dose par litre de chaque produit (Figure 23).



Figure 23: Mélange de jus de lombricompost formulé fermenté +Huile essentielle de cèdre après dilution. (Originale, 2013).

3.3. Application des traitements biologique et dénombrement

Les traitements par pulvérisation foliaire au jus de lombric fermenté et à l'huile essentielle de cèdre, ainsi que les dénombrements ont été réalisés en deux parties :

3.3.1. Première partie : Effets fertilisant du jus de lombricompost fermenté

Nous avons réalisé trois traitements périodiques (21 jours) par pulvérisation foliaire sur chacun des dix plants des blocs 1, 2 et 3 afin d'évaluer l'effet du jus de lombricompost fermenté sur les paramètres de production: longueur des plants (cm), Nombre de bouquets floraux, Nombre de fruits selon le protocole schématisé sur la figure 24.

3.3.2. Deuxième Partie : Effets comparés du jus de lombricompost fermenté et huile essentielle de cèdre et leur synergie

Nous avons appliqué un quatrième traitement afin de comparer l'effet du jus de lombric fermenté, de l'huile essentielle de cèdre et de leur mélange afin de vérifier l'effet synergique, sur les paramètres de productions et phytosanitaire des plants selon le protocole reporté sur la figure 24.

3.4. Calendrier de projet

Le calendrier des différentes étapes du protocole de notre suivi sont reportées sur le tableau n°4 suivant :

Tableau n°4: calendrier et suivi des différentes étapes

Etape		date
Semis en pépinière		12 /12/2012
Repiquage en serre		02 /01/2013
1^{er} traitement	jus de lombricompost fermenté	07/02/2013
2^{ème} traitement	jus de lombricompost fermenté	28/02/2013
3^{ème} traitement	jus de lombricompost fermenté	21/03/2013

4 ^{ème} traitement	jus de lombricompost fermenté	04/05/2013
	huile essentielle de cèdre	
	Mélange synergétique (jus de lombricompost fermenté+ huile essentielle de cèdre)	

3.5. Analyses statistiques

3.5.1. Evaluation temporelle des facteurs de production et d'infestation

Les résultats présentés sous forme de courbes, réalisées par un logiciel Excel représentent les valeurs moyennes obtenu dans cette étude.

3.5.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

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.). Ainsi, 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 3 catégories.

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (période, traitement), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*) qui permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

➤ Corrélations-régressions (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™)

Lorsque 2 variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient r de Pearson et en conditions non paramétriques, du coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif.

3.5.3. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Ainsi, nous avons analysé globalement les variables qui sont corrélées entre elles (le nombre de feuilles infestées, mines occupées (larves) et vides, ainsi que la longueur des plants, le nombre de bouquets floraux, de fleurs fertiles (fruits) en fonction du temps, de la période d'application et mode de traitement. A partir des coordonnées des variables et facteurs dans les trois premiers axes de l'analyse en composantes principales, une classification ascendante hiérarchique est réalisée dans le but de détecter les groupes corrélés à partir des mesures de similarité calculées à travers des distances euclidiennes entre les coordonnées des variables quantitatives étudiées.

CHAPITRE V : Résultats et discussion

Les résultats relatifs à l'effet fertilisant et stimulateur des systèmes de défense d'un jus de lombricompost fermenté sur un substrat solide de poudre de blé dur sur les paramètres de production et d'infestation des larves de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* sont présentés dans ce chapitre.

Les résultats des différents traitements reportés sur la figure 26 A, B, C et D, montrent que l'évolution temporelle de la longueur des plants est beaucoup plus importante sous l'effet du jus lombricompost fermenté sur poudre de blé dur que celle des plants témoins, et ceux traités au mélange et à l'huile essentielle.

Les résultats des différents traitements reportés sur la figure 28 H et I, montrent une augmentation temporelle du nombre de fruits qui est plus importante sur les plants traités au jus de lombricompost par rapport à celle des traités au mélange, à l'huile essentielle et aux plants témoin.

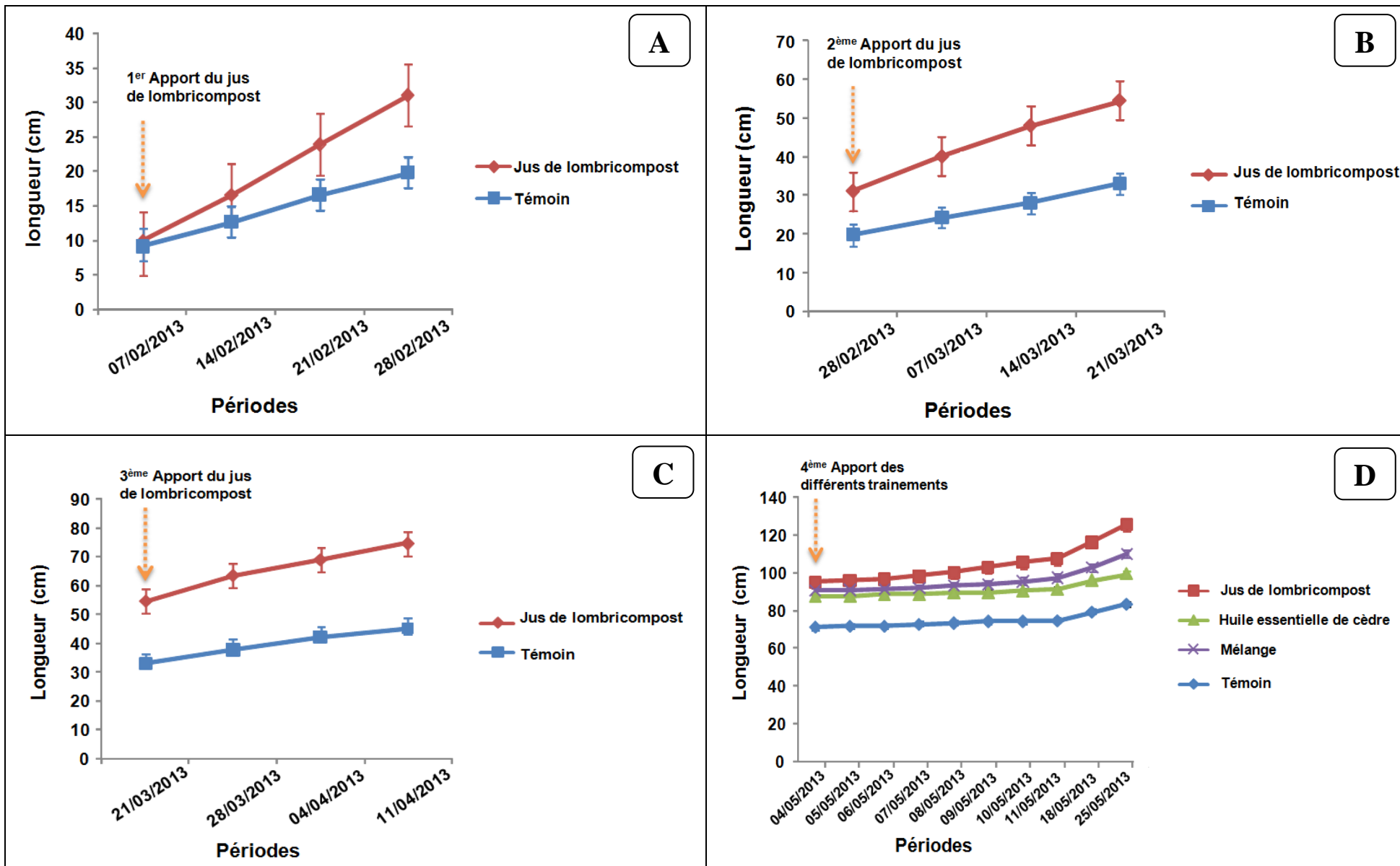


Figure 26 : Evolution temporelle de la longueur des plants sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (A),(B),(C) et l'effet comparé des différents traitements (D).

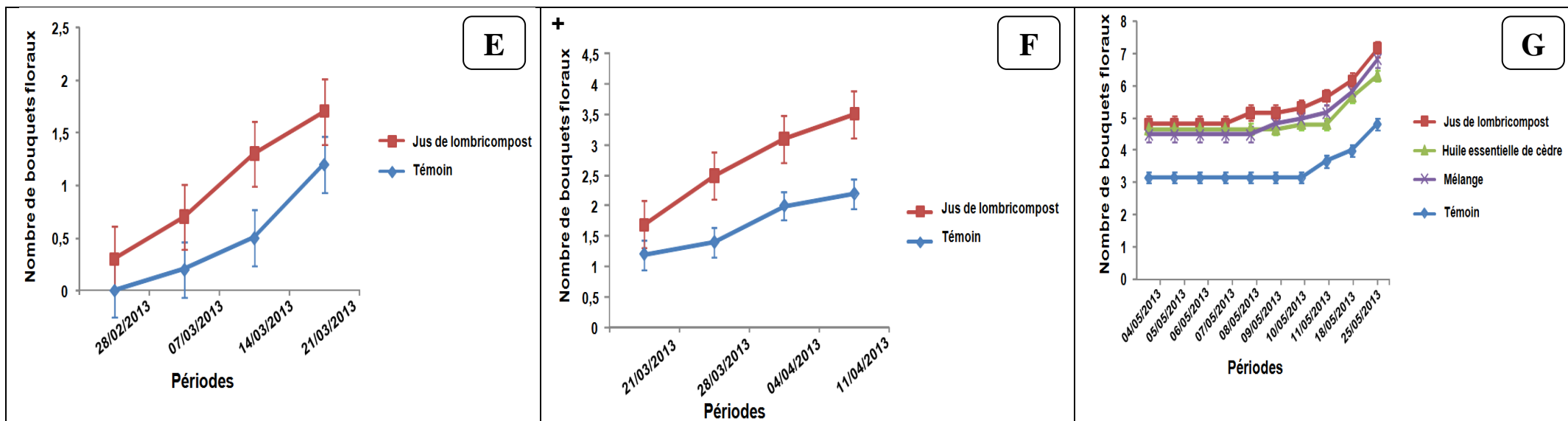


Figure 27 : Evolution temporelle du nombre de bouquets floraux sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (E,F) et l'effet comparé des différents traitements (G).

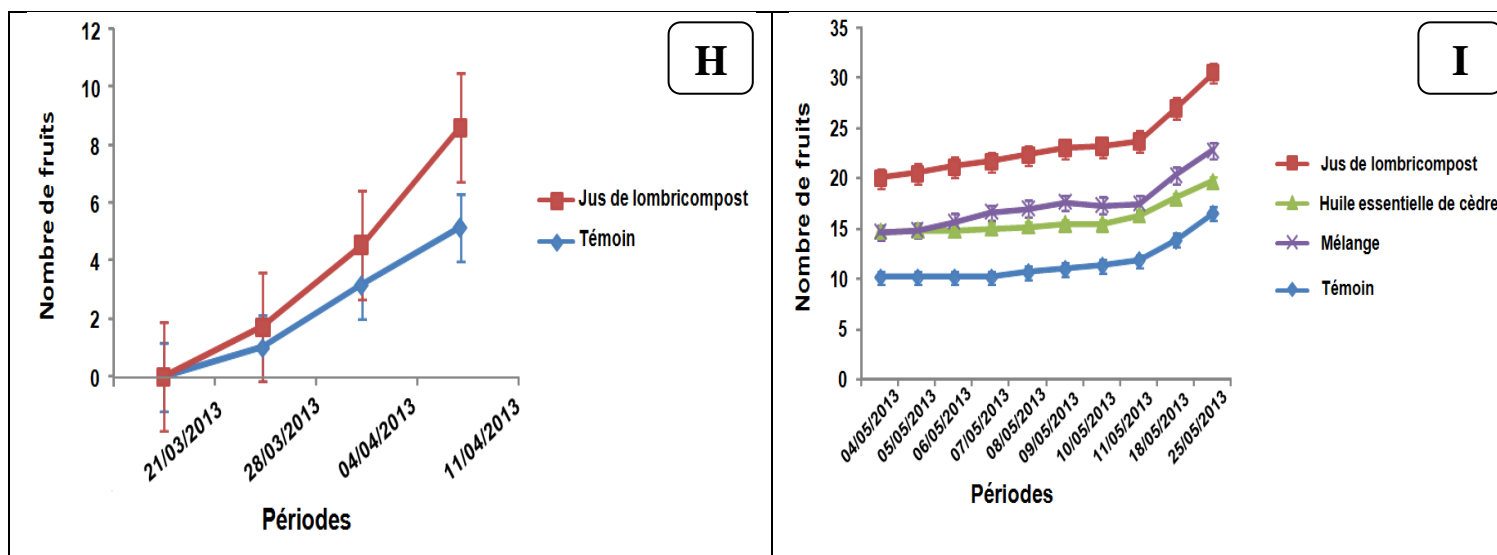


Figure 28 : Evolution temporelle du nombre de fruits sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (H) et l'effet comparé des différents traitements (I).

L'analyse est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes.

1.2.1.1. Evaluation de l'effet fertilisant des trois premiers apports

La projection des vecteurs à travers l'axe 1 avec les valeurs respectives (99.954%, 99.669% et 99.852%) montre qu'il existe une corrélation positive entre les plants traités et les plans non traités, Ainsi, l'effet des trois premiers traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur sur la longueur des plants est plus important que celui sur les plants témoins. Alors que, la projection des nuages des points à travers l'axe 2 avec les valeurs respectives (0.0045798%, 0.33147% et 0.14831%), montre une contribution négative entre les plantes traités et témoins et que la longueur des plants traités est très remarquable dès la deuxième semaine qui suit chaque traitement (Fig. 29 A, B et C).

1.2.1.2. Evaluation de l'effet comparé des différents traitements

La projection des vecteurs à travers l'axe 1 (99.468%), montre que les différents traitements et le témoin sont corrélés positivement. Alors que la projection sur l'axe 2 (0.27713%) montre que la longueur des plants traités au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur et au mélange diffère de celle des plants traités par l'huile de cèdre et le témoin (Fig. 29D). L'effet des différents traitements s'observe à partir du 6^{ème} jour.

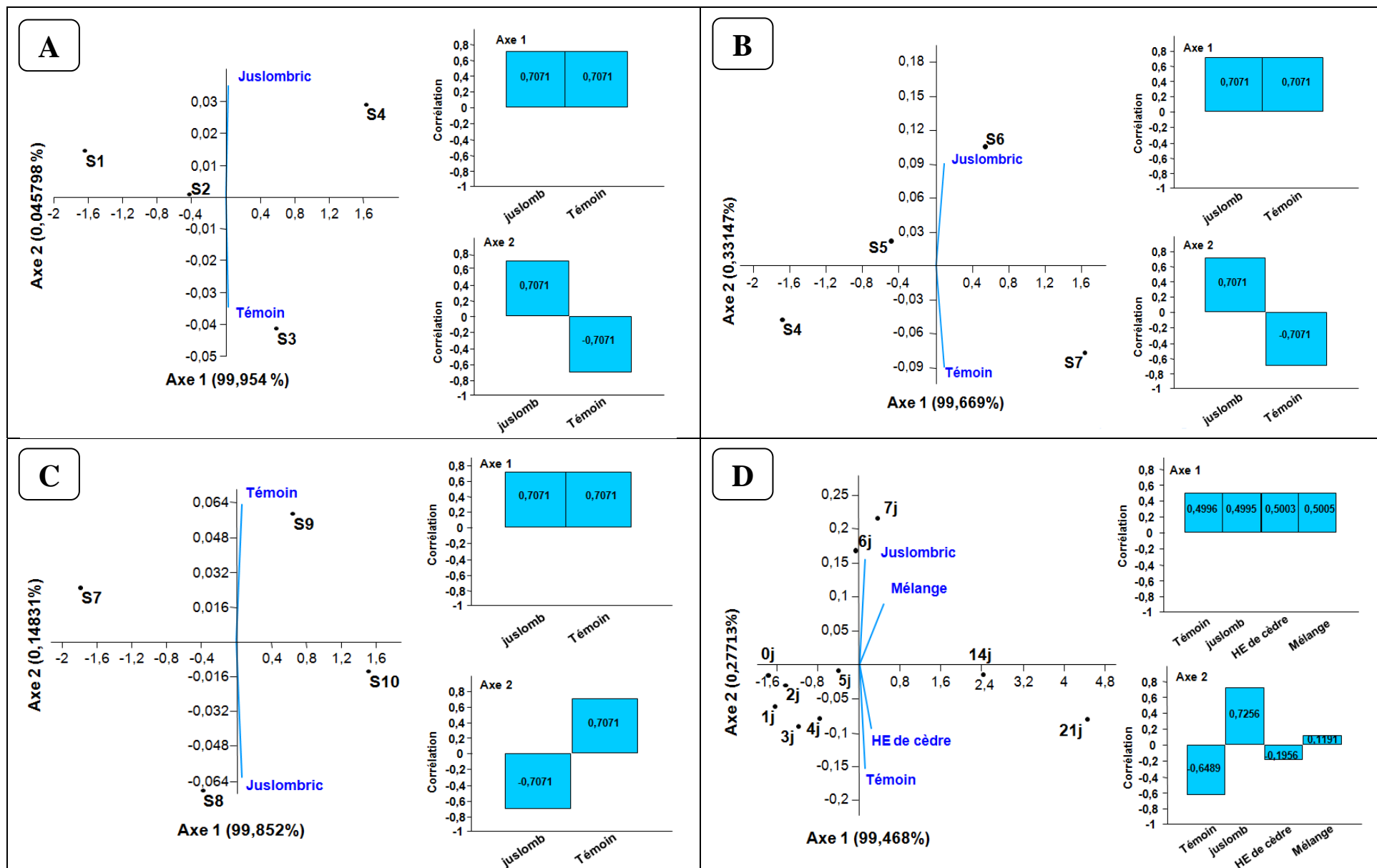


Figure 29: Evaluation de la longueur des plants sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (A : traitement 1, B : traitement 2, C : traitement 3) et l'effet comparé des différents traitements (D: traitement 4).

1.2.2. Evaluation de l'effet fertilisant sur le nombre de bouquets floraux

1.2.2.1. Evaluation de l'effet fertilisant du deuxième et troisième apport de jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur

La projection des nuages des points à travers l'axe 2 avec les valeurs respectives (2.5387% et 2.0529%), montre une contribution négative entre les plantes traitées et témoins dès la 2^{ème} semaine qui suit la 2^{ème} et 3^{ème} application du biofertilisant (Fig. 30 E, F).

1.2.2.2. Evaluation de l'effet comparé des différents traitements

La projection des vecteurs à travers l'axe 1 (97.976%) montre que tous les traitements sont corrélés positivement. Alors que la projection sur l'axe 2 (1.0932%) montre une corrélation négative des traitements au jus de lombricompost, du mélange avec le témoin et l'huile essentielle de cèdre, dont les effets s'observent à partir du 7^{ème} jour (Fig. 30 G).

1.2.3. Evaluation de l'effet fertilisant sur le nombre de fruits

La projection des vecteurs à travers le premier axe (99.516%) montre que le nombre de fruits des plants traités et témoin est corrélé positivement. La projection des nuages des points à travers le deuxième axe (0.22147%) montre une corrélation négative entre les plantes traitées et les témoins, les effets s'observent à partir de la deuxième semaine qui suit l'apport (Fig. 31 H).

1.2.3.2. Evaluation de l'effet des différents traitements

La projection des vecteurs sur l'axe 1 (98.504%) montre que tous les traitements sont corrélés positivement. Alors que la projection sur l'axe 2 (1.3004%) montre une corrélation négative du traitement de l'huile de cèdre, dont l'effet est assez précoce et s'observe à partir du 6^{ème} jour (Fig.31 I).

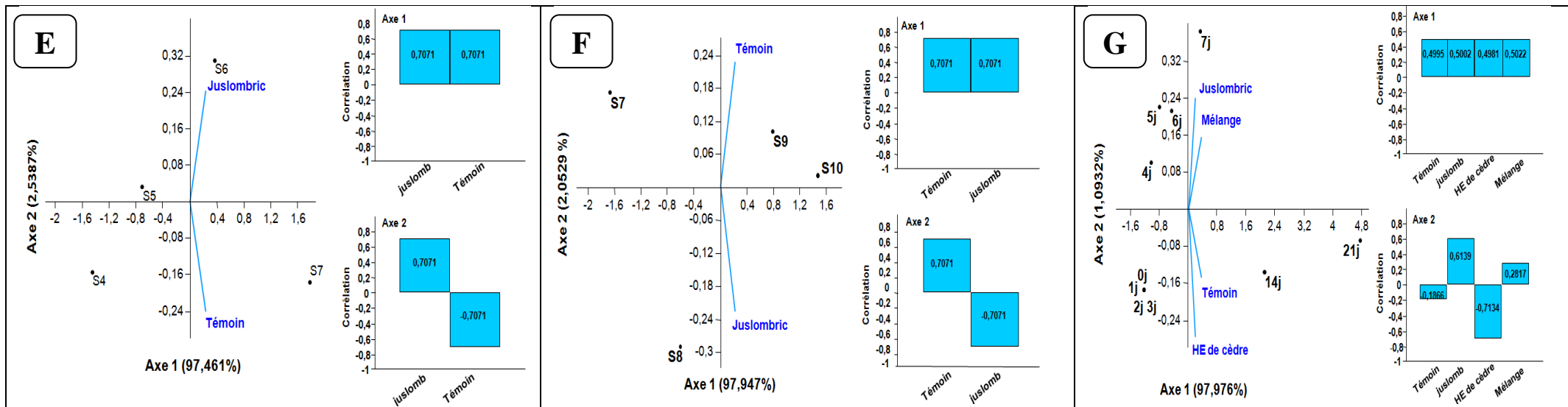


Figure 31: Evaluation du nombre de bouquets floraux sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (E: traitement 2) et l'effet comparé des différents traitements (I: traitement 3).

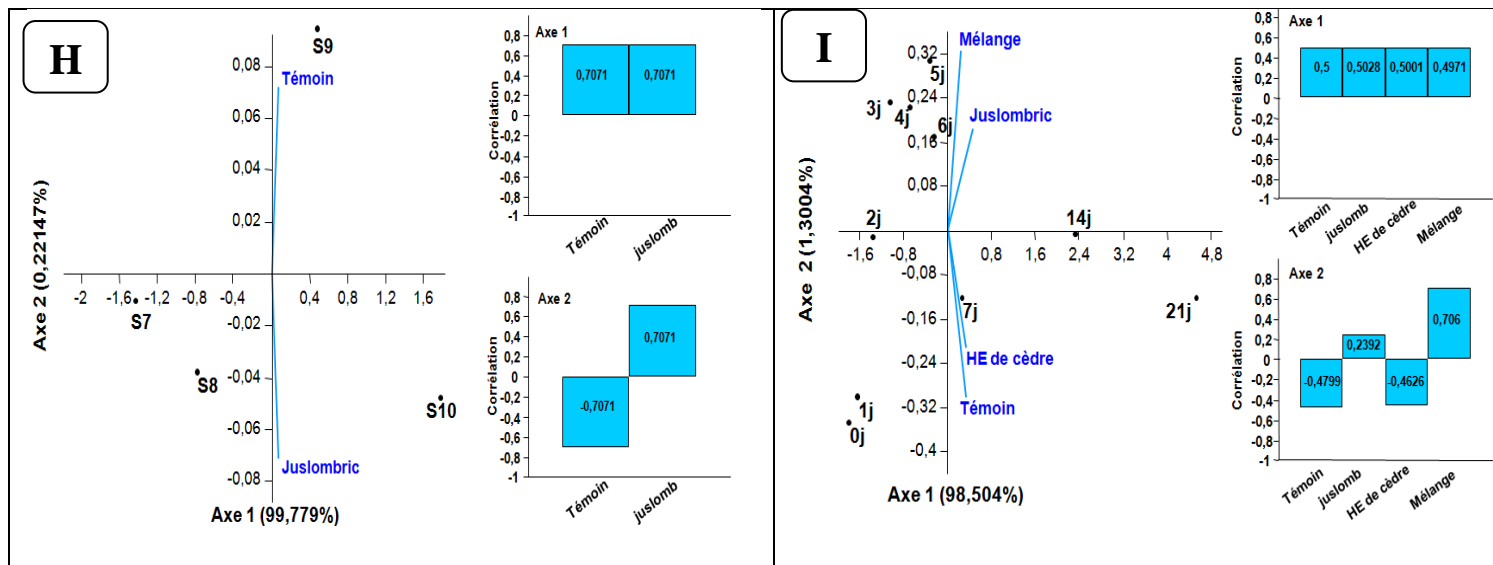


Figure 32: Evaluation du nombre de fruits sous l'effet des traitements au jus de lombricompost (H: traitement 2) et l'effet comparé des différents traitements (I: traitement 3).

1.3. Etude comparée de l'effet des traitements sur les paramètres de production

Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), dans le but d'étudier la variation temporelle des traitements sur les paramètres de production de la tomate.

1.3.1 Etude comparée de l'effet des traitements sur la longueur des plants

Tableau n°5 : Longueur des plants en fonction des traitements et périodes.

Traitement	Source	Somme des carrés	ddl	Moyen des écarts	F-Ratio	p
1 ^{er} Traitement	Traitement	533.333	1	533.333	32.376	0.000
	Période	2191.583	3	730.528	44.347	0.000
	Var.résiduelle	708.333	43	16.473		
2 ^{ème} Traitement	Traitement	3417.187	1	3417.187	169.761	0.000
	Période	2182.229	3	727.410	36.137	0.000
	Var.résiduelle	865.563	43	20.129		
3 ^{ème} Traitement	Traitement	8164.083	1	8164.083	256.354	0.000
	Période	1728.417	3	576.139	18.091	0.000
	Var.résiduelle	1369.417	43	31.847		
4 ^{ème} Traitement	Traitement	28549.379	3	9516.460	46.319	0.000
	Période	7942.871	9	882.541	4.296	0.000
	Var.résiduelle	46637.746	227	205.45		

1.3.1.1. Effet comparé des différentes applications au jus de lombricompost

Les résultats reportés graphiquement montrent qu'il existe une différence très hautement significative entre les traitements (Fig. 32 A) (F-ratio=32.376%; P=0.000, P<1%), C (F-ratio=169.761%; P=0.000, P<1%), E (F-ratio=256.354%; P=0.000, P<1%) et les périodes (Fig.32 B) (F-ratio=44.347%; P=0.000, P<1%), D (F-ratio=36.137%; P=0.000, P<1%), F (F-ratio=18.091%; P=0.000, P<1%).

1.3.1.2. Effet comparé des différents traitements sur la longueur des plants

Les résultats de l'effet comparé des différents traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur, huile essentielle de cèdre, ainsi que de leur mélange et du témoin montre qu'il existe une différence hautement significative entre traitements (Fig. 32G (F-ratio=46.319%; P=0.000, P<1%) et périodes d'application (Fig. 32H) (F-ratio=4.296%; P=0.000, P<1%) sur la longueur des plants.

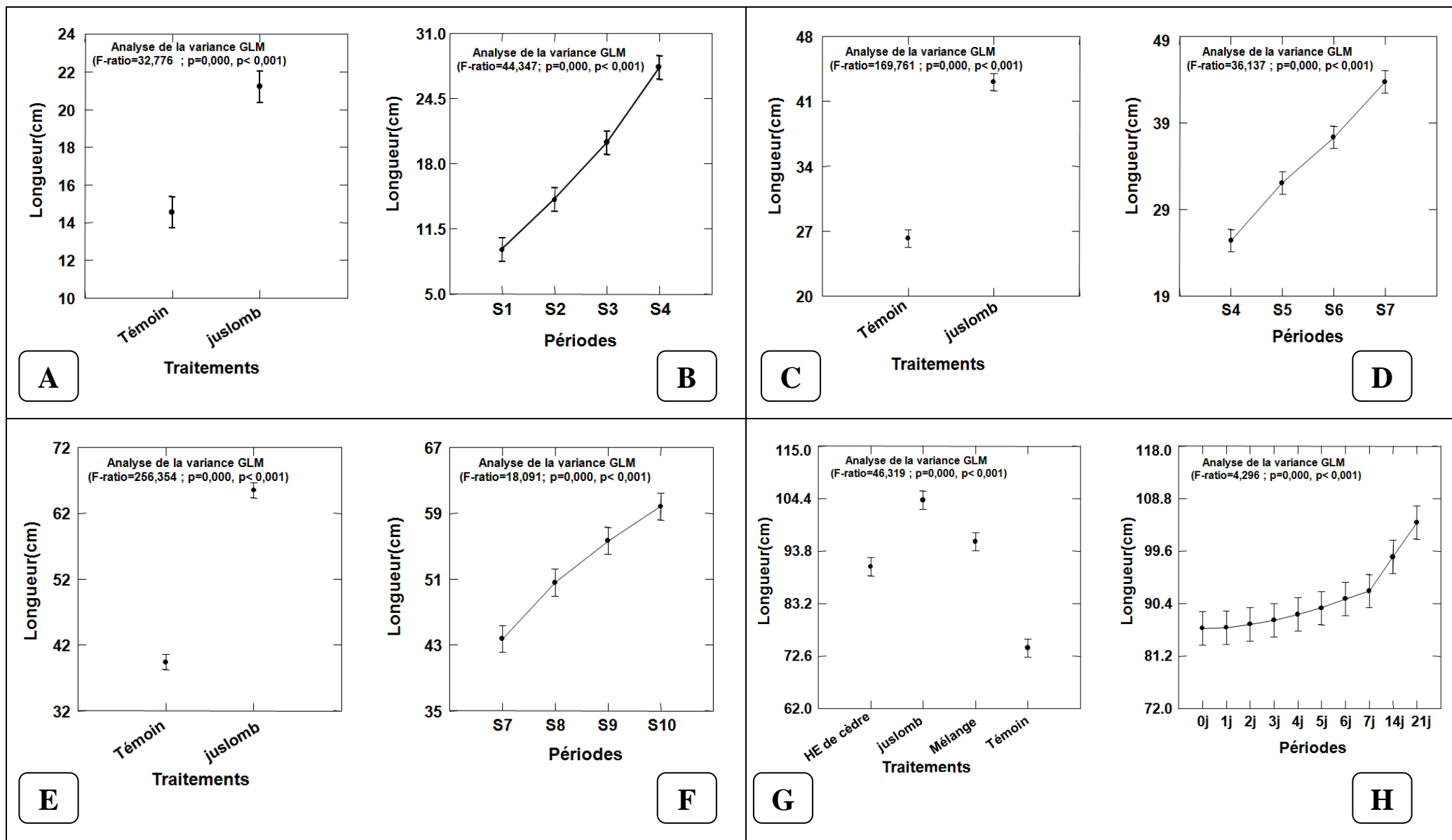


Figure 32: Etude comparée des traitements sur la longueur des plantes

A, B : traitement 1, B, C : traitement 2, E, F : traitement 3, G, H : traitement 4.

1.3.2. Etude comparée de l'effet des traitements sur le nombre de bouquets floraux

Les résultats de l'analyse de la variance selon le modèle GLM reportés sur le tableau 6, montrent une différence très hautement significative du nombre de bouquets floraux entre les traitements à partir de la 3^{ème} application, alors qu'il n'y a pas de différence significative lors de la 2^{ème} application des traitements (F-ratio=6.255%; P=0.016; P>1%).

Tableau n° 6 : Nombre de bouquets floraux en fonction des traitements et périodes

Traitement	Source	Somme des carrés	ddl	Moyen des écarts	F-Ratio	p
2 ^{ème} Traitement	Traitement	1.333	1	1.333	6.255	0.016
	Période	10.750	3	3.583	16.809	0.000
	Var.résiduelle	9.167	43	0.213		
3 ^{ème} Traitement	Traitement	8.333	1	8.333	29.054	0.000
	Période	15.000	3	5.000	17.432	0.000
	Var.résiduelle	12.333	43	0.287		
4 ^{ème} Traitement	Traitement	130.913	3	43.638	48.926	0.000
	Période	93.788	9	10.421	11.684	0.000
	Var.résiduelle	202.463	227	0.892		

1.3.2.1. Effet comparé des différentes applications au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur

Les résultats présentés graphiquement montrent qu'il y'a une différence très hautement significative à partir du 3^{ème} traitement (Fig. 33B) (F-ratio=6.255%; P=0.016, P>1%), D (F-ratio=29.054%; P=0.000, P<1%) et les périodes (Fig. 33A) (F-ratio=16.809%; P=0.000, P<1%), C (F-ratio=17.432%; P=0.000, P<1%).

1.3.2.2. Effet comparé des différents traitements sur le nombre de bouquets floraux

Les résultats de l'effet comparé des différents traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur, huile essentielle de cèdre, ainsi que de leur mélange et du témoin montre qu'il existe une différence hautement significative entre traitements (Fig. 33F) (F-ratio=43.638%; P=0.000, P<1%) et périodes d'application (Fig. 33E) (F-ratio=11.684%; P=0.000, P<1%) sur le nombre de bouquets floraux.

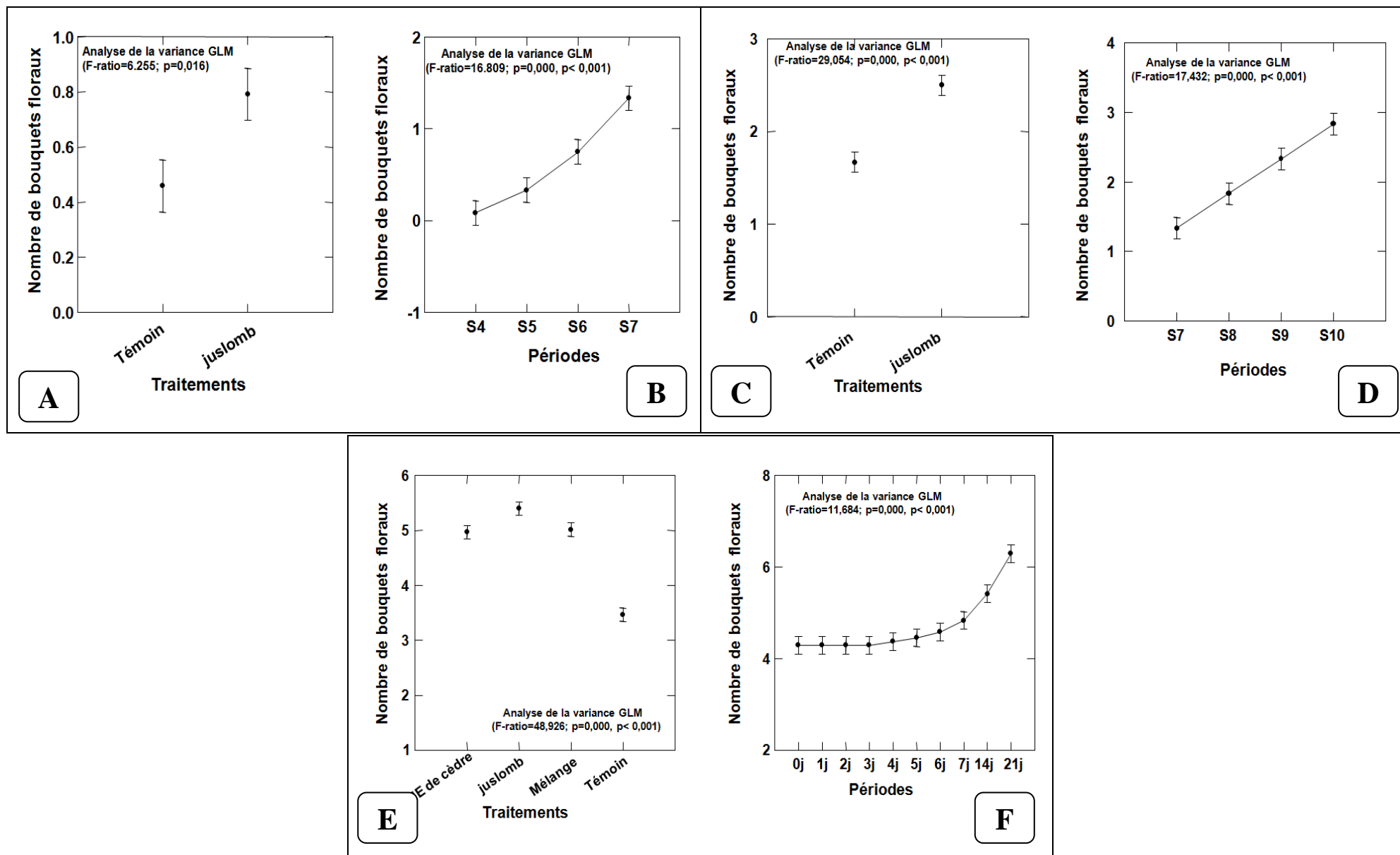


Figure 33: Etude comparée des traitements sur le nombre de bouquets floraux

A, B : traitement 2, B, C : traitement 3, E, F : traitement 4

1.3.3. Etude comparée de l'effet des traitements sur le nombre de fruits

Les résultats de l'analyse du nombre de fruits selon les périodes, traitements consignés dans le tableau n°7, montrent qu'il existe une différence très significative selon les périodes et les traitements alors que le 3^{ème} traitement montre un effet non significatif selon le traitement sur le nombre de fruits (F-ratio=4.080%; P=0.050 p>5%).

Tableau n°7 : Nombre de fruits en fonction des traitements, périodes

Traitement	Source	Somme des carrés	ddl	Moyen des écarts	F-Ratio	p
3 ^{ème} Traitement	Traitement	12.844	1	12.844	4.080	0.050
	Période	293.029	3	97.676	31.028	0.000
	Var.résiduelle	132.217	42	3.148		
4 ^{ème} Traitement	Traitement	4256.600	3	1418.867	44.988	0.000
	Période	1202.167	9	133.574	4.235	0.000
	Var.résiduelle	7159.233	227	31.538		

1.3.3.1. Effet comparé des différentes applications au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur

Les résultats reportés graphiquement sur la figure 34A (F-ratio=4.080%; P=0.050 p>5%) signale qu'il n'y a pas une différence significative selon les traitements contrairement aux périodes qui présentent une différence très significative (Fig. 34B) (F-ratio=31.028%; P=0.000, p<1%).

1.3.3.2. Effet comparé des différents traitements sur le nombre de fruit

Les résultats reportés sur la figure 34C, montrent qu'il existe une différence hautement significative selon les traitements (F-ratio=44.988%; P=0.000, p<1%) et les périodes (Fig.34D) (F-ratio=4.235%; P=0.000, p<1%).

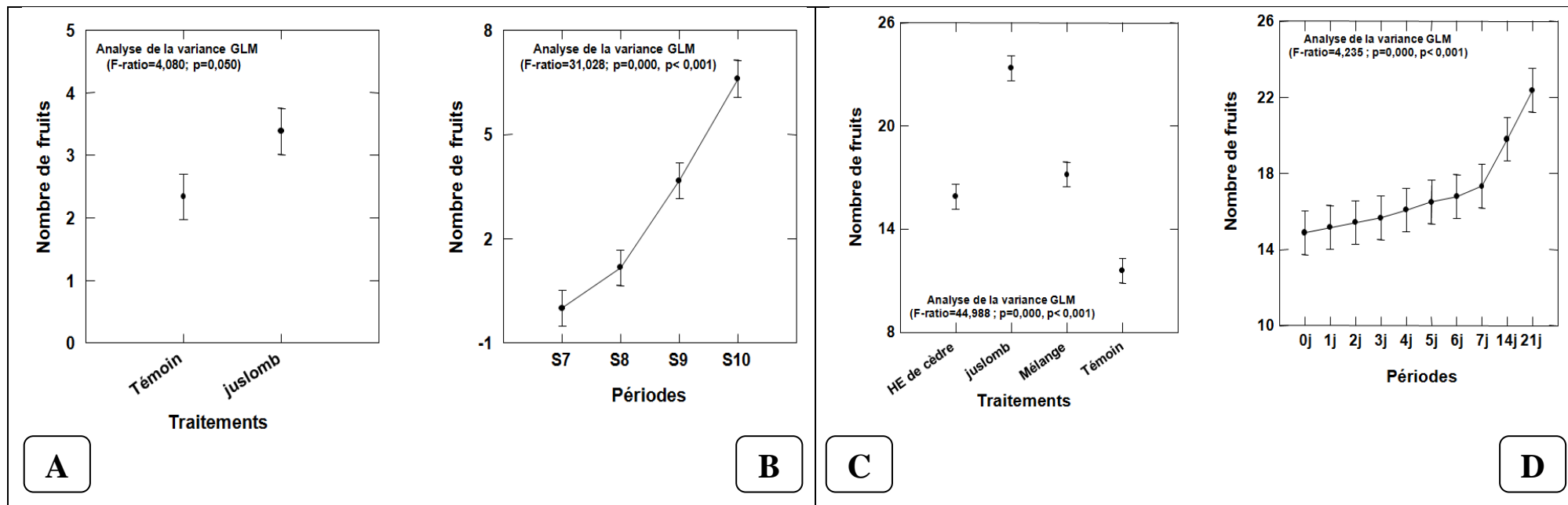


Figure 34: Etude comparée des traitements sur le nombre de fruits

A, B : traitement 3 ; B, C : traitement 4.

2. Effet comparé des différents traitements sur l'état phytosanitaire de la tomate

2.1. Evolution temporelle

2.1.1. Sur les infestations larvaires de *T. absoluta*

Les résultats reportés graphiquement sur la figure 35 A montrent que le niveau d'infestation initial des larves diffère entre les plants soumis aux différents traitements.

2.1.2. Sur les infestations foliaires

Les résultats relatifs à l'effet des différents traitements sur les infestations foliaires reportés sur la figure 35 B et C, montrent que le jus de lombricompost fermenté et le mélange arrivent à maintenir constant le nombre de feuilles infestées pendant en moyenne une semaine après les traitements.

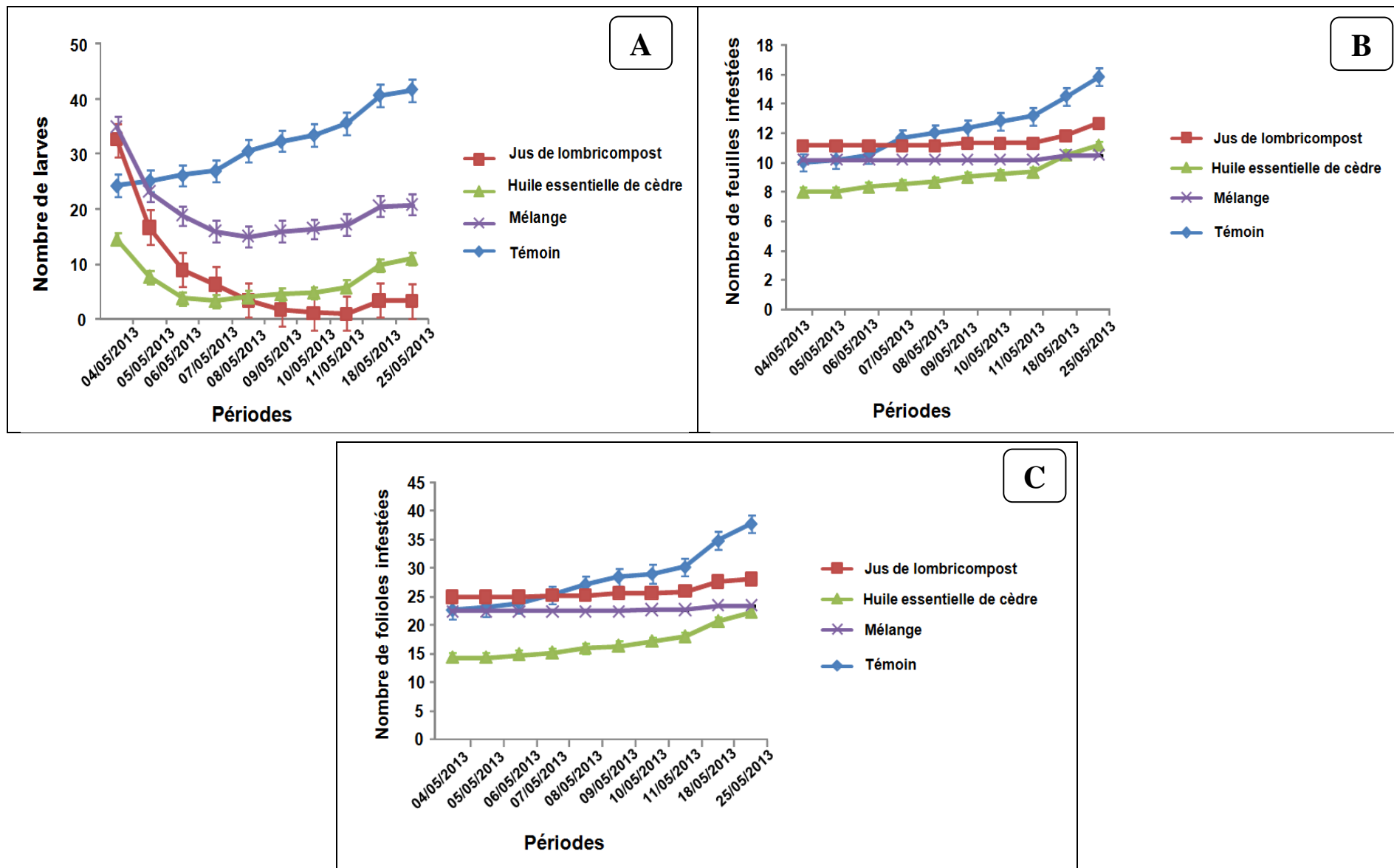


Figure 35: Evolution temporelle des infestations larvaires (A) et foliaires (B : feuilles, C : folioles) sous l'effet des différents traitements

2.2. Evaluation de l'effet des traitements sur les infestations larvaires et foliaires

L'analyse en composantes principale (A.C.P) effectuée avec le logiciel PAST vers 1.95 à partir des résultats montre un effet différent sur les paramètres phytosanitaires des plants entre les traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur et les plants non traités

L'analyse est satisfaisante dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes.

2.2.1 Sur les infestations larvaires

La projection à travers l'axe 1 (69.327%) montre que les différents traitements sont corrélés négativement par rapport au témoin. La projection sur l'axe 2 (30.458%) montre un effet différent précoce entre le mélange et les traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur et l'huile de cèdre (Fig.36 A).

2.2.2. Sur les infestations foliaires

La projection des vecteurs via l'axe1 (91.904%) montre que tout les produit on un effet précoce.et la projection des points de nuage sur l'axe 2 (5.6484%) présente un effet différent entre le jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé et le mélange avec celui du traitement par l'huile de cèdre (Fig. 36 B et c).

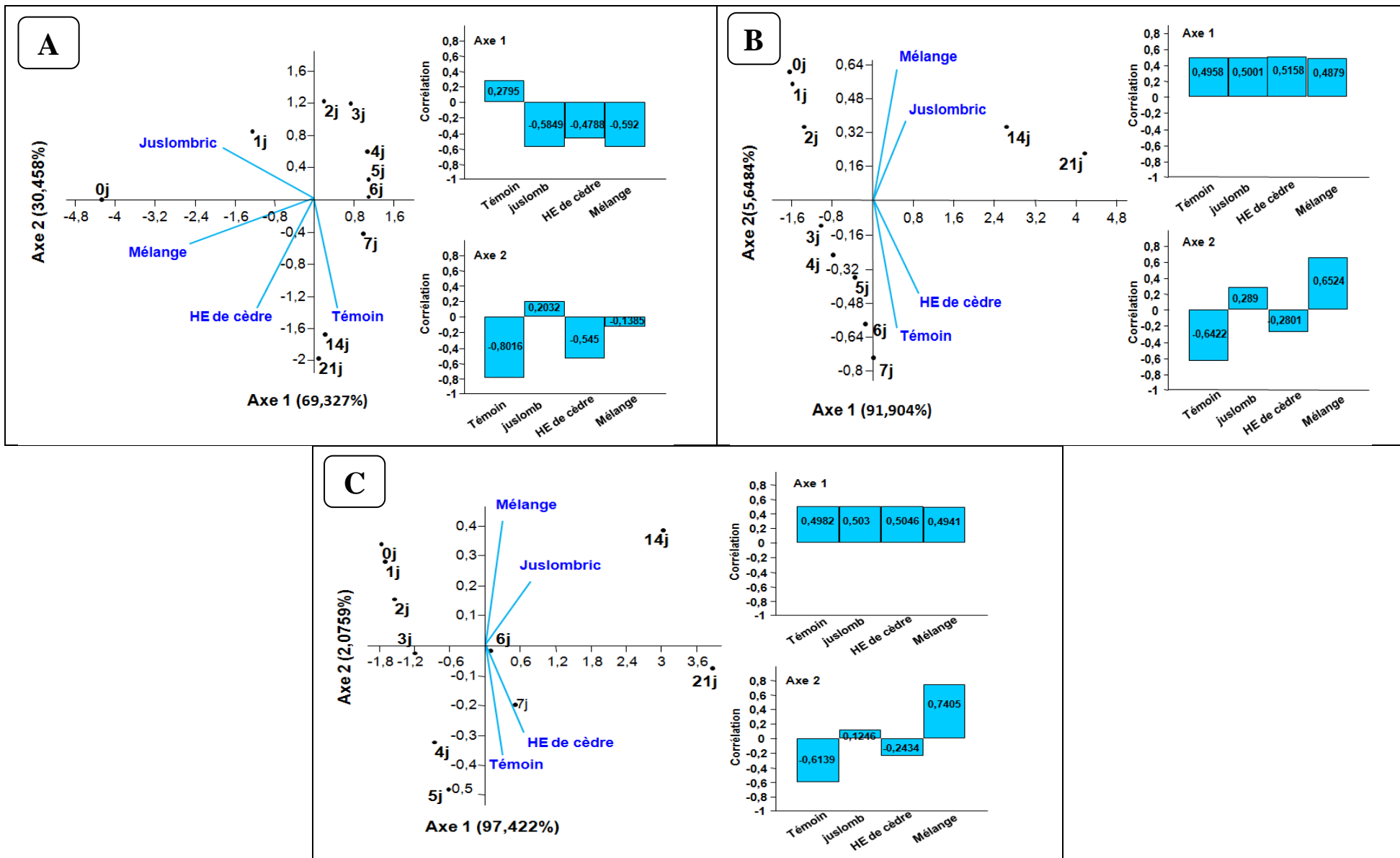


Figure 36: Evaluation de l'effets des traitements sur les infestations larvaires (A) et foliaires (B : feuilles, C : folioles)

2.3 Etude comparée de l'effet des traitements sur les infestations larvaires et foliaires

Nous avons utilisés le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier la variation temporelle des infestations larvaires des plants sous l'effet des différents traitements.

2.3.1. Etude comparée des infestations larvaires sous l'effet des différents traitements et périodes

Les résultats de l'analyse du nombre de larve selon les périodes et traitements consignés dans le tableau n°8, montrent qu'il existe une différence hautement significative selon les périodes (F-ratio=122.734, $p=0,000$, $p<0.001$) et les traitements (F-ratio=122.734, $p=0,000$, $p<0.001$).

Tableau n°8 : Nombre de larve en fonction des traitements et périodes

Traitement	Source	Somme des carrés	ddl	Moyen des écarts	F-Ratio	p
4 ^{ème} Traitement	Traitement	24458.167	3	8152.722	122.734	0.000
	Période	3937.767	9	437.530	122.734	0.000
	Var.résiduelle	15078.667	42	66.426		

Les résultats reportés graphiquement sur la figure 37 B montrent qu'il y a une diminution du nombre de larve sous l'effet des différents traitements jusqu'au 4^{ème} jour, par la suite, la réinfestation larvaire réaugmente. L'effet de l'huile essentielle et du mélange est plus important que celui du jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé et du témoin non traité (figure 37 A).

2.3.2. Etude comparée des infestations foliaires sous l'effet des différents traitements et périodes

Les résultats de l'analyse de la variance selon le modèle GLM (tabl. n°9 et 10) montrent que le facteur traitement agit d'une manière très significative sur les

infestations des feuilles (F-ratio=17.631, p=0,000, P<1%), et folioles (F-ratio=29.369, p=0.000 p>1%) contrairement pour le facteur temps dont l'effet est non significative pour les deux variables(F-ratio=2.667, p=0,006, p>5%) et (F-ratio=2.587, p=0, 007, p>5%) cité.

Tableau n°9 : Nombre de feuilles infestées en fonction des traitements et périodes

Traitement	Source	Somme des carrés	ddl	Moyen des écarts	F-Ratio	p
4 ^{ème} Traitement	Traitement	358.183	3	119.394	17.631	0.000
	Période	162.567	9	18.063	2.667	0.006
	Var.résiduelle	1537.233	227	6.772		

Tableau n°10 : Nombre de folioles infestées en fonction des traitements et périodes

Traitement	Source	Somme des carrés	ddl	Moyen des écarts	F-Ratio	p
4 ^{ème} Traitement	Traitement	4326.746	3	1442.249	29.369	0.000
	Période	1143.454	9	127.050	2.587	0.007
	Var.résiduelle	11147.296	227	49.107		

Ainsi, il apparait d'après les résultats reportés graphiquement sur les fig. 37D et F que l'huile essentielle de cèdre est plus efficace sur les infestation des feuilles et folioles que le mélange dont l'effet est proche de celui du jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé, par rapport au témoin non traité qui présente les plus fortes infestations (Fig. 37 C et E).

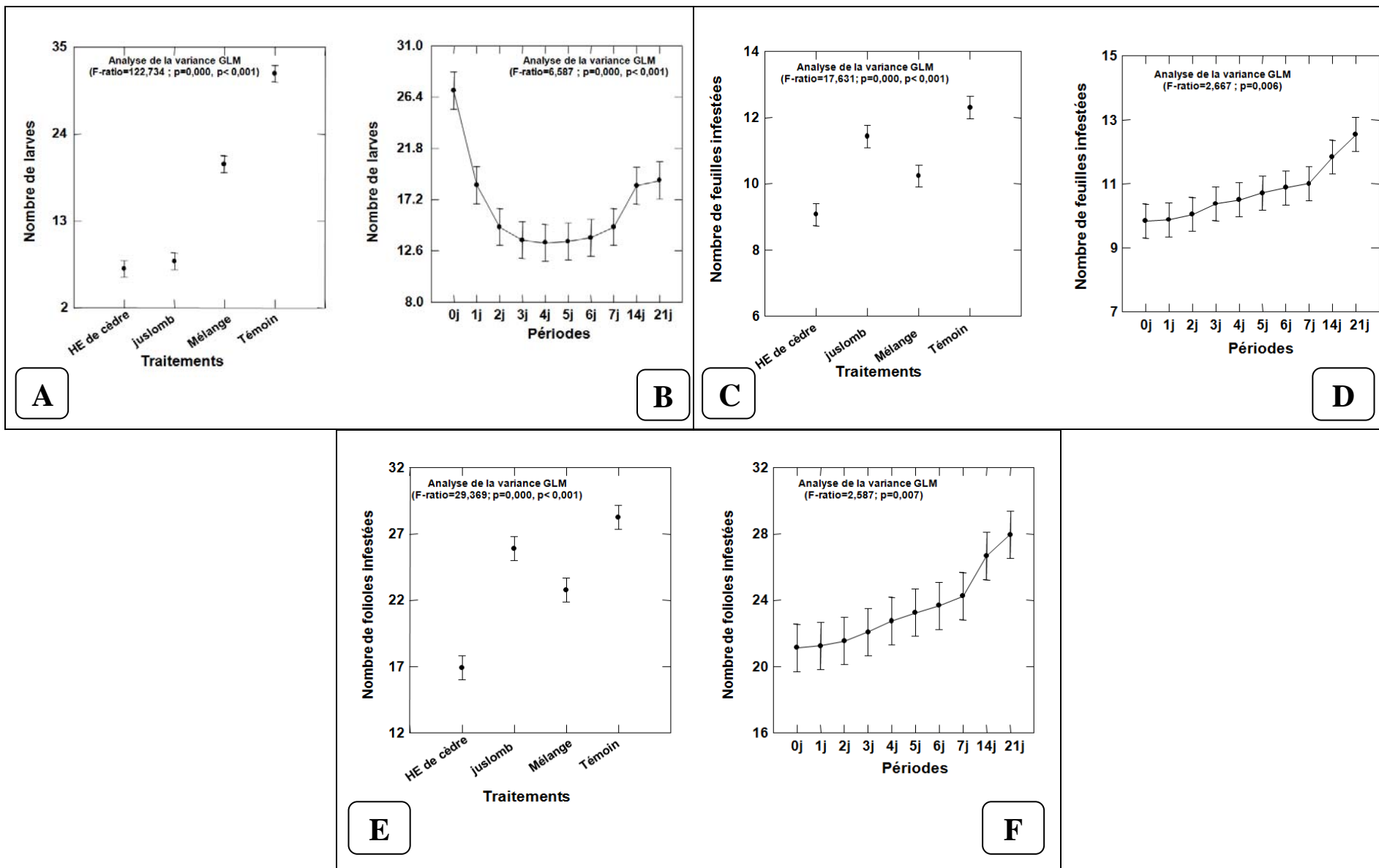


Figure37 : Etude comparée des traitements sur les infestations larvaires (A, B) et foliaires (C, D : feuilles, E, F : folioles).

Discussion

Les pertes occasionnées par les ravageurs et en particulier *Tuta absoluta* induisent une réduction des rendements étant donné la destruction des tiges et feuilles, et par les dommages sur les fruits qui diminuent leur valeur commerciale (GOMMERS, 1981).

Le recours aux bioproduits fertilisants, stimulateurs de la défense des plantes et les substances biocides constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les paradigmes régissant la production agricole, mais également la lutte contre les ennemis des cultures.

Cette approche, consiste à donner aux plantes les moyens de produire plus et de se défendre elles-mêmes, ou renforcer leurs propres moyens de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), une solution intéressante sur les plans scientifique et agronomique, et qui pourrait bien être une solution d'avenir (FRAVEL et al., 1999).

C'est dans ce cadre que se situe notre étude portant sur l'efficacité comparée d'un jus de lombricompost fermenté sur substrat de poudre de blé dur, comme fertilisant biologique et stimulateur des systèmes de défense de la tomate, avec celles d'une huile essentielle de cèdre et du mélange (1/1) de ces substances biologiques.

Les résultats auxquels nous avons abouti montrent l'évaluation de l'effet fertilisant et stimulateur des systèmes de défense chez la tomate, du jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur, appliqué par pulvérisation foliaire, comparé à celui d'une huile essentielle de cèdre, ainsi que la compatibilité synergique du mélange des deux substances envers les infestations la mineuse de la tomate, *T. absoluta*.

En effet, il est reconnu par les nombreux travaux que le jus de lombricompost contient tous les éléments minéraux et organiques nutritifs majeurs, ainsi que les hormones nécessaires à la croissance des tiges, l'apparition des bouquets floraux, la floraison et la fructification. Il apparaît également que le processus de la fermentation de ce biofertilisant sur poudre de blé dur ne diminue pas ces capacités fertilisantes, étant donné que ce substrat organique est riche glucides, éléments minéraux, protéines qui renforcent la multiplication la prolifération des microorganismes et l'enrichissement du ferment en substances nutritives.

Les études menées par AGARWAL *et al* en 2010, montrent que les cultures de tomate (*Lycopersicum esculentum*), et d'aubergine (*Solanum melanogena*) fertilisées au lombricompost donnent de très bons rendements par rapport à celles amendée par des fertilisants chimiques.

Les nutriments du jus sont présents sous forme de nitrates, phosphore échangeable, potassium, calcium et de magnésium facilement disponibles pour les plantes (EDWARDS et BURROWS, 1988; OROZCO *et al.*, 1996). Ils contiennent en outre aussi des substances qui stimulent et régulent la croissance des plantes (KRISHNAMOORTHY et VAJRANABHIAH, 1986; TOMATI *et al*, 1988).

En conséquence, le jus de lombricompost a été très tôt reconnu ayant un grand potentiel en tant que milieu de croissance des plantes (EDWARDS et BURROWS, 1988). Plusieurs études ont évalué et démontré l'effet fertilisant des amendements lombricompostés comme de bon substrats pour la levée des semis et croissance d'un large éventail de fruits cultivés sous serres (ARANCON *et al*, 2003, 2004a; ATIYEH *et al.* 2000c, d), ainsi que sur la croissance des plants et les rendements (MBA, 1996; KARMEGAM *et al*, 1999; ATIYEH *et al*, 2000; ARANCON *et al*, 2004b, 2005).

Plusieurs expériences ont démontré que le jus de lombricompost contient des matériaux de régulation de croissance des végétaux tels que l'acide humique (SENESI *et al.*, 1992; MASCIANDARO *et al.*, 1997) et des hormones de croissance des plantes comme les auxines, gibbérellines et cytokines (KRISHNAMOORTHY et VAJRANABHIAH, 1986; TOMATI *et al.*, 1990), qui sont probablement responsables de l'augmentation de la germination, la croissance et le rendement des plantes (ATIYEH *et al.*, 2002).

Tel qu'il est signalé par PERUCCI (1990), ce modèle d'amendement organique augmente l'activité microbienne et la production d'enzymes. Il apparaît d'après les résultats obtenus que la poudre de paille de blé broyée constitue un substrat de fermentation qui ne diminue pas le pouvoir fertilisant du jus de lombricompost formulé fermenté par rapport aux plants témoin, puisqu'il favorise la croissance, la floraison et la fructification des plants. Ainsi, comme elle est définie la fermentation solide constitue un milieu de culture de microorganismes, bactéries, champignons sans écoulement d'eau, afin d'exploiter le métabolisme et le mécanisme de croissance de ces microorganismes sur des substrats pour dégrader la matière solide dans le but d'en produire des substances à forte valeur ajoutée comme les enzymes et les engrais. Cependant, il est précisé par les travaux de certains auteurs, comme ceux de CARR et DOANE (1984) ; GOULD (1989) et MONTANE et al., (1998) que par sa composition chimique constituée d'hémicelluloses, de lignine, cellulose, protéines et de constituants minoritaires comme les acides phénoliques, les lipides, les minéraux, les acides aminés et les vitamines. (MARECHAL, 2001), la paille de blé limite le rendement des réactions de conversion microbienne et enzymatique sur la matière végétale, à cause de la lignine qui limite l'accessibilité aux polysaccharides, de la présence des acides phénoliques qui sont des inhibiteurs de l'activité microbienne et enzymatique et du degré de cristallinité de la cellulose. Par contre, ce substrat peut enrichir le jus de lombricompost pendant sa phase de fermentation par un apport d'éléments minéraux, car il est d'après HARPER et LYNCH (1981), très riche en potassium, sodium, magnésium, phosphore, soufre et en fer. De même, il est signalé par BARL et al., en 1991 que pour permettre l'accessibilité des sucres aux micro-organismes et de pouvoir en même temps éliminer les composés phénoliques, la matière végétale doit donc subir une déstructuration préalable par explosion à la vapeur ou un prétraitement par une base. Un des inconvénients majeurs de ces prétraitements est qu'ils peuvent générer, outre les molécules fermentes cibles, des quantités importantes de produits de dégradation qui sont aussi des inhibiteurs de fermentation.

Les résultats montrent que l'infestation larvaire varie temporellement selon les traitements. Mais, l'application du jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé dur, s'avère un peu plus efficace par rapport à l'huile essentielle de cèdre dont les

infestations larvaires sont très inférieures à celle du mélange et des plants témoins non traités.

Il ressort de ces résultats que le jus de lombricompost formulé fermenté sur poudre de blé dur présente une même efficacité que l'huile essentielle de cèdre sur les infestations larvaires, mais supérieure à celle du mélange. Par contre, les infestations des feuilles et folioles sont beaucoup plus contrôlées par l'huile essentielle de cèdre que par le mélange dont l'efficacité est la moins importante.

Ces résultats vérifient ceux de nombreux auteurs qui reconnaissent que le jus de lombricompost contient des éliciteurs qui agissent sur les plantes, en activant préventivement leurs réactions de défense, conduisant à capacité à repousser les ravageurs. La recherche dans ce domaine est assez récente, et les résultats manquent de consistance. Néanmoins, les preuves semblent s'accumuler quant à l'effet parfois répulsif des turricules de vers sur des ravageurs à corps rigide (*Biocycle*, 2001; ARANCON, 2004; EDWARDS et ARANCON, (2004). De même, il apparaît également que l'efficacité du jus de lombricompost formulé fermenté sur poudre de blé dur envers les infestations larvaires est renforcée grâce à la richesse du substrat de fermentation en acides phénoliques qui, d'après les études faites par ARNASSON et al., (1992) et CHESSON et al., (1997) montrent que la paille de blé est riche en ces composés qui auraient un rôle dans la limitation de l'extensibilité des parois cellulaires, en limitant le gonflement des hémicelluloses sous l'effet de l'humidité, et interviendraient dans la défense de la plante contre les attaques de parasites. Ces composés dont la concentration varie suivant les organes de la plante, est plus élevée dans les parties les plus lignifiées. Ces composés aromatiques sont constitués simultanément par un groupement carboxyle, une fonction phénol et une chaîne propane insaturée. Ils sont représentés majoritairement, dans le blé, par les acides p-coumariques (acide parahydroxycinnamique) et féruliques (acide 4-hydroxy 3-méthoxycinnamique) et en moindre quantité par les acides vanilliques, synapiques et parahydroxybenzoïques. Leur rôle constitue en des précurseurs de la lignine et interviendraient comme inhibiteurs de la dégradation enzymatique des hémicelluloses.

L'efficacité de l'huile essentielle de cèdre au même niveau de régulation larvaire que celle du jus de lombricompost formulé fermenté sur poudre de blé dur semble

être due comme le montre SALLE (1991) à ses propriétés insecticides. Elle est utilisée à la place de la pyréthrine contre les insectes domestiques et cela en raison de ses propriétés insecticides et de son caractère non toxique pour les mammifères. L'huile essentielle de cèdre est également un fongicide efficace, non-phytotoxique car elle contrôle la détérioration fongique de certaines épices pendant leur stockage (Maxwell-Hudson, 1995). En outre, le β -himachalène est le constituant principal principe actif de l'huile de cèdre (Lenfeld et al., 1986).

Le mélange huile essentielle de cèdre et jus de lombricompost formulé fermenté sur poudre de blé dur présentant une efficacité moindre que celle des deux biocides, mais très importante que celle du témoin montre que le mélange des deux substances ne présente pas une totale synergie. En effet, cela peut être dû à une ou des perturbations d'un ou de plusieurs de leurs principes actifs participant(s) directement ou inducteur(s) de la défense de la plante contre les larves de la mineuse de la tomate.

Conclusion et perspectives

Le travail entrepris dans ce mémoire a pour objectifs l'étude de l'effet du jus de lombricompost formulé fermenté sur poudre de blé dur sur les paramètres de production et phytosanitaire d'une culture de tomate. Les résultats de cette étude révèlent que le jus de lombricompost fermenté sur poudre de blé présente une potentialité et pourrait être utilisé et exploité avec succès comme biofertilisant et dans la gestion des attaques des bioagresseurs des cultures dont les dégâts peuvent être importants sur le plan financier, rendement et qualité de la récolte.

Les résultats de l'étude sur les paramètres de production de la tomate font ressortir que la pulvérisation foliaire du jus de lombricompost stimule la croissance des plants. Elle augmente le taux la production en bouquets floraux et fruits.

De même, ces résultats montrent que la pulvérisation foliaire du jus de lombricompost est efficace dans la stimulation des systèmes de défense de la tomate contre *Tuta absoluta*. En plus, de son action fertilisante, le jus de lombricompost fermenté pourrait être un moyen efficace de lutte contre ce bioagresseur. Cependant, les études sur ces substances naturelles restent encore récentes et leurs mécanismes d'action ne sont pas encore bien connus.

Les résultats cette étude montrent également que le traitement biologique par l'huile essentielle de Cèdre présente un effet de choc, mais une toxicité temporelle moins importante que celle du jus e lombricompost fermenté sur poudre de blé dur sur les larves de *T.absoluta*.

Le mélange huile essentielle de cèdre et jus de lombricompost formulé fermenté sur poudre de blé dur présente une efficacité moindre que celle des deux biocides, mais très importante que celle du témoin. Cela démontre que dans le mélange, ces deux substances ne présentent pas un effet complémentaire ou une totale synergie. En effet, ce manque de synergisme peut être due à une ou des perturbations d'un ou de plusieurs de leurs principes actifs participant(s) directement ou inducteur(s) de la défense de la plante contre les larves de la mineuse de la tomate.

Ces résultats semblent très prometteurs et nous s'ouvrent la voie sur la possibilité d'utiliser les produits fermentés issus de lombriculture, par rapport à l'utilisation de l'huile essentielle de Cèdre et du mélange.