

**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 de jus de lombricompost fermenté sur mauvaise  
herbe et de chémotype de l'huile essentielle de thym sur la  
phénologie de la tomate et son ravageur,**

***Tuta absoluta* Meyrick, 1917(*Lepidoptera, Gelechiidae*)**

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master 2 en Sciences de la Nature  
et de la vie

Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

Présenté par : Melle LARIBI FATMA ZOHRA

Devant le jury composé de :

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

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013**

# REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la santé, la volonté, et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent à mon directeur de la thèse, Mr AROUN pour sa précieuse aide, ses encouragements, ces conseils, sa patience, et son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire. J'espère qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je remercie vivement Mr DJZOULI, docteur à la faculté des sciences biologique et agronomique, pour avoir accepté d'être mon co-promoteur. Qu'il me soit permis de lui témoigner mon profond respect pour ses enseignements.

J'exprime également ma reconnaissance à Mme BRAHIMI .L doctorante à la faculté des sciences biologiques et agronomiques de Blida, qui a accepté de la présidence du jury.

A Melle TCHAKER F.Z Doctorante à la faculté des sciences biologiques et agronomiques de Blida, qu'elle veuille accepter mes sincères remerciements pour avoir bien voulu juger ce travail.

Je témoigne ma gratitude et mes remerciements à tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation depuis le primaire.

Mes remerciements vont également à l'adresse de toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, plus particulièrement mes parents, mon oncle Tahraoui Ahmed, et tante Tahraoui Dalila.

# *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 chères sœurs:*

*Nawel, Sara, Nadia, Lila, Hiba, Marwa.*

*A Mes chères amies:*

*Ganima, Ferial, Halima, Chafika, Iméne.*

*A Tous mes amis sans exception.*

*Et mes chers oncles et tante:*

*Ahmed, Hacem, Ismail, Sofiane, Kamel, Dalila*

*A tout la famille LARIBI et la famille TAHRAOUI.*

*A la promotion phytopharmacie 2012/2013.*

*Laribi Zahra*

**Effet compare de jus de lombricompost fermenté sur  
mauvaise herbe et le chémotype huile essentielle de thym sur la  
phénologie de la tomate et son ravageur,**

***Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (*Lepidoptera, Gelechiidae*)**

**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* par application foliaire de jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent comparé à l'effet biopesticide d'un chémotype de l'huile essentielle de thym « **carvacrol** » et leur synergie sur l'état phytosanitaire de la tomate.

Les résultats obtenus montrent que le jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent s'avèrent être des instigateurs 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*, de même pour le carvacrol et le mélange qui ont provoqué un effet toxique vis-à-vis notre cible mais à courte durée par apport au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent

**Mots clés :**

Tomate, bio agresseurs, *Tuta absoluta*, jus de lombricompost, carvacrol, biopesticide, synergie

**Effect compares vermicompost juice fermented on weed and  
chemotype of essential oils of thyme on the phenology of tomato  
and its devastator,  
Tuta absoluta Meyrick, 1917 (Lepidoptera, Gelechiidae)**

**Abstract**

Like all cultures, tomato currently experiencing serious health problems due to attacks of pests, including *Tuta absoluta*. The objective of this work is to study the fertilizing effect and pacemaker systems in tomato defense against *Tuta absoluta* by foliar application of vermicompost fermented juice wheatgrass powder compared to the effect of a biopesticide chemotype of essential oil of thyme "carvacrol" and their synergy on the phytosanitary status of the tomato.

The results show that the fermented juice of wheatgrass powder vermicompost prove to be the instigators of the growth and increase the production potential in tomato and trigger in this process infested plant's natural defense against *Tuta absoluta*, same for carvacrol and mixture that caused a toxic effect against our target but listening lasted through the intake of fermented vermicompost juice wheatgrass powder.

Keywords:

Tomato, pests, *Tuta absoluta*, juice vermicompost, carvacrol, biopesticide.

## مقارنة تأثير عصير lombricompost مخمر على الحشائش الضارة و كيموتيب من الزيوت الأساسية للزعر على الفينولوجيا الطماطم وحشرتها المصرة، توتا ابسولوتا

### ملخص

مثل أي محصول آخر، الطماطم متضررة بسبب هجمات الحشرات المصرة بما في ذلك توتا ابسولوتا (*Tuta absoluta*). الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير التسميد وتحفيز أنظمة الدفاع لدى الطماطم ضد توتا ابسولوتا عن طريق تطبيق رش عصير lombricompost مخمر على مسحوق chiendent مقارنة بتأثير المبيد الحيوي كيموتيب من الزيوت الأساسية للزعر "الكارفاكروول" وخليطهما على حالة الصحة النباتية للطماطم.

أظهرت النتائج أن عصير lombricompost مخمر على مسحوق chiendent محفز للنمو وإنتاجية النباتات الطماطم كما يقوم بتنشيط عملية الدفاع الطبيعية ضد توتا ابسولوتا نفس الشيء بالنسبة للكارفاكروول والخليط الذي تسبب في تأثير سام على توتا ابسولوتا ولكن استمر زمن قصير بمقارنة عصير lombricompost مخمر على مسحوق chiendent.

### كلمات البحث:

الطماطم، الآفات، توتا ابسولوتا ، عصير lombricompost، الكارفاكروول، الأسمدة الحيوية، المبيدات الحيوية

## Liste des abréviations

**ACP** : Analyse en Composantes Principales.

**°C** : Degrés Celsius.

**GLM** : modèle linéaire global.

**He.car** : chémotype carvacrol.

**J** : jour.

**j.lb** : jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent.

**mm** : millimètre.

**OEPP** : Office Européen de Protection des Plantes.

**P** : probabilité.

**S** : semaine.

**T** : traitement.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Durée de développement (en jours) de <i>Tuta absoluta</i> de l'œuf à l'émergence de l'adulte en fonction de la température (ESTAY, 2000) .....	<b>07</b>
<b>Tableau 02</b> : Les teneurs en éléments nutritifs chimiques du lombricompost (CLIVE A.et al., 2004).....	<b>14</b>
<b>Tableau 03</b> : calendrier et suivi de chaque application .....	<b>37</b>
<b>Tableau 04</b> : la longueur en fonction des périodes et traitements .....	<b>45</b>
<b>Tableau 05</b> : Nombre de bouquets floraux en fonction des périodes et traitements.....	<b>47</b>
<b>Tableau 06</b> : Nombre de fruits en fonction des périodes et traitements.....	<b>49</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Les différents stades biologique de <i>Tuta absoluta</i> (ANONYME, 2010 <sub>1</sub> ).....	<b>05</b>
<b>Figure 02</b> : Adulte de <i>Tuta absoluta</i> (ESTEBAM, 2008).....	<b>05</b>
<b>Figure 03</b> : Répartition mondiale de <i>T. absoluta</i> (RAMEL, 2010).....	<b>06</b>
<b>Figure 04</b> : Aire de répartition de <i>Tuta absoluta</i> en Algérie durant la campagne agricole 2009 /2010 (AMADA, 2011).....	<b>07</b>
<b>Figure 05</b> : Pénétration de la larve (a) et les galeries de <i>T.absoluta</i> (b) (ORIGINAL, 2013).....	<b>08</b>
<b>Figure 06</b> : Mine a l'intérieure de la tige (AMAZOUZ, 2008).....	<b>09</b>
<b>Figure 07</b> : symptômes sur les fruits (MARGARIDA, 2008).....	<b>09</b>
<b>Figure 08</b> : Adulte de <i>Nesidiocoris tenuis</i> (FREDON, 2009).....	<b>12</b>
<b>Figure 09</b> : Circulaire du métabolisme de lombricompost et du cycle de viabilité de la société humaine (RAJIV et al 2009).....	<b>15</b>
<b>Figure 10</b> : Plante de thym ( <i>T.vulgaris</i> ).....	<b>24</b>
<b>Figure 11</b> : Site du travail expérimental (ANONYME 2013) .....	<b>27</b>
<b>Figure 12</b> : Fruits de tomate variété Marmande (ORIGINAL 2013).....	<b>28</b>
<b>Figure 13</b> : Le chiendent (ORIGINAL 2013).....	<b>28</b>
<b>Figure 14</b> : Plantules de tomate (ORIGINAL, 2013).....	<b>30</b>
<b>Figure 15</b> : Dispositif expérimental .....	<b>31</b>
<b>Figure 16</b> : Densité de plantation (ANONYME, 1995).....	<b>31</b>
<b>Figure 17</b> : Jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent (ORIGINAL 2013).....	<b>33</b>

<b>Figure 18</b> : Jus de lombricompost fermenté après dilution. (ORIGINAL, 2013).....	<b>33</b>
<b>Figure 19</b> : Chémotype carvacrol avant et après dilution. (ORIGINAL, 2013)	<b>34</b>
<b>Figure 20</b> : Le mélange de jus de lombricompost fermenté +le chémotype carvacrol après dilution. (ORIGINAL, 2013).....	<b>34</b>
<b>Figure 21</b> : Schéma récapitulatif du suivie de l'effet fertilisant du jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent.....	<b>35</b>
<b>Figure 22</b> : Piège type delta + capsule à phéromone sexuelle de <i>Tuta absoluta</i> (ORIGINAL, 2013).....	<b>36</b>
<b>Figure 23</b> : Effets comparés du jus de lombricompost fermenté et le carvacrol et leur synergie .....	<b>36</b>
<b>Figure 24</b> : Evolution temporelle de la longueur des plants sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a),(b),(c) et des traitements comparés (d).....	<b>39</b>
<b>Figure 25</b> : Evolution temporelle des bouquets floraux sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a), (b), et des traitements comparés (c).....	<b>40</b>
<b>Figure 26</b> : Evolution temporelle de nombre de fruits sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a) et des traitements comparés (b).....	<b>41</b>
<b>Figure 27</b> : Evaluation de la longueur des plants sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a),(b),(c) et des traitements comparés (d).....	<b>42</b>
<b>Figure 28</b> : Evaluation du nombre de bouquets floraux sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a), (b), et des traitements comparés (c).	<b>43</b>
<b>Figure 29</b> : Evaluation du nombre de fruits sous l'effet des différents traitements	

au jus de lombricompost fermenté (a) et des traitements comparés (b).....	44
<b>Figure 30:</b> Etude comparée des traitements sur la longueur des plantes (a et b) traitement1, (c et d) traitement 2, (e et f) traitement3,(g et h) traitement4.....	46
<b>Figure 31:</b> Etude comparée des traitements sur le nombre de bouquets floraux des plantes (a et b) traitement 2, (c et d) traitement 3, (e et f) traitement 4.....	48
<b>Figure 32:</b> Etude comparée des traitements sur le nombre de fruits (a et b) traitement 3, (c et d) traitement 4.....	49
<b>Figure 33:</b> Evolution temporelle des infestations des feuilles sous l'effet des traitements .....	50
<b>Figure 34:</b> Evolution temporelle de la population larvaire de <i>T.absoluta</i> sous l'effet des traitements.....	51
<b>Figure 35:</b> Evolution temporelle de nombre de feuilles infestées .....	52
<b>Figure 36:</b> Evaluation de l'effet des traitements sur les larves de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet des traitements .....	53
<b>Figure 37 :</b> Etude comparée des traitements sur les feuilles infestées.....	54
<b>Figure 38 :</b> Graphe du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes (T) / traitements sur les infestations foliaires.....	54
<b>Figure 39 :</b> Etude comparée selon des traitements (a) et périodes (b) sur l'évolution larvaire de <i>T.absoluta</i> sous les différents traitements.....	55
<b>Figure 40:</b> graphe du model ANOVA appliquée a l'interaction période /traitements sur les infestations larvaires.....	56
<b>Figure 41:</b> effets des différents bioproduits testés sur les infestations de la mineuse de la tomate.....	61

# Sommaire

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b><i>PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</i></b>	
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA MINEUSE DE LA TOMATE, TUTA ABSOLUTA MEYRICK, 1917.....	03
Chapitre II: lombricompost et la fermentation solide.....	13
Chapitre III: les huiles essentielles.....	20
<b><i>PARTIE II : Expérimentation et résultats</i></b>	
<b>Chapitre IV : matériels et méthodes.....</b>	<b>26</b>
Chapitre V : resultats et discussion.....	39
Discussion.....	57
Conclusion et perspective .....	62



## Introduction

Les animaux ravageurs, plantes parasites, micro-organismes pathogènes, sont responsables, chaque année, de la perte de rendement des cultures avant récolte. Actuellement, ce sont essentiellement des pesticides de synthèse qui sont utilisés pour lutter contre ces agents ravageurs. Ces produits chimiques sont considérés comme l'arme la plus efficace pour faire face à ces problèmes, mais ces substances ont des conséquences néfastes (KOUASSI 2001; THAKORE 2006) sur :

- l'environnement comme l'accumulation de résidus et la pollution des sols,
- l'apparition et la généralisation des mécanismes de résistance chez les pathogènes,
- le déséquilibre écologique, dû au fait que beaucoup de ces composés de synthèse ont un large spectre d'action, détruisant non seulement les agents nuisibles, mais également les autres populations de l'écosystème.

L'usage des produits pesticides est en constante augmentation à travers tous les pays du monde. Selon les constatations des experts mondiaux, la demande en pesticides est telle que leur quantité de production double pratiquement tous les 10 ans depuis 1945. Ce sont les pays en voie de développement qui les utilisent de plus en plus. Au niveau mondial, la valeur marchande des pesticides est de l'ordre de 32 milliards de dollars, dont 3 milliards pour les pays en voie de développement (BOUZIANI, 2007).

Au regard de ces inconvénients, il est important de trouver des solutions alternatives qui permettront de continuer à lutter contre les phytopathogènes et les ravageurs tout en diminuant l'emploi de produits chimiques. Celles-ci peuvent faire appel à la rationalisation des pratiques agricoles (fumigation, désinfection des graines, rotation des cultures, contrôle du vecteur de la maladie...), à l'utilisation de variétés végétales résistantes et à l'utilisation des biopesticides.

Le recours aux biostimulants constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les patrons régissant la lutte contre les ennemis des cultures. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), une solution intéressante sur les plans scientifiques et agronomiques, et qui pourrait bien être une solution d'avenir.

La tomate est une culture particulièrement sujette aux attaques de ravageurs et de maladies (KENNEDY, 2003 in FERRERO, 2009). Les aleurodes, pucerons, mineuses, acariens, thrips, noctuelles, punaises et plus la mineuse de la tomate constituent ses principaux ravageurs en serres (TROTTEIN-CAUDAL *et al*, 1995).

A travers notre étude, nous cherchons à répondre aux hypothèses suivantes :

- Est-ce que le thé de lombric fermenté sur poudre de chiendent a un pouvoir fertilisant sur la tomate?
- Présente-t-il des effets bénéfiques pour la plante dans le développement d'une activité stimulatrice de défense ou une activité biocide sur les larves de la mineuse *Tuta absoluta*?
- Est-ce que le Chémotype d'importance majeur de l'huile essentielle de *Thymus fantanisia* exerce un effet toxique envers les population larvaire de *Tuta absoluta*?

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA MINEUSE DE LA TOMATE, *TUTA ABSOLUTA* MEYRICK, 1917.

### Introduction

Les producteurs de tomates en Algérie sont confrontés à un nouveau ravageur redoutable, connu sous le nom de *Tuta absoluta* (Meyrick 1917), en raison des dégâts considérables occasionnés sur cette culture sous serre et en plein champ. Ce nouveau ravageur est signalé pour la première fois en 2008, par les agriculteurs sur les cultures de la région côtière de Mostaganem, dans l'Ouest algérien. (BADAOUÏ et BERKANI, 2010)

Les dégâts peuvent représenter de 80 à 100 % de la production sur les plants de tomates (FRANCA, 1993; TORRES et al., 2002) et sont la conséquence des larves lorsqu'elles s'alimentent en produisant des mines. Tous les organes de la plante peuvent être attaqués: feuilles, tiges, bourgeons, fleurs et fruits (LOPES-FILHO, 1990; CASTELO-BRANCO, 1992).

### 1. Position systématique et Synonymes

Selon ROEL, (2009) *Tuta absoluta* a été initialement décrite en 1917 par MEYRICK comme *Phthrimaea absoluta* basé sur les individus prélevés dans Huancayo (Pérou). Plus tard, le ravageur a été signalé comme *Gnorimoschema absoluta* (CLARKE, 1962) et *Scrobipalpula absoluta* (POVOLNY, 1964). Elle à:

L'embranchement :	<i>Arthropoda</i>
Le sous-embranchement :	<i>Uniramia</i>
La classe :	<i>Insecta</i>
L'ordre :	<i>Lepidoptera</i>
La famille :	<i>Gelechiidae</i>
La sous-famille :	<i>Gellechiinae</i>
Le genre :	<i>Tuta</i>
L'espèce :	<i>T.absoluta</i> (POVOLNY, 1994).

## 2. Description

### 2.1. Œuf:

Les œufs ont une longueur de 0.36 mm sur 0.22 mm de large. De forme ovale et de couleur blanc crème juste après la ponte, ils deviennent orange marron juste avant éclosion (TETEREL, 2009). Ils sont déposés de façon isolée sur les jeunes pousses et à la face supérieure ou inférieure des jeunes feuilles sur le tiers supérieur des plantes (Fig.1). (ANONYME, 2005<sub>1</sub>)

### 2.2. Larve

Plusieurs auteurs dont Estay (2000) indiquent la présence de quatre stades larvaires bien définis se distinguant par la taille et la couleur (Fig.1).

- La larve néonate, L<sub>1</sub> d'environ 1,6 mm, de couleur blanche, à tête marron foncé initialement, vire au vert (ATTOUF, 2008).
- Les larves L<sub>2</sub>, et L<sub>3</sub> de couleur verte, ont des dimensions comprises entre 2,8 à 4,7 mm (MARGARIDA, 2008).
- La larve L<sub>4</sub> peut atteindre jusqu'à 8 mm de long. La ligne dorsale rougeâtre est caractéristique de la fin du développement larvaire. (RAMEL et OUDARD, 2008)

### 2.3. chrysalide

C'est l'état pendant lequel la larve cesse de s'alimenter et confectionne généralement un cocon blanc et soyeux. 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(Fig.1). (GUENAOUI, 2008).

### 2.4. Adulte

Il s'agit d'un microlépidoptère de 6 à 7 mm de long et de 8 à 10 mm d'envergure. De couleur grise argenté avec des taches brunes sur les ailes. Les antennes filiformes font le 5/6 de la longueur des ailes (RAMEL et OUDARD, 2008). La femelle est légèrement plus grande que le male(Fig.2). (MARGARIDA, 2008)



**Fig.01** : Les différents stades biologique de *Tuta absoluta* (ANONYME, 2010<sub>1</sub>)



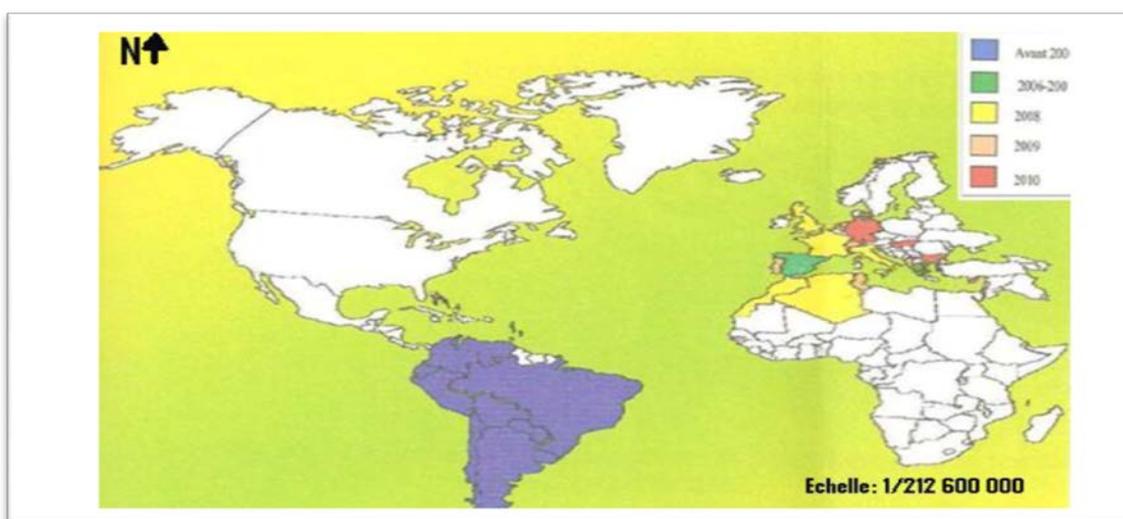
**Fig.02** Adulte de *Tuta absoluta* (ESTEBAM, 2008).

### 3. Origine et répartition

#### 3.1. Dans le monde

*T. absoluta* est un ravageur originaire d'Amérique de sud. Il est signalé en Argentine, Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Equateur, Paraguay, Uruguay et Venezuela. Au Japon, la première déclaration de la mineuse de la tomate fut en 1962 (URBANEJA et al., 2007).

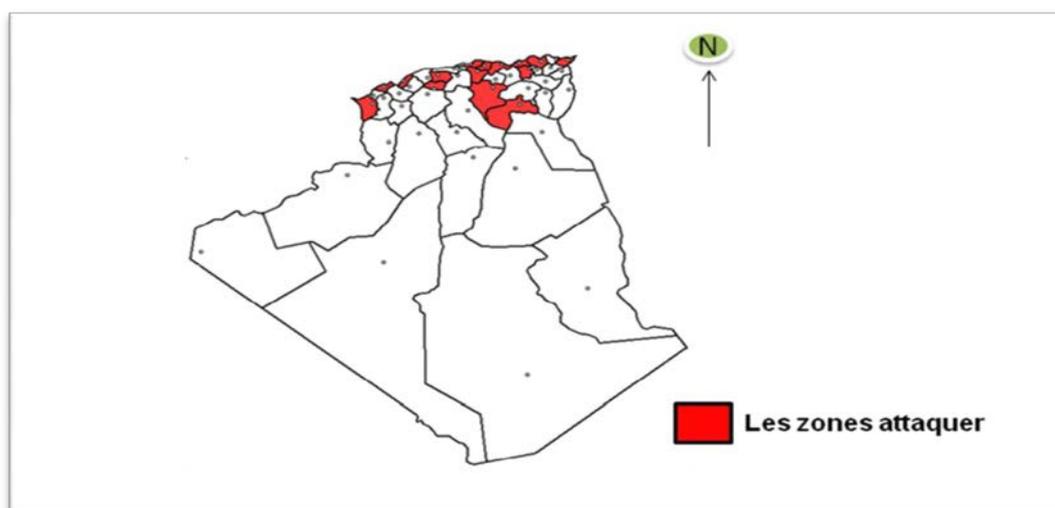
Cet insecte se propage très rapidement (fig.03). En 2007, elle a été détectée en Espagne dans la province de Castello. En 2008, *T. absoluta* a été identifiée dans le sud de la France, en Italie, au Maroc, en Algérie et Tunisie. En 2009, elle a été observée en Grande-Bretagne, au Pays-Bas, en Albanie, Suisse, Portugal, Malte et dans le nord de la France. (MARTIN, 2009).



**Fig.03** : Répartition mondiale de *T. absoluta* (RAMEL, 2010)

#### 3.2. En Algérie:

Cette espèce invasive est signalée par GUENAOUI pour la première fois au mois de mars 2008, sur tomate sous serres dans la commune d'Achacha dans la wilaya de Mostaganem. 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).



**Fig.04** : Aire de répartition de *Tuta absoluta* en Algérie durant la campagne agricole 2009 /2010 (AMADA, 2011)

#### 4. Cycle de développement

*T. absoluta* se reproduit très rapidement. SILVA (2008) montre que le cycle de développement peut durer de 29 à 38 jours, en fonction des conditions climatiques. La température minimale d'activité est de 9°C. Les études réalisées par ESTAY (2010) montrent que les durées de développement des différents états varie selon les températures (**Tableau 01**).

**Tableau 1**: Durée de développement (en jours) de *Tuta absoluta* de l'œuf à l'émergence de l'adulte en fonction de la température (Estay, 2000)

Temperatures	14°C	20°C	27°C
Oeuf embryogénèse	14.1	7.8	5.13
Larve	38.1	19.8	12.2
Chrysalide	24.2	12.1	6.5
Durée de l'œuf à l'adulte	76.4	39.7	23.8

Une femelle peut pondre de 250 à 260 œufs au cours de sa vie. Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent dans les feuilles, les tiges ou les fruits quelque soit le stade de développement du plant. Les chenilles creusent des galeries dans lesquelles elles se développent. Une fois le développement larvaire achevé en 4 stades successifs, les chenilles se transforment en chrysalides, soit

dans les galeries, soit à la surface des plantes hôtes ou bien dans le sol. Cet insecte passe l'hiver à l'état d'œuf, chrysalide ou adulte. Les adultes mâles vivent 6 à 7 jours et les femelles 10 à 15 jours. Cet insecte n'est pas présent à des altitudes supérieures à 1000m (limite climatique) (Fig.11), (ANONYME, 2008<sub>1</sub>).

#### 5. Plantes hôtes:

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

#### 6. dégâts:

Les différents travaux réalisés montrent que les larves peuvent attaquer n'importe quelle partie de la culture de tomate. Elles pénètrent dans les fruits, les feuilles et les tiges.

##### 6.1-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 (Fig.05 a et b), et commencent à consommer les feuilles (Fig.05<sub>b</sub>) formant des galeries ou mines (Fernandez et Montagne, 1990).

Avec le temps, les mines se nécrosent et brunissent (TETEREL, 2009). Les larves se nourrissent du mésophyle et laissent intact l'épiderme (MARGARIDA, 2008).



**Fig. 05:** Pénétration de la larve (a) et les galeries de *T.absoluta* (b) (ORIGINAL, 2013)

### 6.2- Sur les tiges :

Les larves pénètrent à l'intérieur des tiges (Fig.06) forment des mines et laissent ses excréments à l'intérieur (GARZIA *et al*, 2009).



**Fig.06:** Mine a l'intérieure de la tige (AMAZOUZ, 2008)

### 6.3- Sur les fruits :

Les larves attaquent les fruits en formation et ceux qui sont mûrs. Elles pénètrent et creusent des galeries rendant les fruits non comestibles et non commercialisables (Fig.07). Les dommages causés par les larves favorisent l'installation d'agents pathogènes tels que les bactéries et les champignons (BERKANI et BADAQUI, 2008 ; MARGARIDA, 2008).



**Fig.07:** Symptômes sur les fruits (MARGARIDA, 2008)

## 7. Stratégie de lutte

### 7.1. Lutte culturale

Selon WANG et al. (1998) les techniques culturales sont les suivantes:

L'Hygiène : l'enlèvement complet d'une culture infestée par la mineuse de la tomate est la condition essentielle pour éviter ou du moins réduire au minimum les risque de ré infestations, d'une récolte a l'autre.

Il faut veiller à ce que tous les débris de culture soient parfaitement détruits par incinération ou enfouissement profond. Lorsque les pupes se trouvent enfouies sous au moins 7a9 cm de terre, la sortie des adultes sera difficile.

Ramassage de la mineuse a la main en inspectant régulièrement la culture dès le début et en détruisant les feuilles infestées. On peut ainsi limiter l'importance des populations.

Désinfection des caisses: veiller à ce que les caisses ou les boites qui ont servi a une opération soient soigneusement désinfectées, avant d'être réutiliser pour l'opération suivante.

Les adultes, les feuilles infestées ou les fruits laissés dans les caisses peuvent être source d'infestation.

### 7.2. La lutte chimique

Les ravageurs similaires à *T.absoluta* avec une capacité élevée et des générations plus courtes, représentent un risque majeur de développement de la résistance. Il serait facile de générer une population résistance à partir de quelques individus résistants. En plus les insecticides efficace sont peu nombreux ce qui amplifie la fréquence de leur utilisation et donc, l'augmentation de la pression de sélection et le risque d'apparition de la résistance.

C'est ainsi que les populations de *T.absoluta* résistantes a divers insecticides se sont développées dans les autres régions du monde. Pour prévenir l'apparition de la résistance a la mineuse, il est nécessaire d'utiliser des insecticides disponibles d'une manière raisonnable. En plus, il est nécessaire d'intégrer a l'usage des

insecticides toutes les méthodes de lutte de *T.absoluta* disponibles tout en les combinant en une stratégie de lutte intégrée. On doit utiliser donc tous les moyens disponibles pour qu'ils soient efficaces pendant plusieurs années (GUENAOUI, 2008).

Selon anonyme, (2010<sub>2</sub>), les produits phytosanitaires utilisés sont : Trigarde, Vertimec, Match, Tracer, Proclame.

### 7.3. Lutte biologique

#### 7.3.1 Les ennemies naturelles

Les résultats d'étude menés au centre de recherche sur la culture abutée industrielle à Harrow et Ontario, donnent à espérer que certaines espèces de *Trichogramma* peuvent être de bons auxiliaires de lutte biologique contre la mineuse de la tomate, à condition d'appuyer leur action, par d'autres mesures de lutte (WANG et al, 1998).

L'activité prédatrice des 03 espèces de punaises minides autochtones (*Nesidicoris tenuis* (Nsibug), *Macrolophu scaliginisus* et *Dicyphus tamanini*) laissant entrevoir une possibilité de lutte biologique par multiplication de leur effectif, en vue d'assurer des lâchers à des périodes propices en fonction de la situation dans chaque exploitation (GUENAOUI et al., 2011). Selon TORRES et al.(2002), des lâchers d'un autre prédateur naturel *Podisus nigrispinus* auraient les résultats positifs sur la maîtrise de *T.absoluta*.

Retarder l'effeuillage permet le bon développement de *Nesidiocoris* et de *Macrolophus* dans les cultures (FISCHER,2003).

En Espagne et en France : pour faire face à l'attaque de *T.absoluta*, on a déployé des prédateurs de la mineuse de la tomate qui sont du genre *Macrolophus*, une punaise qui se nourrit abondamment des œufs du papillon. La punaise fait merveille, mais son temps d'installation est de trois mois. Alors pour compléter le dispositif les professionnels ont utilisé un parasitoïde, une mini guêpe dont la particularité est de pondre ses œufs à l'intérieur de l'œuf de *T.absoluta*. (CHOUGAR, 2011)



**Fig.08:** *Adulte de Nesidiocoris tenuis* (FREDON, 2009)

### 7.3.2. Les biopesticides

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. En 1984, APABLAZA suggérait que 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 II: lombricompost et la fermentation solide

### Introduction:

Les populations d'invertébrés, comme les vers de terre dans le sol, jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques. En effet, les lombrics interviennent dans la dynamique de la matière organique dans le sol. Ils transforment la matière organique instable, souvent d'origine végétale, en substances organiques stables appelées "humus" (REES et CASTLE, 2002).

L'importance des lombricidés dans le brassage du sol est reconnue par Darwin dès 1881. Ces organismes modifient les propriétés physico-chimiques du sol, favorisant ainsi les activités microbiologiques (STORK ET EGGLETON, 1992 ; LAVELLE, 1997).

### 1. Lombricompost

#### 1.1 Généralité sur lombricompost et son jus

Le lombricompostage est un procédé naturel, **qui permet de recycler les déchets biodégradables par l'intermédiaire** des vers de terre dans un composteur et on obtient deux produits de compostage, le compost mûr et le jus.

Le compost, c'est la matière organique ingérées et rejetées par les vers de terre sous forme de turriculés, elles se présentent alors sous forme d'un amendement organique de couleur brune, stabilisé, de granulométrie

**Le jus de lombricompost** d'après NDEGWA et THOMPSON (1999), **consiste en** un liquide de couleur foncée, concentré qui ruisselle et s'accumule dans le fond du bac du lombricomposteur. C'est un excellent engrais naturel pour les plantes vertes.

Le jus de compost est constitué de microorganismes bénéfiques, de bactéries. Il est considéré comme un stimulant de l'activité microbienne positive dans le sol, et favorise une compétition contre les agents pathogènes. Ce dernier est un stimulateur de défense (MARTINEAU, 2011).

### 1.2. Composition:

Le lombricompost est un engrais organique riche en NKP. Il contient 2 à 3% d'azote, 1,85 à 2,25% de potassium et 1,55 à 2,25% de phosphore, des oligo-éléments, des microorganismes bénéfiques du sol comme les bactéries fixatrices d'azote et les champignons mycorhiziens (SINHA et al., 2009). Il existe également une bonne quantité de calcium (Ca), magnésium (Mg), de zinc (Zn) et de manganèse (Mn). Il contient des enzymes comme l'amylase, la lipase, cellulase et chitinase, qui décomposent la matière organique dans le sol pour libérer les nutriments et les rendent disponibles pour les racines des plantes. (LUNT et al., 1994, CHAOUI et al., 2003, et TIWARI et al., 1989).

**Tableau 2:** Les teneurs en éléments nutritifs chimiques du lombricompost (CLIVE et al., 2004).

Déchet animal	N(%)	P(%)	K(%)	ca(%)	mg(%)	mn(%)
Déchet de bovins	2.20	0.4	0.9	1.2	0.25	0.02
Déchets de porc	2.60	1.70	1.40	3.40	0.55	0.03
Déchet de bovins sur paille	2.50	0.50	2.50	1.55	0.30	0.05
Déchets de porc sur paille	3.00	1.60	2.40	4.00	0.60	0.05
Déchets des oiseaux sur paille	2.60	0.21	0.48	0.94	2.20	0.10
Déchets de poulet	1.80	2.70	2.10	4.80	0.70	0.08
engrais commercialisé	1.80	0.21	0.48	0.94	2.20	0.92

Les teneurs en éléments nutritifs chimiques de lombricompost diffèrent grandement, selon les matériaux de base à partir de lesquelles ils sont traités. Toutefois, lorsque leur teneur en éléments nutritifs est comparée à celle d'un engrais commercialisé, ils contiennent généralement la plupart des éléments minéraux nécessaires aux plantes, mais il peut parfois être une carence en magnésium, ce qui peut être corrigée par addition de sulfate de magnésium (tableau 2).

### 1.3. La valeur de lombricompost:

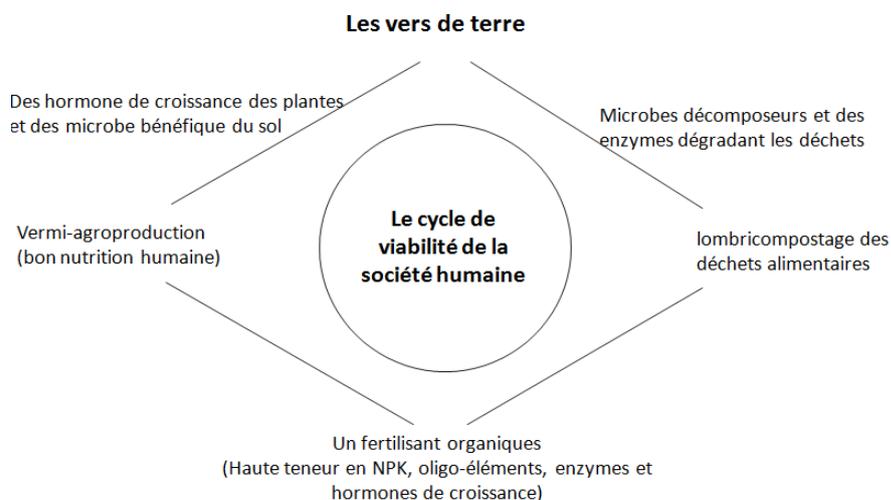


Fig.09: Circulaire du métabolisme de lombricompost et du cycle de viabilité de la société humaine (RAJIV et al., 2009)

#### 1.3.1. Teneur élevé en nutriments assimilables:

Le traitement des différents déchets organiques par les vers de terre, permet de transformer la plupart des nutriments qu'ils contiennent par des formes plus facilement absorbés par les plantes, comme le nitrate d'ammonium ou de l'azote, échangeables le phosphore et le potassium soluble, le calcium et le magnésium. (EDWARDS et al., 2004). Le lombricompost présente également de grandes surfaces de particules qui fournissent de nombreux micro-sites pour les activités microorganismes et une forte rétention des éléments nutritifs (ARANCON et al., 2006).

#### 1.3.2. Teneur élevé de micro-organismes:

Le lombricompost est riche en microorganismes, en particulier les champignons, bactéries telles que *les actinomycètes, Azotobacter, Rhizobium*, des bactéries *Nitrobacter* (BROWN, 1995, CHAOUI et al 2003, SCHEU 1987 et TIWARI et al 1989; et SUHANE 2007). SCHEU 1987 rapporte qu'une augmentation de 90% de la respiration dans un vermicompost frais indique une augmentation correspondante de la population en microorganismes.

Dans ce domaine, Edwards (1999) affirme que le lombricompost pourrait être 1000 fois plus actif que le compost classique sur le plan de l'activité microbienne. Il s'agit de micro-organismes beaucoup plus aptes à transformer les éléments nutritifs et à les rendre plus facilement assimilables, stimulent la croissance des plantes.

### **1.3.3. Riche en hormones de croissance :**

Le lombricompost conduit à une augmentation significative de l'activité des enzymes du sol telles que l'uréase, la phosphomonoestérase, la phosphodiesterase et l'arylsulfatase. Il augmente la conductivité électrique (CE) et stabilise un pH neutre du sol. (RAJIV et al., 2009)

NEILSON 1965 et TOMATI et al., 1988 signalent également que le lombricompost contient des hormones qui favorisent la croissance telles que les auxines, les cytokines et les gibbérellines qui favorisent la floraison.

### **1.3.4. Riche en acides humiques :**

Selon ATIYEH et al., (2002) les réactions observées sur le plan de la croissance soient attribuables à une activité de type hormonal associée aux taux élevés d'acides humiques et d'humâtes dans le lombricompost. Cela a également été indiqué par CANELLAS et al., (2000) qui a constaté que les acides humiques isolés du lombricompost améliorent l'élongation des racines et la formation de racines secondaires. PRAMANIK et al., (2007) a également indiqué que les acides humiques renforcent l'absorption des nutriments par les plantes, en augmentant la perméabilité de la membrane cellulaire de la racine, stimulent la croissance des racines et augmentent la prolifération des poils absorbants.

### **1.3.5. Détoxifiant:**

Les vers de terre accumulent ou dégradent efficacement les résidus de plusieurs produits chimiques organiques et inorganiques, y compris les métaux lourds, les pesticides organochlorés et les hydrocarbures aromatiques polycycliques. (RAJIV et al., 2009)

### **1.3.6. Rôle biopesticide**

D'après PRAMANIK et al.,( 2007), et AL-DAHMANI et al (2003) la capacité du lombricompost de protéger les plantes contre divers ravageurs et maladies, soit en les supprimant ou en les repoussant ou en induisant une résistance biologique des plantes ou les tuer par action pesticide.

#### **1.4.6.1. Inducteur de la résistance biologique des plantes:**

Le lombricompost contient des antibiotiques et des actinomycètes qui aident à augmenter le pouvoir de résistance biologique des plantes cultivées contre les ravageurs et les maladies. (SINGH 2007 et SUHANE 2007).

#### **1.4.6.2. Répulseur des ravageurs:**

Lombricompost induit la diminution de populations ravageurs ainsi la subséquente des dommages des cultures telle que tomate, poivre, contre les arthropodes tels que les pucerons, les cochenilles et les acariens (ARANCON et NORMAN, 2004) par le fait de l'enzyme chitine qui détruit l'exosquelette des insectes (MUNROE, 2007).

#### **1.4.6.3. Répression des maladies:**

EDWARDS et ARANCON (2004) ont trouvé que l'utilisation de lombricompost dans les cultures inhibe le développement des maladies cryptogamiques. Ils ont également constaté statistiquement une suppression significative des nématodes parasites des plantes tels que les poivres, tomates, fraises et raisins. L'explication scientifique derrière ce concept est que les teneurs élevées en micro-organismes bénéfiques du lombricompost protègent les plantes en concurrençant les organismes pathogènes sur le plan des ressources, tout en bloquant également leur accès aux racines par une occupation des sites disponibles. Ce concept est basé sur des études sol-réseau trophique, les applications de lombricompost réduisent notablement l'incidence des maladies de manière significative. Les

auteurs ajoutent que l'élimination des pathogènes cessait après la stérilisation du lombricompost, ce qui indique que le mécanisme en jeu fait appel à un antagonisme microbien.

SZCZECH et al., (1993), ORLIKOWSKI (1999) RODRIGUEZ et al., (2000) et ZALLER (2006) ont également constaté que le jus de lombricompost agit contre les agents pathogènes et les ravageurs transmis par le sol.

## 2. La fermentation solide

### 2.1. Définition

La fermentation en milieu solide est définie comme étant 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 et les engrais.

### 2.2. Processus de la fermentation

La population microbienne du jus de lombricompost en phase de fermentation solide se localise 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.

Les substrats solides peuvent être soit :

- Des matériaux organiques naturels : issus de coproduits agricoles ou de l'agro-industrie les différents sons, les pailles, les pulpes et les déchets.
- Des matériaux minéraux : tels que les granulés d'argile, la perlite, la pouzzolane. Ce sont des supports inertes qui ne constituent pas une source de nutriments pour les micro-organismes
- Des matériaux synthétiques : de type mousse de polyuréthane. (DURAND, 2003 ; GERVAIS et al. 2003 ; RAHARDJO et al. 2006)

## **2.3. Les paramètres de contrôle de la fermentation solide**

### **2.3.1. L'humidité**

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.

### **2.3.2. La température**

Le dégagement de la chaleur générée au cours des activités métaboliques des micro-organismes se traduit par une augmentation de la température.

La faible conductivité thermique des matières, l'absence de l'agitation ainsi que la faible teneur en eau constituent des facteurs majeurs qui limitent le transfert de chaleur au cours de la fermentation. La régulation de la température est nécessaire dans un processus fermentaire.

### **2.3.3. Le pH**

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. Néanmoins, le maintien du pH au cours de la fermentation reste une tâche très difficile à réaliser en particulier pour les fermentations qui n'emploient pas de systèmes d'agitation.

### **2.3.4. L'aération**

L'aération au cours de la fermentation permet d'assurer le maintien des conditions en aérobiose, l'élimination du CO<sub>2</sub> 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 (ANONYME, 2007).

**CHAPITRE III: LES HUILES ESSENTIELLES****1. donné générale sur les huiles essentielles****1.1. Définition**

Le terme « Huiles essentielles » est un terme générique qui désigne les composants liquides et hautement volatiles des plantes, marqués par une forte et caractéristique odeur. Les terpènes (principalement les monoterpènes) représentent la majeure partie (environ 90%) de ces composants.

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (CSEKE et KAUFMAN 1999). Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, et des terpènes plus complexes, dont les sesquiterpènes. Il est admis que l'effet de ces composés purs peut être différent de celui obtenu par des extraits de plantes. (BAKKALI et al., 2008)

Les huiles essentielles contiennent un nombre considérable de familles biochimiques (chénotypes) incluant les alcools, les phénols, les esters, les oxydes, les coumarines, les sesquiterpènes, les terpénols, les cétones, les aldéhydes, etc. On voit qu'elles ne sont pas constituées d'acides gras, ni d'aucun autre corps gras.

Il est important de faire une différence entre les huiles essentielles et les huiles végétales. Les huiles essentielles sont obtenues par expression (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau. Elles sont volatiles, solubles dans l'alcool et dans l'huile, mais pas dans l'eau. (HART et al., 2008)

Ce sont des substances odorantes.

Une huile végétale est obtenue par pression, et est constituée majoritairement de corps gras.

### 1.2. Localisation des huiles essentielles:

Les huiles essentielles sont largement répandus dans les plantes avec des familles à haute teneur en matières odorantes comme les conifères, les myrtacées, les ombellifères, Les labiacées, Les rutacées, Les géraniacées etc.

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante, on distingue des cellules à huiles essentielles chez les lauracées, des poils sécréteurs chez les lamiacées et les labiacées, des poches sécrétrices chez les myrtacées et les rutacées et les canaux sécréteurs chez les opacées ou des astéracées (BRUNTON, 1993).

Les huiles essentielles sont généralement localisées dans tous les organes végétaux, fleurs, feuilles, écorces, bois, racines, rhizomes, fruits et graines.

### 1.3. Les caractéristiques d'intérêt des huiles essentielles:

Les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt.

- Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes.
- En étant très peu rémanents, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte; cette faible rémanence permet également aux travailleurs de retourner au champ ou dans une serre dans un court délai après le traitement.
- Les formulations sont stables à la température de la pièce et les huiles essentielles brutes peuvent être entreposées pendant plusieurs années.
- Les méthodes d'analyse de ces extraits ont beaucoup évolué depuis 10 ans et il est maintenant possible d'isoler et d'identifier des composés

auparavant inconnus; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique.

- Un biopesticide peut être mis sur le marché dans un délai plus court qu'un produit de synthèse, car le processus d'homologation est moins exigeant. (CHIASSON et BELOIN, 2007)

En plus des particularités mentionnées ci-dessus, les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe de pesticides intéressante puisqu'en étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action multiples, elles ont des modes d'application variés. Les extraits de plantes sollicitent simultanément plusieurs mécanismes physiologiques (par opposition à des pesticides n'ayant qu'une seule cible moléculaire), ce qui peut retarder l'apparition de populations résistantes d'insectes (FENG et ISMAN 1995).

#### **1.4. Composition chimique des huiles essentielles**

Les composés chimique des huiles essentielles appartiennent à deux familles chimiques bien distinctes à savoir, les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (BRUNETON, 1993).

##### **1.4.1. Les terpénoïdes :**

Les terpénoïdes retrouvés dans les huiles essentielles sont les terpènes les plus volatiles. C'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée mono et sesquiterpènes, telle que les monoterpènes et les sesquiterpènes (BRUNETON, 1999).

##### **1.4.2. Les composés Aromatiques:**

Les composés de cette série sont beaucoup moins fréquents que les monoterpènes et les sesquiterpènes.

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C3-C6) sont très souvent des allyls et prophenylphenols. Parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiaceae telle que l'eugénol, l'apiol (BRUNETON, 1993).

### **1.5. Toxicité des huiles essentielles**

La toxicité chronique des huiles essentielles est assez mal connue, on connaît par contre beaucoup mieux le risque de toxicité aiguë lié à une ingestion massive, en particulier la neurotoxicité des huiles essentielles à thuyone (thuya, absinthe, sauge officinale, tanaïs) ou à pinocamphone (hysop), ces cétones induisent des crises épileptiformes, des troubles physiques et sensoriels nécessitant l'hospitalisation.

Les principes actifs sont des substances chimiques bien définies qui ont une action sur la physiologie animale. Ils jouent par ailleurs un rôle important dans la résistance des plantes aux insectes (PARTES et al., 1998).

### **1.6. Activité insecticide : mécanismes d'action.**

#### **1.6.1. Effets physiologiques:**

Les huiles essentielles ont des effets anti-appétent, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. Des travaux récents montrent que les mono terpènes inhibent la cholinestérase (KEANE et RYAN. 1999).

#### **1.6.2. Effets sur l'octopamine :**

L'octopamine est un neuromodulateur spécifique au système nerveux des invertébrés : Cette molécule a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés. ENAN (2000) et ISMAN (2000) font le lien entre l'application de l'eugénol, de l' $\alpha$ -terpinéol et de l'alcool cinnamique, et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. ENAN (2005) a également démontré un effet sur la Tyramine, autre neurotransmetteur des insectes.

En général, les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. Ces huiles sont donc peu toxiques pour les animaux à sang chaud.

### 1.6.3. Effets physiques :

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des arthropodes à corps mous. ISMAN (2000) fait cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes à corps mou.

## 2. présentation de la plante de thym

### 2.1. Description

Le thym appartient à la famille des lamiacées. Originaire du bassin méditerranéen, cet arbrisseau aux nombreux rameaux serrés, est une espèce végétale vivace rustique pousse dans les montagnes et sur le littoral (Thiebaut, 1953). Il existe plus de 100 espèces du genre *Thymus*. Quelque soit les espèces, les fleurs vont d'un rose pale au mauve et les feuilles très petites sont généralement vertes et très pointues (fig.10). (LUCCHESI, 2005).

### 2.2. La composition chimique de thym:

La composition varie beaucoup selon la zone de culture, la variété (cultivar) et surtout les conditions climatiques (chaud, froid, sec ou humide). Ce sont les variétés chémotypes.

On distingue 7 races chimiques ou chémotypes de thym vulgaire : à thymol, carvacrol, linalol, thuyanol, alpha terpinéol, géraniol, et paracymène. (GIORDANI et al., 2003, CHRISTO et al., 2010)



Fig. 10 : plante de thym (*T.vulgaris*)

- Le chémotype thymol: c'est la variété la plus répandue car elle pousse dans la majorité des climats et dans tous les types de sols mais il est peut évolué dans les sols extrêmement chauds et secs aux sols plus humides. possède l'odeur typique du thym. (CHRISTO et al., 2010)
- Le chémotype carvacrol: on le retrouve surtout dans des conditions d'extrême chaleur et d'extrême sécheresse et dont l'odeur forte est semblable à la précédente, le thymol et le carvacrol étant des molécules chimiquement voisines. (CHRISTO et al., 2010)
- Les types  $\gamma$ - terpinène et  $\rho$ - cymène sont deux précurseurs de la biosynthèse végétale du thymol et du carvacrol. Les groupements thymol et carvacrol sont installés sur des sols rouges, argileux, plus ou moins caillouteux, peu profonds et sont physiologiquement les plus secs de la région (GARNIER et al., 1961).

### 3. Chémotype carvacrol:

Carvacrol est le composé majeur de nombreuses huiles essentielles végétales, comme l'huile de thym, huile de cèdre et de l'huile d'origan. C'est un monoterpénoïde phénolique. Carvacrol a une odeur agréable d'origan, et propriétés antimicrobiennes, de sorte qu'il est largement utilisé comme un additif alimentaire. Les études toxicologiques des dernières années montre que le carvacrol et beaucoup d'autres monoterpénoïde ont de très bons effets toxiques sur les différentes espèces de ravageurs invertébrés, y compris les insectes, les acariens et les nématodes (TANG et al ., 2011, PAULI et al ., 1987, DIDRY et al ., 1993, DIDRY et al ., 1994). De plus, ces composés naturels sont peu biodégradables dans l'environnement et ont une faible toxicité pour les mammifères (aiguë et chronique), les poissons et d'autres organismes non-cibles. (LEI et al ., 2010, DOLAN et al ., 2009 )

## CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

### Objectif:

Au cours des dernières années, une préoccupation croissante des consommateurs sur des questions telles que la qualité des aliments, la sécurité environnementale et la conservation des sols a conduit à une augmentation substantielle de l'utilisation de pratiques agricoles durables. L'agriculture durable peut être défini comme un ensemble de pratiques qui préservent les ressources et l'environnement sans compromettre les besoins humains, et l'utilisation d'engrais organiques tels que le fumier a été indiqué comme l'un de ses principaux piliers (TILMAN ET AL., 2002).

Dans ce contexte, différents moyens de prévention sont disponibles pour limiter les attaques des bioagresseurs des plants. Parmi eux, la lutte biologique par l'utilisation de métabolites secondaires de plantes dotés d'activité biocide, et par l'utilisation des fertilisant et stimulateur des systèmes de défense chez les plantes.

Dans cette étude préliminaire nous avons testé l'effet de deux substances biologiques sur une culture de tomate, var. Marmande sous abri serre tunnel.

- ✓ nous avons évalué l'effet fertilisant de jus de lombricompost fermenté et l'effet comparé de stimulateur de défense du jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent avec celui d'un chémotype de l'huile essentielle de *Thymus fantanisia* "carvacrol" sur la mineuse de la tomate, « *Tuta absoluta* ».

### 1. milieu d'étude

#### 1.1. Pépinière

La germination et le développement des jeunes plantules de tomate ont été réalisés en pot, au niveau de la serre du laboratoire des cultures maraichères, d'orientation nord-sud, aérée par des fenêtres latérales et chauffée à l'aide de radiateurs. (Fig.11)

## 1.2. Abri-serre tunnel

Le repiquage et le suivi des facteurs de production et sanitaire de la culture ont été réalisés au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie, dans un abri serre tunnel, d'une superficie de 200 m<sup>2</sup> couvert d'un film plastique souple en polyéthylène incolore, aéré par des ouvertures latérales. (Fig.11)



Fig.11 : site du travail expérimental (ANONYME, 2013)

## 2. Matériel

### 2.1. Matériel végétale

La semence de variété Marmande fixée, est issue d'un lot ramené de l'Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI) de Staouéli (Alger). C'est une variété à croissance indéterminée, obtenu par autofécondation d'individus homozygotes.

#### 2.1.1. Présentation de la variété

La Tomate Marmande est une variété très précoce et très productive, Les fruits sont de taille moyenne et légèrement plats et côtelés, cette variété présente une qualité commerciale jugée moyenne : fermeté inférieure aux variétés classiques, risque supérieur de déchets (fentes, collet jaune, fruits déformés). Cette variété plus au moins récente ne présente pas de résistance génétique aux maladies. (ANONYME ,2005<sub>2</sub>)



**Fig.12** : fruits de tomate variété Marmande (ORIGINAL 2013)

## 2.2. Le chiendent

### 2.2.1. Présentation

Le chiendent (*Elytrigia repens*, auparavant *Agropyron repens*), originaire d'Europe, a été introduit par les colons en Amérique du Nord dès le 17<sup>e</sup> siècle. On le retrouve dans presque tous les milieux agricoles.

Le chiendent est une mauvaise herbe vivace de la famille des graminées qui se reproduit par rhizomes et par graines. Ses rhizomes sont des tiges souterraines blanchâtres ou jaunâtres de 1,5 à 4 mm de diamètre munis d'une pointe dure à leur extrémité. Ils sont riches en glucides et servent de réserve d'énergie à la plante. (JEAN D, 2004).



**Fig.13** : Le chiendent (ORIGINAL 2013)

### 2.2.2. Composition

Cette plante contient, la triticine (3 à 8 %), Mucilage (10% substance végétale contient de polysaccharide), polyoside (fructosanne ou tricoside), du mannitol, des acides-alcools (l'acide citrique, malique et glycolique), du calcium, du magnésium, des sels de potassium. Les feuilles sont chargées de chlorophylle, de carotène, de vitamine E et C, et huile essentielle "agropyrene" qui possède des propriétés antibiotiques et antibactériennes. (GRASES et al., 1995)

### 2.3. Bio fertilisant et bio stimulateur de défense et biopesticide:

Le matériel bio fertilisant et bio stimulateur des systèmes de défense chez la tomate, le jus de lombricompost formulé fermenté a été préparé au laboratoire de Zoologie de Département des Sciences Agronomiques de l'université de Blida et le biopesticide de l'huile essentielle de thym, chémotype « carvacrol ».

### 2.4. Matériel animal

Les chenilles de la mineuse de la tomate sont prises comme modèle biologique afin de suivre leur niveau d'infestation sous l'effet d'un traitement à base chémotype d'huile essentielle de thym « carvacrol » et d'un bio fertilisant naturel fermenté sur substrat solide de poudre du mauve herbier « chiendent », stimulateur des systèmes de défense de la plante.

### 2.5. Autre matériel

#### Nous avons également utilisé :

- Un mètre afin de mesurer périodiquement la croissance des plants.
- Une loupe de poche pour le dénombrement des infestations larvaires, des mines occupées et vides de la mineuse de la tomate.
- Un pulvérisateur manuel de 500 ml est utilisé pour l'application des différents traitements foliaires de jus de lombricompost fermenté, de chémotype d'huile essentielle de thym « carvacrol » et du mélange.
- 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*.

### 3. Méthode

#### 3.1. Terrain

##### 3.1.1. Préparation et entretien de la culture

###### ✓ semis en pépinière

Le semis en pépinière a été réalisé le 12 décembre 2013, à raison de 2 à 3 graines par alvéole sur plaque, dans un substrat de mélange de terre fertile et d'humus provenant d'un élevage camelin (Figure 14).



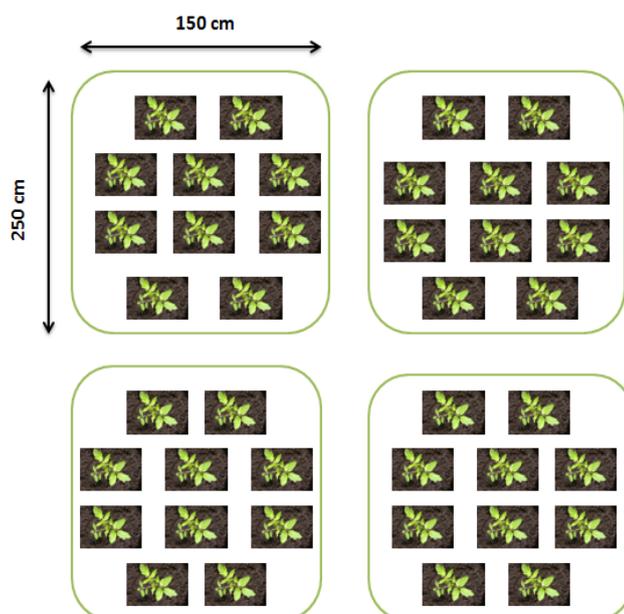
**Fig.14:** plantules de tomate (ORIGINAL, 2013)

###### ✓ Préparation du sol

Avant le repiquage des plantules au stade 05 à 06 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.

###### ✓ Installation du dispositif expérimental

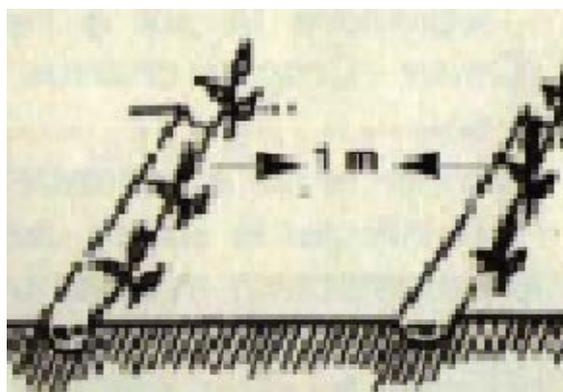
La parcelle expérimentale est divisée en quatre blocs de dix plants chacun, trois blocs traités et un bloc témoin (Fig.15). La superficie de chaque parcelle est de 150x225 cm, la distance entre plants est de 40 cm, et la distance entre les lignes est de 220 cm.



**Fig.15:** Dispositif expérimental

#### ✓ Repiquage des plants

Il a été réalisé le 2 janvier 2013 à une densité de 10 plants par bloc, à une distance de 35 cm entre les plants et 01mètre entre les lignes ou billons.



**Fig.16:** Densité de plantation (ANONYME, 1995)

#### 3.1.2. Entretien de la culture :

Les différentes opérations culturales réalisées durant toute l'expérience:

- Un désherbage manuel est réalisé durant tout l'essai.
- Un binage –buttage est effectué dix (10) jours après le repiquage des plants, afin d'aérer le sol et favoriser l'émission de nouvelle racines. L'opération est répétée à chaque fois que nécessaire.

- Le palissage des jeunes plants.
- 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.
- L'aération de la culture, si nécessaire est assurée par l'ouverture des deux portes latérales.

Une irrigation par rigole a été effectuée selon les normes de l'ITCIM (ANONYME, 1995) qui précisent que les fréquences des irrigations varient selon les stades végétatifs de la plante. Ainsi, les irrigations doivent être apportées tout les:

- ✓ 5 à 6 jours de la plantation jusqu'à la floraison du 3<sup>ème</sup> bouquet florale car pendant cette phase de développement les besoins de la plante sont faibles.
- ✓ 2 à 3 jours de la floraison de 3<sup>ème</sup> bouquet florale jusqu'au développement des fruits (irrigation régulière et abondante, consommation maximum d'eau).
- ✓ 3 à 4 jours au stade de maturation (irrigation régulière ; des ajustements doivent être opérés en cas de forte chaleur).

## 3.2. Laboratoire

### 3.2.1. Préparation du Jus de lombricompost fermenté sur substrat solide

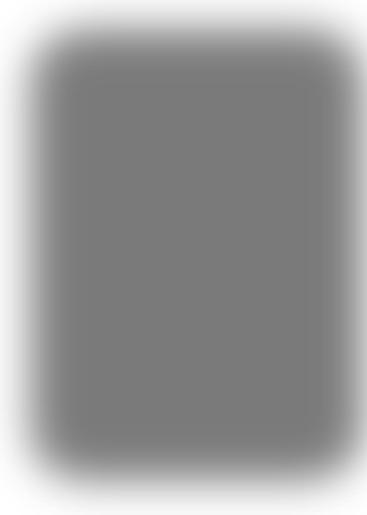
Le substrat de paille de Chiendent est broyé dans un mixeur électrique. Le broyat est tamisé afin d'obtenir une poudre dont le diamètre des particules est inférieur à 0.09 mm. 10 g de poudre de substrat solide chiendent est mis dans des boîtes en plastique et imbibé de jus de lombricompost. Ce dernier est mis en phase de fermentation. On obtient le jus de lombricompost fermenté sur le substrat de chiendent (Fig.17).



**Fig.17:** jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent (ORIGINAL, 2013)

### 3.2.3. Préparation de la dose de jus de lombricompost fermenté

Le jus de lombricompost fermenté est additionné d'eau de robinet (10ml/litre) après agitation et filtration, utilisé pour les différents essais de traitements en tant que bio fertilisants et stimulateur des systèmes de défense de la plante. (Fig.18).



**Fig.18:** jus de lombricompost fermenté après dilution. (ORIGINAL, 2013)

### 3.2.4. Préparation de la dose de carvacrol:

L'huile essentielle de carvacrol a été diluée à une dose de 4 ml/litre, Utilisé en tant que bio insecticide contre les chenilles du *T.absoluta*. (Fig.19).



**Fig.19:** Chémotype carvacrol avant et après dilution. (ORIGINAL, 2013)

### 3.2.5. Préparation de la dose du mélange

On a mélangé le jus de lombricompost fermenté avec du chémotype carvacrol, et les diluer (10 ml+ 4ml) / 2l. Pour évaluer leur effet synergique sur les chenilles de *T.absoluta*. (Fig.20).

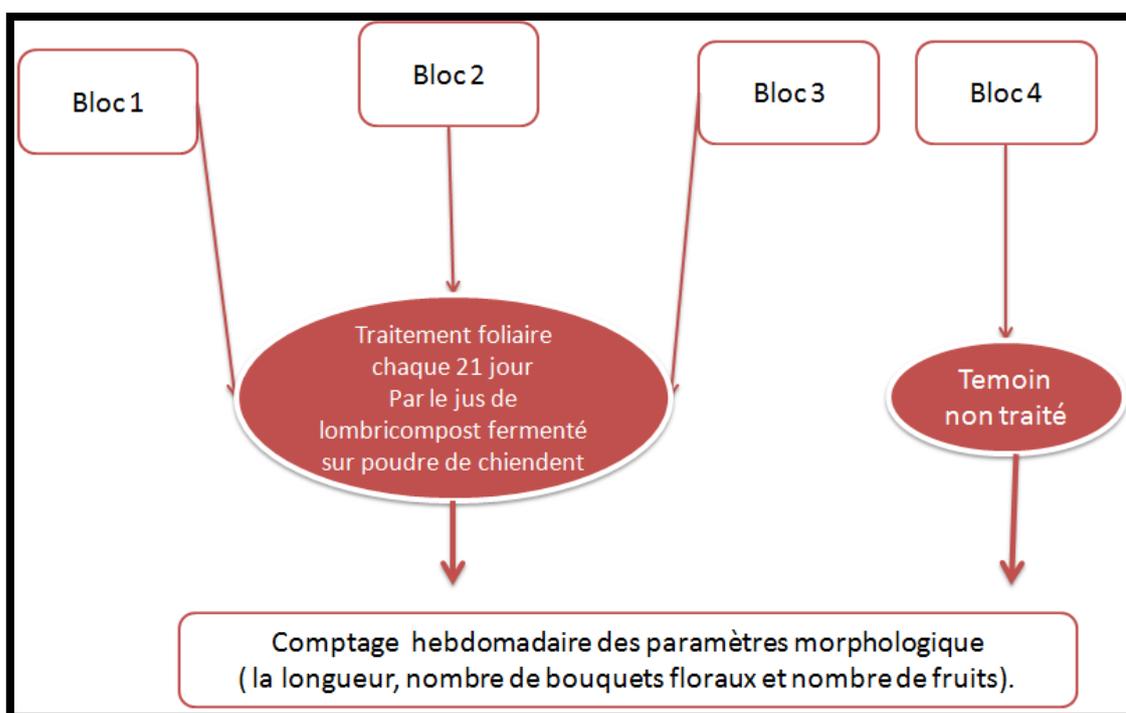
**Fig.20:** le mélange de jus de lombricompost fermenté +le chémotype carvacrol après dilution. (Originale, 2013)

### 3.3. Application des traitements et dénombrement

Les traitements par pulvérisation foliaire au jus de lombricompost fermenté et au chémotype d'huile essentielle « carvacrol », ainsi que les dénombrements ont été effectués en serre après chaque application de traitement et réalisés en deux étapes.

#### 3.3.1. Etape 1 : Effets fertilisant du jus de lombricompost fermenté

Trois applications par pulvérisation foliaire au jus de lombricompost fermenté sont réalisées sur chacun des dix plants du bloc 1, 2 et 3, tous les 21 jours, selon le protocole schématisé sur la figure 21



**Fig.21** Schéma récapitulatif du suivi de l'effet fertilisant du jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent.

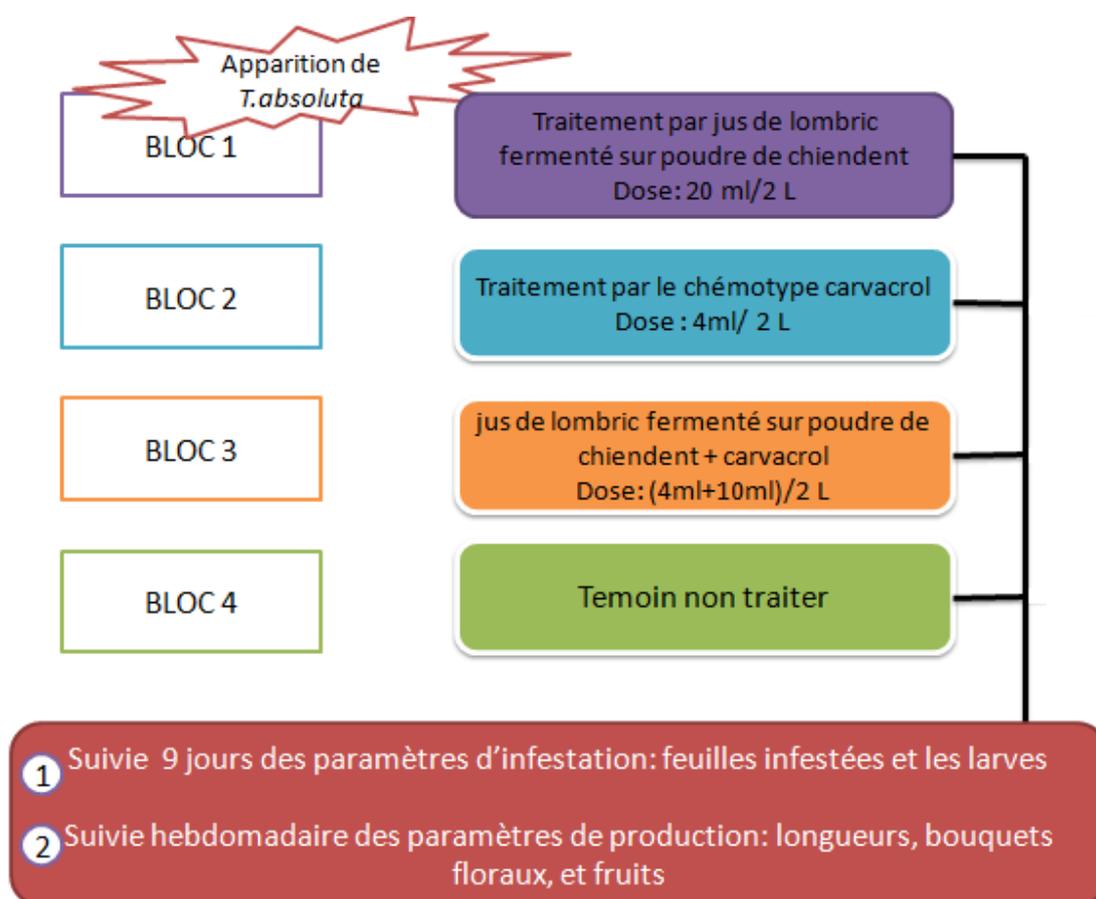
#### 3.3.2. Etape 2 : Effets comparés du jus de lombricompost fermenté et le chémotype d'huile essentielle du thym et leur synergie

Les traitements des effets comparés du jus de lombricompost fermenté, de l'huile essentielle du thym et de leur synergie sont appliqués selon le protocole

reporté sur la figure 22 à partir de l'observation des premières captures de mâles de la mineuse de la tomate par un piège à phéromone sexuelle (Fig.22).



**Fig.22** Piège type delta + capsule à phéromone sexuelle de *Tuta absoluta* (ORIGINAL, 2013)



**Fig.23** Effets comparés du jus de lombricompost fermenté et le carvacrol et leur synergie

### 3.4. Calendrier de projet

Les dates de semis, repiquage et celles des différents traitements sont reportées sur le tableau 4 suivant.

**Tableau n°3 : Calendrier et suivi des traitements**

Traitement		date
Le semis en pépinière		14 /12/2012
Le repiquage en serre		28 /01/2013
1 <sup>er</sup> application	Jus de lombricompost fermenté	06/02/2013
2 <sup>ème</sup> application	Jus de lombricompost fermenté	28/02/2013
3 <sup>ème</sup> application	Jus de lombricompost fermenté	21/03/2013
4 <sup>ème</sup> application	Jus de lombricompost fermenté	29/04/2013
	Chémotype d'huile essentielle carvacrol	
	Mélange synergétique	

### 3.5. Exploitation des résultats

#### 3.5.1. Estimation des facteurs de production des plants de tomate

Nous avons suivi les facteurs de production en réalisant des mesures quotidiennes de la longueur des plants, ainsi que le dénombrement des bouquets floraux, et fruits par plant soumis aux différents traitements.

#### 3.5.2. Estimation de l'état phytosanitaire des plants de tomate

Nous avons réalisé sur chacun des plants le dénombrement des feuilles et folioles infestées, sous l'effet des différents traitements.

### 3.6. Analyses statistiques

#### ✓ **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.

#### ✓ **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.

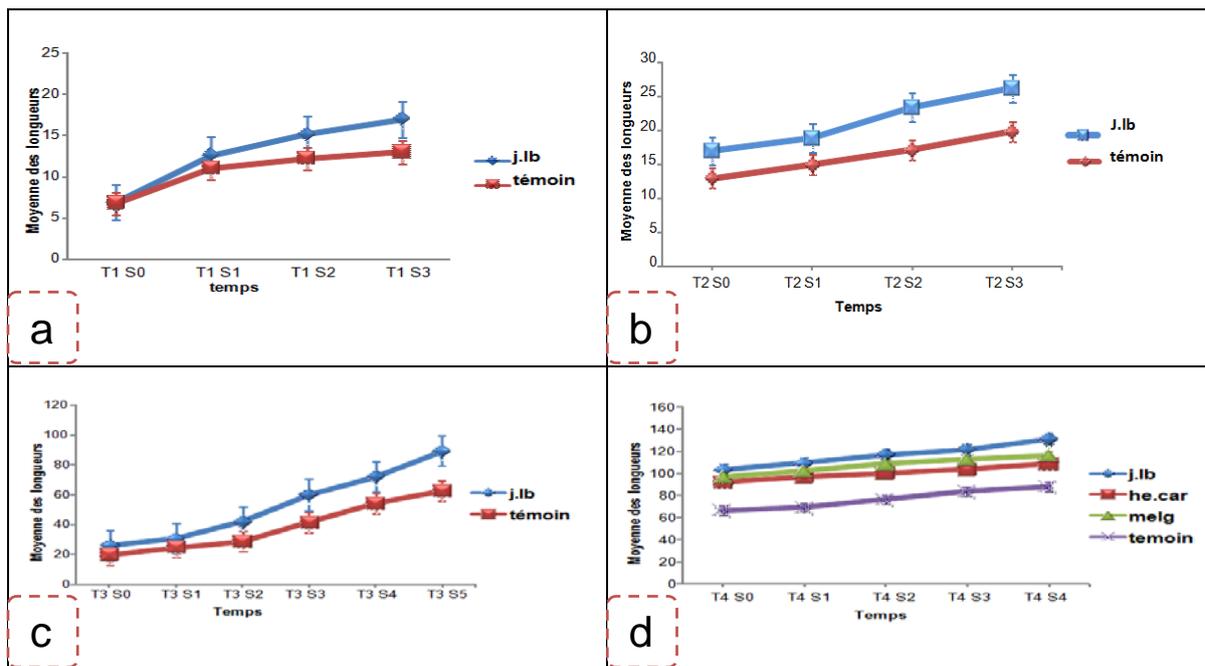
#### ✓ **Analyse multi variée (PAST vers. 1.37)**

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multi variées 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 étudiée.

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'étude relative à l'effet fertilisant et stimulateur des systèmes de défense chez la tomate d'un jus de lombricompost fermenté sur substrat de poudre de chiendent, ainsi que celui d'un chémotype de l'huile essentielle de thym, le carvacrol et de l'effet combiné de leur mélange, afin de vérifier l'existence possible d'un synergisme entre les deux substances, sont présentés dans ce chapitre.

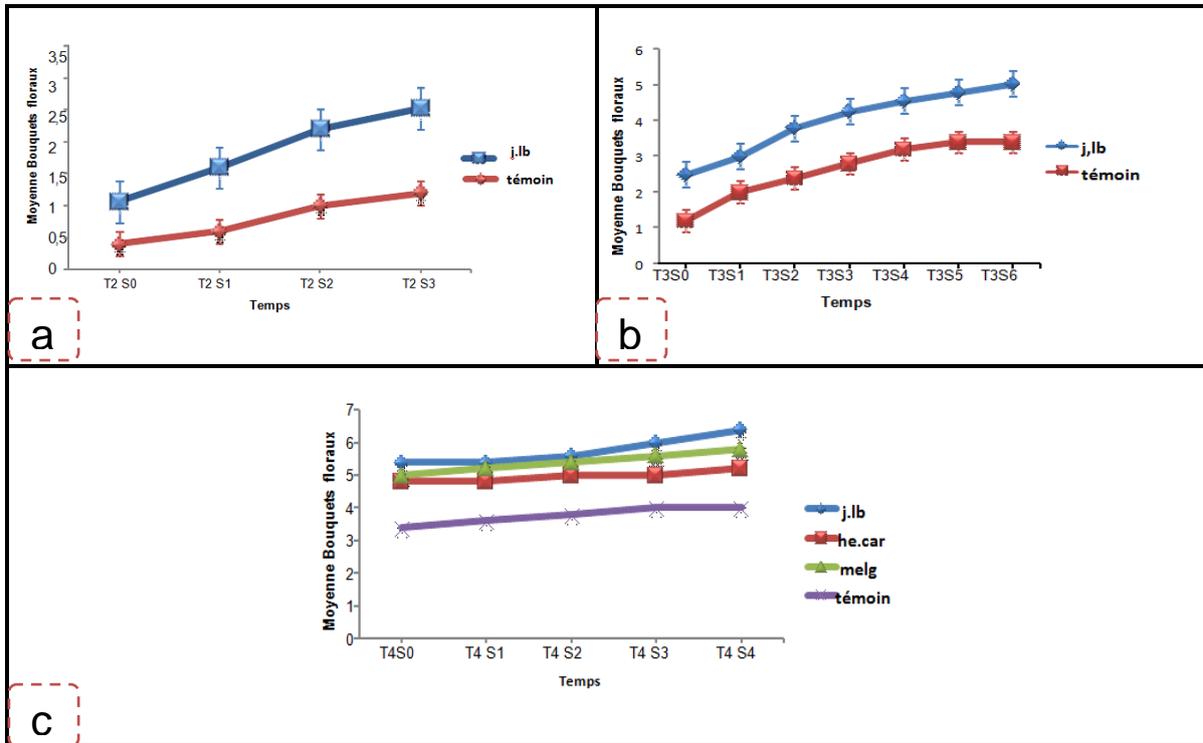
Les résultats représentés graphiquement sur les figures 24 a, b, c et d montrent que l'évolution temporelle de la longueur des plants est beaucoup plus importante sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent que celle des plants non traité, et ceux traités au mélange et à l'huile essentielle.



**Fig. 24:** Evolution temporelle de la longueur des plants sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a),(b),(c) et des traitements comparés (d).

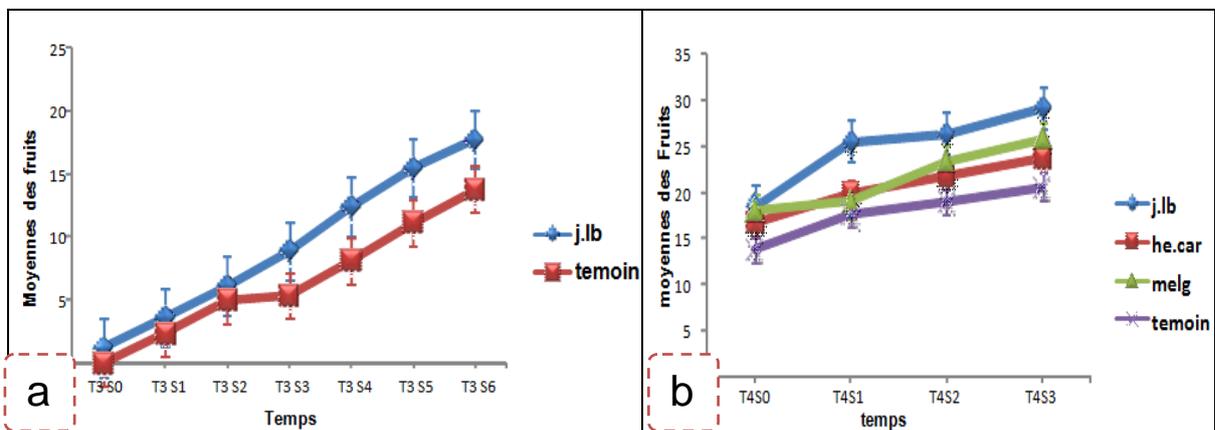
Les résultats reportés graphiquement sur les figures 25 a, b, et c montrent que l'évolution temporelle de le nombre de bouquets floraux des plants traités au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent est plus importante après

le 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> applications du traitement que celle des plants non traités, et ceux traités à la 4<sup>ème</sup> application au mélange et à l'huile essentielle.



**Fig. 25:** Evolution temporelle des bouquets floraux sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a), (b), et des traitements comparés (c).

Les résultats reportés graphiquement sur les figures 26 a, et b montrent que l'évolution temporelle de nombre de fruits des plants traités au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent est plus importante après la 3<sup>ème</sup> application que celle des plants non traités, et ceux traités au mélange et à l'huile essentielle à la 4<sup>ème</sup> application.



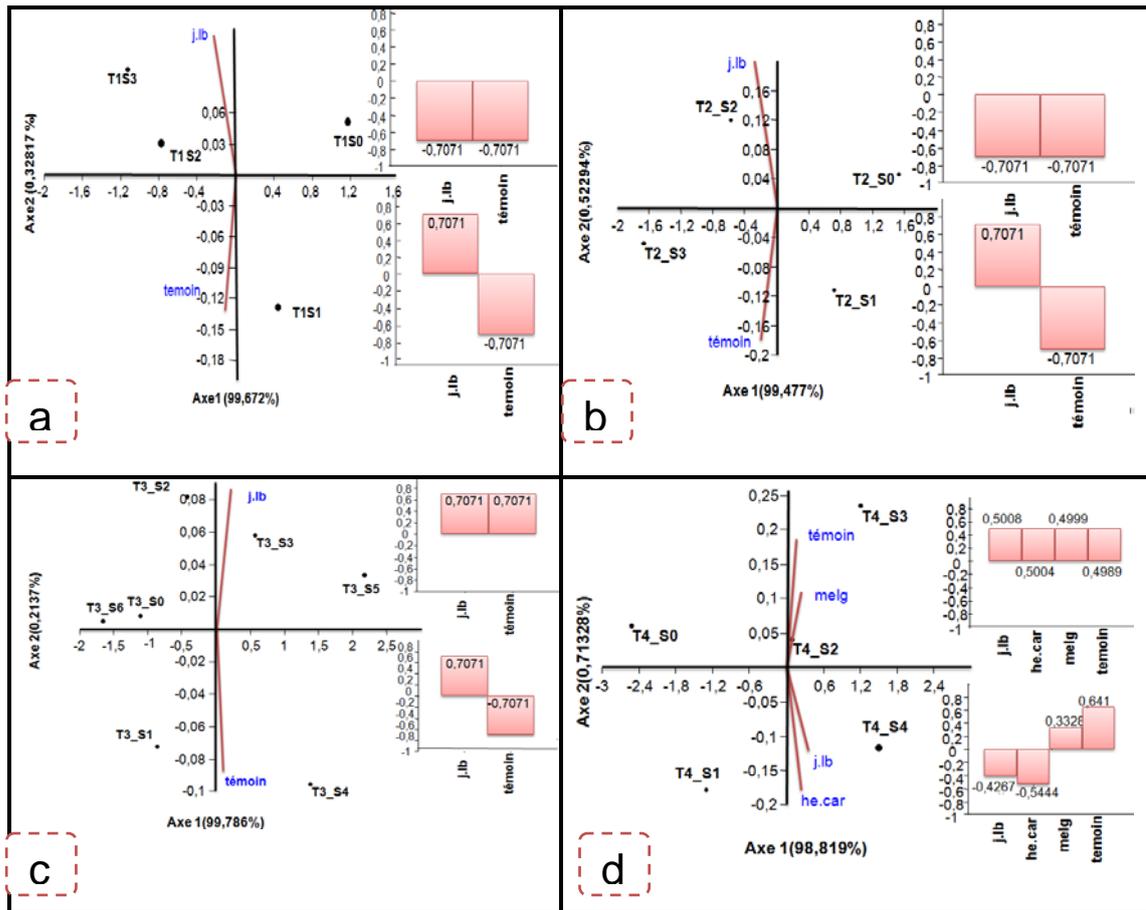
--	--

**Fig.26:** Evolution temporelle de nombre de fruits sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a) et des traitements comparés (b).

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PASTE, à partir des résultats, montre un effet temporel différent de la longueur des plants entre les traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent et les plants non traités. 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. L'étude des corrélations réalisée par la projection des vecteurs sur l'axe 1 et 2 de chaque période de traitement montre des valeurs très riches.

La projection des vecteurs à travers le premier axe « 1 » (99.672 %, 99.477% et 99.786%) montre que l'effet des trois premiers traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent sur la longueur des plants est plus important que celle des témoins. En revanche, la projection des nuages des points à travers le deuxième axe « 2 » (0.32817%, 0.52294% et 0.2137%), montre une contribution négative entre les plantes traités et témoins et que la longueur des plants traités est très appréciable au delà de la deuxième semaine (Figure 27a,b,c)

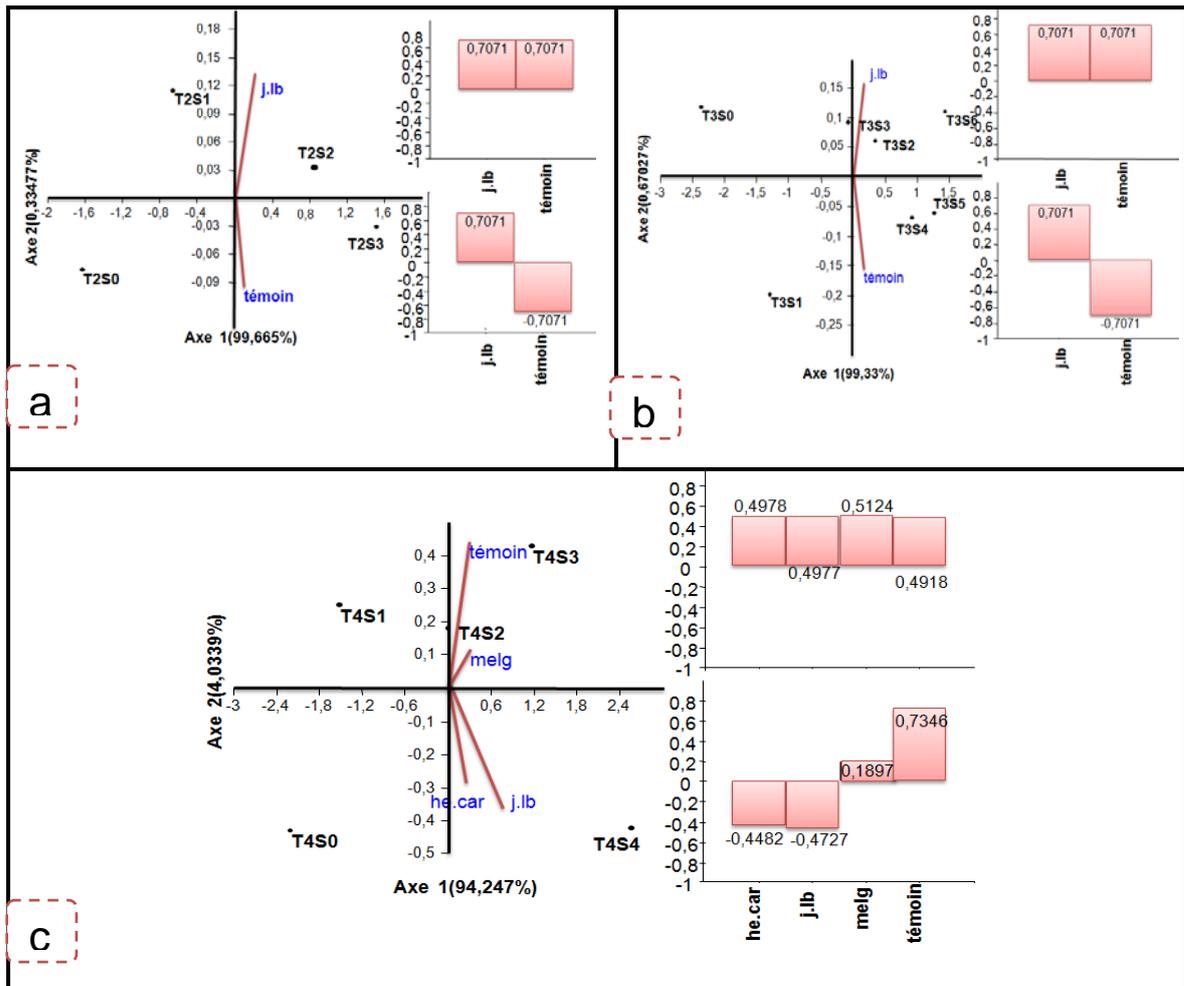
La projection des vecteurs sur l'axe 1 (98.819%), montre que tous les traitements et le témoin sont corrélés positivement. Alors que la projection sur l'axe 2 (0.71328%) montre que la croissance des plants traités au jus de lombric fermenté sur poudre de chiendent et au carvacrol diffère de celle des plants traités par le mélange et le témoin bien que tous les produits ont un effet tardif apparaît au deuxième semaine après traitement.(fig. 27 d).



**Fig. 27 :** Evaluation de la longueur des plants sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a),(b),(c) et des traitements comparés (d).

La projection des vecteurs à travers le premier axe « 1 » (99.665% et 99.33%) montre que l'effet des trois premiers traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent sur le nombre de bouquets floraux est plus important que celle des témoins. En revanche, la projection des nuages des points à travers le deuxième axe « 2 » (0.33477% et 0.67027%), montre que le nombre de bouquets floraux est très appréciable au delà de la deuxième semaine (Figure 28 a et b).

La projection des vecteurs sur l'axe 1 ((94.247%) montre que tous les traitements et le témoin sont corrélés positivement. Alors que la projection sur l'axe 2 (4.0339%) montre que la croissance des plants traités au jus de lombric fermenté sur poudre de chiendent et au carvacrol diffère de celle des plants traités par le mélange et le témoin avec un effet tardif. (Figure 28 c)

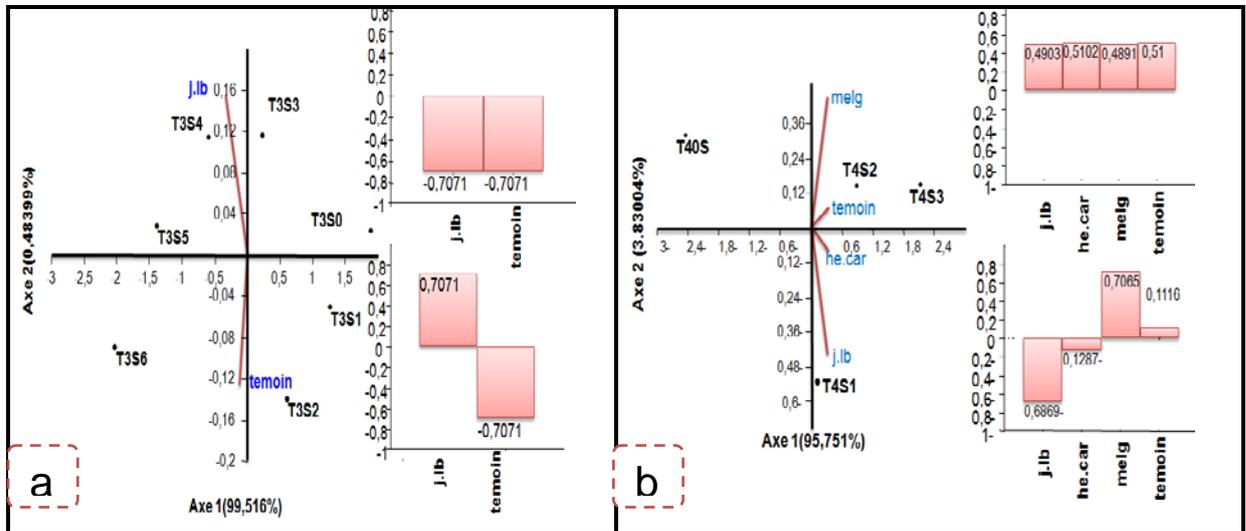


**Fig.28:** Evaluation du nombre de bouquets floraux sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a), (b), et des traitements comparés (c).

La projection des vecteurs à travers le premier axe « 1 » (99.516%) montre que l'effet des trois premiers traitements au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent sur le nombre de fruits est plus important que celle des témoins. En revanche, la projection des nuages des points à travers le deuxième axe « 2 » (0.48399%), montre que le nombre de fruits est très appréciable au delà de la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> semaine (Figure 29 a).

La projection des vecteurs sur l'axe 1 (95.751%) montre que tous les traitements et le témoin sont corrélés positivement. Alors que la projection sur l'axe 2 (3.83004%) montre que le nombre de fruits des plants traités au jus de

lombric fermenté sur poudre de chiendent et au carvacrol. diffère de celle des plants traités par le mélange et le témoin avec un effet tardif. (Figure 29 b).



**Fig.29:** Evaluation du nombre de fruits sous l'effet des différents traitements au jus de lombricompost fermenté (a) et des traitements comparés (b).

Nous avons utilisés le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier la variation temporelle des traitements sur la morphologie de la tomate.

**Tableau 04 :** la longueur en fonction des périodes, traitements.

Traitement	Source	F-Ratio	p-value
Traitement 1	Traitement	7.516	0.010
	Temps	24.699	0.000
Traitement 2	Traitement	39.184	0.000
	Temps	20.573	0.000
Traitement 3	Traitement	88.675	0.000
	Temps	123.365	0.000
Traitement 4	Traitement	153.738	0.000
	Temps	30.882	0.000

Les résultats de l'analyse de la variance sur la longueur des plantes après l'applications des différents traitements consignés dans le tableau 4 et la figure30

fait ressortir une différence très significative selon le temps et les traitements ( $p < 0.01$ ).

Ces résultats confirment la présence d'un effet stimulant graduel et progressif de jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent par rapport au témoin non traité, après les trois premières applications du traitement;

De même pour le 4<sup>ème</sup> traitement le jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent stimule la croissance des plants, que le mélange et le chémotype carvacrol dont les effets sont proches et plus importants par rapport au témoin (fig.30g).

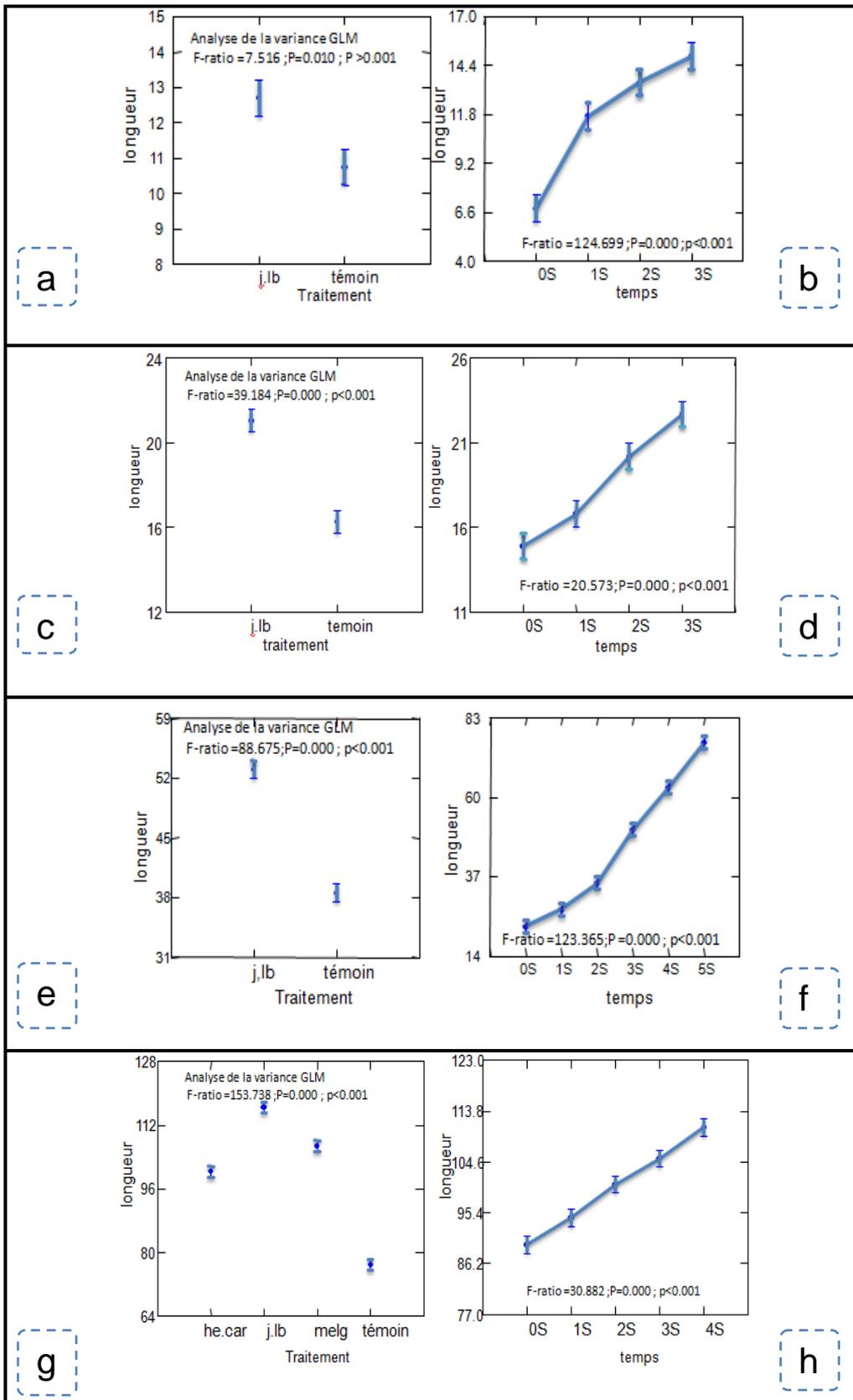


Fig.30: Etude comparée des traitements sur la longueur des plantes (a et b) traitement1, (c et d) traitement 2, (e et f) traitement3,(g et h) traitement4

**Tableau 05** : Nombre de bouquets floraux en fonction des périodes, traitements.

Traitement	Source	F-Ratio	p-value
Traitement 2	Temps	10.405	0.000
	Traitement	30.270	0.000
Traitement 3	Temps	46.055	0.000
	Traitement	110.807	0.000
Traitement 4	Temps	4.501	0.002
	Traitement	51.992	0.000

Les résultats de l'analyse de la variance sur le nombre de bouquets floraux des plantes après les applications des différents traitements consignés dans le tableau 5 et la figure31 fait ressortir une différence très significative selon le temps et les traitements ( $p < 0.01$ ) (fig.31f).

Ces résultats confirment la présence d'un effet stimulatif graduel et progressif de jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent par apport au témoin non traité, après les trois premières applications du traitement (fig.31a,b,c et d)

De même pour le 4<sup>ème</sup> traitement le jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent stimule l'apparition des bouquets floraux, que le mélange et le chémotype carvacrol dont les effets sont proches et plus importants par rapport au témoin (fig.31e).

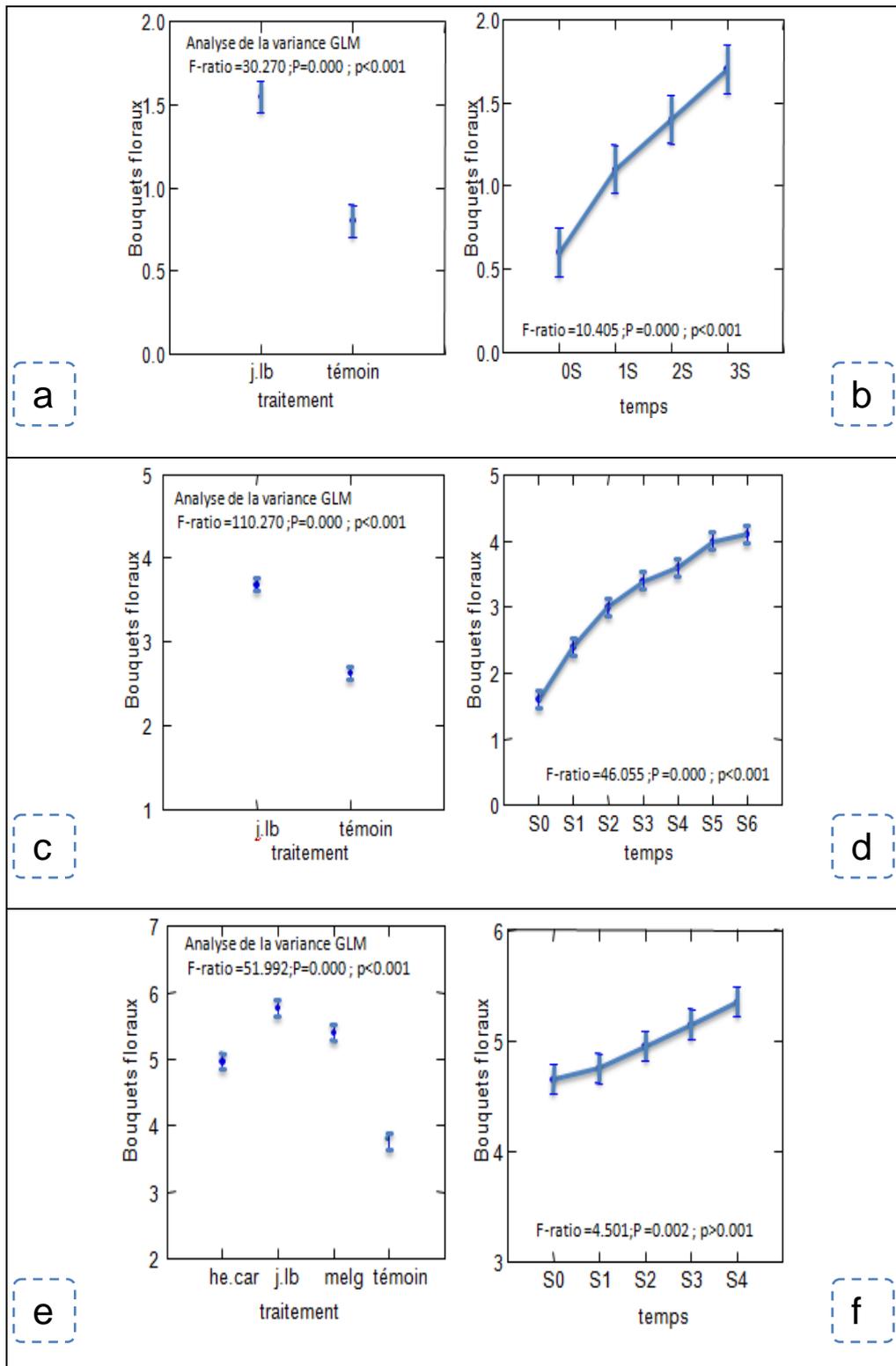


Fig.31: Etude comparée des traitements sur le nombre de bouquets floraux des plantes (a et b) traitement 2, (c et d) traitement 3, (e et f) traitement 4

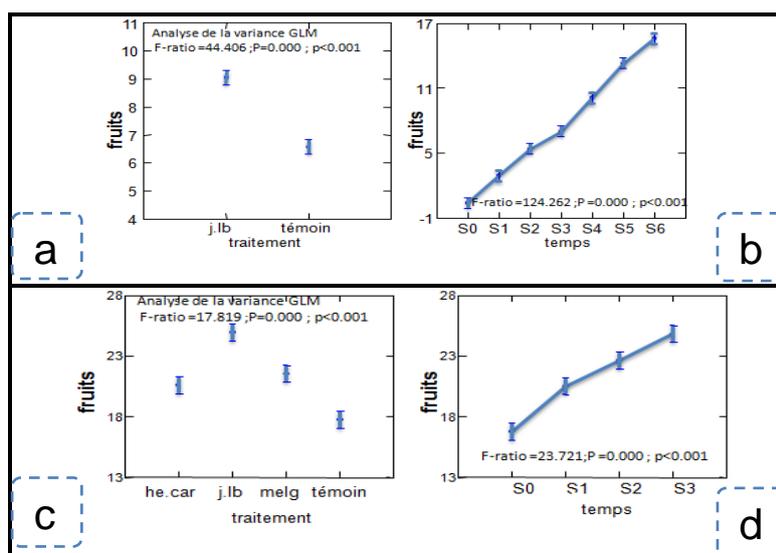
**Tableau 06** : Nombre de bouquets floraux en fonction des périodes, traitements.

Traitement	Source	F-Ratio	p-value
Traitement 3	traitement	44.406	0.000
	temps	124.262	0.000
Traitement 4	traitement	17.819	0.000
	temps	23.721	0.000

Les résultats de l'analyse de la variance sur le nombre de fruits consignés dans le tableau 6 et la figure 32 fait ressortir une différence très significative selon le temps et les traitements ( $p < 0.001$ ). (fig.32)

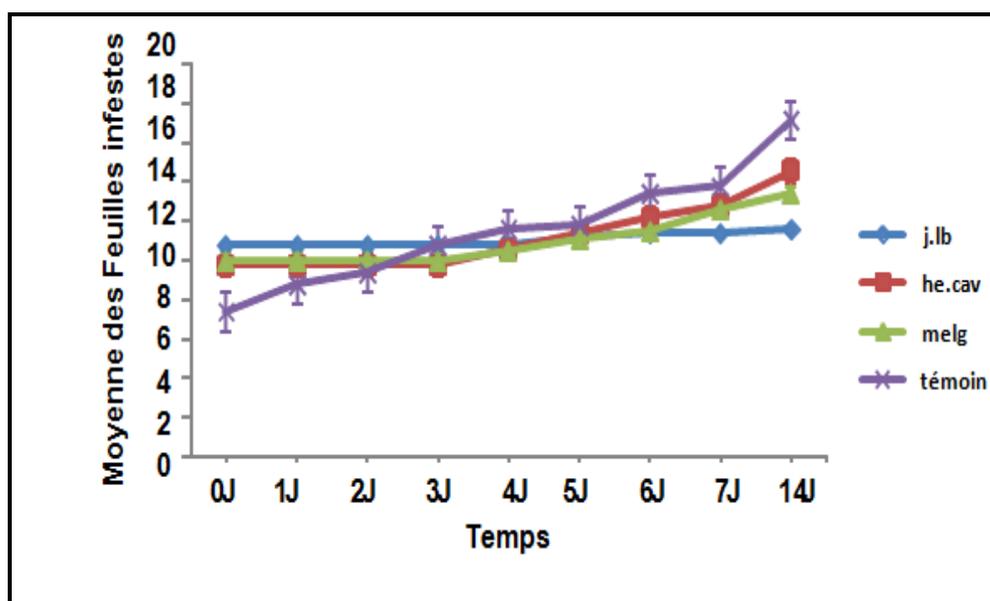
Ces résultats confirment la présence d'un effet stimulatif graduel et progressif de jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent par apport au témoin non traité, après l'application de 3<sup>ème</sup> traitement (fig.32 a et b)

De même pour le 4<sup>ème</sup> traitement le jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent stimule l'apparition des bouquets floraux, que le mélange et le chémo type carvacrol (fig.32c)



**Fig.32:** Etude comparée des traitements sur le nombre de fruits (a et b) traitement 3, (c et d) traitement 4

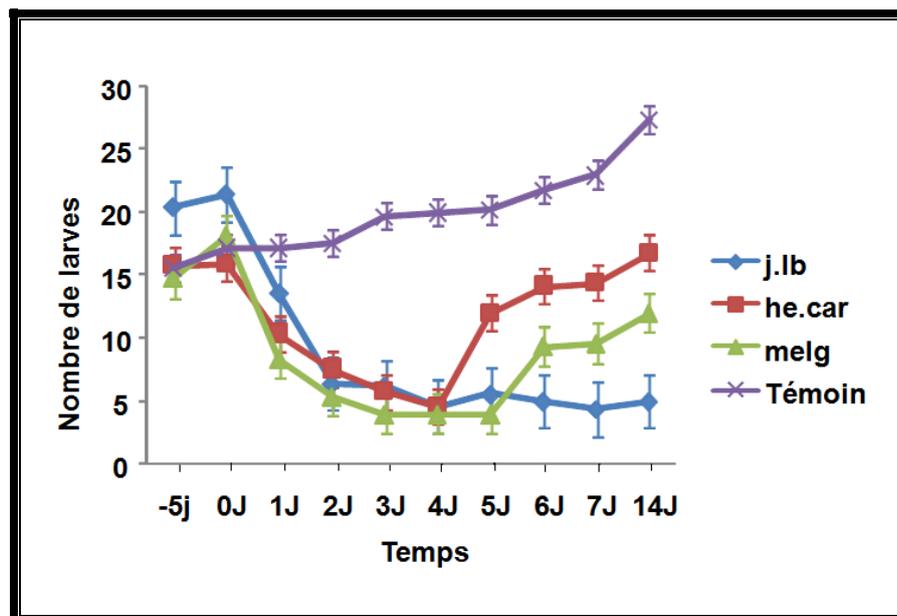
Les résultats des traitements reportés graphiquement sur la figure 33, montrent que les feuilles infestées des plants ayant subi les différents traitements présentent des infestations plus importantes que celles des témoins avant traitement, qui augmentent plus rapidement que celles des traités, et dont le nombre de feuilles infestées ne commence à augmenter qu'à partir du 5<sup>ème</sup> jour après le traitement, à l'exception de ceux du traitement jus de lombric fermenté sur poudre de chiendent qui reste stable durant toute la période de suivi.



**Fig.33:** Evolution temporelle des infestations des feuilles sous l'effet des traitements

### 2.1.2 Evolution temporelle du nombre de larves

Les résultats reportés sur la figure 34 montrent que les infestations larvaires diminuent sous l'effet des différents traitements 24 heures après leur application. Cependant, la réinfestation foliaire reprend à partir du 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour respectivement sur les plants traités au carvacrol et au mélange, alors que celle des plants traités au jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent reste constante. Les plants témoins sont les plus infestés.



**Fig.34:** Evolution temporelle de la population larvaire de *T. absoluta* sous l'effet des traitements

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) appliquée aux infestations foliaires et population larvaire de *T. absoluta* est satisfaisante dans la mesure où plus de 60 % de la variance est exprimée sur les 2 premiers axe. D'une manière générale, la projection des résultats montre que l'ensemble des traitements ont un effet qui s'accroît 24 heures après application sur les populations larvaires de *T. absoluta*.

La projection des vecteurs sur l'axe1 (95.858%) (fig.35) fait ressortir que tous les traitements sont corrélés positivement. Alors que la projection des points de nuage sur l'axe 2 (2.8043%) montre une corrélation négative entre les différents traitements et le témoin avec un effet tardif de tous les bioproduits qui s'étend jusqu'à 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour pour le mélange et carvacrol.

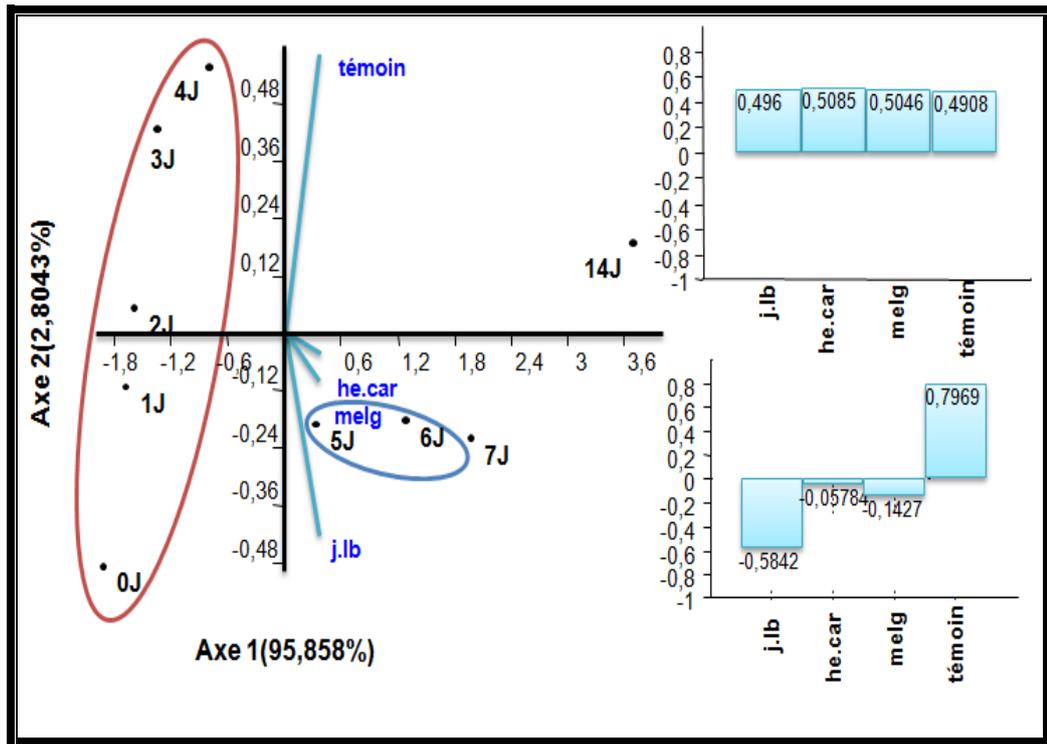


Fig.35: Evolution temporelle de nombre de feuilles infestées

La projection des vecteurs sur l'axe 1 (60.376%) montre une corrélation négative entre le témoin et les différents traitement. alors que La projection des points de nuages sur l'axe 2 (35.749%) montre une corrélation négative entre le jus de lombricompost fermenté, les autres bioproduits et le témoin, avec des effets tardif. (Fig.36)

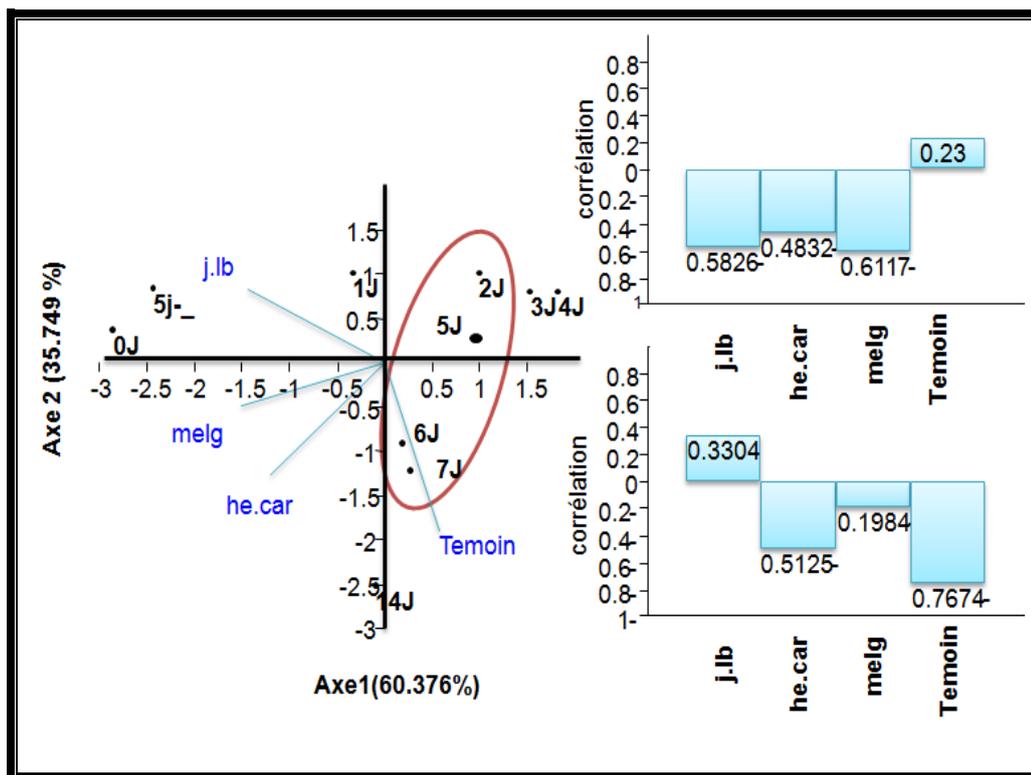


Fig. 36: Evaluation de l'effet des traitements sur les larves de *Tuta absoluta* sous l'effet des traitements

Nous avons utilisés le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier l'effet strict des facteurs traitement et temps.

Les résultats de l'analyse de la variance fait ressortir une différence très significative dans les périodes (fig. 37) ( $F\text{-ratio}=22.040$ ,  $p=0,000$ ,  $p<0.001$ ) et non significative selon les traitements ( $F\text{-ratio}=2.609$ ,  $p=0.051$ ,  $p>0.001$ ) (fig. 37a). De même, l'effet comparé des différents traitements montrent un taux d'infestation foliaire plus important dans le temoin que celle des différents traitements avec des effets proche. (fig. 37a).

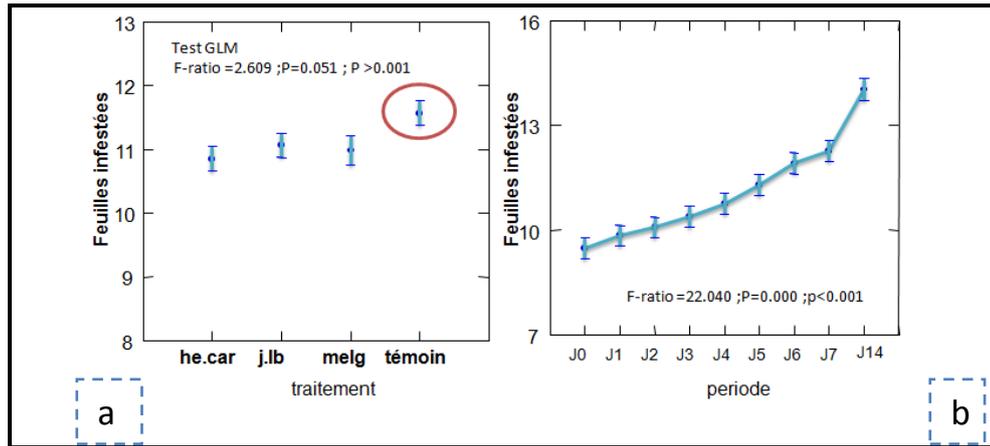


Fig. 37 : Etude comparée des traitements sur les feuilles infestées

L'interaction des facteurs traitements et périodes nous présente une augmentation temporelle du nombre de folioles infestées après l'application des différentes traitements. Cette progression est vérifiée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est hautement significative (F-ratio=9.939; p=0,000; p<0.005)

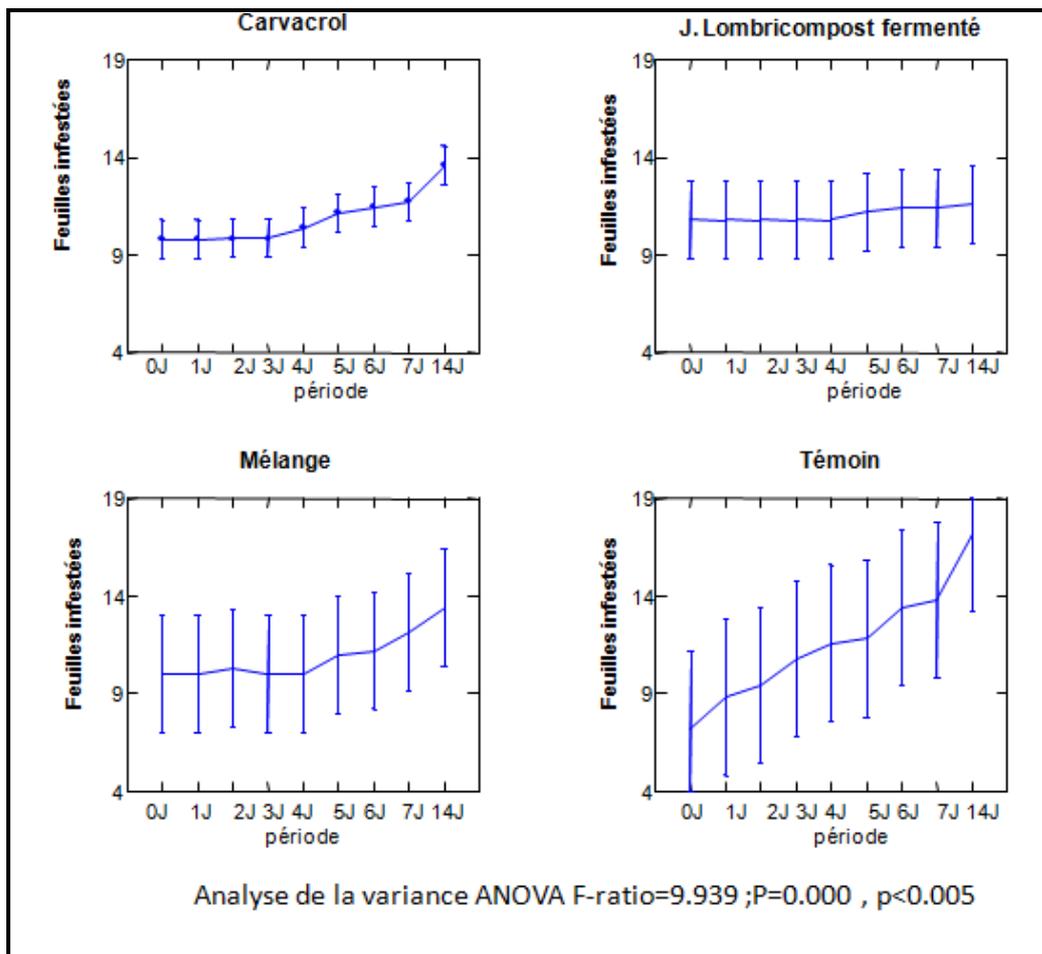
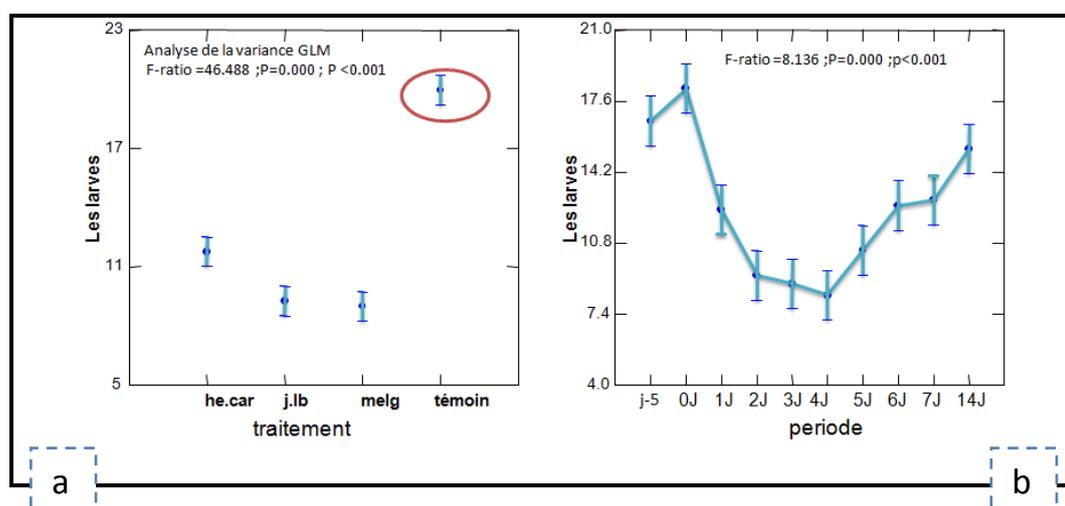


Fig.38: Graphe du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes (T) / traitements

Les résultats des infestations foliaires par l'analyse ANOVA confirment que le traitement de jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent assure la stabilité du nombre de feuilles infestées durant toute la période de suivis; alors que les infestations augmentent à partir du 5<sup>ème</sup> jour de l'application des traitements carvacrol et mélange (fig.38).

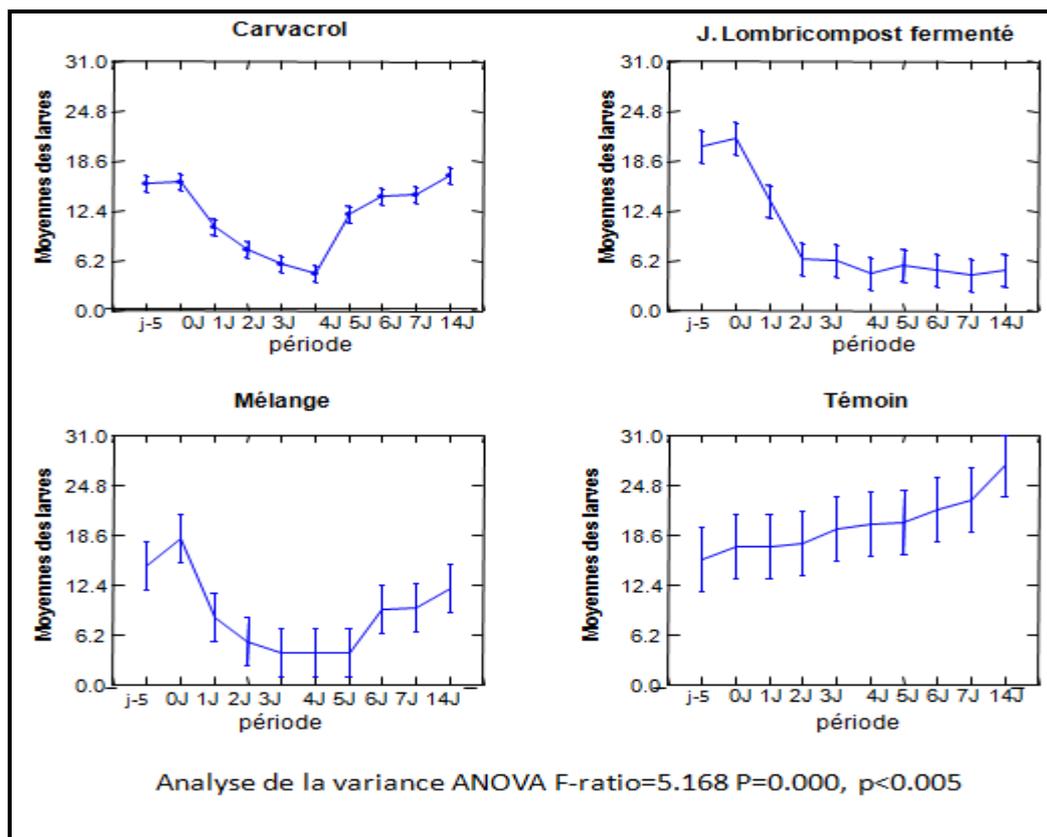
Les résultats de l'analyse de la variance fait ressortir un effet hautement significatif selon les traitements (F-ratio=46.488,  $p=0.000$ ,  $p>0.001$ ) et non significatif selon les périodes (F-ratio=8.136,  $p=0,000$ ,  $p>0.001$ ) (fig.39).

De même, l'effet comparé des différents traitements montrent le jus de lombricompost fermenté et le mélange exerce un effet sur les larves plus importantes que celle de carvacrol. (fig.39a)



**Fig.39: Etude comparée selon des traitements (a) et périodes (b) sur l'évolution larvaire de *T. absoluta* sous les différents traitements.**

L'interaction des facteurs; traitements et périodes nous présente une progression temporelle du nombre de larves après l'application des différentes traitements. Cette progression est vérifiée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est hautement significative (F-ratio=9.939;  $p=0,000$ ;  $p<0.005$ )



**Fig.40: graphe du model ANOVA appliquée a l'interaction période /traitements sur les infestations larvaires.**

Les résultats obtenus par l'ANOVA, présentent une différence assez claire entre les produits testés, il nous a montré que tous les produits ont un effet répressif sur les populations larvaires dès le premier jour de traitement par rapport au témoin, mais le jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent s'avère le plus efficace en durée (fig.40).

**Discussion:**

Dans le contexte actuel de prise de conscience des agressions sur la nature, la santé humaine et animale, liées à l'utilisation massive des pesticides et des engrais chimiques, on assiste à un développement de nouvelles stratégies agricoles visant à la préservation de la biodiversité, tout en maintenant une haute productivité.

A cet effet, les produits naturels sont utilisés pour une agriculture durable préservant l'environnemental et la biodiversité naturelle. C'est dans ce cadre que se situe notre travail sur l'étude de l'efficacité d'un biofertilisant et bio stimulateur de défense naturelle sur une culture de tomate, comparé à l'effet biopesticide d'un chémotype d'huile essentielle, le carvacrol et leur synergie sur l'état phytosanitaire de la tomate.

Donc, il ressort de ces résultats que le jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent présente un effet biofertilisant stimulateur de la croissance des plants, la productivité en bouquets floraux et en fruits, au même titre que le lombricompost et le jus de lombricompost. Ce résultat nous laisse envisager que la poudre de chiendent constitue un bon substrat de fermentation du jus de lombricompost, qui permet de maintenir la fertilité du ferment, en préservant et en enrichissant sa composition déjà riche en composés minéraux et organiques qui favorisent la prolifération des microorganismes intervenant dans les processus de la biosynthèse des nutriments simples facilement assimilables par la plante, en plus de sa richesse en vitamine E qui permet d'améliorer l'activité photosynthétique de la plante pour un meilleur développement (*FITZPATRICK, 2011*). En effet, il est reconnu par de nombreux travaux dont ceux de TIWARI et al., (1989) que le jus de lombricompost contient des enzymes comme l'amylase, la lipase, la cellulase et la chitinase et des bactéries qui permettent la décomposition de la matière organique pour la libération des nutriments et les rendre disponibles aux plantes.

De même, nombreuses études montrent que le jus de lombricompost, utilisé en pulvérisation foliaire, favorise la croissance d'un large éventail d'espèces végétales y compris plusieurs cultures horticoles comme la tomate (TEJADA et al., 2008), stimule la formation des pousses et le développement des racines (EDWARDS et al., 2004), la floraison, l'augmentation du nombre et de la biomasse des fleurs produites (ATIYEH et al., 2002 et ARANCON et al., 2008). Ainsi que le rendement en fruits

(ATIYEH et al, 2000, ARANCON et al, 2004a et 2004b et SINGH et al, 2008) et la qualité nutritionnelle de certains légumes comme les tomates (GUTIERREZ-MICELI et al., 2007) .

Ces réponses des plantes, TOMATI et al. (1983, 1987, 1988, 1990), GRAPPELLI et al. (1987) et TOMATI et GALLI (1995) les attribuent à une production de régulateurs de croissance des micro-organismes (PGPB) qui stimule directement la croissance par la fixation d'azote (HAN et al., 2005), la solubilisation des nutriments (RODRIGUEZ et FRAGA, 1999), la production d'hormones de croissance, comme la 1-aminocyclopropane-1-carboxylate désaminase (ACC) (CORREA et al, 2004.),et aussi des phytohormones telles que les auxines, gibbérellines, les cytokinines, l'éthylène et l'acide ascorbique (FRANKENBERGER,1995, SINHA et al., 2009). Ces données confirment que la poudre de chiendent constitue bien un des substrats organiques qui permet à la fois la préservation et la multiplication des microorganismes producteurs de substances régulatrices de la croissance des plantes.

Il ressort de ces résultats que le jus de lombricompost fermenté déclenche chez la plante infestée un processus de défense naturelle ou de résistance induite qui peut s'expliquer par l'induction soit d'un phénomène de non appétence, ou de toxicité des nutriments envers les larves ou par l'émission de stimulus chimique répulsif. Ainsi, les nombreuses études réalisées confortent les résultats que nous avons obtenus et montrent que le lombricompost et son jus réduit non seulement le degré d'infestation des plantes, mais aussi les populations des divers parasites et maladies de plantes. En effet, ARANCON et al., (2005), montrent que le lombricompost réduit considérablement les populations de deux espèces de coléoptères dans le sol (*Acalymma vittatum*, *Diabotrica undecimpunctata*), et YARDIM et al., (2006) rapportent un effet sur la diminution des larves de *Manduca quinquemaculata*. Il induit également d'après ARANCON et al. (2007) la réduction des populations de l'acarien, *Tetranychus urticae*, des cochenilles, *Pseudococcus sp.* et du puceron, *Myzus persicae* sur plusieurs cultures maraichères telles que les tomates, concombres, choux, haricots et aubergines. Selon SINHA ET al.,(2011), le jus de lombricompost induit la résistance des plantes cultivées contre les parasites et les maladies par sa richesse en antibiotiques et actinomycètes qui aident à augmenter la résistance biologique des plantes, ou en les tuant par une action pesticide due à la

production d'enzymes chitinase qui décomposent la chitine dans l'exosquelette de l'insecte comme le rapporte George Hahn dans les travaux de MUNROE (2007).

Ces résultats démontrent l'intérêt du jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent comme biofertilisant et bio stimulateur de défense envers la mineuse de la tomate.

Les résultats relatifs aux traitements à base de chémotype de l'huile essentielle de carvacrol ont montré une faible rémanence envers les larves de *Tuta absoluta*, car ce biopesticide s'est spécifié surtout par son effet de choc, étant donné que la réinfestation des plants a remis dès le quatrième jour ayant suivi le traitement. Cet effet de choc peut être dû à l'action des constituants majeurs des huiles essentielles aromatiques, les monoterpènes comme le montrent les nombreuses études dont celles de AUGER J., THIBOUT E., (2002), et BENAYAD N., (2008) qui précisent que ces substances sont connues pour leurs effets attractifs (GABEL *et al.*, 1992 ; PELLMYR *et al.*, 1991) et leurs propriétés anti appétantes, répulsives ou insecticides (KLOCKE *et al.*, 1989 ; MUELLER *et* HAUFE, 1991 ; HAMRAOUI, 1993).

Le carvacrol, composé monoterpénique présente plusieurs activités biologiques (DUKE, 1998). Il est anthelminthique, antibactérien (SCHWAMMALE *et al.*, 2001), antiseptique, antispasmodique, fongicide, irritant, insecticide et acaricide. Cependant, le carvacrol exerce son activité insecticide en se liant au récepteur cholinergique nicotinique de l'acétylcholine (nAChR) qui forme des canaux ioniques sensibles à un ligand dans les membranes plasmiques de certains neurones de système nerveux central des insectes (FAN.T,2010) et cela est confirmé par AHN *et al.*, (1998) qui a démontré que le carvacrol a un effet hautement toxique sur les nymphes de la termite *Reticulitermes speratus*, les adultes du charançon du riz *Sitophilus oryzae*, l'impulsion de *Callosobruchus chinensis* et l'acarien *Tetranychus urticae* (ISMAN 2000).

Ces données rejoindraient les résultats d'autres études qui disent que l'efficacité insecticide des métabolites secondaires des plantes est d'abord le résultat de leur nature chimique. Leurs effets nocifs sur les phytophages sont aussi dus à la présence d'une autre catégorie de métabolites qui eux ne sont pas à prime abord nocifs. Cependant, lorsque ces composés sont associés aux substances toxiques, la toxicité du mélange est supérieure à celle de ces derniers pris séparément (KREBS, C.J., 1972).

Le mélange à une efficacité très importante par rapport à celle du carvacrol, mais de plus courte durée que celle de jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent, permettent la réinfestation des plants au cinquième jour qui suit le traitement. Mais, le mélange présente un effet de choc plus marqué. Ces résultats démontrent que les deux biocides présentent un pouvoir synergique qui se traduit par la répression des populations larvaires (Fig.41).

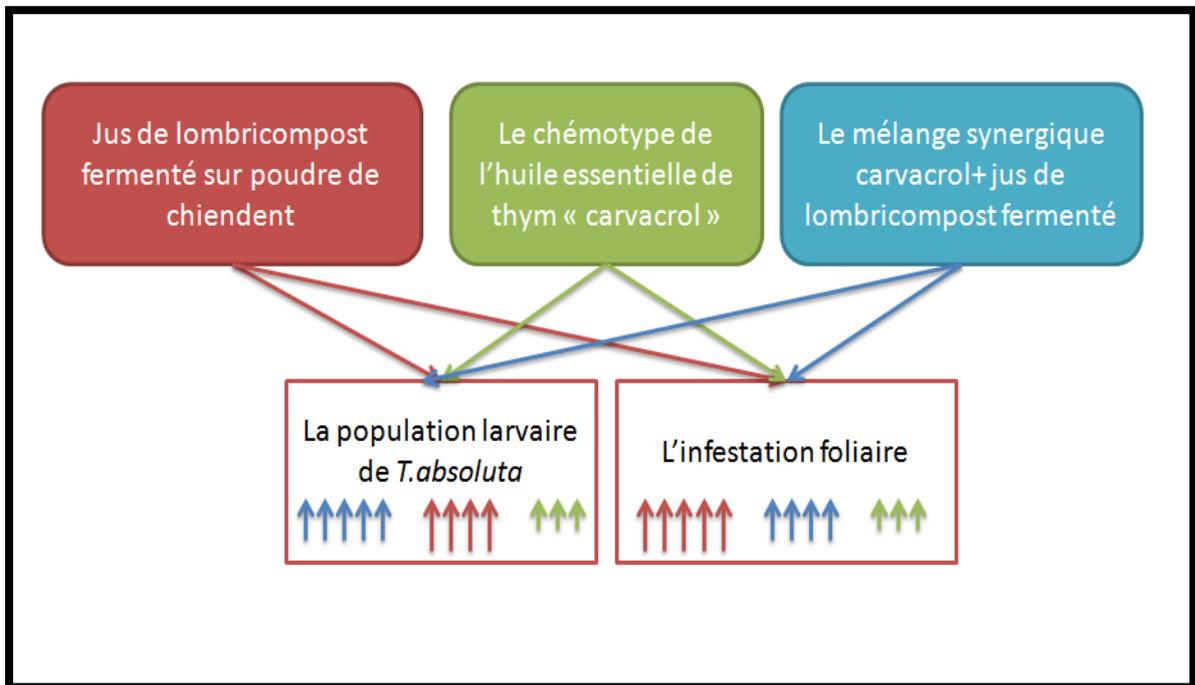


Fig.41: effets des différents bioproduits testés sur les infestations de la mineuse de la tomate.

## Conclusion et perspective

Le travail entrepris dans ce mémoire a pour objectifs l'étude de l'effet fertilisant de jus de lombric fermenté sur poudre de chiendent sur la phénologie de la tomate et comparé l'effet stimulateur de défense du jus de lombric fermenté sur poudre de chiendent avec celui d'un chémotype de l'huile essentielle de *Thymus fantanisia* "carvacrol" sur la mineuse de la tomate, « *Tuta absoluta* ». Les résultats de la présente étude révèlent que le jus de lombric fermenté présentent des potentialités et pourraient être utilisées et exploitées 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. De même pour le chémotype carvacrol qui présent un effet biocides envers les larves de la mineuse seul ou mélangés avec le jus de lombric fermenté.

Les résultats de l'étude sur la phénologie de la tomate font ressortir que la pulvérisation foliaire de jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent stimulent la croissance des plants augmente avec précocité le nombre de bouquet floraux et les fruits.

De même, ces résultats montrent que la pulvérisation foliaire du jus de lombricompost fermenté sur poudre de chiendent est la plus 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, le carvacrol et le mélange synergique présent un effet biocide mais cette effet n'été pas stable a long duré, alors les études sur ces substances naturelles restent encore récentes et leurs mécanismes d'action ne sont pas encore bien connus.

En perspective, Il serait intéressant d'étudier les autres composants de l'huile essentielle de *Thymus fantanisia* et leurs caractéristiques physico-chimiques sur les ravageurs et leur effet combiné avec d'autres molécules biologiques pour l'obtention de composés synergiques, et aussi d'étudier le comportement des cibles envers ces substance bioactive. Il en est de même pour le jus de lombricompost fermenté sur des substrats solides organiques qui peuvent améliorer sa composition chimique et microbienne, déterminer les principes actifs.

