

**UNIVERSITE BLIDA 1**  
**FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES**

## **MEMOIRE DE MAGISTER**

Spécialité : biodiversité, bioprotection

### **EFFET PHYTOSTIMULANT DES HUILES ESSENTIELLES FORMULEES DE *Rosmarinus tournefortii* ET *Rosmarinus officinalis.L* SUR LES BIOAGRESSEURS DE LA TOMATE**

Par

**Yamina LOURDI**

Devant le jury composé de :

L. Allal-Benfekih	Pr	U. Blida 1	Présidente
A. Benrima	Pr	U. Blida 1	Directrice de thèse
L. Bendiffellah	MCA	U. Boumerdes	Examinatrice
ZE. Djazouli	MCA	U. Blida 1	Examineur

**Blida, Juillet 2015**

## RESUME

### **Effet phytostimulant des huiles essentielles formulées de *Rosmarinus tournefortii* de Noé et *Rosmarinus officinalis* L sur les bioagresseurs de la tomate**

L'utilisation des bioproduits peut entrer dans la conception des programmes d'agriculture durable visant la préservation de la biodiversité et les équilibres biocénotiques. Dans ce cadre, les phytostimulants s'avèrent représenter une nouvelle voie de soutien aux diverses méthodes de protection des végétaux, dans le cadre d'une agriculture conventionnelle ou biologique.

Dans ce travail, nous nous sommes fixés comme objectif de connaître la variation régionale et variétale de la composition chimique des huiles essentielles extraites des feuilles de *Rosmarinus officinalis* récoltées à Blida et Tipaza, ainsi que celles de *Rosmarinus tournefortii* Tipaza, d'évaluer les effets par application foliaire de deux doses de ces huiles essentielles formulées sur, d'une part les ravageurs de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick, *Bemisia tabac* Gennadius et *Trialeurodes vaporarium* Westwood, d'autre part sur la synthèse en proline et sucres totaux par la plante. Enfin, leur interaction avec l'abondance des ravageurs, le taux de proline et de sucres totaux.

L'analyse des résultats de la composition chimique des huiles essentielles montre qu'elles sont à chémotype 1,8 cinéol. Le nombre et le taux des différents composants varient selon les régions (écotype) et l'espèce. Elles possèdent un effet biocide engendrant une réduction importante de l'abondance globale larvaire, des larves néonates et des œufs de *T. absoluta*, ainsi que celle des larves de l'aleurode du tabac et l'aleurode des serres sous l'effet des deux doses des trois huiles essentielles formulées. Comme, elles manifestent un effet par la perturbation de la biosynthèse de la proline et des sucres totaux par la plante.

#### **Mots Clés :**

Huile essentielle, phytostimulant, tomate, ravageurs, romarin.

## ABSTRAT

### **Effect phytostimulant of the essential oil formulated by *Rosmarinus tournefortii* of Noé and *Rosmarinus officinalis* L on the bioaggressors of the tomato**

The use of bioproducts can enter in the design of the programs of enduring agriculture aiming at the biodiversity conservation and at the balances biocénotiques. In this frame, Phytostimulants turns out to represent a new way of support to the diverse methods of protection of vegetables, within the framework of a conventional or biological agriculture.

In this work, We set as objective to estimate the effects by foliar application of two doses of formulated essential oil extracted from leaves of *Rosmarinus officinalis* harvested to Blida and Tipaza, as well as those of *Rosmarinus tournefortii* Tipaza, on one hand the devastating of the tomato, *Tuta absoluta* Meyrick, *Bemisia tabaci* Gennadius, *Trialeurodes vaporarium* Westwood, on the other hand on the synthesis it proline and total sugars by the plan. Finally, the interaction of the abundance of the devastating with the rate of proline and total sugars.

The analysis of the results of the chemical composition of essential oil shows that they are in chémotype 1,8 cinéol. The number and the rate of the various components vary according to regions and the species.

They possess an effect biocide engendering an important reduction of the embryonic global abundance, neonate's larvas and eggs of *T absoluta*, as well as that of the larvas of the aleurode of the tobacco and the aleurode of greenhouses under the influence of both doses of three formulated essential oil. As, they show an effect by the disturbance of the biosynthesis of the proline and the total sugars by the plant.

#### **Key words:**

Devastating, essential oil, phytostimulant, rosemary, tomato.

## ملخص:

تأثير الزيوت الاساسية المصاغة ل *Rosmarinus officinalis* و *Rosmarinus* على الحشرات المدمرة و بعض المؤشرات الفيزيولوجية للطماطم في البيوت البلاستيكية

ان استعمال المواد البيولوجية يدخل ضمن برامج حماية الزراعة هدفه حماية التنوع البيئي و توازنه. في هذا الاطار , المحفزات النباتية , تمثل طريقة جديدة لدعم مختلف طرق حماية النبات , في اطار الزراعة التقليدية و البيولوجية.

في هذه الدراسة , أردنا معرفة تغيرات التركيب الكيميائي للزيوت الاساسية حسب المناطق و نوع النبتة المستخرجة من اوراق *Rosmarinus officinalis* المقطوفة من البلدية و تيبازة و *Rosmarinus tournefortii* المقطوفة من تيبازة , و معرفة تأثير هذه الزيوت الاساسية المصاغة بجرعتين مختلفتين على, من جهة كمبيد حشري على مكتسحي ( الحشرات المدمرة ) للطماطم *Tuta absoluta, Trialeurodes vaporariorum, Bemisia tabaci* ومن جهة اخرى تأثيرها على انتاج البرولين و السكريات الكلية. وأخيرا معرفة العلاقة بين الحشرات المدمرة و انتاج السكريات و البرولين.

تحليل النتائج يبين ان التركيب الكيميائي للزيوت الاساسية هو 1,8 cineol و عدد المكونات و نسبة المكون تختلف حسب المناطق , و نوع النبات.

هذه الزيوت الاساسية المصاغة اظهرت فعاليتها كمبيد حشري على الفصيلة ككل , على اليرقات و كذا البيوض ل *Tuta absoluta* و ايضا على يرقا *Trialeurodes vaporariorum* و *Bemisia tabaci* هذا تحت تأثير كلتا الجرعتين للزيوت الاساسية المصاغة الثلاثة. و كذلك لديها تاثير على انتاج البرولين و السكريات الكلية.

الكلمات المفتاحية :

الحشرات المدمرة، الزيوت الاساسية، المحفزات النباتية، الاكليل، الطماطم.

## REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements s'adressent à Mme **P<sup>r</sup> GUENDOZ-BENRIMA A** pour m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent à **Mr AROUN M.E.F**, pour m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail, son aide précieuse, son encouragement, sa patience, ses nombreux conseils et son soutien constant tout au long de la réalisation de mon mémoire.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements et mes profonds respects à Mr **DJAZOULI Z.E**, son aide précieuse, sa patience et ses nombreux conseils.

J'adresse toute ma gratitude et mon profond respect au **P<sup>r</sup> ALLAL-BENFKIH L.** qui me fait l'honneur de présider le jury.

Mes respects et mes sincères remerciements vont au **DJAZOULI Z.E** d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury pour examiner ce travail et de l'enrichir.

Je remercie fortement **D<sup>r</sup> L. BENDIFFELLAH.** d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury et d'examiner ce travail.

A tous mes enseignants et mes professeurs qui ont assuré ma formation sans oublier les personnels du département d'agronomie de Blida. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

A **Mr. BOUTOUMI**, professeur au niveau du département de chimie industriel université de Blida, pour sa disponibilité et son aide.

Un grand merci au **Mr MOUSAOUI K** pour son aide.

A **DJEMAI Y.** la technicienne du laboratoire de zoologie pour sa gentillesse et son aide.

Je tiens à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

## **Dédicaces**

*A mon très cher papa, qu'il trouve ici toute ma gratitude pour son soutien tout au long de mes études.*

*A la mémoire de ma mère, que le bon dieu l'accorde sa miséricorde.*

*A mes sœurs Nabila, Nesrine et Meriem.*

*A mes frères Mohamed et Ammar.*

*A Aicha.*

*A mon neveu Riyad et ma nièce Manar Dounia.*

*A ma grande mère.*

*A mes ancles, tantes, cousins et cousines.*

*A mes amis Rokaya, Hadjer, Sarah, Fatima zohra, Mounia, Karima, Fouzia, Dalila, Amina, Aicha, Saadia, Ali, Adel, Sofiane et Mokhtar.*

*A tous mes amis et à tous ceux qui m'aime.*

**YAMINA**

## TABLE DES MATIERES

RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	
REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
TABLE DES MATIERES	
LISTE DES ILLUSTRATION, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	16
<b>CHAPITRE 1: PRESENTATION DE LA PLANTE HOTE : LA TOMATE</b>	<b>19</b>
1.1. Généralités.....	19
1.2. Exigences de la culture.....	19
1.3. Type de sol.....	20
1.4. Maladies et ravageurs.....	20
1.4.1. Les maladies.....	21
1.4.1.1. Les champignons.....	21
1.4.1.2. Les bactéries.....	21
1.4.1.3. Les virus.....	21
1.4.2. Les ravageurs.....	22
1.4.2.1. Les nématodes.....	22
1.4.2.2. Les acariens ( <i>Tetranychus spp.</i> ).....	22
1.4.2.3. Les insectes.....	22
1.4.2.3.1. Les mouches blanches.....	22
1.4.2.3.2. Les pucerons ( <i>Aphidae</i> ).....	22
1.4.2.3.3. Les thrips ( <i>Thripidae</i> ).....	23
1.4.2.3.4. Les papillons et les noctuelles ( <i>Lepidoptera</i> ).....	23
1.4.2.3.5. La mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> .....	23
1.5. La lutte contre les ravageurs de la tomate.....	23
1.5.1. Méthodes culturales.....	23
1.5.2. La lutte physique.....	24
1.5.3. La lutte chimique.....	24
1.5.4. Lutte biologique.....	24

<b>CHAPITRE 2 : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES HUILES</b>	
<b>ESSENTIELLES ET LE ROMARIN</b>	<b>26</b>
2.1. Données bibliographiques sur les huiles essentielles.....	26
2.1.1. C'est quoi une huile essentielle ?.....	26
2.1.2. Composition des huiles essentielles.....	27
2.1.3. Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles...	28
2.1.4. Classification des huiles essentielles.....	28
2.1.5. Extraction des huiles essentielles.....	29
2.1.6. La conservation des huiles essentielles.....	30
2.1.7. Type chimique.....	30
2.1.8. Biosynthèse des huiles essentielles.....	31
2.1.9. Fonction des huiles essentielles.....	32
2.2. Stabilité des huiles essentielles.....	32
2.2.1. Intérêt de formulation des huiles essentielles.....	32
2.2.2. Les tensioactifs.....	33
2.3. Données bibliographiques sur les plantes utilisées.....	33
2.3.1. Description et systématique.....	33
2.3.2. La composition des huiles essentielles de <i>Rosmarinus sp.</i> .....	34
2.3.3. Utilisation de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus</i> .....	35
<b>CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES</b>	<b>36</b>
3.1. Site d'étude.....	36
3.2. Matériel utilisé.....	37
3.2.1. Matériel végétal.....	37
3.2.1.1. La tomate.....	37
3.2.1.2. Les huiles essentielles.....	37
3.2.2. Matériel animal.....	38
3.2.3. Autre matériel.....	39
3.3. Méthode.....	39
3.3.1. Terrain.....	39
3.3.1.1. Préparation et entretien de la culture de la tomate.....	39
3.3.1.1.1. Le semis.....	39
3.3.1.1.2. La préparation de sol.....	40
3.3.1.1.3. Repiquages des plants.....	40

3.3.1.1.4. Entretien.....	40
3.3.2. Laboratoire.....	41
3.3.2.1. Extraction, caractéristique et formulation des huiles essentielles des deux espèces de romarin.....	41
3.3.2.1.1. La préparation et séchage de la plante.....	41
3.3.2.1.2. Extraction des huiles essentielles.....	41
3.4. Evaluation de l'activité biocide.....	42
3.4.1. Application des traitements.....	42
3.4.1.1. Dispositif expérimental pour les différents traitements.....	42
3.4.1.2. Prélèvement et dénombrement.....	43
3.4.2. Evaluation de l'activité des phytostimulants sur la phytochimie de la plante.....	43
3.4.2.1. Extraction et quantification de la proline.....	44
3.4.2.2. Extraction et quantification des sucres totaux.....	44
3.5. Analyse des résultats.....	45
3.5.1. Composition chimique des huiles essentielles.....	45
3.5.2. Evaluation temporelle de l'effet biocide et phytostimulant des huiles essentielles.....	45
3.5.3. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37).....	45
3.5.4. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).....	46
3.5.5. Corrélation.....	46
<b>CHAPITRE 4: RESULTATS</b>	47
4.1. Caractérisation des huiles essentielles du romarin.....	47
4.1.1. Variation variétale de la composition chimique.....	47
4.1.2. Variation régionale de la composition chimique.....	48
4.2. Evolution temporelle de l'effet biocide des huiles essentielles formulées du romarin sur l'abondance des ravageurs de la tomate.....	49
4.2.1. Abondance larvaire de <i>Tuta absoluta</i> .....	49
4.2.1.1. Effet des huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> de Blida.....	49
4.2.1.2. Effet des huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> (Tipaza).....	50

4.2.1.3. Effet des huiles essentielles de <i>Rosmarinus tournefortii</i> (Tipaza).....	51
4.2.2. Abondance larvaire de l'aleurode des serres ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ).....	52
4.2.3. Abondance larvaire de l'aleurode du tabac ( <i>Bemisia tabaci</i> ).....	53
4.3. Evaluation de l'effet des huiles essentielles formulées sur l'abondance des ravageurs de la tomate.....	54
4.3.1. Abondance de <i>Tuta absoluta</i> .....	54
4.3.1.1. Abondance larvaire globale.....	54
4.3.1.2. Abondance des œufs.....	55
4.3.1.3. Abondance du stade larvaire 1.....	57
4.3.2. Abondance larvaire de l'aleurode des serres ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ).....	58
4.3.3. Abondance larvaire de l'aleurode du tabac ( <i>Bemisia tabaci</i> ).....	58
4.4. Effet temporel des huiles essentielles formulées sur les taux Proline et sucres totaux de la tomate.....	59
4.4.1. Effet temporel des huiles essentielles formulées de <i>Rosmarinus officinalis</i> (Blida).....	59
4.4.2. Effet temporel des huiles essentielles formulées <i>Rosmarinus officinalis</i> (Tipaza).....	60
4.4.3. Effet temporel de l'huile essentielle formulée de <i>Rosmarinus tournefortii</i> (Tipaza).....	61
4.5. Tendence des variations temporelles des taux de proline et sucres totaux sous l'effet des huiles essentielles saisonnières.....	61
4.5.1. Taux de Proline.....	61
4.5.2. Taux des sucres totaux.....	62
4.6. Evaluation de l'effet comparé des huiles essentielles sur l'abondance des ravageurs de la tomate.....	63
4.6.1. Abondance de <i>Tuta absoluta</i> .....	64
4.6.1.1. Abondance larvaire globale.....	64
4.6.1.2. Abondance des œufs.....	64
4.6.1.3. Abondance du stade larvaire 1.....	65
4.6.2. Abondance larvaire de l'aleurode des serres.....	66

4.6.3. Abondance larvaire de l'aleurode du tabac.....	67
4.7. Effet des différentes huiles essentielles sur les taux de proline et des sucres totaux.....	68
4.7.1. Taux de proline.....	68
4.7.2. Taux des sucres totaux.....	68
4.8. Effet comparé de la disponibilité des ravageurs en fonction des taux de proline et sucres totaux sous l'effet des huiles essentielles.....	69
4.8.1. Disponibilité de <i>Tuta absoluta</i> .....	69
4.8.1. 1.Disponibilité globale.....	69
4.8.1. 2. Disponibilité des œufs.....	71
4.8.1. 3.Disponibilité du stade larvaire 1.....	73
4.8.2. Disponibilité larvaire de l'aleurode des serres.....	75
4.8.3. Disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac.....	77
<b>CHAPITRE 5: DISCUSSION</b>	80
5.1. Caractérisation des huiles essentielles.....	80
5.1.1. Caractérisation de l'huile essentielle de <i>R.tournefortii</i> .....	80
5.1.2. Caractérisation de l'huile essentielle de <i>R.officinalis</i> .....	81
5.2. Effet biocide des huiles essentielles formulées sur l'abondance globale et larvaires de <i>T. absoluta</i> et sur l'abondance larvaire de <i>T. vaporarium</i> et <i>B. tabaci</i> .....	82
5.3. Effet des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et <i>R. tournefortii</i> sur la production de proline et des sucres totaux.....	85
5.4. Effet des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et <i>R. tournefortii</i> sur la production de proline et des sucres totaux et la disponibilité des ravageurs.....	89
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	92
APPENDICES.....	94
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	96

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

<b>Figure 3.1:</b>	site d'étude.....	36
<b>Figure.3.2:</b>	variété hybride de tomate GF1 F1.....	37
<b>Figure.3.3 :</b>	les plantes de <i>Rosmarinus tournefortii</i> (A) et <i>Rosmarinus officinalis</i> (B).....	38
<b>Figure.3.4:</b>	les aleurodes de la tomate <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (A), <i>Bemisia tabaci</i> (B) (Anonyme, 2007) et <i>Tuta absoluta</i> .....	38
<b>Figure.3.5 :</b>	le semis.....	39
<b>Figure.3.6 :</b>	le repiquage des plants.....	40
<b>Figure.3.7 :</b>	séchage des plantes.....	41
<b>Figure.3.8:</b>	les huiles essentielles formulées.....	42
<b>Figure.3.9:</b>	dispositif expérimental.....	43
<b>Figure.4.1:</b>	variation du taux des différents composants chimiques des huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> et <i>R. tournefortii</i> .....	48
<b>Figure.4.2:</b>	variation du taux des différents composants chimiques des huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> de Blida et de Tipaza.....	49
<b>Figure.4.3:</b>	Evolution temporelle de l'abondance globale (a), des œufs (b) et L <sub>1</sub> (c) de la population de <i>T. absoluta</i> sous l'effet d'huiles essentielle formulé du <i>R.officinalis</i> de Blida par rapport au témoin.....	50
<b>Figure.4.4:</b>	Evolution temporelle de l'abondance globale (a), des œufs (b) et L <sub>1</sub> (c) de la population de <i>T. absoluta</i> sous l'effet d'huiles essentielle formulé du <i>R.officinalis</i> de Tipaza par rapport au témoin.....	51
<b>Figure.4.5:</b>	Evolution temporelle de l'abondance globale (a), des œufs (b) et L <sub>1</sub> (c) de la population de <i>T. absoluta</i> sous l'effet d'huiles essentielle formulé du <i>R.tournefortei</i> de Tipaza par rapport au témoin.....	52
<b>Figure.4.6:</b>	Evaluation temporelle de l'abondance larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida (a), de Tipaza (b) et de <i>R.tournefortei</i> (c) par rapport au témoin.....	53

<b>Figure.4.7:</b>	Evaluation temporelle de l'abondance larvaire de l'aleurode du tabac ( <i>Bemisia tabaci</i> ) sous l'effet des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida (a), de Tipaza (b) et de <i>R.tournefortii</i> (c) par rapport au témoin.....	54
<b>Figure.4.8:</b>	Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur la disponibilité larvaire de <i>Tuta absoluta</i> .....	55
<b>Figure.4.9 :</b>	Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur la disponibilité des œufs de <i>Tuta absoluta</i> .....	56
<b>Figure.4.10:</b>	Analyse en composantes principales de l'effet temporel huiles essentielles formulées sur les L1 de <i>Tuta absoluta</i> ....	57
<b>Figure.4.11:</b>	Analyse en composantes principales de l'effet temporel huiles essentielles formulées sur les larves de l'aleurode des serres ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ).....	58
<b>Figure.4.12:</b>	Analyse en composantes principales de l'effet temporel huiles essentielles formulées sur les larves de l'aleurode du tabac ( <i>Bemisia tabaci</i> ).....	59
<b>Figure.4.13:</b>	Evolution temporelle de taux de proline (a) et de sucres totaux (b) sous l'effet d'huiles essentielle formulée de <i>R.officinalis</i> de Blida.....	60
<b>Figure.4.14:</b>	Evolution temporelle de taux de proline (a) et de sucres totaux (b) sous l'effet d'huiles essentielle formulée de <i>R.officinalis</i> de Tipaza.....	60
<b>Figure.4.15:</b>	Evolution temporelle de taux de proline (a) et de sucres totaux (b) sous l'effet d'huiles essentielle formulée de <i>R.tournefortii</i> de Tipaza.....	61
<b>Figure.4.16:</b>	Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur l'accumulation de la proline.....	62
<b>Figure.4.17:</b>	Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur l'accumulation des sucres totaux.....	63

<b>Figure.4.18:</b>	Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida et Tipaza et de <i>R.tournefortii</i> .de Tipaza sur l'abondance globale de <i>T. absoluta</i> .....	64
<b>Figure.4.19:</b>	Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida et Tipaza et de <i>R.tournefortii</i> .de Tipaza sur l'abondance des œufs de <i>T. absoluta</i> .....	65
<b>Figure.4.20:</b>	Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida et Tipaza et de <i>R.tournefortii</i> .de Tipaza sur l'abondance des L <sub>1</sub> de <i>T. absoluta</i> .....	66
<b>Figure.4.21:</b>	Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida et Tipaza et de <i>R.tournefortii</i> .de Tipaza sur l'abondance des larves de <i>Trialeurodes vaporarium</i> .....	67
<b>Figure.4.22:</b>	Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida et Tipaza et de <i>R.tournefortii</i> .de Tipaza sur l'abondance des larves de <i>Bemisia tabaci</i> .....	67
<b>Figure.4.23:</b>	Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida et Tipaza et de <i>R.tournefortii</i> .de Tipaza sur l'accumulation de la proline.....	68
<b>Figure.4.24:</b>	Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de <i>R.officinalis</i> de Blida et Tipaza et de <i>R.tournefortii</i> .de Tipaza sur l'accumulation des sucres totaux.....	69
<b>Figure.4.25 :</b>	Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité globale de <i>T. absoluta</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	70
<b>Figure.4.26:</b>	Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité globale de <i>T.absoluta</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	71

<b>Figure.4.27:</b>	Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité des œufs de <i>T. absoluta</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	72
<b>Figure.4.28:</b>	Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité des œufs de <i>T. absoluta</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	73
<b>Figure.4.29:</b>	Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité des larves L <sub>1</sub> de <i>T. absoluta</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	74
<b>Figure.4.30:</b>	Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité des larves L <sub>1</sub> de <i>T. absoluta</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	75
<b>Figure.4.31:</b>	Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	76
<b>Figure.4.32:</b>	Evolution temporelle du taux de proline et la disponibilité larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	77
<b>Figure.4.33:</b>	Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	78
<b>Figure.4.34:</b>	Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac sous l'effet des huiles essentielles formulées.....	79

## INTRODUCTION GENERALE

Après une période de méfiance tenace qui lui a valu d'être boudé pendant des siècles après sa découverte, la tomate a pris une formidable revanche en devenant l'un des principaux légumes cultivés et consommés dans le monde [1], elle constitue une source non négligeable de minéraux, vitamines et de certains composés naturels secondaires ayant un potentiel antioxydant important [2]. Mais elle est sujette à de nombreux ravageurs et maladies.

La présence de ravageurs sur les plantes maraîchères est un problème fréquent. Ils affaiblissent la plante et peuvent provoquer des maladies (vecteurs de virus). De plus, ils déprécient la qualité commerciale de certains légumes.

Les augmentations de productivité obtenues par l'agriculture moderne sont fortement dépendantes de la protection des espèces cultivées contre la compétition exercée par les mauvaises herbes ainsi que contre les attaques de virus, de champignons et d'insectes prédateurs.

Depuis la fin des années 1940, les mauvaises herbes, les pathogènes et les insectes prédateurs ont été contrôlés par une utilisation intensive d'herbicides et d'insecticides. Malheureusement, les pesticides ont une mauvaise image dans le public et sont de plus en plus sur la sellette pour des questions de toxicité, de pollution [3].

Des questions importantes se sont posées quant au devenir de ces produits chimiques utilisés en agriculture, à la fois dans les produits alimentaires et à leurs effets éventuellement néfastes sur les consommateurs et les écosystèmes. ainsi la résistance qui apparaît et qui les rendent inefficaces.

Face à ces limitations, l'industrie agrochimique piétine et le développement de nouvelles substances actives – et encore plus de nouvelles familles – semble de plus en plus difficile. Or il existe des voies pour sortir de cette impasse qui révisent complètement les paradigmes régissant la lutte contre les ennemis des cultures.

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

L'utilisation des produits naturels renfermant les huiles essentielles pour la protection des cultures a été employée régulièrement comme bio-pesticides en phyto-protection.

Dans le but d'exploiter les plantes poussant en Algérie et réputées pour leurs propriétés insecticides, nous avons étudié et comparé la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* récolté à Blida et Tipaza et *Rosmarinus tournefortii* récolté à Tipaza, le pouvoir insecticide des trois bioproduits formulés à 10% d'huiles essentielles de *R. officinalis* de Blida et de Tipaza et de *R. tournefortii* de Tipaza sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick, *Bemisia tabaci* Gennadius et *Trialeurodes vaporarium* Westwood, de même valoriser un des aspects de forte adaptation de la tomate aux ravageurs, nous nous sommes intéressés à l'étude de deux substances largement reconnues comme substances de stress, à savoir la proline et les sucres solubles. Le présent travail consiste en la détermination quantitative et la variation de ces deux substances accumulées dans les feuilles sous l'effet de ces bioproduits.

Pour ce faire, nous avons subdivisé notre travail de recherche en deux parties, la première partie est une synthèse bibliographique, elle est divisée en deux chapitres :

- ✓ -Le premier chapitre consiste en une synthèse bibliographique sur la plante de tomate
- ✓ Dans le deuxième chapitre nous avons évoqué les huiles essentielles

La deuxième partie représente la partie expérimentale où nous présenterons les techniques utilisées :

- ✓ -Extraction des huiles essentielles de *R.officinalis* et *R.tournefortii* par entraînement à la vapeur d'eau.
- ✓ -Détermination de la composition chimique de l'huile essentielle par méthode chromatographique
- ✓ Le deuxième axe consiste à déterminer l'effet insecticide et phytostimulant de ses huiles essentielles

En fin les résultats obtenus de la composition de l'huile essentielle de *R.officinalis* et *R.tournefortii* et leurs activités insecticides ainsi que leur effet phytostimulant sont interprétés à la lumière de la littérature. Le travail est clôturé par une conclusion et perspectives.

## CHAPITRE 1 :

### PRESENTATION DE LA PLANTE HOTE : LA TOMATE

#### 1.1. Généralités

Aujourd'hui, la tomate est parmi les cultures les plus répandues dans le monde et dont l'utilisation, surtout par l'industrie alimentaire, a connu une très grande croissance. Son adaptation comme une culture sous serre, a favorisé son extension dans les régions nordiques du monde, où sa culture en plein champ est risquée ou impossible. Les qualités excellentes, tant gustatives que technologiques de ce légume, ont largement contribué à sa consommation massive.

En Algérie, c'est la culture maraîchère la plus appréciée et la plus répandue tant en plein champ que sous abris. Les conditions climatiques dans toutes les régions du pays sont très favorables pour une culture fortement rentable. Sa culture en plein champ s'étend sur une superficie totale de 20789 ha pour une production annuelle de 6410343 qx en 2009 [4].

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill appartient à la famille des Solanacées [5]. Bien qu'elle soit vivace sous les climats tropicaux. Elle est cultivée comme plante annuelle en Amérique du Nord. Selon CHAUX et FOURY [6], la tomate est classée dans :

Embranchement : Phanérogames

S /E : Spéramphytes

Ordre : Polemoniales

Famille : Solanacées

La tomate, *Lycopersicum esculentum* Mill est une plante annuelle diploïde ( $2n=24$  chromosomes) [5].

#### 1.2. Exigences de la culture

La tomate a retenue de son origine montagnarde un optimum de température de l'ordre de 25°C, et surtout une exigence de thermopériodisme journalier de

croissance, floraison et fructification favorisées par une différence de température de 10°C entre le jour et la nuit [7].

1200 heures d'insolation sont nécessaires pendant les 6 mois de végétation. Un éclaircissement de 14 heures par jour est nécessaire pour une bonne nouaison. Toutefois la photopériode ne doit pas dépasser 18 heures par jour [8].

Une humidité de l'air de 60 à 65% convient à tous les stades de développement [9].

La tomate est très exigeante en eau, surtout pendant le grossissement des fruits. Des irrigations fréquentes et légères sont appréciables pour un bon rendement, elle requiert un apport d'eau de 5 mm par jour de la plantation à la floraison et 10 mm par jour de la floraison à la récolte [10]. Un excès en eau pendant la floraison peut entraîner une coulure des fleurs et une croissance végétative importante, qui retarde la maturation des fruits.

### 1.3. Type de sol

La tomate se cultive dans presque tous les sols, même les sols argileux. Cependant, les terrains légers, perméables et riches en matière organique lui conviennent mieux et assurent un meilleur enracinement et un bon développement de la plante [9].

GERST [11] a montré que l'obtention d'une bonne production précoce, nécessite un sol à une température minimale de 15°C.

Selon CHAUX et FOURY [6], La tomate est très tolérante en pH. Le meilleur équilibre nutritionnel étant assuré entre 6.0 et 7.0.

### 1.4. Maladies et ravageurs

La prévention des maladies et des ravageurs est extrêmement importante pour la culture de la tomate [9].

### 1.4.1. Les maladies

La tomate est sensible à différentes moisissures, bactéries et virus. Les dommages causés par les maladies peuvent conduire à une réduction considérable de la récolte.

#### 1.4.1.1. Les champignons

Les principales maladies cryptogamiques de la tomate sont le mildiou (*Phytophthora infestans* de Bary 1876), l'alternariose (*Alternaria solani* Sorauer, 1896), la moisissure grise (*Botrytis cinerea* pers Pers, 1794), la cladosporiose (*Fulvia fulva*), l'oïdium (*Leveillula taurica*), La fusariose vasculaire (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersic* Schldt 1824) et la verticilliose (*Verticillium dahliae* Kleb 1913) [12].

#### 1.4.1.2. Les bactéries

Les maladies bactériennes les plus connus sont [13]:

- ***Ralstonia solanacearum* Smith 1896**: provoque Le flétrissement bactérien ou « FB »
- ***Clavibacter michiganense* Smith 1910**: provoque le chancre bactérien.
- ***Xanthomonas axonopodis p.v. vesicatoria*** : ce champignon provoque le feu bactérien.

#### 1.4.1.3. Les virus

Les virus les plus redoutables chez la tomate sont [13] :

- Le virus de l'enroulement chlorotique des feuilles de la tomate (en anglais, « Tomato Yellow Leaf Curl Virus ») : TYLCV.
- Le virus de la maladie bronzée de la tomate : TSWV (en anglais, « Tomato Spotted Wilt Virus »).
- Le virus de la mosaïque du tabac ou virus de la mosaïque de la tomate (en anglais, « Tobacco Mosaic Virus, Tomato Mosaic Virus »). TMV ou ToMV

## 1.4.2. Les ravageurs

### 1.4.2.1. Les nématodes

Trois types fréquents de nématodes de nodosité des racines se présentent: *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White 1919), *M. javanica* (Goldi, 1877) et *M. arenaria*.

Les plantes atteintes restent petites de taille et sont sensibles aux maladies fongiques et bactériennes transmises par le sol [13].

### 1.4.2.2. Les acariens (*Tetranychus spp.*)

Les larves et les adultes des acariens sucent la sève des plantes. Les feuilles et les tiges jaunissent et se dessèchent [13].

### 1.4.2.3. Les insectes

Tous les insectes qui piquent et qui sucent, tels que les mouches blanches, les thrips et les pucerons, ne provoquent des dommages mécaniques que lorsqu'ils surviennent en grands nombres, mais les virus qu'ils peuvent transmettre provoquent des dommages bien plus importants

#### 1.4.2.3.1. Les mouches blanches

Les aleurodes ou "mouche blanche", appartiennent à l'ordre des hémiptères. Ce sont de petits insectes d'environ 1 mm qui sont couverts de cire blanche. On trouve principalement deux espèces d'aleurodes qui sont : l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*) et l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*) [14].

La succion de la sève par les larves et les adultes de mouches blanches entraînent des dégâts directs se traduisant par une diminution de la vigueur de la plante [15].

#### 1.4.2.3.2. Les pucerons (Aphidae)

Plusieurs espèces de pucerons se trouvent sur tomate parmi lesquelles *Macrosiphon euphorbiae* (Thomas, 1878), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) qui provoquent l'enroulement des feuilles, fumagine et transmission de virus [16].

Des dommages directs sont produits lorsqu'ils apparaissent en grands nombres sur la culture, où ils préfèrent les feuilles et les tiges les plus tendres. En outre des dommages directs qu'ils peuvent provoquer, les pucerons transmettent également différents virus [13].

#### 1.4.2.3.3. Les thrips (*Thripidae*)

Les larves de thrips et les adultes sucent la sève des feuilles, ce qui cause des taches argentées sur la surface des feuilles en question. Quelques espèces de thrips sont des vecteurs de la maladie bronzée de la tomate (TSWV) [13].

#### 1.4.2.3.4. Les papillons et les noctuelles (*Lepidoptera*)

Selon BLANCARD [17], parmi les noctuelles qui attaquent la tomate, *Heliothis armigera* (Hübner, 1808), qui est l'espèce la plus fréquente, et *Mamestra oleracea* (Linnaeus, 1758) (noctuelle brouteuse de la tomate).

#### 1.4.2.3.5. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

La mineuse de la tomate s'attaque à toutes les parties aériennes de son hôte. Les risques d'expansion des infestations sont très rapides et généralisés dans tout le nord de l'Algérie. Les dégâts sont importants et souvent spectaculaires. Cette manifestation est particulière à tout ravageur introduit dans un nouveau milieu sans ses ennemis naturels. Comme se fut le cas pour *Aleurothrocsus floccococcus* (Maskell, 1896) (Homoptera, Aleyrodidae) en 1984 et plus récemment, en 1994 pour *Phyllocnistis citrella* (Stainton, 1856) (Lepidoptera, Gracillariidae) [18].

### 1.5. La lutte contre les ravageurs de la tomate : Control des ravageurs

#### 1.5.1. Méthodes culturales

Les méthodes culturales consistent à faire appel à des modifications des rotations, de la date et la densité de semis de ces cultures, à une gestion appropriée de la fertilisation et à la gestion du travail du sol [19].

### 1.5.2. Lutte physique

La lutte physique peut voir recours à plusieurs technologies dont certaines mettent en œuvre des méthodes actives : les chocs thermiques (chaleur), les radiations électromagnétiques.....etc. L'utilisation des barrières physiques (panneaux englués filet insecte proof) représente la seule méthode passive disponible [20].

### 1.5.3. La lutte chimique

Comme la culture de tomate est sujette à des attaques de ravageurs et de maladies, les producteurs se trouvent souvent dans des situations de panique surtout pour des maladies à caractère épidémique comme le mildiou ou des insectes très nuisibles tel que *Tuta absoluta* au point qu'on assiste à une utilisation intensive et anarchique des pesticides. Cette situation qui ne date pas d'hier, a donné naissance à beaucoup de problèmes dans la pratique, entre autre l'apparition du phénomène de résistance aux pesticides, le problème de résidus de pesticides sur les fruits et la pollution de l'environnement. A cause de tous ces problèmes qui sont occasionné par la lutte chimique, la lutte biologique doit être encouragée.

### 1.5.4. Lutte biologique

La lutte biologique classique correspond à l'utilisation d'auxiliaires spécifiques contre une espèce envahissante exotique considérée comme une cible à contrôler (plante, insecte, acarien, nématode, etc.) dans l'aire d'origine où ils ont coévolué.

La lutte biologique inondative est proche de la lutte biologique classique mais implique une approche répétitive du processus. Elle utilise des antagonistes élevés en masse ou développés commercialement et des agents de lutte biologique ou biopesticides, qui ne sont pas persistants dans l'écosystème, pour réduire la pullulation de la cible sur le court terme. Ainsi, plus de 150 biopesticides ont été commercialisés contre des insectes, des phytopathogènes ou des mauvaises herbes. Ils sont formulés à partir d'organismes vivants tels que les champignons (mycoherbicides), les bactéries (*Bacillus thuringiensis*, Bt), les virus ou les nématodes [21 ; 22].

Le terme “biopesticide” s’applique également aux produits “naturels” issus de principes actifs (composés secondaires végétaux, toxines allélochimiques et naturelles) [22].

## **CHAPITRE 2 :**

### **DONNEES BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES HUILES ESSENTIELLES ET LE ROMARIN**

#### 2.1. Données bibliographiques sur les huiles essentielles

Les métabolites secondaires sont importants pour la survie et la propagation des plantes qui les produisent. Beaucoup fonctionnent comme signaux chimiques qui permettent à la plante de répondre aux contraintes de l'environnement, d'autres interviennent pour défendre leur producteur contre les herbivores, les pathogènes ou les compétiteurs. Il y a trois classes de métabolites secondaires chez les plantes : les alcaloïdes, les terpénoïdes (huile essentielle) et les substances phénoliques [23].

Les huiles essentielles constituent une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives [24] et ils font l'objet d'études pour prendre la place des insecticides chimiques dans le domaine de la phytoprotection [25 ; 26].

##### 2.1.1. C'est quoi une huile essentielle ?

Les huiles essentielles sont par définition, des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages [27]. Ce sont des extraits végétaux volatiles et odorants, appelées également substances organiques aromatiques liquides, qu'on trouve naturellement dans diverses parties des arbres, des plantes et des épices. Elles sont sensibles à l'effet de la chaleur [28].

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 Sesquiterpenes [29].

Chacune possède ses caractéristiques, son parfum et ses propriétés. Certaines sont plus épaisses et visqueuses, d'autres plus foncées [30].

La composition chimique, les métabolites secondaires, les éléments majeurs ainsi que leur degré de concentration dépendent de la plante, des variétés et des saisons [31], du sol et du climat [32] et du mode de culture.

La plus part des plantes renferment des essences, qui sont plus particulièrement abondantes dans les végétaux aromatiques des familles suivantes : Labiées, Ombellifères, Myrtacées, Rutacées, Lauracées, Térébinthacées et Conifères [33].

Selon les cas, les huiles essentielles sont extraites des sommités fleuries, des fleurs, des feuilles, des aiguilles, des semences, des fruits, des racines, des écorces ou du bois.

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur les tissus superficiels des différents organes de la plante telle que la cellule à huiles essentielles des Lauraceae et des Zingiberaceae ; poils sécréteurs des Lamiaceae ; poches sécrétrices des Myrtaceae ; canaux sécréteurs des Apiaceae ou des Asteraceae [34].

### 2.1.2. Composition des huiles essentielles

La composition des huiles essentielles est déterminée par chromatographie gazeuse (GC) et spectrométrie de masse (SM). Elles sont composées de trois types de composants : les terpènes, les composés aromatiques et les composés d'origines diverses :

- Les terpènes de formules  $(C_5H_8)_n$ : il s'agit des terpènes les plus volatils : monoterpènes et terpènes sesquiterpéniques porteurs de fonctions dont le degré d'oxydation est variable, les substances possibles sont nombreuses.
- Les composés aromatiques biosynthétisés : les composés aromatiques biosynthétisés à partir de l'acide shikimique (isolé la première fois du shikimi ou *Ellicium anisatum* ou badiane japonaise) qui donnent des dérivés du phénylpropane (C6-C3) sont moins fréquents : un noyau aromatique est couplé à une chaîne de trois carbones, les terpènes agissent aussi sur la pénétration percutanée des phénylpropanoïdes.
- Les composés divers : Lors de la distillation, certains composés aliphatiques (carbures, acides, alcools, aldéhydes, esters) sont entraînés.

Des composés non souhaitables, pesticides, ou autres ayant été utilisés lors de la culture, peuvent également se trouver dans l'huile essentielle [35].

### 2.1.3. Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles

L'huile essentielle est constituée de plusieurs molécules chimiques de synthèse naturelle. Ces molécules sont différentes selon la nature de la plante et le sol [36] le temps de récolte [37], la partie de la plante [38], la préparation de l'échantillon [39], la méthode d'extraction [40] ainsi que l'origine de la plante (sauvage ou cultivé)[41].

### 2.1.4. Classification des huiles essentielles

D'après BAKKALI *et al* [42], les huiles essentielles sont composées d'un mélange des monoterpènes et sesquiterpènes.

Les monoterpènes sont formés de l'accouplement de deux unités d'isoprène (C10). Ils sont les molécules les plus représentatives constituant 90 % des huiles essentielles et permettent une grande variété de structures. Ils consistent en plusieurs fonctions :

#### - Carbures:

acyclique: myrcene, ocimene, etc.

monocyclique: terpinenes, p-cimene, phellandrenes, etc.

bicyclique: pinenes, -3-carene, camphene, sabinene, etc.

#### - Alcools:

acyclique: geraniol, linalol, citronellol, lavandulol, nerol, etc.

monocyclique: menthol, a-terpineol, carveol

bicyclique: borneol, fenchol, chrysanthenol, thuyan-3-ol, etc.

#### - Aldéhydes:

acyclique: geranial, neral, citronellal, etc.

#### - Cétone:

acyclique: tegetone, etc.

monocyclique: menthones, carvone, pulegone, piperitone, etc.

bicyclique: camphor, fenchone, thuyone, ombellulone, pinocamphone, etc.

#### - Esters:

acyclique: linalyl acetate or propionate, citronellyl acetate, etc.

monocyclique: menthyl or  $\alpha$ -terpinyl acetate, etc.

bicyclique: isobornyl acetate, etc.

- Ethers:

1,8-cineole, menthofurane, etc.

- Peroxydes: ascaridole, etc.

- Phenols: thymol, carvacrol, etc.

Les sesquiterpènes sont formés de l'assemblée de trois unités d'isoprène (C15). L'extension de la chaîne augmente le nombre de cyclisations qui permet une grande variété de structures. La structure et la fonction du sesquiterpènes sont semblables à ceux des monoterpènes :

- Carbures: azulene,  $\beta$ -bisabolene, cadinenes,  $\beta$ -caryophyllene, logifolene, curcumenes, elemenes, farnesenes, zingiberene, etc.

- Alcohols: bisabol, cedrol,  $\beta$ -nerolidol, farnesol, carotol,

-  $\beta$ -santalol, patchoulol, viridiflorol, etc.

- Ketones: germacrone, nootkatone, cis-longipinan-2,7-dione,  $\beta$ -vetinone, turmerones, etc.

- Epoxide: caryophyllene oxide, humulene epoxides, etc.

### 2.1.5. Extraction des huiles essentielles

Les principaux paramètres à prendre en compte dans les opérations fondamentales d'extraction de matières premières naturelles aromatiques sont :

– La volatilité

– La solubilité

– La taille et la forme des molécules constitutives

– L'adsorption

De nombreuses techniques permettent d'extraire l'huile essentielle des plantes et de préserver leurs composés volatiles. Ces techniques d'extraction évoluent dans le but d'améliorer le rendement d'extraction ainsi que la qualité de l'huile essentielle obtenue. Cette diversité est due à la variété des matières premières et à la sensibilité considérable de certains de leurs constituants [43].

Parmi les méthodes d'extraction :

- ✓ Extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodistillation
- ✓ Extraction par solvant
- ✓ Extraction par ultrasons :
- ✓ Extraction par soxhlet :
- ✓ Extraction par micro-onde :
- ✓ L'extraction au CO<sub>2</sub> supercritique :

#### 2.1.6. La conservation des huiles essentielles

La conservation des huiles essentielles exige certaines précautions indispensables si l'on veut éviter leur oxydation et leur dépolymérisation. Aussi il est intéressant d'utiliser des flacons de verre colorés ou opaques, bien bouchés, pour les préserver de l'air, de la lumière et des principaux agents de leur dégradation [44].

#### 2.1.7. Type chimique

Le type chimique également connu sous le nom chimiotype ou chémothype. Le chémothype est la dénomination originale destinée à caractériser une huile essentielle d'un point de vue botanique et biochimique [44].

Les techniques d'analyse chimique très performantes actuellement mises à la disposition des chercheurs (chromatographies 'CCM, CCC, CG', spectroscopie de masse 'SM', résonance magnétique 'RMN') nous ont permis d'avoir une connaissance plus approfondie des structures moléculaires présentes dans les huiles essentielles. Une huile essentielle contient des corps chimiques très complexes. Il s'agit de plusieurs assemblages moléculaires très divers, ayant chacun des propriétés différentes. [44].

Dans une même espèce botanique, cette variation chimique nous permet de définir précisément la nature des sous-espèces, des variétés, des cultivars et des taxons des plantes aromatiques. Cette variation chimique génère la notion de : CHÉMOTYPE ou RACE CHIMIQUE. C'est une forme de classification chimique, biologique et botanique désignant la molécule majoritairement présente dans une huile essentielle. Cette classification dépend des facteurs liés directement aux conditions de vie spécifiques de la plante à savoir le pays, le climat, le sol,

l'exposition des végétaux, les facteurs phytosociologiques et la période de récolte qui peuvent influencer la composition de l'huile essentielle. On parle d'une huile essentielle chémotypée "H.E.C.T" [44].

#### 2.1.8. Biosynthèse des huiles essentielles

Les molécules sont formées à partir de divers atomes puisés par la plante via le sol et via sa synthèse organique. L'ensemble constitue des réactions chimiques donnant naissance aux molécules aromatiques, constituant l'huile essentielle.

La biosynthèse des huiles essentielles se fait suivant deux principales voies [45]

##### a. Voie des Terpenoïdes :

Le matériau de base est l'IPP (isopentylpyrophosphate), molécules à cinq atomes de carbones ayant une structure semi-alvéolaire. Il est dérivé de l'AcétylCoA (carrefour important), lui-même issu du PEP (phosphoenolpyruvate) provenant directement du fructose. La construction des squelettes hydrocarbonés a lieu de la même manière par la juxtaposition « tête à queue » d'unités isopréniques, unités pentacarbonés ramifiées assemblées enzymatiquement. Ainsi on trouve des squelette hydrocarbonés à dix carbones (monoterpènes), puis à quinze carbones (sesquiterpènes) et plus rarement à vingt carbones (diterpènes). Le processus peut se poursuivre mais dans d'autres buts que la synthèse des essences [46].

##### b. Voie des Phenylpropanoïdes :

La synthèse des huiles essentielles par la voie des Phenylpropanoïdes commence par un métabolite du fructose, le PEP (phosphoenolpyruvate). Elle aboutit à un très grand nombre de substances aromatiques, via une série d'acides, dont l'acide shikimique (d'où son nom, voie shikimique) et l'acide cinnamique. Les métabolites terminaux, importants en thérapeutique, sont les acides aromatiques suivants : acide salicylique, cinnamique et benzoïque et leurs esters dont le salicylate de méthyle, les cinnamates, les benzoates, certains phénols (eugénol) ainsi que les coumarines....Quelques grandes familles chimiques de molécules non volatiles, comme les tannoïdes et les flavonoïdes, se trouvent incluses dans cette voie [47].

La biosynthèse s'oriente vers la formation préférentielle d'un constituant aromatique actif [48].

### 2.1.9. Fonction des huiles essentielles

La fonction biologique des terpénoïdes des huiles essentielles demeure de plus souvent obscure. Il est toutefois vraisemblable qu'ils ont une fonction écologique. A l'appui de cette hypothèse, on remarquera que le rôle de certains d'entre eux a été établi expérimentalement aussi bien dans le domaine des interactions végétales (agents allélopathiques, notamment inhibiteurs de germination) que dans celui des interactions végétal-animal : protection contre les insectes, champignons, et attractions des pollinisateurs. Pour quelques auteurs, ils pourraient constituer des supports à « une communication » et ce d'autant mieux que leur variété structurale autorise le transfert de « messages biologiques » sélectifs [43]

### 2.2. Stabilité des huiles essentielles

Les matières actives des produits phytosanitaires ne sont que rarement administrées seules. Les huiles essentielles sont volatiles et généralement très sensibles aux phénomènes d'oxydation. Les procédés qui conduisent à l'altération naturelle sont en générale les activités causées par la chaleur et l'oxygène (O<sub>2</sub>) de l'air et sont catalysées par la lumière et la présence de certains métaux. Ils conduisent à une multitude de produits oxygénés souvent très différents. Ces phénomènes d'altération modifient fortement la composition chimique des H.E [49].

Il est nécessaire de les associer à des composés, appelés formulants ou adjuvants, sans activité biologique propre, mais sans les matières actives n'auraient qu'une efficacité nulle ou insuffisante [50].

Lorsque l'adjonction se fait lors de la préparation industrielle, on parle de formulant ; lorsqu'elle se fait lors de l'application du produit, on parle d'adjuvant.

Ces buts multiples sont atteints grâce à des composés aux fonctions diverses : tensioactifs, solvants, dispersants [50].

#### 2.2.1. Intérêt de formulation des huiles essentielles

Les buts poursuivis sont principalement d'assurer [50]. :

- Les stabilités chimique et physique du produit ;

- Son efficacité biologique et son innocuité à l'égard des cultures ;
- Les sécurités de l'utilisateur et de l'environnement

Ces buts multiples sont atteints grâce à des composés aux fonctions diverses : tensioactifs, solvants, dispersants [50].

### 2.2.2. Les tensioactifs

Grâce à leur structure particulière, combinaison de deux parties, hydrophobe et hydrophile, les tensioactifs peuvent faciliter et accentuer le pouvoir émulsifiant, dispersant, étalant, mouillants, solubilisant, et/ou des autres propriétés intervenant dans la formulation des produits agrochimiques [51].

Les tensioactifs utilisés en agrochimie peuvent agir à différents niveaux:

- Dans la formulation proprement dite, au sein même de la bouillie (émulsionnant, dispersant)
- A la surface de la feuille (agent d'étalement, mouillant) [52].
- Sur les membranes et dans les cellules sous-jacentes la cuticule (activateur, pénétrant) [53].

## 2.3. Données bibliographique sur les plantes utilisées

### 2.3.1. Description et systématique

Le romarin est une plante des coteaux arides, garrigues et lieux rocheux de la région méditerranéenne et même un peu plus au sud jusqu'aux confins sahariens [54].

C'est un arbrisseau touffu de 50 cm à 1,5 m de haut et plus, toujours vert, très aromatique, très rameux et très feuillé; les fleurs bilabiées, sont d'un bleu pâle ou blanchâtre maculées de taches violettes, rapprochées en petites grappes axillaires et terminales ; le calice en cloche est bilabié [55].

Cette plante appartient à la famille des *Labiées*. Elle se présente sous forme d'arbuste, sous arbrisseau ou herbacée [41], mesurant environ de 0.8 à 2m de hauteur [56].

Les feuilles sont étroitement lancéolées linéaires, friables et coriaces. Les fleurs d'un bleu pâle, maculées intérieurement de violet, sont disposées en courtes grappes denses s'épanouissent presque tout au long de l'année [41].

D'après QUEZEL et SANTA [57] ce genre de plante appartient au :

Règne :	Plantae
Embranchement :	Phanérogames
Classe:	Dicotylédones
Ordre :	Lamiales
Famille:	Lamiaceae (Labiées)
Sous-famille:	Nepetoideae
Tribu:	Mentheae
Genre :	<i>Rosmarinus</i>

Dans le genre de *Rosmarinus*, il existe plusieurs espèces. Dans notre étude nous nous intéressons à deux espèces qui sont : *Rosmarinus officinalis* L (1753) et *Rosmarinus tounefortii* De Noé (1866).

### 2.3.2. La composition des huiles essentielles de *Rosmarinus sp*

Beaucoup de travaux ont été réalisés sur la composition des huiles essentielles de *R. officinalis*, *R. tounefortii* a été très peu étudiée.

D'après des études effectuées par FLAMINI *et al* [58], la chromatographie en phase gazeuse, une technique de séparation qui permet d'étudier la composition des huiles essentielles, a révélé la présence de certains constituants parmi les plus abondants dans différents huiles essentielles de romarin tels que l'alpha-pinène, le 1,8-Cinéole, la verbénone et le camphre.

Selon la diversité des molécules contenues dans une huile essentielle, il existe trois huiles essentielles de romarin [59] :

- Le chimiotype camphré : *Rosmarinus officinalis camphoriferum*.
- Le chimiotype à cinéol majoritaire : *Rosmarinus officinalis cinéoliferum*.
- Le chimiotype à verberon : *Rosmarinus officinalis verbenoniferum*

### 2.3.3. Utilisation de l'huile essentielle de *Rosmarinus*

Le romarin est connu à l'échelle mondiale comme plante aromatique et médicinale qui fait l'objet d'usages multiples allant du simple usage de la médecine traditionnelle aux multiples usages industriels en pharmacologie, agroalimentaire et cosmétique. Ses huiles essentielles entrent dans la fabrication des parfums, des shampoings et des produits insecticides [60].

## CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES

### Objectif

L'objectif de notre travail est de caractériser la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* récolté à Blida et Tipaza, comparée à celle de *Rosmarinus tournefortii* de Tipaza, leur effet biocide à deux doses sur trois ravageurs primaires de la tomate, *Tuta absoluta*, *Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporarium*, ainsi que l'évaluation de leur effet sur la biosynthèse en sucres totaux et proline par la plante, *Lycopersicum esculantum* (var. GF1)

### 3.1. Site d'étude

Notre étude expérimentale a été menée au niveau de la station expérimentale de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de l'université de Blida 1, située à une latitude de 36°30'36,34"N et 2°52'26,05"E et une altitude de 243 mètres.



**Figure 3.1:** site d'étude [61]

## 3.2. Matériel utilisé

### 3.2.1. Matériel végétal

#### 3.2.1.1. La tomate

Dans le cadre de la réalisation de notre étude, 1 abri serre tunnel destinées à la culture de tomate (GF1) a été nettoyée des restes du précédent cultural par un labour superficiel.

Nous avons utilisé la variété hybride de tomate GF1 F1, originaire de Hollande. Elle est très vigoureuse, à croissance indéterminée, mi-précoce et dont la transplantation se fait du mois de novembre au mois de mars pour les récoltes de printemps et d'été. Elle présente des entres nœuds moyens, des fruits ronds, d'une bonne coloration rouge, dont le poids varie de 250 à 300 gr (Fig.3.2) et qui résistent au transport et stockage [62].



**Figure.3.2:** variété hybride de tomate GF1 F1 (original, 2014)

#### 3.2.1.2. Les huiles essentielles

Elles sont extraites à partir des feuilles et inflorescences séchées des deux espèces de Romarin, *Rosmarinus officinalis* L. et *Rosmarinus tournefortii*.

Les rameaux de *Rosmarinus officinalis*, ont été prélevés sur des plants spontanés des allées du département des Biotechnologies de l'université de Blida 1, située à 36°30'36,04" latitude Nord, 2°52'34,85" longitude Est et à une altitude de 143 mètres. Dans la région de Tipaza, sur les crêtes des collines du Sahel algérois, surplombant le village de Sidi Rached (tambour de la chrétienne), à

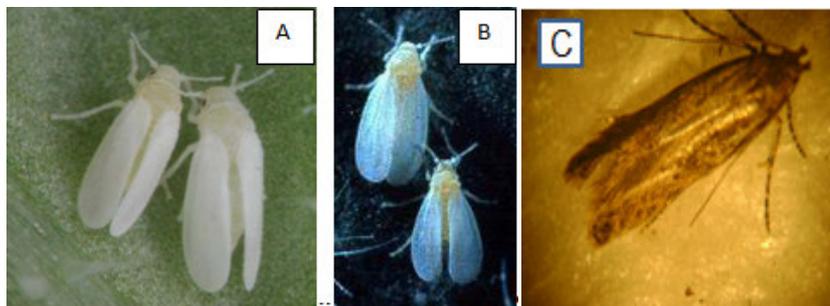
36°34'31,47" latitude Nord, 2°33'12,08" longitude Est, et à une altitude de 261 mètres, nous avons récolté les rameaux des deux espèces, *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*.



**Figure.3.3** : les plantes de *Rosmarinus tournefortii* (A) et *Rosmarinus officinalis* (B). Original ; 2014)

### 3.2.2. Matériel animal

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'effet biocide des traitements est limité à trois ravageurs primaires de la tomate dont la sensibilité aux insecticides de synthèse est très limitée; la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*, classée en Algérie parmi les organismes de quarantaine à cause des dégâts qu'elle occasionne en particulier à la tomate. L'Aleurode du tabac, *Bemisia tabaci* est une espèce surtout redoutée par sa capacité de transmission de virus phytopathogènes et l'Aleurode des serres, *Trialeurodes vaporarium* dont la nuisibilité s'observe en culture protégée, par sa capacité de pullulation qui peut être à l'origine d'importants dégâts.



**Figure.3.4:** les aleurodes de la tomate *Trialeurodes vaporariorum* (A), *Bemisia tabaci* (B) [63] et *Tuta absoluta* (Original, 2009)

### 3.2.3. Autre matériel

Nous avons utilisé aussi:

- Un sécateur pour la récolte des tiges de romarin
- Une loupe de poche pour contrôler la présence ou l'absence des ravageurs dans la culture.
- Un pulvérisateur manuel de 2 litres est utilisé pour l'application des traitements foliaires
- Une loupe binoculaire pour le dénombrement des différents stades de *Tuta absoluta*, *Trialeurodes vaporarium* et *Bemisia tabacii*

### 3.3. Méthode

#### 3.3.1. Terrain

##### 3.3.1.1. Préparation et entretien de la culture de la tomate

###### 3.3.1.1.1. Le semis

Nous avons effectué un semis sur plaque en pépinière le 8 janvier 2014, à raison d'une graine par alvéole, dans un substrat de tourbe.



**Figure.3.5 : le semis**

### 3.3.1.1.2. La préparation de sol

Nous avons épandu avant la réalisation d'un labour superficiel par charrue à disque, un fumier de ferme. Le traçage des billons de repiquage des plants a été réalisé de le sens de la longueur de l'abri serre tunnel, manuellement à l'aide d'une bêche.

### 3.3.1.1.3. Repiquages des plants

Un total de 301 plantules âgées de 4 à 6 feuilles ont été repiquées à une distance de 50 cm entre les plants et 90 cm entre les lignes, le 25 mars 2014. (Fig.3.6)



**Figure.3.6** : le repiquage des plants (Original ; 2014)

### 3.3.1.1.4. Entretien

L'entretien de la culture a été réalisé durant toute sa phase végétative qui s'est étalée du mois de mars jusqu'au mois de juillet. Il a consisté à:

- élimination des mauvaises herbes par un désherbage manuel,
- biner-butter le sol tout les dix jours, afin d'aérer le sol et favoriser l'émission de nouvelle racines,
- palisser les plants de tomate,

- éliminer les bourgeons axillaires tout au long du cycle de développement de la plante,
- couper le bourgeon terminal au stade de 8 bouquets floraux,
- irriguer par rigole deux fois par semaine,
- aérer la culture, si nécessaire par l'ouverture des portes latérales.

### 3.3.2. Laboratoire

#### 3.3.2.1. Extraction, caractéristique et formulation des huiles essentielles des deux espèces de romarin

##### 3.3.2.1.1. La préparation et séchage de la plante

Les feuilles et fleurs sont séparées des tiges et mises à sécher pendant une semaine à l'air ambiant, à l'abri du soleil.



**Figure.3.7 : séchage des plantes (Original ; 2014)**

##### 3.3.2.1.2. Extraction des huiles essentielles

###### a. Protocole d'extraction

Les huiles essentielles sont extraites par la méthode d'entraînement à la vapeur. Cette méthode consiste à mettre sur une grille, 400g de matière végétale sèche, dans un ballon chauffé pendant deux heures, contenant 1,5 litre d'eau. La vapeur d'eau qui se dégage, en imprégnant le matériel végétal entraîne les substances volatiles dans une colonne où se condense le mélange eau et huile essentielle qui sont séparées par décantation dans une burette.

### b. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont conservées dans des tubes opaques en verre, à une température comprise entre 0°C et 6°C.

### c. Formulation

Elle consiste à additionner à l'huile essentielle un ou des adjuvants afin de faciliter sa conservation et d'homogénéiser son étalement et son absorption par le substrat. Le protocole de la formulation nous a été fourni par Mr. Moussaoui K., enseignant au département de Biotechnologie de l'université de Blida1.



**Figure (3.8)** : les huiles essentielles formulées (Original, 2014)

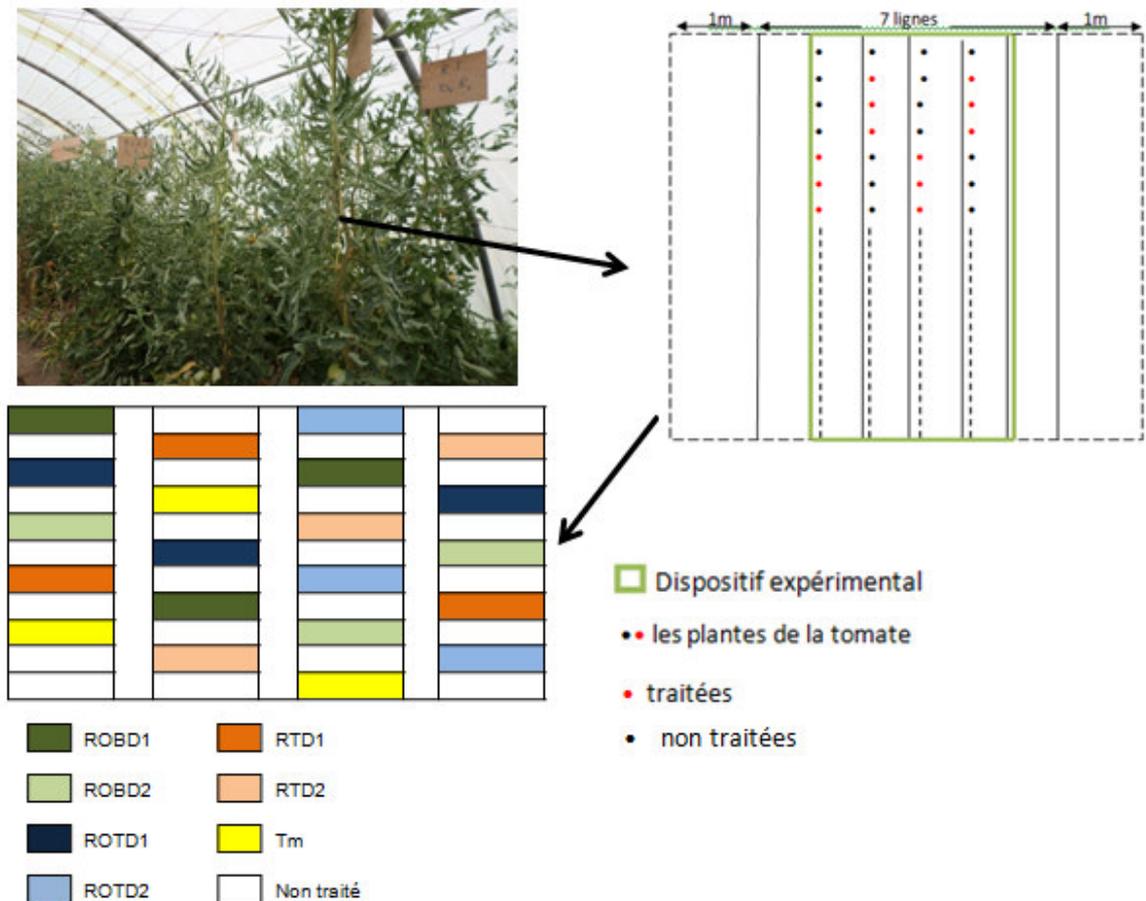
## 3.4. Evaluation de l'activité biocide

### 3.4.1. Application des traitements

Les traitements ont été réalisés par application par pulvérisation foliaire de deux doses ( $D_1= 3\text{ml/l}$ ;  $D_2=5\text{ml/l}$ ) des trois huiles essentielles formulées à 10%, diluées dans un litre d'eau de robinet.

#### 3.4.1.1. Dispositif expérimental pour les différents traitements

Il est constitué de 21 micros parcelles traitements comprenant chacune trois répétitions de trois plants traités aux deux doses des trois huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* de Blida et Tipaza, *Rosmarinus tournefortii* de Tipaza et le témoin traité à l'eau.



**Figure.3.9:** dispositif expérimental

#### 3.4.1.2. Prélèvement et dénombrement

Le dénombrement des formes vivantes de *Tuta absoluta*, *Trialeurodes vaporarium* et de *Bemisia tabaci* a été réalisé sous loupe binoculaire sur douze folioles prélevées aléatoirement sur deux plants par micro parcelle, à raison de deux folioles sur chacun des trois étages foliaires. Les prélèvements et dénombrements ont été réalisés toutes les 24 heures durant une période de 8 jours.

#### 3.4.2. Evaluation de l'activité des phytostimulants sur la phytochimie de la plante

Les prélevés dans le cas de l'étude de l'effet biocides ont été mis en conservation à une température inférieure à 0°C dans des sachets de congélation étiquetés et chacun porte toutes les informations nécessaires et indispensable, dans le but de leur utilisation pour l'évaluation de l'effet des doses de différentes huiles essentielles sur la biosynthèse des sucres totaux et de proline par la plante.

### 3.4.2.1. Extraction et quantification de la proline

La proline est déterminée par la méthode proposée par Bergman et Loxley (1970) qui consiste à homogénéiser par centrifugation pendant 10 min, 100 mg de matière végétale fraîche avec 500 µl d'eau distillé. Un volume de 200 µl d'homogénat est additionné à 200 µl d'acide acétique glacial et 200 µl de solution de ninhydrine. Le mélange est incubé pendant 100 min à 100 °C. Après incubation, les échantillons sont extraits avec un volume égal de xylène. L'absorbance de la phase aqueuse est quantifiée à 522 nm. Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de courbe étalon d'après la relation suivante :

$$Y=0,1043 X$$

Y: absorbance

X: quantité de proline exprimée en µg/g.M.F.

### 3.4.2.2. Extraction et quantification des sucres totaux

Les solubles totaux qui peuvent être représenté par le saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides sont dosés par la méthode de Dubois et *al.* (1956) qui consiste à additionner 3 ml d'éthanol à 80% à 100 mg de matière végétale fraîche. Le mélange est mis à température ambiante pendant 48 heures. Au moment du dosage, l'éthanol est évaporé par passage à l'étuve à 80°C. L'extrait obtenu est additionné à 10 ml d'eau distillée. Un volume de 0,5 ml de la solution à analyser, est mélangé à 0,5 ml de phénol 5%, auquel nous ajoutons rapidement instantanément 2,5 ml d'acide sulfurique concentré 96%. Le mélange doit virer à la couleur jaune orange. Après homogénéisation au vortex, l'échantillon est placé au bain- marie pendant 10 à 20 min à une température de 30°C. La couleur de la solution doit être stable pendant plusieurs heures. L'absorbance est lue à 485 nm. Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation suivant :

$$Y=4,3918 X - 0,1946$$

Y: absorbance

X: quantité des sucres totaux exprimée en mg/g.M.F.

### 3.5. Analyse des résultats

#### 3.5.1. Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des huiles essentielles a été déterminée par la technique de Chromatographie en Phase Gazeuse couplée avec la Spectrométrie de Masse (CG/MS) sous les conditions opératoires suivantes :

➤ **méthode spectrométrique**

- Mode d'ionisation: EI+
- Temps de scan: 0,2sec
- **méthode chromatographique**
- Température d'injecteur: 250 c°
- Programmation de température
- Température initiale 80c° (3mn)
- Température finale 220 c° (10mn), augmentation de 4 c°/mn
- Gaze vecteur: Hélium (He)
- La colonne capillaire

Les temps de rétention des standards de la banque de données informatisées, nous identifient grâce aux chromatogrammes la composition chimique et le pourcentage des différents composants de l'huile essentielle analysée.

#### 3.5.2. Evaluation temporelle de l'effet biocide et phytostimulant des huiles essentielles

Effet des différentes doses de différentes huiles essentielles formulées sur l'évolution temporelle de différentes formes de ravageurs et sur la biosynthèse des sucres totaux et de proline.

#### 3.5.3. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Ainsi, nous avons analysé globalement les variables (effet biocide et paramètres biochimiques).

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

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (bioproduits, la région de récolte, espèce), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. 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.). Dans le cas, où nous voulons connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces catégories. Le déroulement des tests a été réalisé par le logiciel SYSTAT vers. 7, (SPSS 2009).

#### 3.5.5. Corrélation

La relation entre l'effet des huiles essentielles formulées sur l'abondance des différentes formes des ravageurs et la biosynthèse des sucres totaux et de proline.

## CHAPITRE 4: RESULTATS

Les résultats relatifs à la composition chimique et à l'effet toxique des huiles essentielles formulées de *Rosmarinus officinalis* de Blida et Tipaza et *R. tournefortii* de Tipaza sur la disponibilité, la structuration et la stabilité des formes biologiques de *Tuta absoluta*, *Bemisia tabacii* et *Trialeurodes vaporarium*, ainsi que l'effet de ces bioproduits sur la variation des taux de proline et sucres totaux chez la tomate sont présentés dans ce chapitre.

### 4.1. Caractérisation des huiles essentielles du romarin

L'analyse effectuée par chromatographie en phase gazeuse couplée avec la spectrométrie de masse (CPG/SM) pour la caractérisation de la composition chimique des huiles essentielles de *R. officinalis* (Blida et Tipaza) et de *R. tournefortii*.

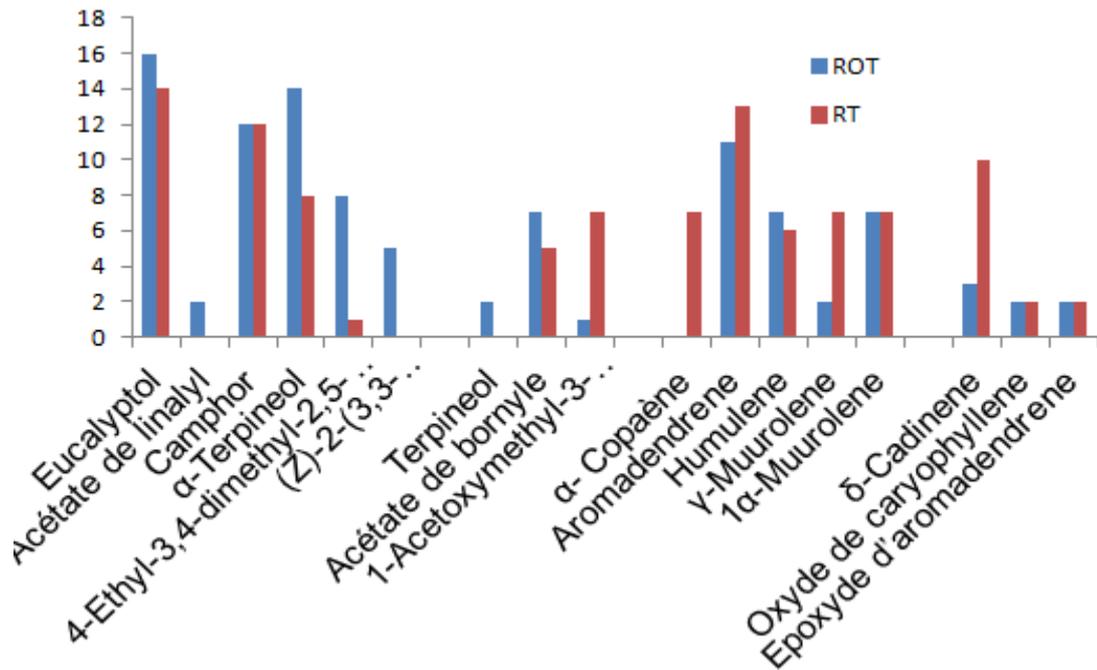
#### 4.1.1. Variation variétale de la composition chimique

Les résultats de l'étude comparée de la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et *R. tournefortii* prélevés à Tipaza reportés sur la figure (4.1), montrent que le nombre de chémotypes et leur teneur varient selon les espèces. Ainsi, les huiles essentielles de *R. officinalis* sont constituées de 16 chémotypes dont la teneur varie de 1% à 16%, alors que celles de *R. tournefortii* ne comprennent que 14 chémotypes, dont la teneur est comprise entre 1% et 14%.

Ces résultats font également apparaître la présence de 04 chémotypes majeurs dans la composition de chacune des deux huiles essentielles. L'Eucalyptol (16%), le Camphor (12%), l' $\alpha$ -Terpineol (14%) et l'Aromadendrene (11%) dans l'huile essentielle de *R. officinalis*, et l'Eucalyptol (14%), le Camphor (12%), l'Aromadendrene (13%) et le  $\delta$ -Cadinene (10%) pour l'huile essentielle de *R. tournefortii*.

De même, certains chémotypes sont absents dans l'une des deux huiles essentielles. Ainsi, celle de *R. officinalis*, présente l'absence de l' $\alpha$ -Copaène,

alors que celle de *R. tournefortii* ne comprend pas d'Acétate de linalyl, (Z)-2-(3,3-Dimethylcyclohexylidene)-ethanol et de Terpeneol.

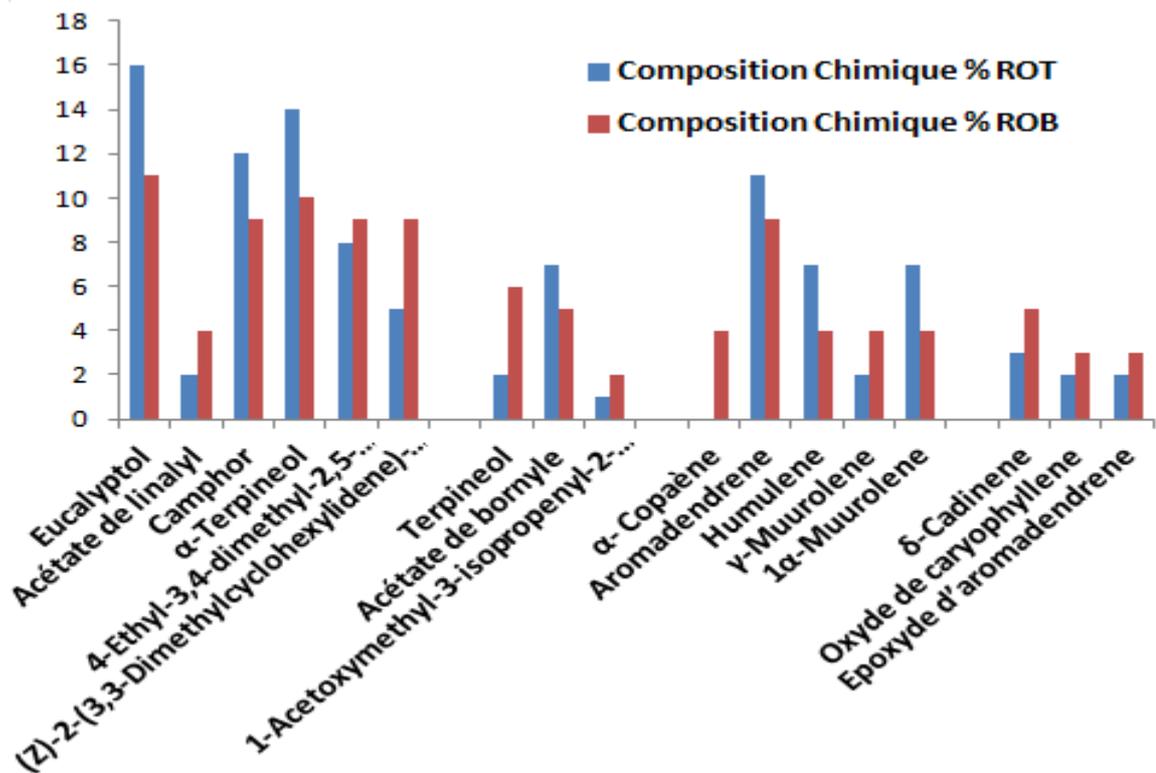


**Figure.4.1:** variation du taux des différents composants chimiques des huiles essentielles de *R. officinalis* et *R. tournefortii*.

#### 4.1.2. Variation régionale de la composition chimique

Les résultats de l'étude comparée de la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* de Blida et Tipaza reportés sur la figure (4.2), montrent que le nombre de chémotypes et leur teneur varient selon les espèces. Ainsi, les huiles essentielles de *R. officinalis* Tipaza sont constituées de 16 chémotypes dont la teneur varie de 1% à 16%, alors que celles de Blida comprennent 17 chémotypes, dont la teneur est comprise entre 2% et 11%. Ainsi, l' $\alpha$ -Copaène est absent dans l'huile essentielle de *R. officinalis* de Tipaza.

Chaque huile essentielle fait apparaître la présence des mêmes chémotypes principaux, au nombre de 04, mais dont la teneur est plus marquée pour ceux de Tipaza. Ces chémotypes sont représentés par l'Eucalyptol (16% Tipaza et 11% Blida), le Camphor (12% Tipaza et 9% Blida), l' $\alpha$ -Terpeneol (14% Tipaza et 10% Blida) et l'Aromadendrene (11% Tipaza et 9% Blida).



**Figure.4.2:** variation du taux des différents composants chimiques des huiles essentielles de *R. officinalis* de Blida et de Tipaza.

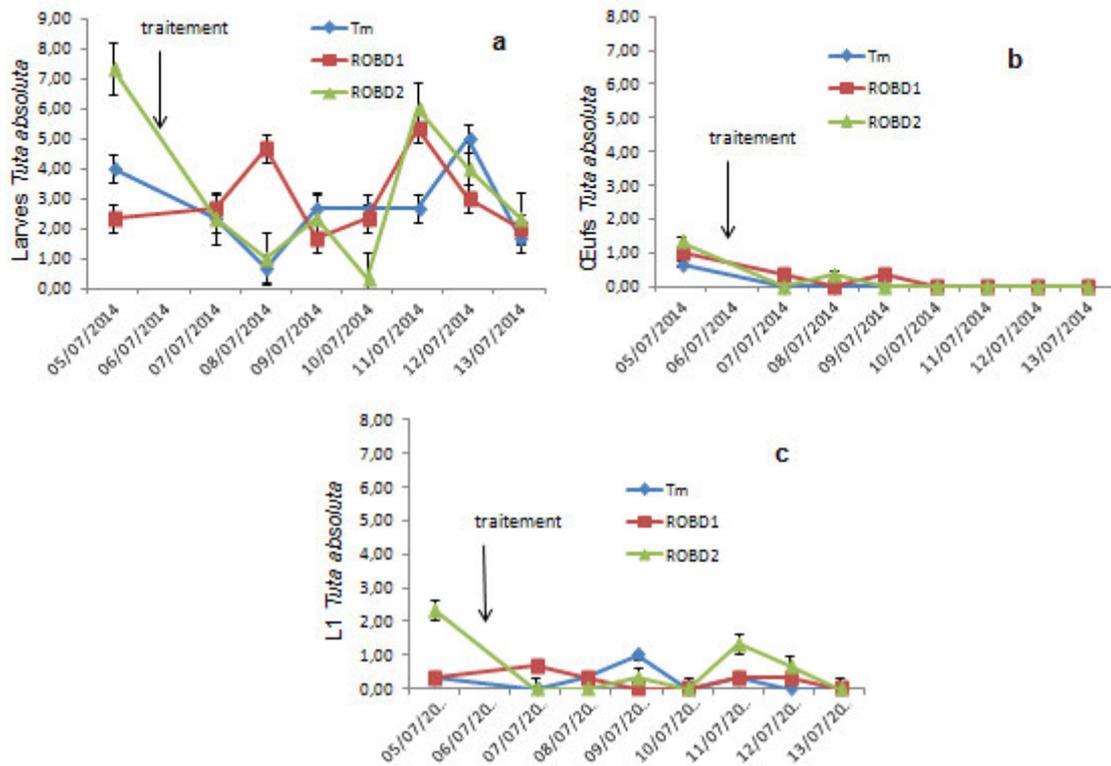
#### 4.2. Evolution temporelle de l'effet biocide des huiles essentielles formulées du romarin sur l'abondance des ravageurs de la tomate

##### 4.2.1. Abondance larvaire de *Tuta absoluta*

##### 4.2.1.1. Effet des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* de Blida

Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.3) montrent une faible abondance des différents états biologiques de *T. absoluta* avant et après traitement aux deux doses d'huiles essentielles de *R. officinalis*. Il ressort également de ces résultats que les deux doses ont un effet contrarié sur la disponibilité globale (fig.4.3.a) et larvaire 1 (fig. 4.3.b) du 1<sup>er</sup> au 4<sup>ème</sup> jour après traitement. Alors que celle des œufs (fig. 5.3.c) diminue et s'annule sous l'effet des deux doses, au même titre qu'au niveau des plants témoins. Cependant, il ressort que la dose 1 (3 ml/l) a un effet toxique plus marqué sur la disponibilité larvaire 1,

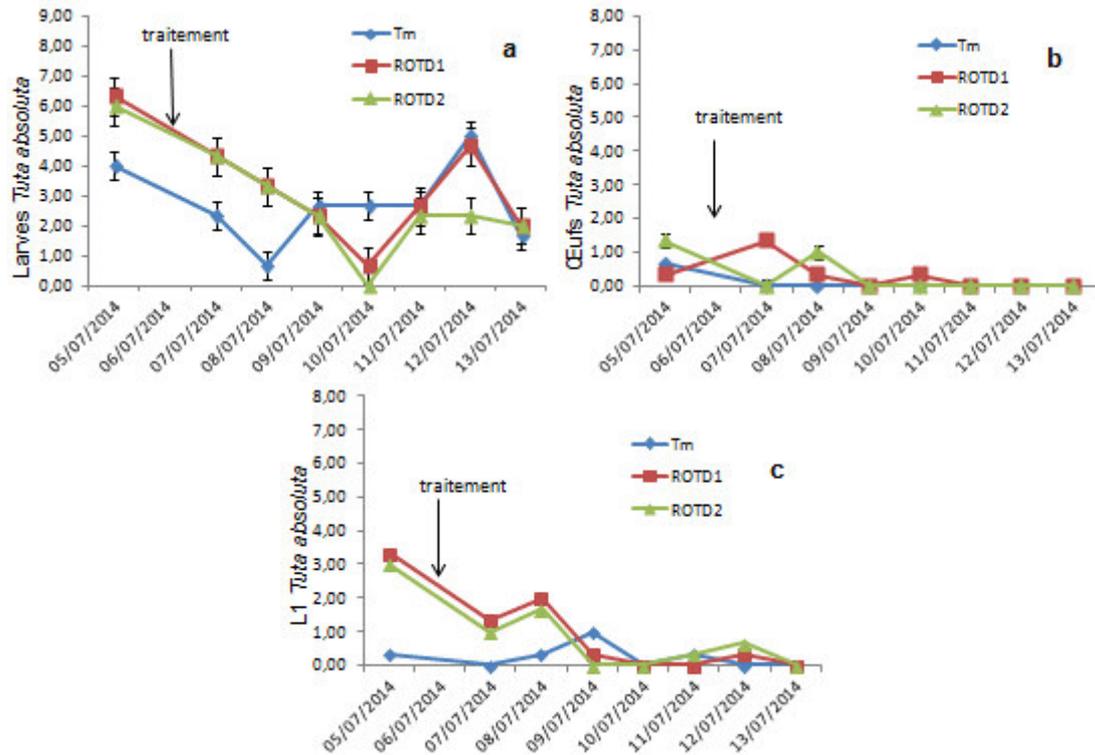
par rapport à la dose 2 (5 ml/l) dont l'effet est plus important sur la disponibilité globale.



**Figure.4.3:** Evolution temporelle de l'abondance globale (a), des œufs (b) et L<sub>1</sub> (c) de la population de *T. absoluta* sous l'effet d'huiles essentielles formulé du *R. officinalis* de Blida par rapport au témoin.

#### 4.2.1.2. Effet des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* (Tipaza)

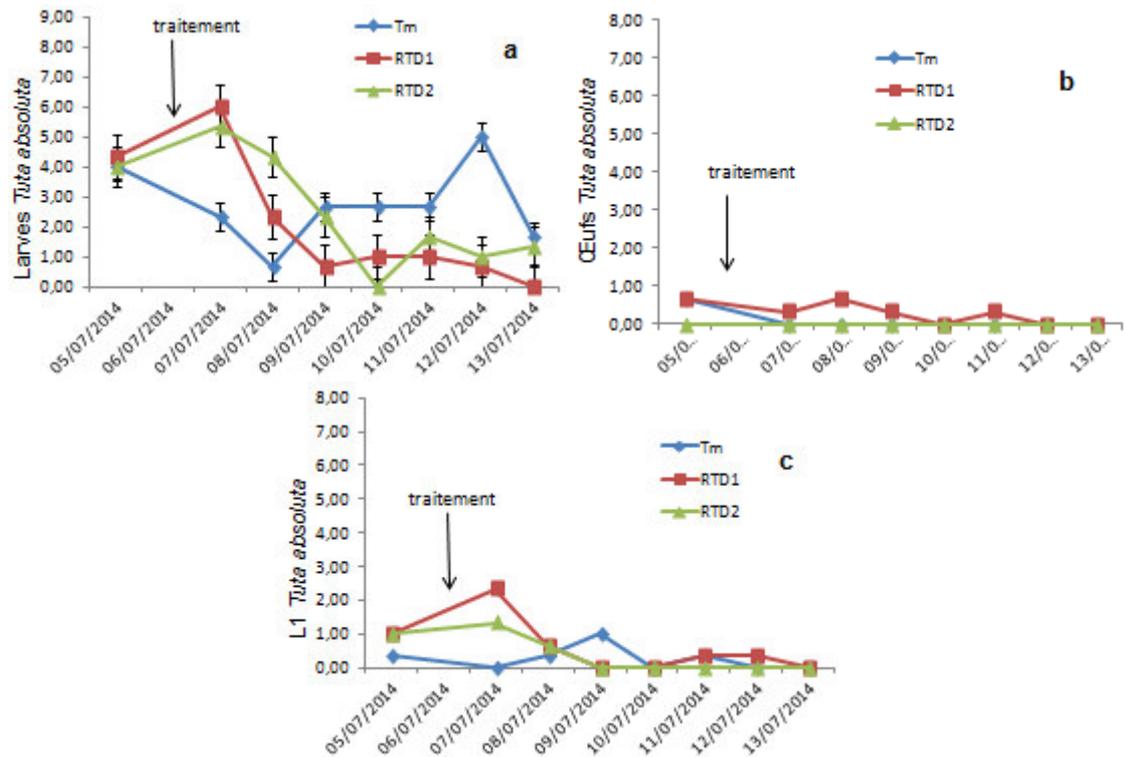
Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.4) montrent une faible abondance des différents états biologiques de *T. absoluta* avant et après traitement aux deux doses d'huiles essentielles de *R. officinalis*. Mais, à la différence des deux doses de Blida, dont l'effet est contrarié, celles de Tipaza provoquent une diminution de l'abondance globale (fig.4.4.a) et des larves 1 (fig.4.4.c) jusqu'au 4<sup>ème</sup> jour. Il ressort également de ces résultats que les deux doses ont un effet contrarié sur la disponibilité des œufs (fig.4.4.b) jusqu'au 2<sup>ème</sup> jour après traitement.



**Figure.4.4:** Evolution temporelle de l'abondance globale (a), des œufs (b) et L<sub>1</sub> (c) de la population de *T. absoluta* sous l'effet d'huiles essentielle formulé du *R.officinalis* de Tipaza par rapport au témoin

#### 4.2.1.3. Effet des huiles essentielles de *Rosmarinus tournefortii* (Tipaza)

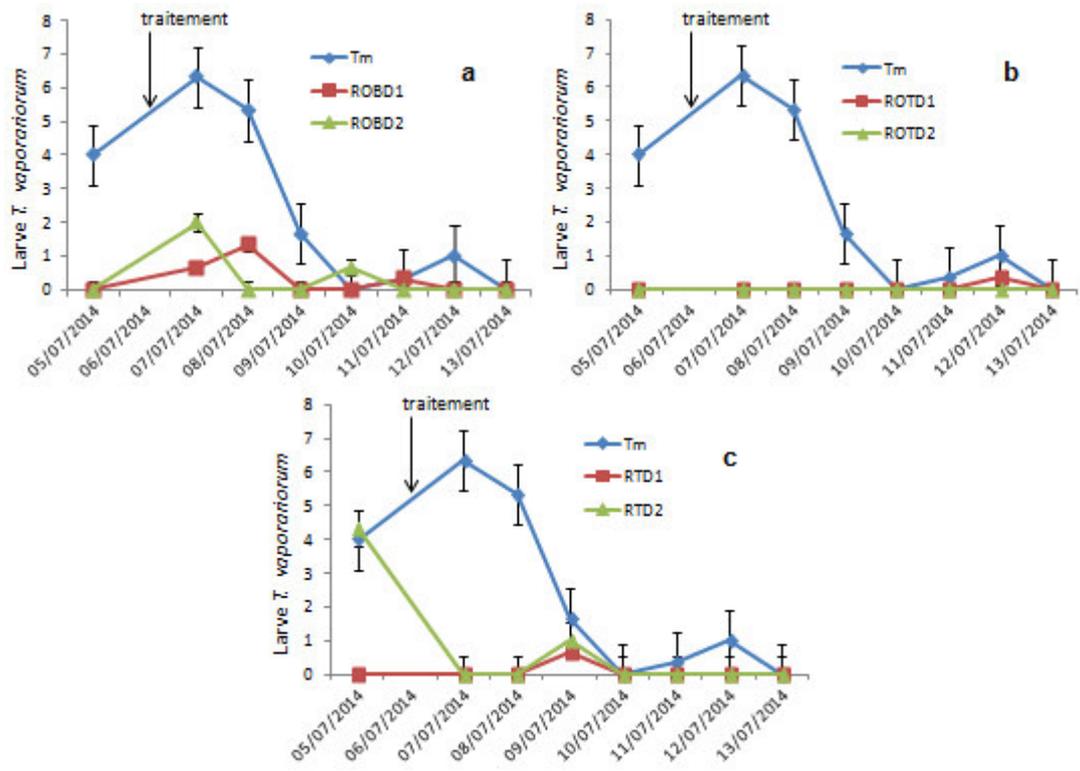
Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.5) montrent une faible abondance des différents états biologiques de *T. absoluta* avant et après traitement aux deux doses d'huiles essentielles de *R. tournefortii*, plus particulièrement au niveau des plants témoins. Les deux doses présentent une même tendance de toxicité sur la disponibilité globale (fig.4.5.a) et larvaire 1 (fig.4.5.c) respectivement jusqu'au 3<sup>eme</sup> et 4<sup>eme</sup> jour après traitement, délai à partir duquel nous constatons que les abondances restent faible ou nulle par rapport à celles des plants témoins.



**Figure.4.5:** Evolution temporelle de l'abondance globale (a), des œufs (b) et L<sub>1</sub> (c) de la population de *T. absoluta* sous l'effet d'huiles essentielle formulé du *R.tournefortii* de Tipaza par rapport au témoin

### 5.2.2. Abondance larvaire de l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*)

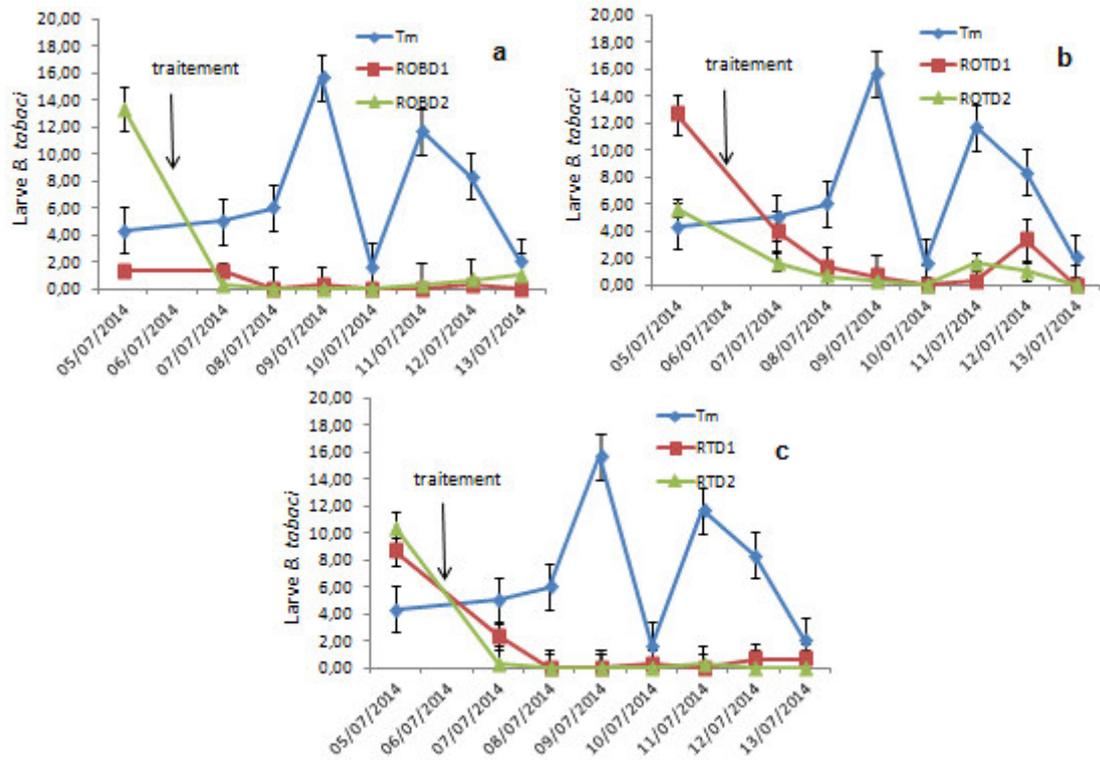
Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.6) montrent une faible abondance des larves de *Trialeurodes vaporariorum* avant et après traitement aux deux doses des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* de Blida et sous l'effet de la dose D<sub>2</sub> de *R.tournefortii* Tipaza. Alors qu'il ressort des résultats graphiques que l'effet des traitements aux doses D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> de *R. officinalis* Tipaza (fig. 4.6.b) et à la D<sub>1</sub> de *R. officinalis* Blida (fig. 4.6.a) ne peut être exploité, étant donnée l'absence d'infestation sur les plants traités.



**Figure.4.6:** Evaluation temporelle de l'abondance larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet des huiles essentielles de *R. officinalis* de Blida (a), de Tipaza (b) et de *R. tournefortei* (c) par rapport au témoin.

#### 4.2.3. Abondance larvaire de l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*)

Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.7) montrent une faible abondance des larves de *Bemisia tabaci* avant et après traitement aux deux doses des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* de Tipaza et Blida et *R. tournefortei* de Tipaza. Cependant, l'abondance larvaire figure (Fig. 4.7. a,b et c) révèle une diminution importante des larves de l'aleurode du tabac après traitement aux deux doses des trois bioproduits par rapport au témoin.



**Figure.4.7** Evaluation temporelle de l'abondance larvaire de l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*) sous l'effet des huiles essentielles de *R.officinalis* de Blida (a), de Tipaza (b) et de *R.tournefortei* (c) par rapport au témoin.

#### 4.3. Evaluation de l'effet des huiles essentielles formulées sur l'abondance des ravageurs de la tomate

L'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* (Blida et Tipaza) et *R.tournefortei* (Tipaza) a été mise en évidence sur l'abondance des ravageurs *T. absoluta*, *T. vaporariorum* et *B. tabaci*.

##### 4.3.1. Abondance de *Tuta absoluta*

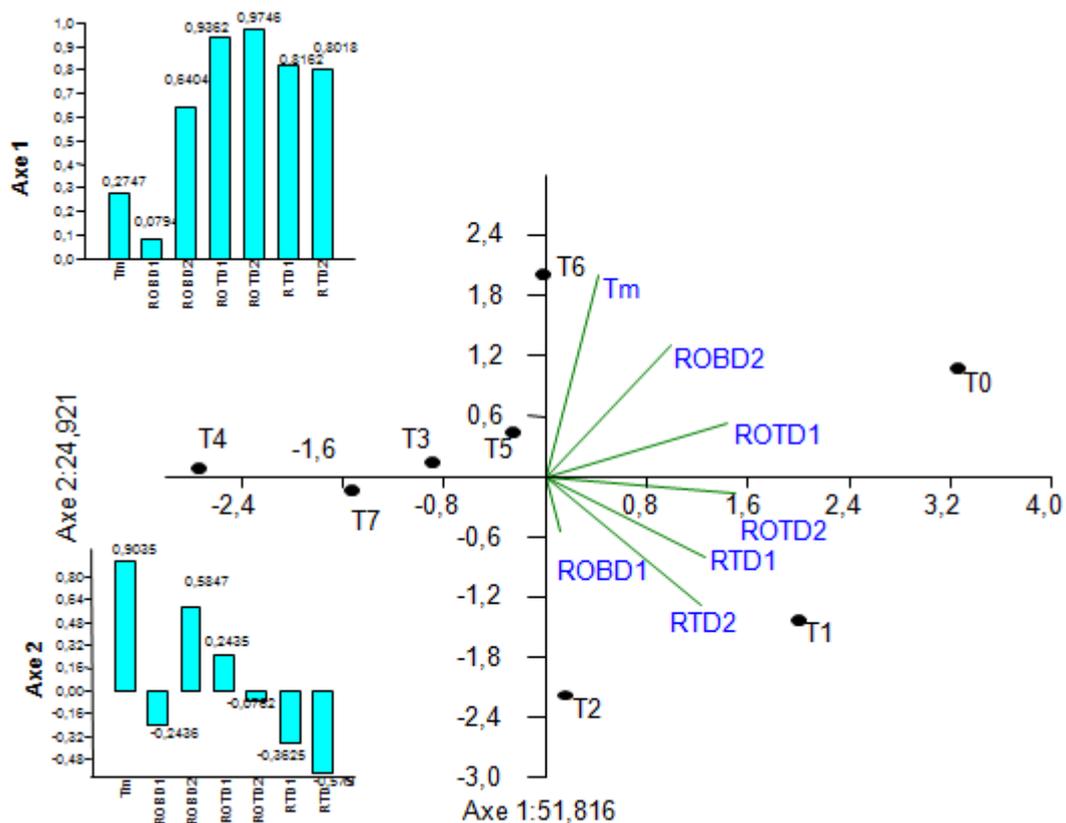
###### 4.3.1.1. Abondance larvaire globale

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des effectifs des larves de *Tuta absoluta* n'est pas vraiment satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où moins de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Fig.4.8).

La projection de l'abondance larvaire en vecteurs à travers le premier axe 1 (51,816%), montre que la disponibilité larvaire est corrélée négativement au-delà

du 3<sup>ème</sup> jour du suivi. Cette tendance est vérifiée par les valeurs positives du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.).

En revanche, la projection des mêmes données à travers le deuxième axe (24,921%) montre que les effectifs des larves évoluent différemment en deux groupes à savoir: RTD<sub>1</sub>, RTD<sub>2</sub>, ROBD<sub>1</sub>, ROTD<sub>2</sub> et le ROTD<sub>1</sub>, ROBD<sub>2</sub>, et le témoin Cette tendance est vérifiée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.8).



**Figure.4.8** : Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur la disponibilité larvaire de *Tuta absoluta*

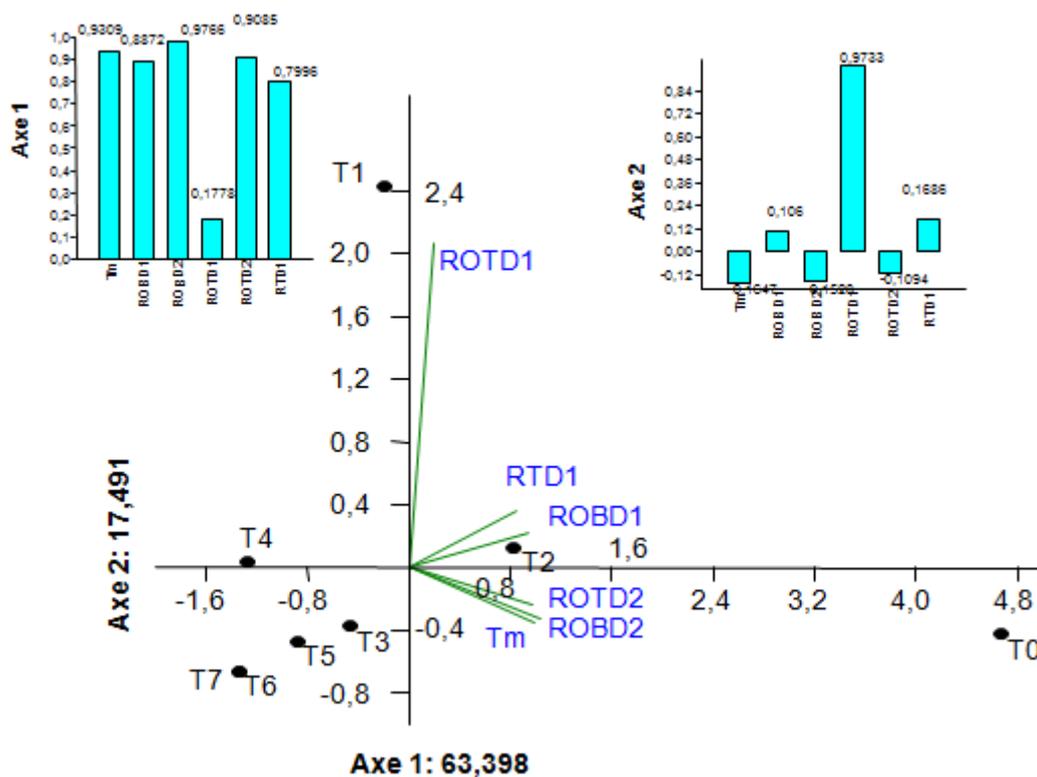
#### 4.3.1.2. Abondance des œufs

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des effectifs des œufs de *Tuta absoluta* 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 (Fig.4.9).

La projection des effectifs des œufs en vecteurs à travers le premier axe 1 (63,398 %), montre que la diminution des effectifs des œufs est corrélée négativement au-delà du 3<sup>ème</sup> jour du suivi. Cette tendance est vérifiée par les valeurs positives du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.).

En revanche, la projection des mêmes données à travers le deuxième axe (17,491 %) montre que les effectifs des œufs évoluent différemment en deux groupes à savoir : ROTD<sub>1</sub>, RTD<sub>1</sub>, ROBD<sub>1</sub>, et le ROTD<sub>2</sub>, ROBD<sub>2</sub>, et le témoin (Tm). Cette tendance est vérifiée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.9).

Dans cette analyse, nous remarquons l'absence du vecteur de RTD<sub>2</sub> car il ne présente pas de ponte.



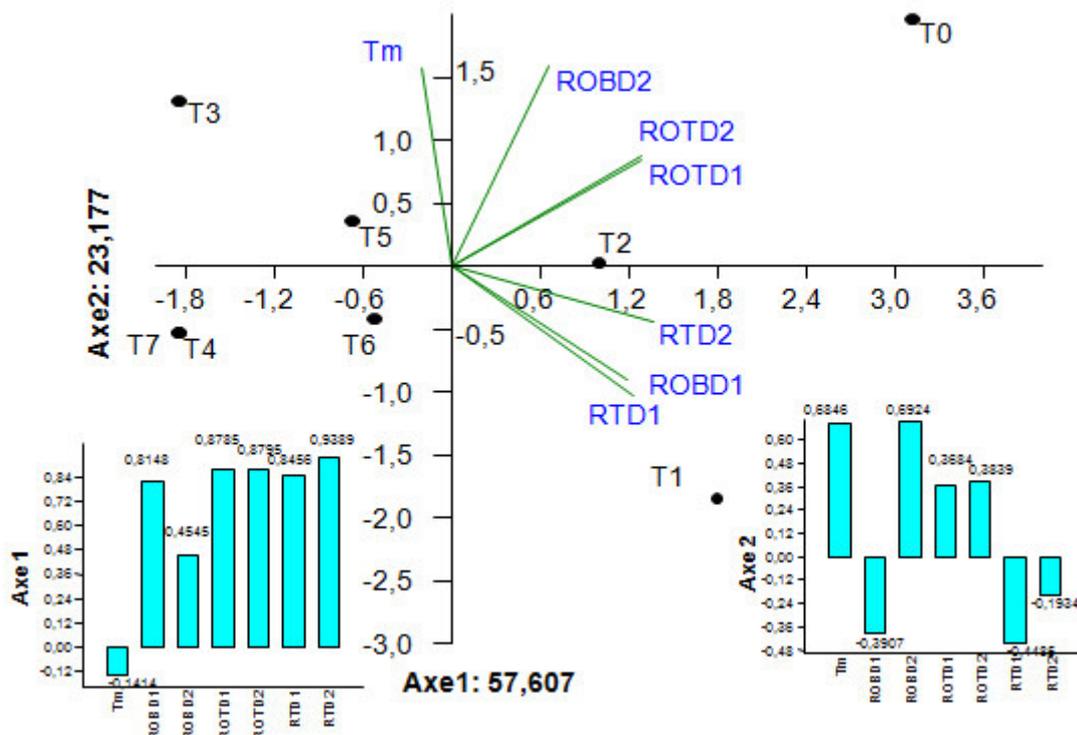
**Figure.4.9:** Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur la disponibilité des œufs de *Tuta absoluta*

#### 4.3.1.3. Abondance du stade larvaire 1

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des effectifs des larves du 1<sup>er</sup> stade de *Tuta absoluta* (L<sub>1</sub>) 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 (Fig.4.10).

La projection des effectifs des L<sub>1</sub> en vecteurs à travers le premier axe 1 (57,607%), montre que la diminution des effectifs des larves (L<sub>1</sub>) sous l'effet des différents traitements et doses est corrélée négativement au-delà du 3<sup>ème</sup> jour du suivi avec le témoin. Cette tendance est vérifiée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.10).

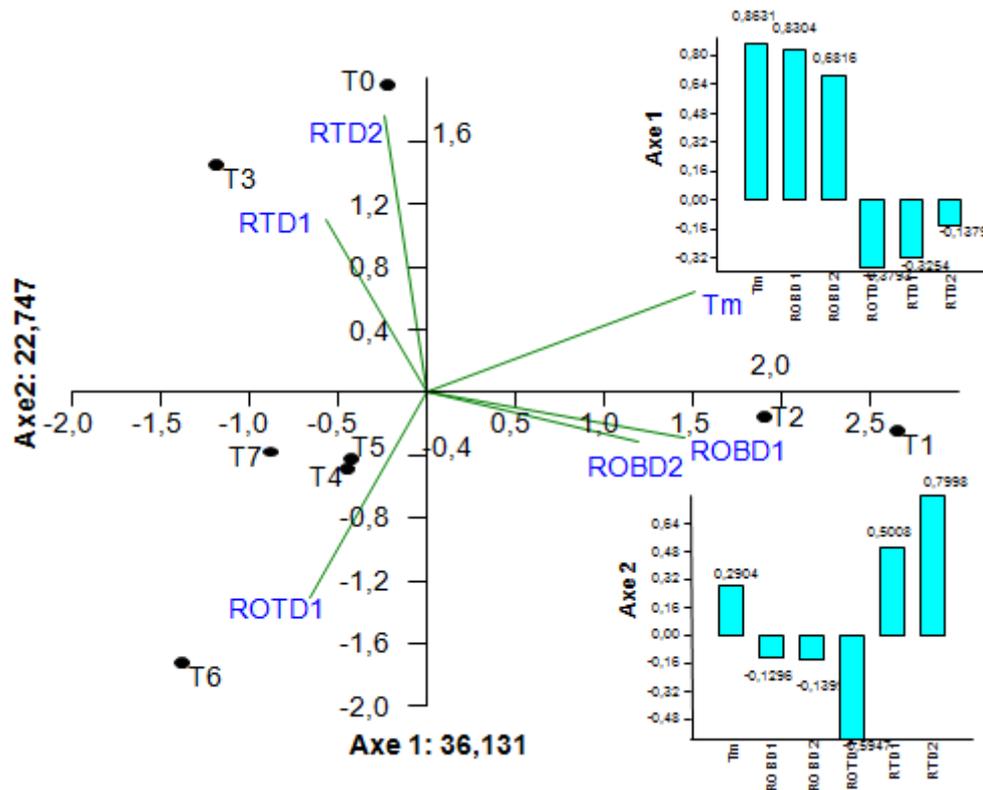
En revanche, la projection des mêmes données à travers le deuxième axe (23,117%) montre que les effectifs des L<sub>1</sub> évoluent différemment en deux groupes à savoir : ROTD<sub>1</sub>, ROTD<sub>2</sub>, ROBD<sub>2</sub>, Tm et le RTD<sub>1</sub>, RTD<sub>2</sub>, ROBD<sub>1</sub>. Cette tendance est vérifiée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.10)



**Figure.4.10:** Analyse en composantes principales de l'effet temporel huiles essentielles formulées sur les L<sub>1</sub> de *Tuta absoluta*

#### 4.3.2. Abondance larvaire de l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*)

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des effectifs des larves du *Trialeurodes vaporariorum* n'est pas satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés (58,878%) dans la mesure où moins de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Fig.4.11).



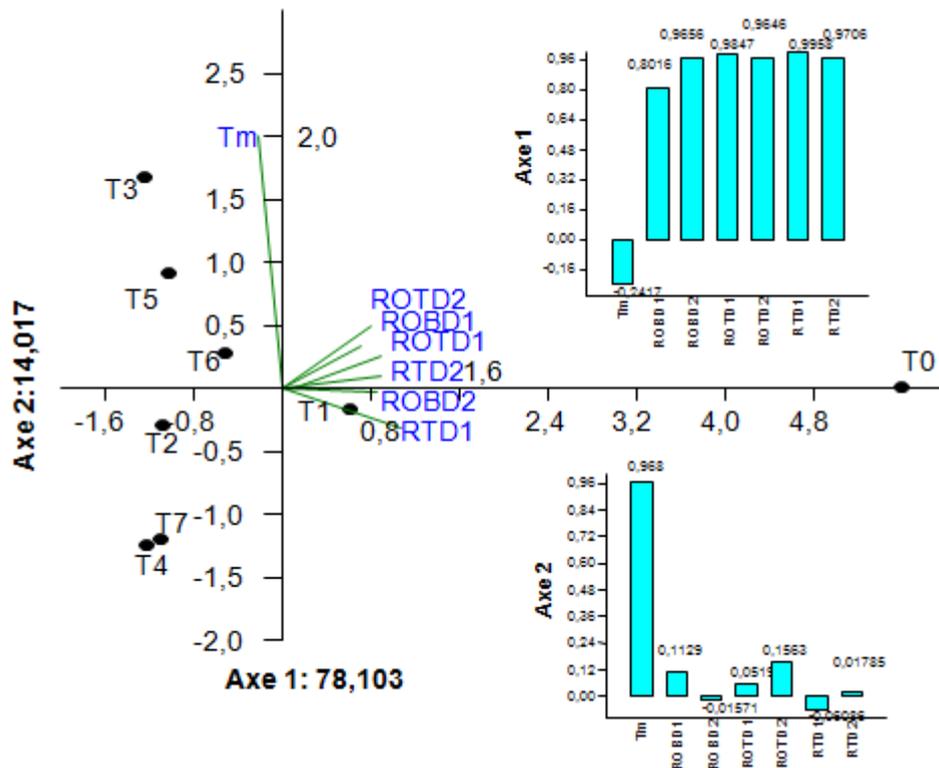
**Figure.4.11** : Analyse en composantes principales de l'effet temporel huiles essentielles formulées sur les larves de l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*)

#### 4.3.3. Abondance larvaire de l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*)

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des effectifs des larves *Bemisia tabaci* 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 (Fig.4.12).

La projection des effectifs des larves en vecteurs sous l'effet des différentes doses des bioproduits montre que la plus importante partie des résultats est représentée à travers le premier axe 1 (78,103%). Elle montre que la diminution

des effectifs des larves est corrélée négativement au témoin au-delà du 2<sup>ème</sup> jour. Cette tendance est vérifiée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.12).



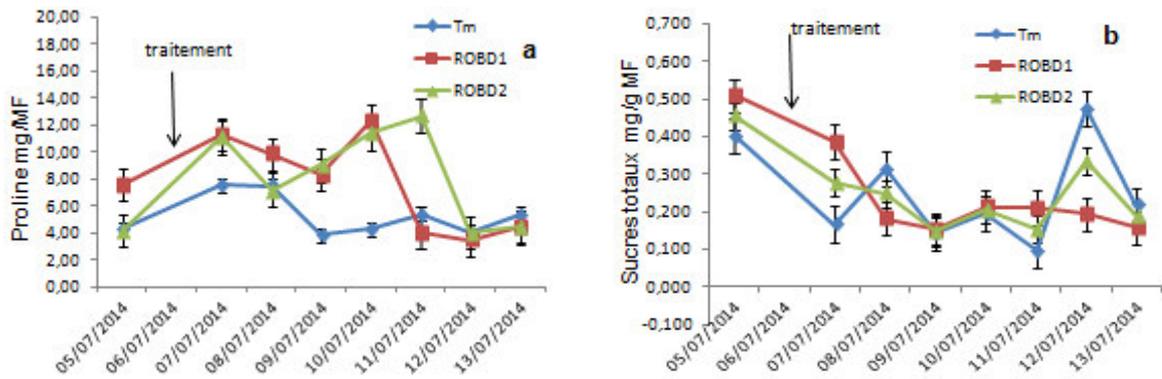
**Figure.4.12:** Analyse en composantes principales de l'effet temporel huiles essentielles formulées sur les larves de l'aleurode du tabac (*Bemisia tabac*)

#### 4.4. Effet temporel des huiles essentielles formulées sur les taux proline et sucres totaux de la tomate

##### 4.4.1. Effet temporel des huiles essentielles formulées de *Rosmarinus officinalis* (Blida)

Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.13) montrent l'évolution de la biosynthèse de la proline et des sucres totaux par la plante sous l'effet des traitements aux deux doses d'huiles essentielles formulées de *R. officinalis* Blida.

Il apparaît de ces résultats une accumulation temporelle plus marquée du taux de proline sous l'effet des deux doses par rapport au témoin, jusqu'au 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> jours. Ces traitements occasionnent également une perturbation et une diminution de la biosynthèse des sucres totaux.

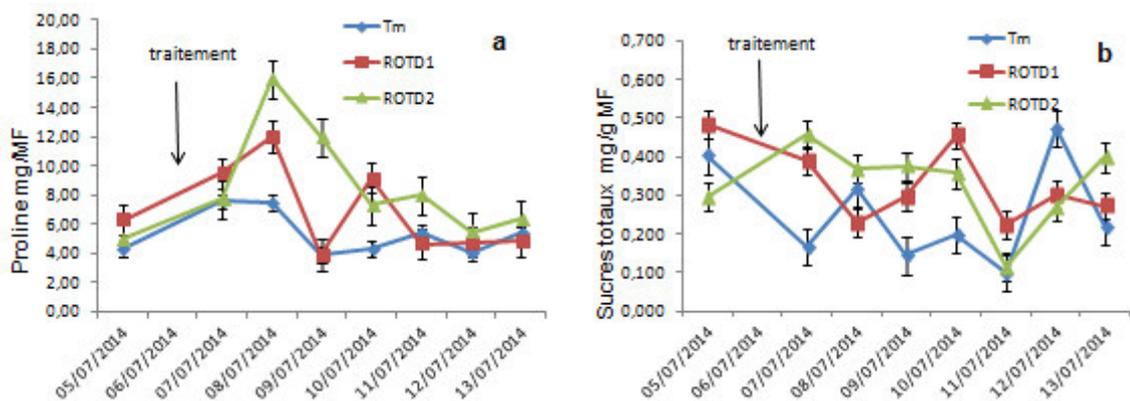


**Figure.4.13:** Evolution temporelle de taux de proline (a) et de sucres totaux (b) sous l'effet d'huiles essentielle formulée de *R.officinalis* de Blida

#### 4.4.2. Effet temporel des huiles essentielles formulées *Rosmarinus officinalis* (Tipaza)

Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.14) montrent l'évolution de la biosynthèse de la proline et des sucres totaux par la plante sous l'effet des traitements aux deux doses d'huiles essentielles formulées de *R. officinalis* Tipaza.

Il apparait de ces résultats une accumulation temporelle plus marquée du taux de proline sous l'effet des deux doses par rapport au témoin, jusqu'au 4<sup>eme</sup> et 5<sup>eme</sup> jour. Ces traitements occasionnent également une perturbation avec une augmentation de la biosynthèse des sucres totaux par rapport aux plants témoins.



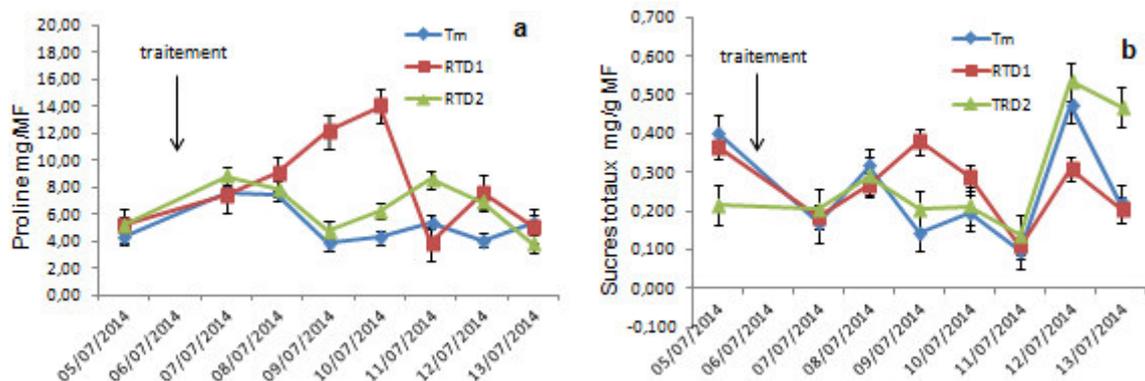
**Figure.4.14:** Evolution temporelle de taux de proline (a) et de sucres totaux (b) sous l'effet d'huiles essentielle formulée de *R.officinalis* de Tipaza.

#### 4.4.3. Effet temporel de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus tournefortii* (Tipaza)

Les résultats graphiques reportés sur la figure (4.15) montrent l'évolution de la biosynthèse de la proline et des sucres totaux par la plante sous l'effet des traitements aux deux doses d'huiles essentielles formulées de *R. tournefortii* (Tipaza).

Il apparait de ces résultats une accumulation temporelle plus marquée du taux de proline chez les plants traités avec la D<sub>1</sub> jusqu'au 5<sup>ème</sup> jour que chez les traités avec la D<sub>2</sub> dont la biosynthèse prolinique est légèrement supérieure à celle des plants témoins.

Ces traitements provoquent également une perturbation de la biosynthèse des sucres totaux.



**Figure.4.15:** Evolution temporelle de taux de proline (a) et de sucres totaux (b) sous l'effet d'huiles essentielle formulée de *R.tournefortii* de Tipaza.

#### 4.5. Tendances des variations temporelles des taux de proline et sucres totaux sous l'effet des huiles essentielles saisonnières

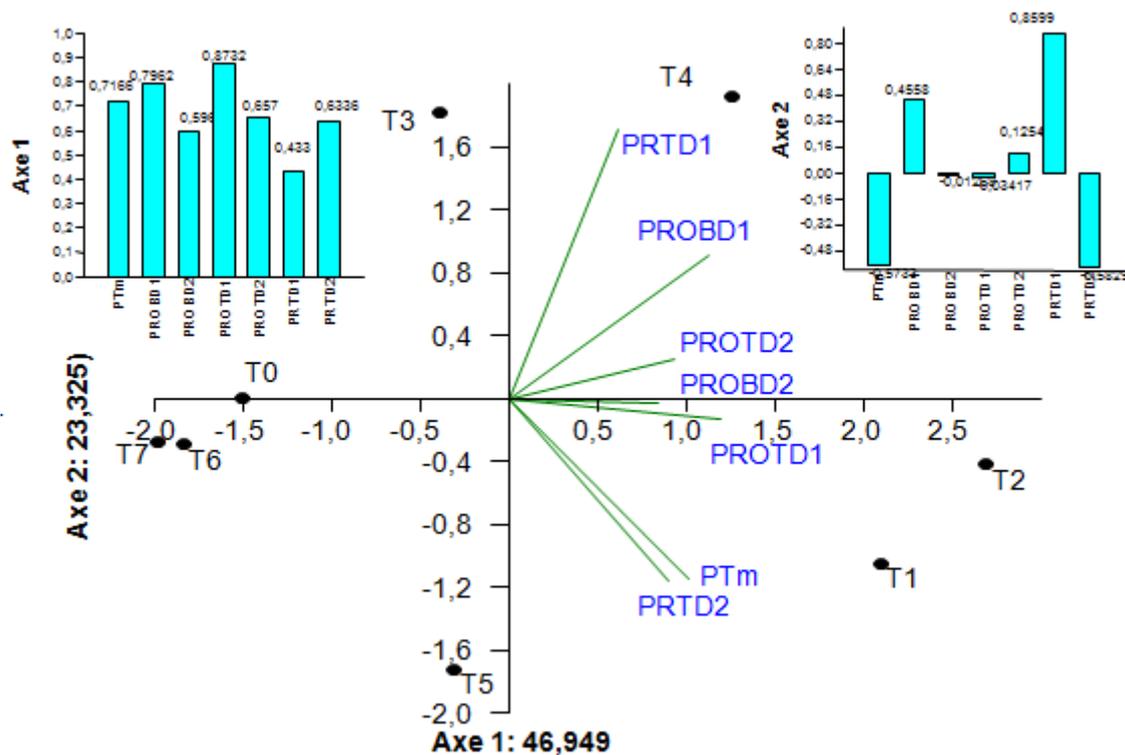
##### 4.5.1. Taux de Proline

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des valeurs de l'accumulation de la proline est marginalement satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où moins de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (70,274) (Fig.4.16).

La projection des valeurs de la biosynthèse de la proline en vecteurs à travers le premier axe 1 (46,949%), montre que l'accumulation de la proline est corrélée négativement au-delà du 3<sup>ème</sup> jour du suivi. Cette tendance est vérifiée

par les valeurs positives du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.16).

En revanche, la projection des mêmes données à travers le deuxième axe (23,325%) montre que l'accumulation de la proline évolue différemment en deux groupes à savoir :  $RTD_1$ ,  $ROBD_1$ ,  $ROTD_2$  et le  $ROTD_1$ ,  $RTD_2$ ,  $ROBD_2$ ,  $T_m$ . Cette tendance est vérifiée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.16).



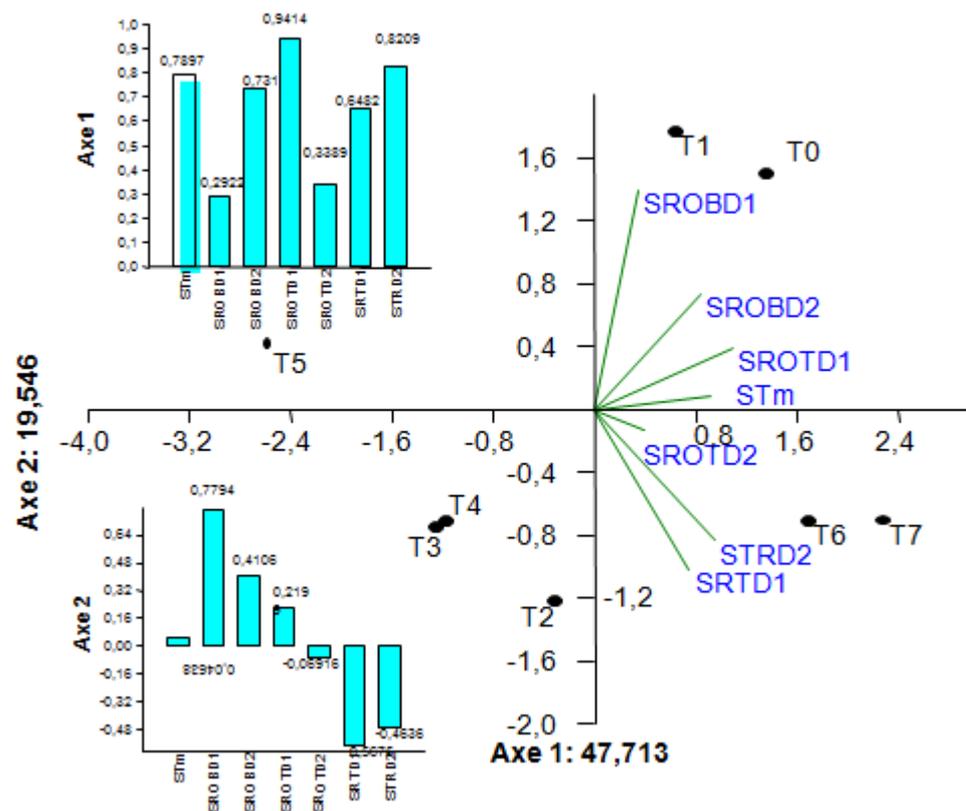
**Figure 4.16:** Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur l'accumulation de la proline

#### 4.5.2. Taux des sucres totaux

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des valeurs de l'accumulation des sucres totaux n'est pas satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où moins de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (67,259) (Fig.4.17).

La projection des valeurs de l'accumulation des sucres totaux en vecteurs à travers le premier axe 1 (47,713%), montre que la biosynthèse des sucres totaux est corrélée négativement entre le 2<sup>ème</sup> et le 5<sup>ème</sup> jour du suivi. Cette tendance est vérifiée par les valeurs positives du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.17).

En revanche, la projection des mêmes données à travers le deuxième axe (19,546%) montre que l'accumulation de la proline évolue différemment en deux groupes à savoir :  $RTD_1$ ,  $RTD_2$ , et  $ROTD_2$  et le  $ROTD_1$ ,  $ROBD_1$ ,  $ROBD_2$ , et  $Tm$ . Cette tendance est vérifiée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON (Fig.4.17).



**Figure 4.17.** Analyse en composantes principales de l'effet temporel des huiles essentielles formulées sur l'accumulation des sucres totaux.

#### 4.6. Evaluation de l'effet comparé des huiles essentielles sur l'abondance des ravageurs de la tomate

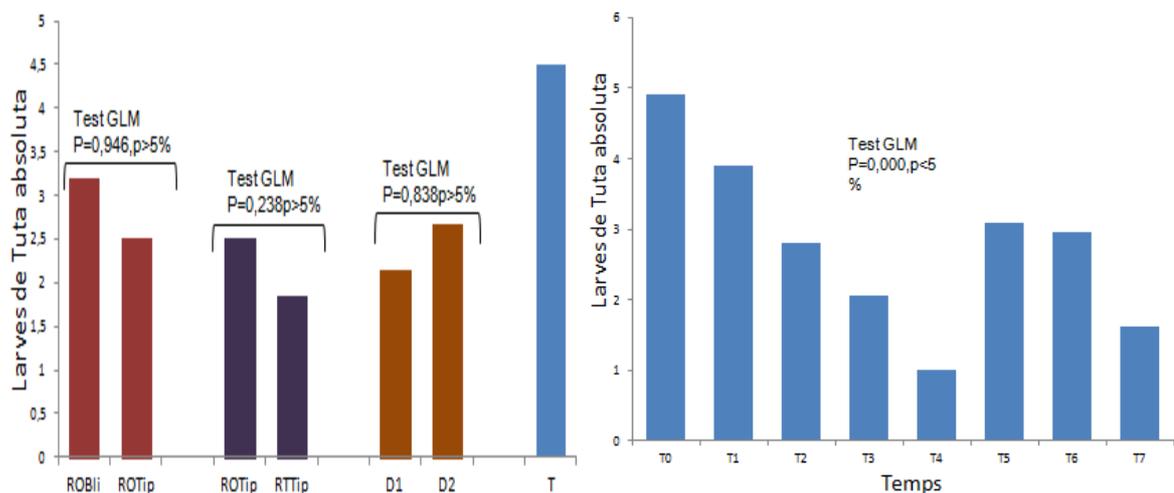
Nous avons utilisé le modèle général linéaire (GLM) de manière à évaluer les variations temporelle, régionale, variétale et des doses sur les ravageurs de la tomate (*Tuta absoluta*, *Trialeurodes vaporarum* et *Bemisia tabaci*) et sur l'accumulation de la proline et des sucres totaux chez la tomate sous l'effet des trois traitements d'huiles essentielles formulées à base de *R. officinalis* de Blida et Tipaza et *R. tournefortii* de Tipaza.

Ce modèle permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir l'interaction entre eux.

#### 4.6.1. Abondance de *Tuta absoluta*

##### 4.6.1.1. Abondance larvaire globale

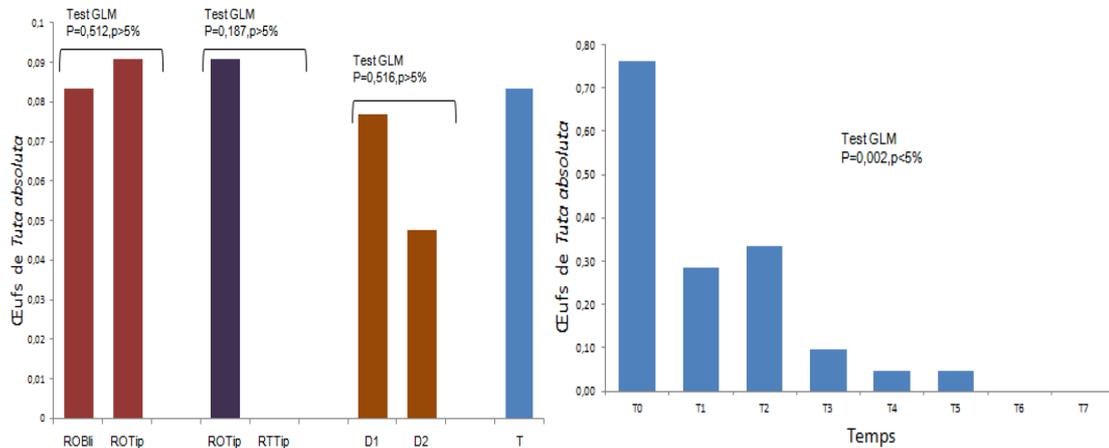
L'abondance des larves de *Tuta absoluta* ne présente pas de différence significative entre doses ( $p=0,838$ ), région ( $p=0,946$ ) et espèce ( $p=0,238$ ). Cependant, par rapport au témoin, les résultats graphiques figure (5.18) montrent que les huiles essentielles sont plus efficaces à la dose  $D_1$  et que celles *Rosmarinus officinalis* de Tipaza s'avèrent les plus efficace sur la diminution temporelle très marquée de l'abondance larvaire ( $p=0,000$ ).



**Figure.4.18:** Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de *R.officinalis* de Blida et Tipaza et de *R.tournefortii*.de Tipaza sur l'abondance globale de *T. absoluta*

##### 4.6.1.2. Abondance des œufs

L'abondance des œufs de *Tuta absoluta* ne présente pas de différence significative entre doses ( $p=0,512$ ), région ( $p=0,187$ ) et espèce ( $p=0,516$ ). Cependant, les résultats graphiques révèlent que la  $D_2$  est plus efficace et que les différents traitements présentent un effet très marqué dans le temps sur l'abondance des œufs ( $p=0,002$ ).

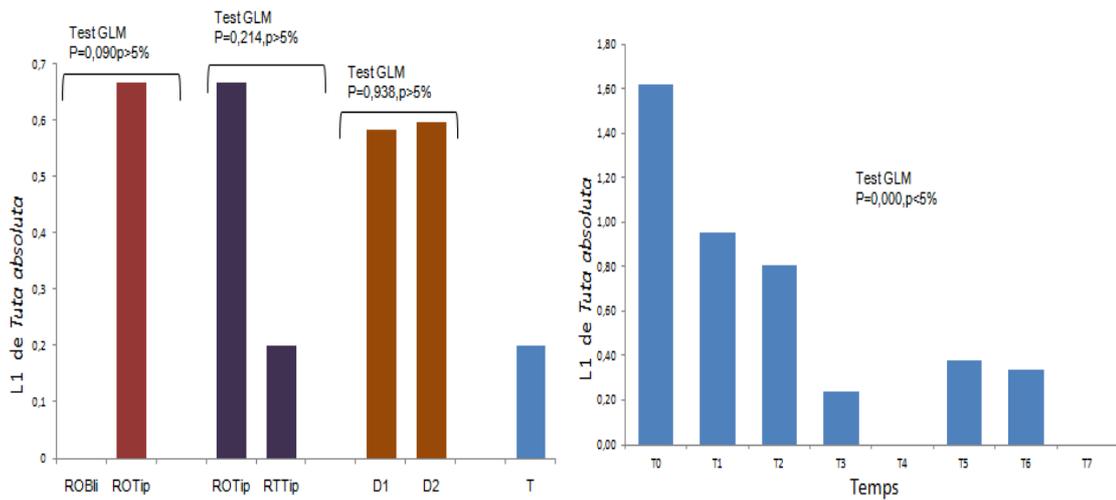


**Figure.4.19:** Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de *R.officinalis* de Blida et Tipaza et de *R.tournefortei*.de Tipaza sur l'abondance des œufs de *T. absoluta*

#### 4.6.1.3. Abondance du stade larvaire 1

L'abondance des L<sub>1</sub> de *Tuta absoluta* ne présente pas de différence significative entre dose ( $p=0,090$ ), région ( $p=0,214$ ) et espèce ( $p=0,938$ ).Cependant les différentes traitements présentent un effet très marqué dans le temps ( $p=0,000$ ) sur l'abondance des œufs.

Graphiquement, les résultats montrent que *R. officinalis* de Blida est plus efficace que celui de Tipaza et que le *R. tournefortei* de Tipaza est plus efficace que *R. officinalis* de Tipaza.

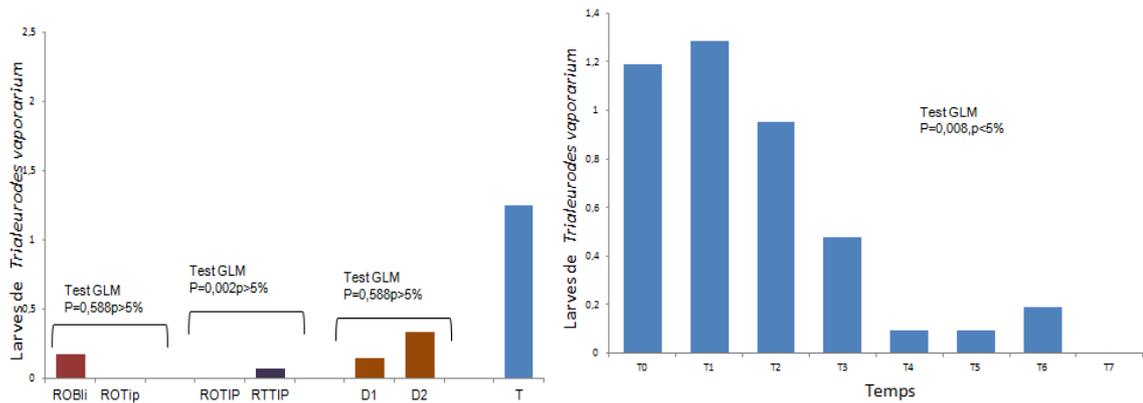


**Figure.4.20:** Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de *R.officinalis* de Blida et Tipaza et de *R.tournefortii*.de Tipaza sur l'abondance des L<sub>1</sub> de *T. absoluta*

#### 4.6.2. Abondance larvaire de l'aleurode des serres

Les huiles essentielles des deux variétés (*R. officinalis*, *R. tournefortii*) de Tipaza présentent une différence d'efficacité sur la disponibilité des larves de *Trialeurodes vaporarium* ( $p=0,002$ ), alors que celles de *R. officinalis* ne présentent pas de différence d'efficacité significative entre régions (Blida, Tipaza) ( $p=0,588$ ) et doses ( $p=0,588$ ). Cependant, il s'avère d'après les résultats graphiques que la D<sub>1</sub> est la plus efficace malgré l'absence de différence significative.

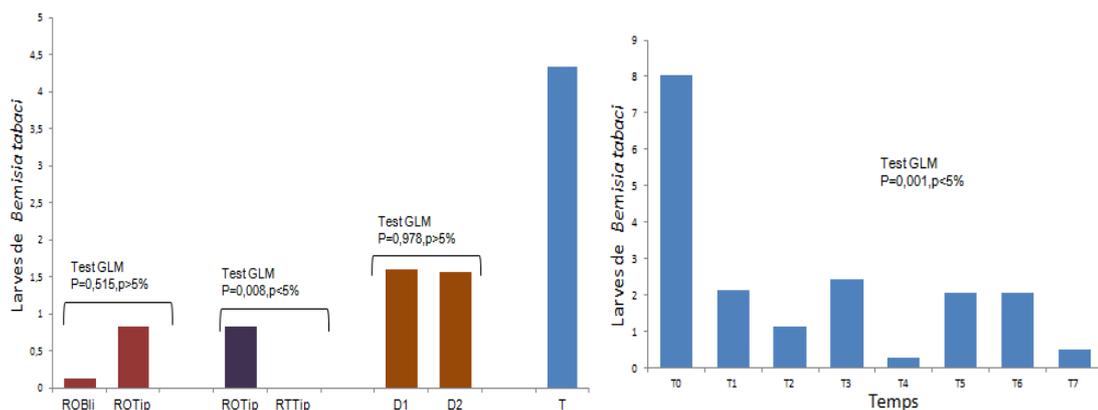
Par rapport au résultat graphique de la figure (4.21), il ressort également que les différents traitements provoquent une diminution temporelle très marquée de l'abondance larvaire de *Trialeurodes vaporarium* ( $p=0,008$ ).



**Figure.4.21:** Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de *R.officinalis* de Blada et Tipaza et de *R.tournefortii*.de Tipaza sur l'abondance des larves de *Trialeurodes vaporariorum*

#### 4.6.3. Abondance larvaire de l'aleurode du tabac

Les résultats du test de GLM montrent que l'abondance larvaire de *Bemisia tabaci* ne varie pas sous l'effet des doses ( $p=0,978$ ), régions ( $p=0,515$ ) mais les huiles essentielles des deux variétés (*R. officinalis*, *R. tournefortii*) de Tipaza présentent une différence d'efficacité ( $p=0,008$ ). Mais, les résultats graphiques montrent que malgré l'absence de différences significatives les huiles essentielles formulées d'une même variété et de régions différentes ont un effet contrasté.



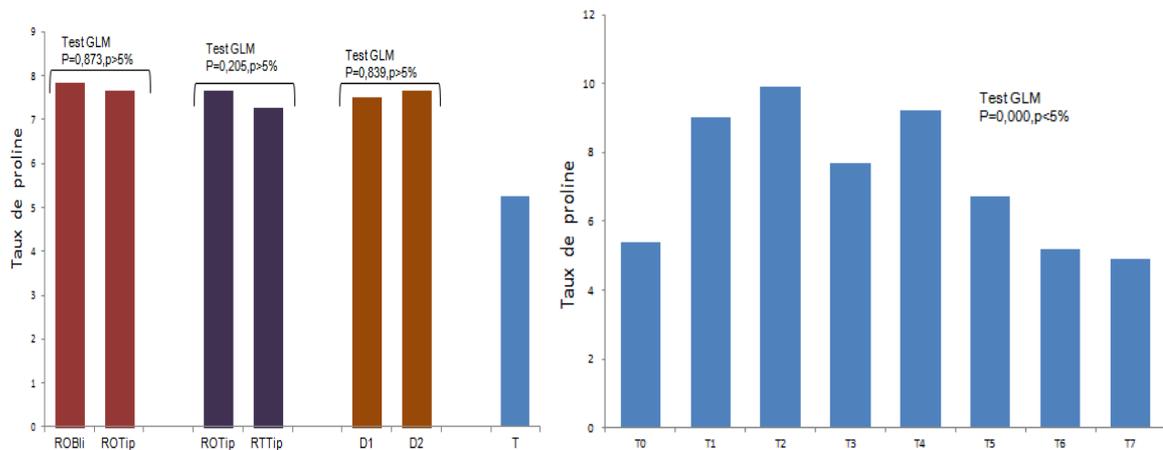
**Figure.4.22:** Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de *R.officinalis* de Blada et Tipaza et de *R.tournefortii*.de Tipaza sur l'abondance des larves de *Bemisia tabaci*

## 4.7. Effet des différentes huiles essentielles sur les taux de proline et des sucres totaux

### 4.7.1. Taux de proline

Les résultats du test de GLM montrent que la biosynthèse de la proline ne varie pas sous l'effet des doses ( $p=0,839$ ), régions ( $p=0,873$ ) et variétés ( $p=0,205$ ).

Cependant les différents traitements présentent un effet contrasté par rapport au témoin et dans le temps ( $p=0,000$ ).

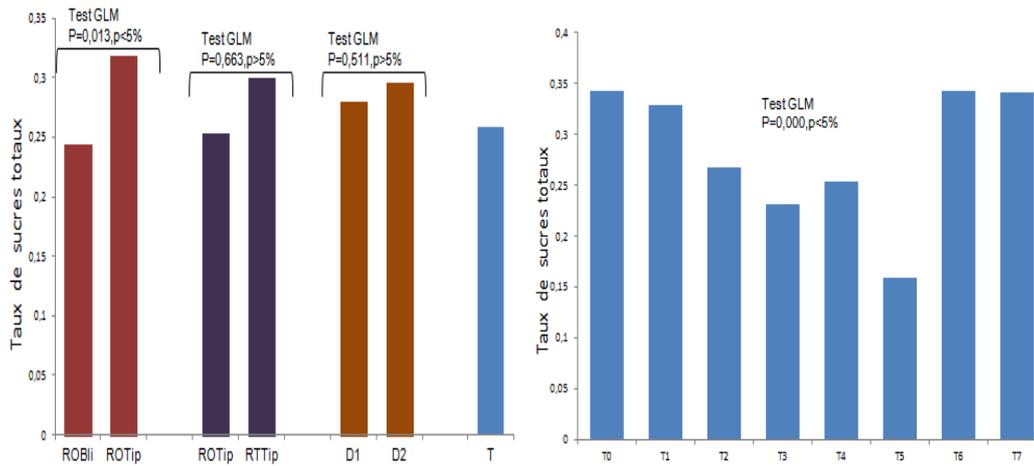


**Figure 4.23:** Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de *R. officinalis* de Blida et Tipaza et de *R. tournefortei* de Tipaza sur l'accumulation de la proline

### 4.7.2. Taux des sucres totaux

Les résultats du test de GLM montrent que la biosynthèse des sucres totaux ne varie pas sous l'effet des doses ( $p=0,511$ ), variétés ( $p=0,663$ ). Mais, elle diffère entre les huiles essentielles formulées de *R. officinalis* de Blida et Tipaza ( $p=0,013$ ).

Cependant, les différents traitements présentent un effet très marqué et contrasté dans le temps ( $p=0,000$ )



**Figure 4.24 :** Efficacité comparée temporelle des deux doses des huiles essentielles de *R.officinalis* de Blida et Tipaza et de *R.tournefortii* de Tipaza sur l'accumulation des sucres totaux

#### 4.8. Effet comparé de la disponibilité des ravageurs en fonction des taux de proline et sucres totaux sous l'effet des huiles essentielles

La comparaison de la disponibilité des ravageurs de la tomate en fonction de taux de sucres totaux et de proline sous l'effet des huiles essentielles formulées de *R.officinalis* de Blida et Tipaza et de *R.tournefortii* de Tipaza a été réalisée par le test de corrélations de PEARSON.

##### 4.8.1. Disponibilité de *Tuta absoluta*

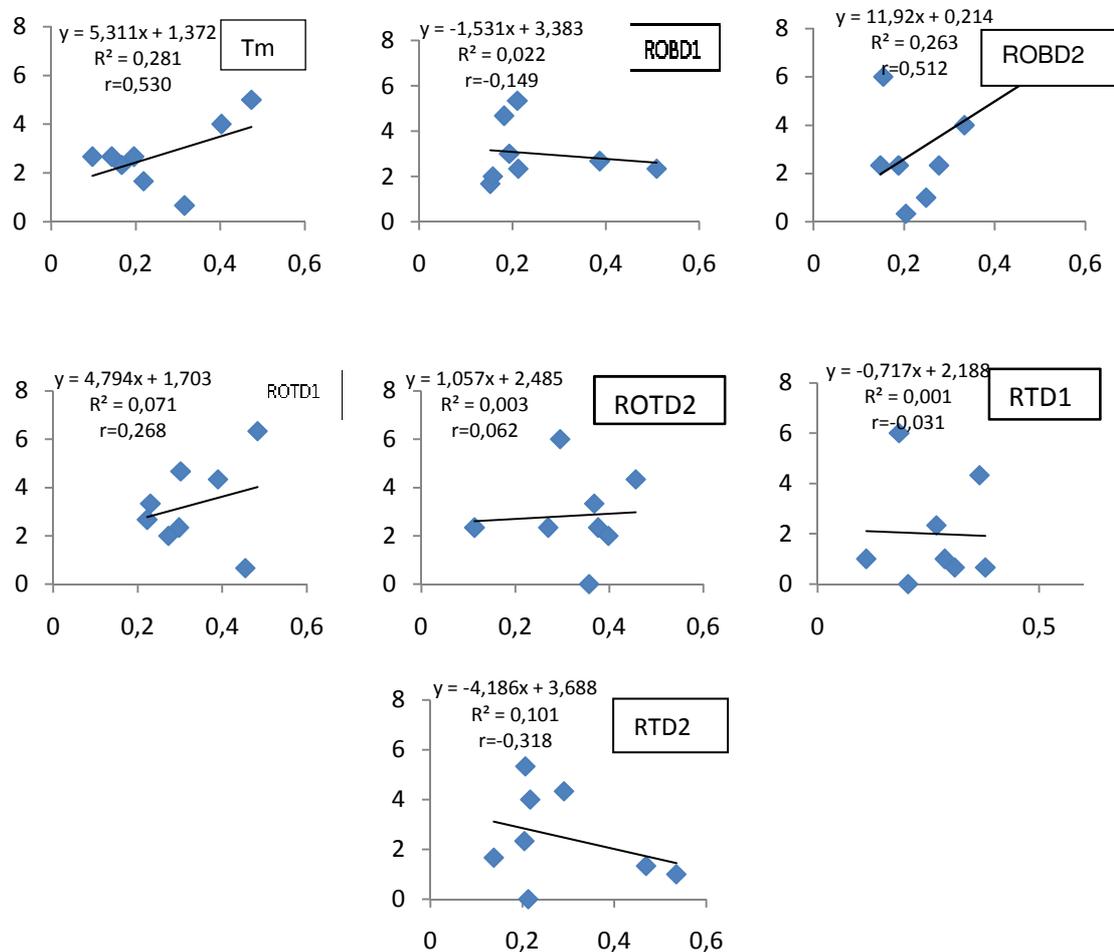
La disponibilité de *T. absoluta* a été étudiée en fonction des populations globales larvaires, du stade larvaire L<sub>1</sub> et des œufs.

##### 4.8.1. 1. Disponibilité globale

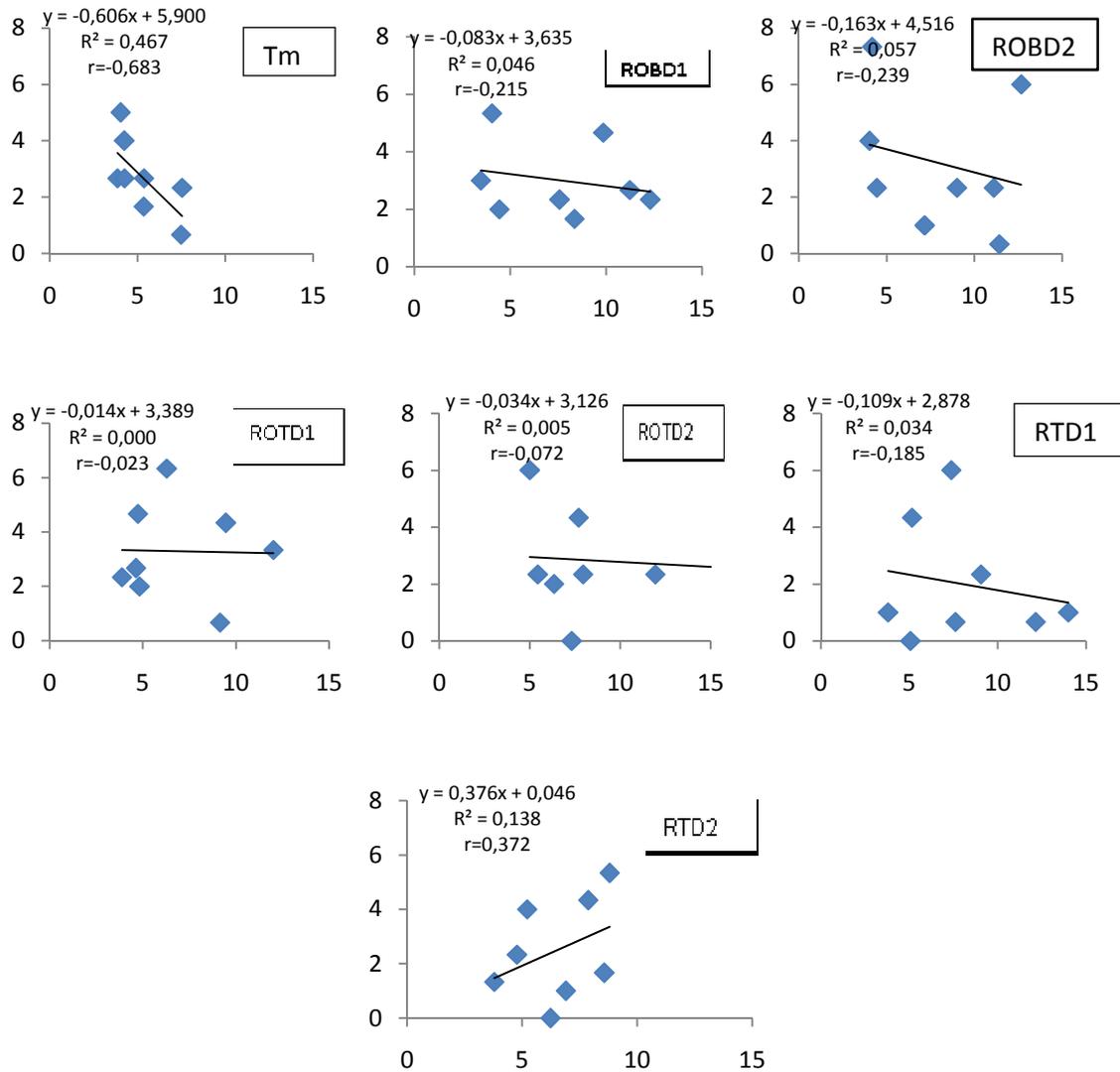
Les résultats reportés graphiquement sur la figure () montrent une corrélation positive ( $r=0,512$ ) entre le taux des sucres totaux et la disponibilité globale de *T.absoluta* sous l'effet de la dose 2 d'huile essentielle de *R.officinalis* de Blida (ROBD<sub>2</sub>), dont l'effet se rapproche de celui du témoin ( $r=0,530$ ). Aucune corrélation n'est observée sous l'effet des autres doses ( $r_{ROBD1}=0,149$ ),

( $r_{\text{ROTD1}}=0,268$ ), ( $r_{\text{ROTD2}}=0,062$ ) et ( $r_{\text{ROTD1}}=-0,031$ ). Par contre, nous notons une corrélation marginale négative ( $r=-0,318$ ) entre le taux des sucres totaux et la disponibilité globale sous l'effet de la forte dose de *R.tournefortei* (RTD2)

D'autre part, on note une corrélation marginale positive ( $r=0,372$ ) entre le taux de proline et la disponibilité globale sous l'effet de la forte dose d'huile essentielles formulée de *R.tournefortei* (RTD2) par rapport au témoin ( $r=-0,683$ ) Aucune corrélation n'est observée sous l'effet des autres doses.



**Figure.4.25:** Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité globale de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles formulées



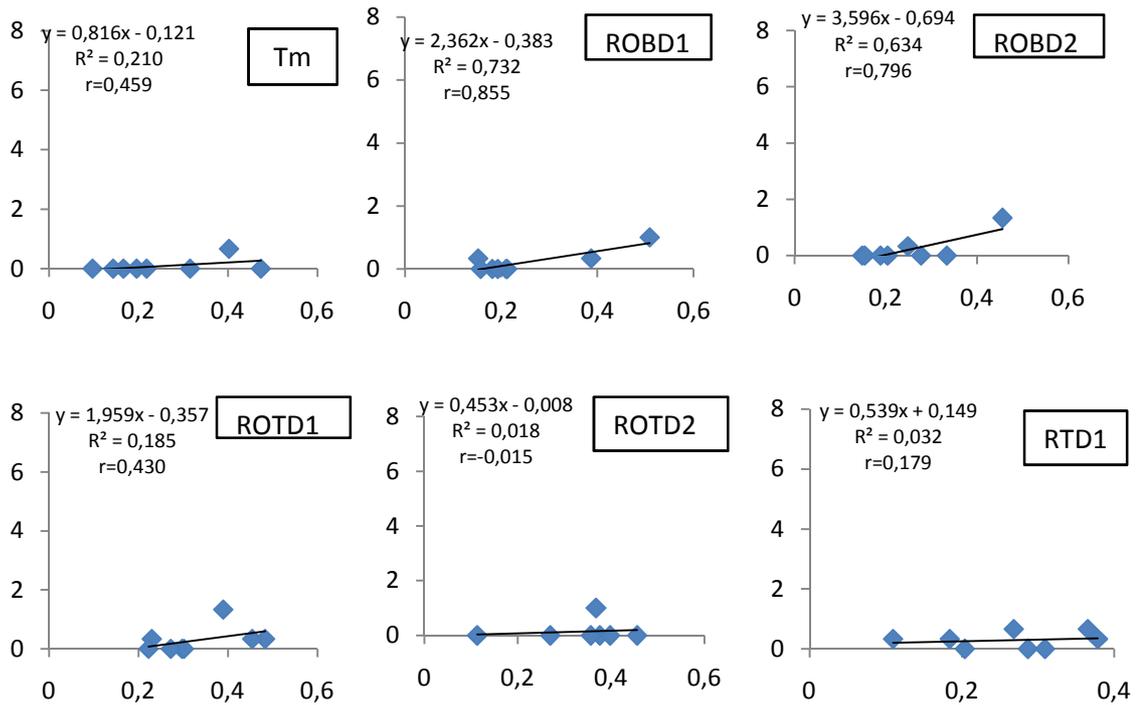
**Figure.4.26:** Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité globale de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles formulées.

#### 4.8.1. 2. Disponibilité des œufs

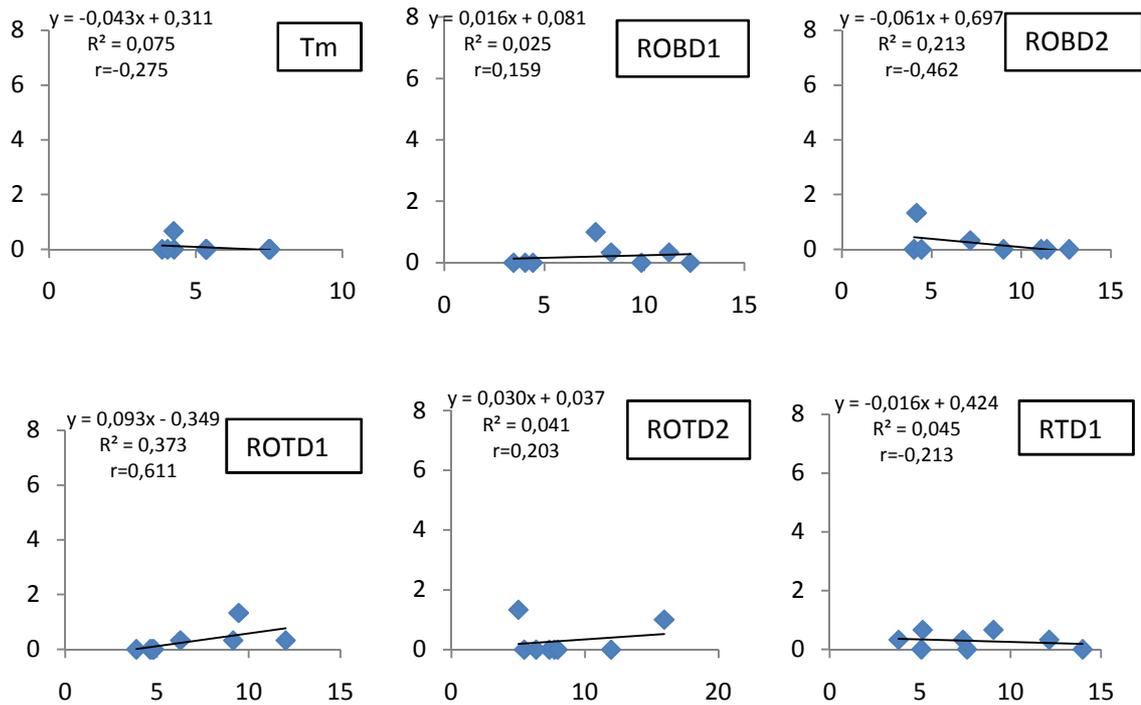
Les résultats graphiques de la figure (4.27) montrent une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité des œufs de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles formulées de ( $r_{ROBD_1}=0,855$ ), ( $r_{ROBD_2}=0,796$ ), ( $r_{ROTD1}=-0,430$ ), aucune corrélation n'est observée sous l'effet des autres doses.

Par contre, nous notons une corrélation négative ( $r=-0,462$ ) entre le taux de proline et la disponibilité des œufs sous l'effet de la dose 2 d'huile essentielles de

*R. officinalis* de Blida (ROBD<sub>2</sub>). et une corrélation positive ( $r=0,611$ ) entre le taux de proline et la disponibilité des œufs sous l'effet de la dose 1 de *R. tournefortii* (RTD<sub>1</sub>). Aucune corrélation n'est signalée sous l'effet des autres doses



**Figure.4.27:** Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité des œufs de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles formulées.

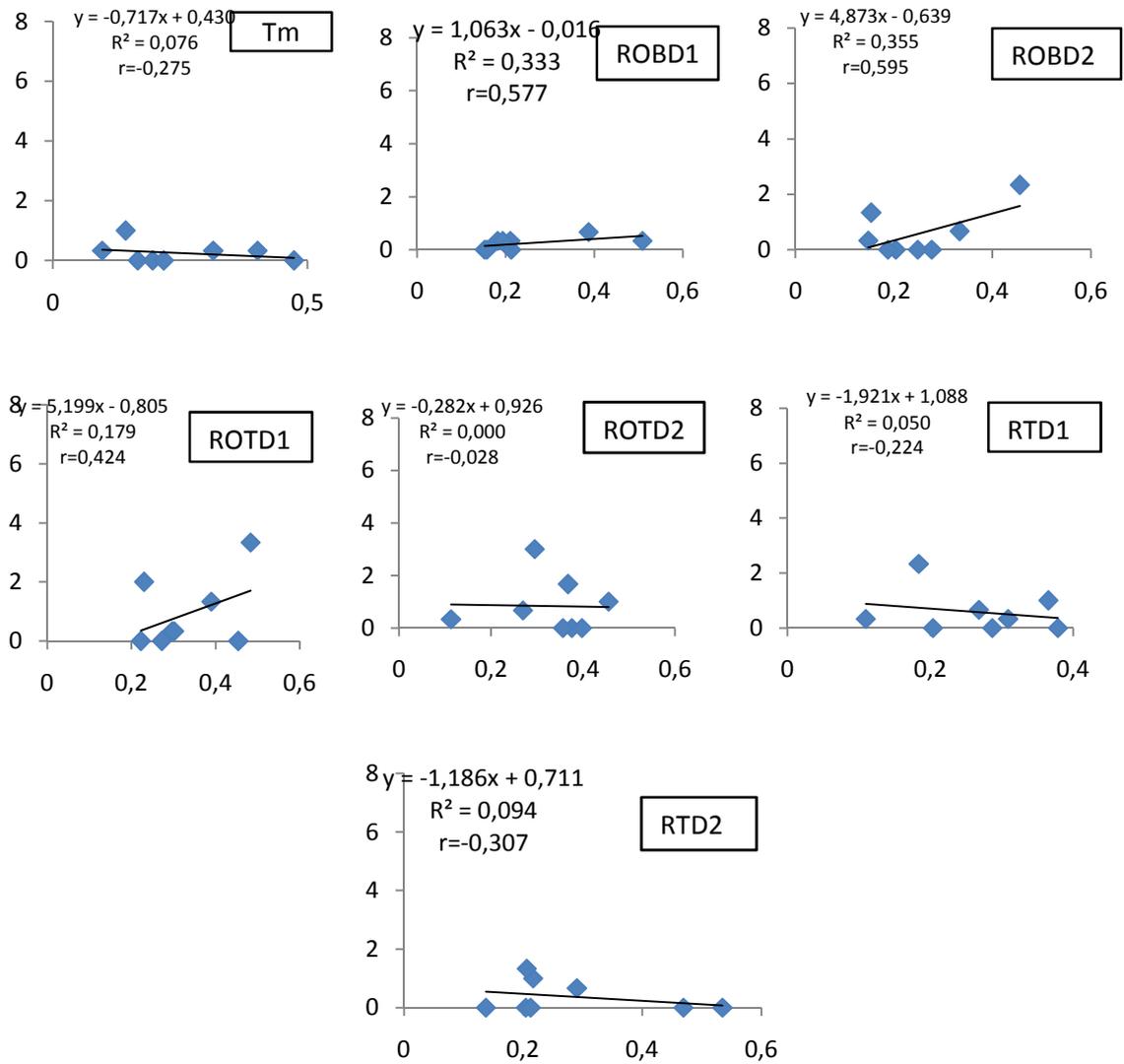


**Figure.4.28:** Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité des œufs de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles formulées.

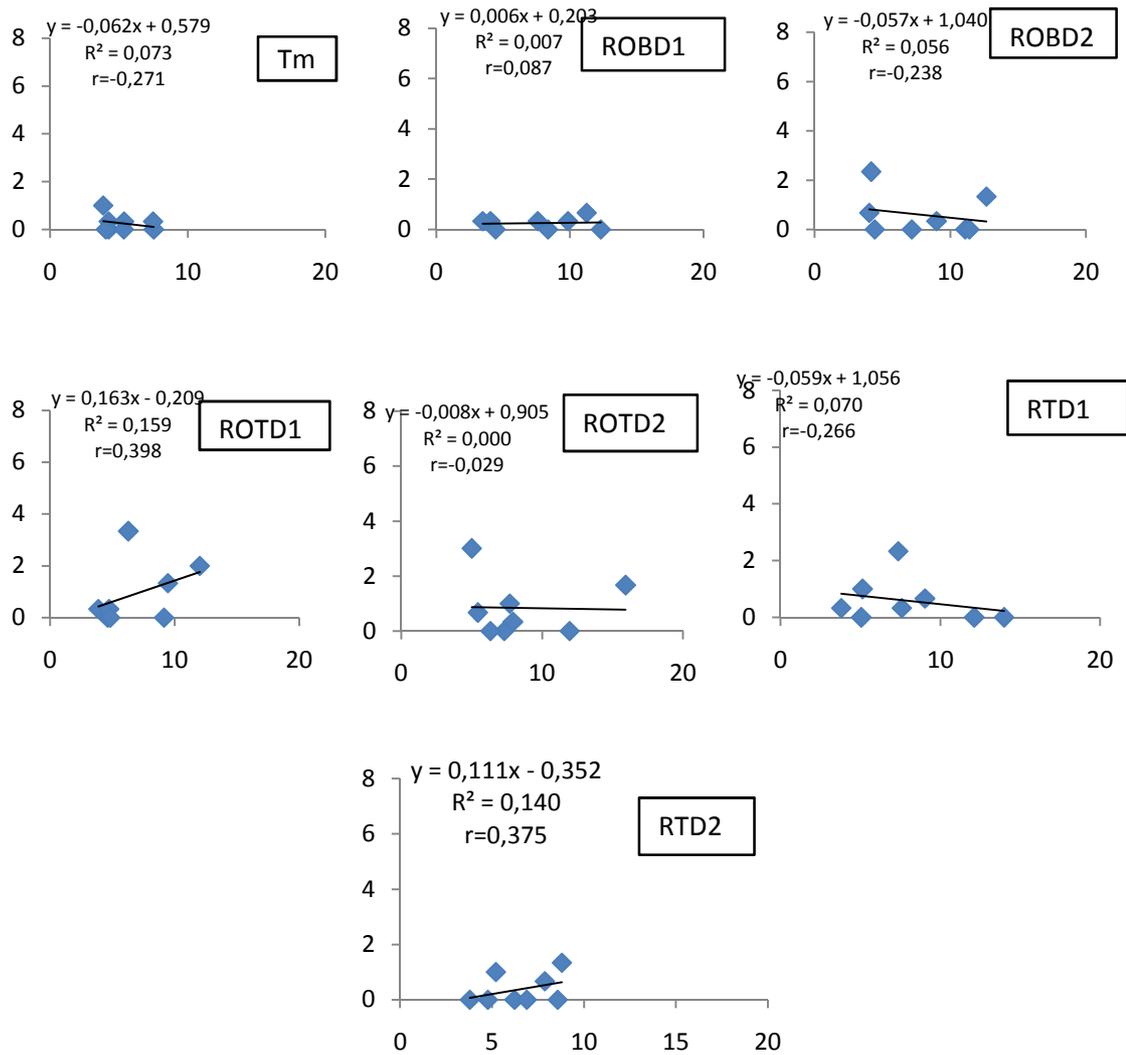
#### 4.8.1. 3.Disponibilité du stade larvaire 1

Les résultats graphiques de la figure (4.29) montrent une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité des larves L<sub>1</sub> de *T. absoluta* sous l'effet des deux doses de *R.officinalis* de Blida ( $r_{ROBD_1}=0,577$ ,  $r_{ROBD_2}=0,595$ ) et la dose 1 de *R.officinalis* de Tipaza ( $r_{ROTD_1}=-0,424$ ) et une corrélation négative sous l'effet de la dose 2 de *R.tournefortii* ( $r_{RTD_2}=-0,307$ ). Aucune corrélation n'est observée sous l'effet des autres doses.

Par contre, une corrélation marginale positive ( $r=0,398$ ) est notée entre le taux de proline et la disponibilité des larves L<sub>1</sub> sous l'effet de la dose 1 de l'huile essentielle de *R.officinalis* de Tipaza ( $ROTD_1$ ) et ( $r=0,375$ ).sous l'effet de dose 2 de l'huile essentielle de *R.tournefortii* ( $RTD_2$ ) Aucune corrélation n'est signalée sous l'effet des autres doses.



**Figure.4.29:** Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité des larves  $L_1$  de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles formulées



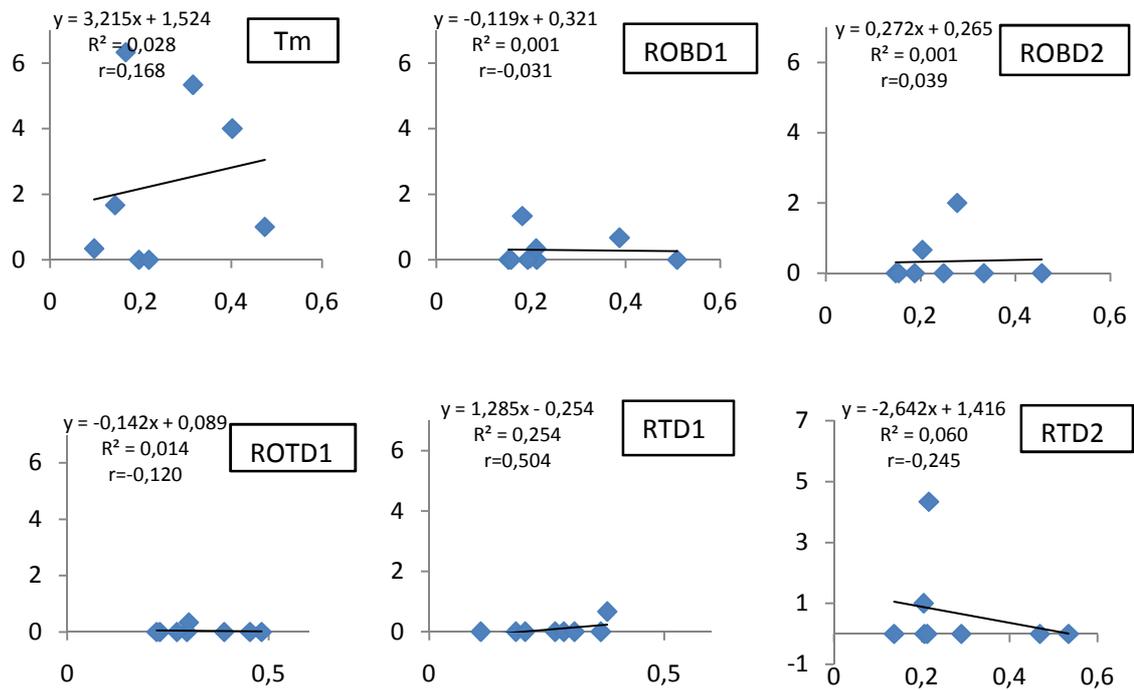
**Figure.4.30:** Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité des larves  $L_1$  de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles formulées

#### 4.8.2. Disponibilité larvaire de l'aleurode des serres

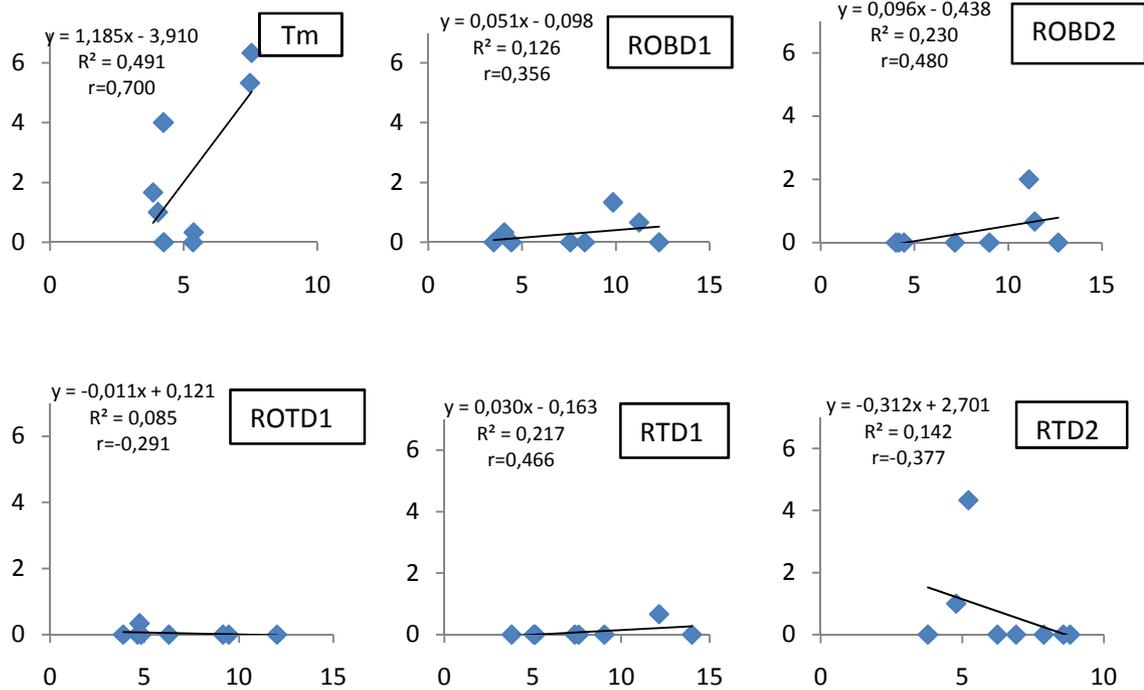
Les résultats graphiques de la figure (4.31) montrent une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet de la doses 1 d'huile essentielle formulée de *R.tournefortii* ( $r=0,504$ ), Aucune corrélation n'est signalée sous l'effet des autres doses.

Par contre on note une corrélation marginale négative ( $r=-0,377$ ) entre le taux de proline et la disponibilité larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet de la dose 2 d'huile essentielles formulée de *R.tournefortii*. Les résultats montrent aussi une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet des huiles essentielles formulées de

( $r_{ROBD_1}=0,356$ ), ( $r_{ROBD_2}=0,480$ ), ( $r_{RTD1}=-0,466$ ), aucune corrélation n'est observée sous l'effet des autres doses



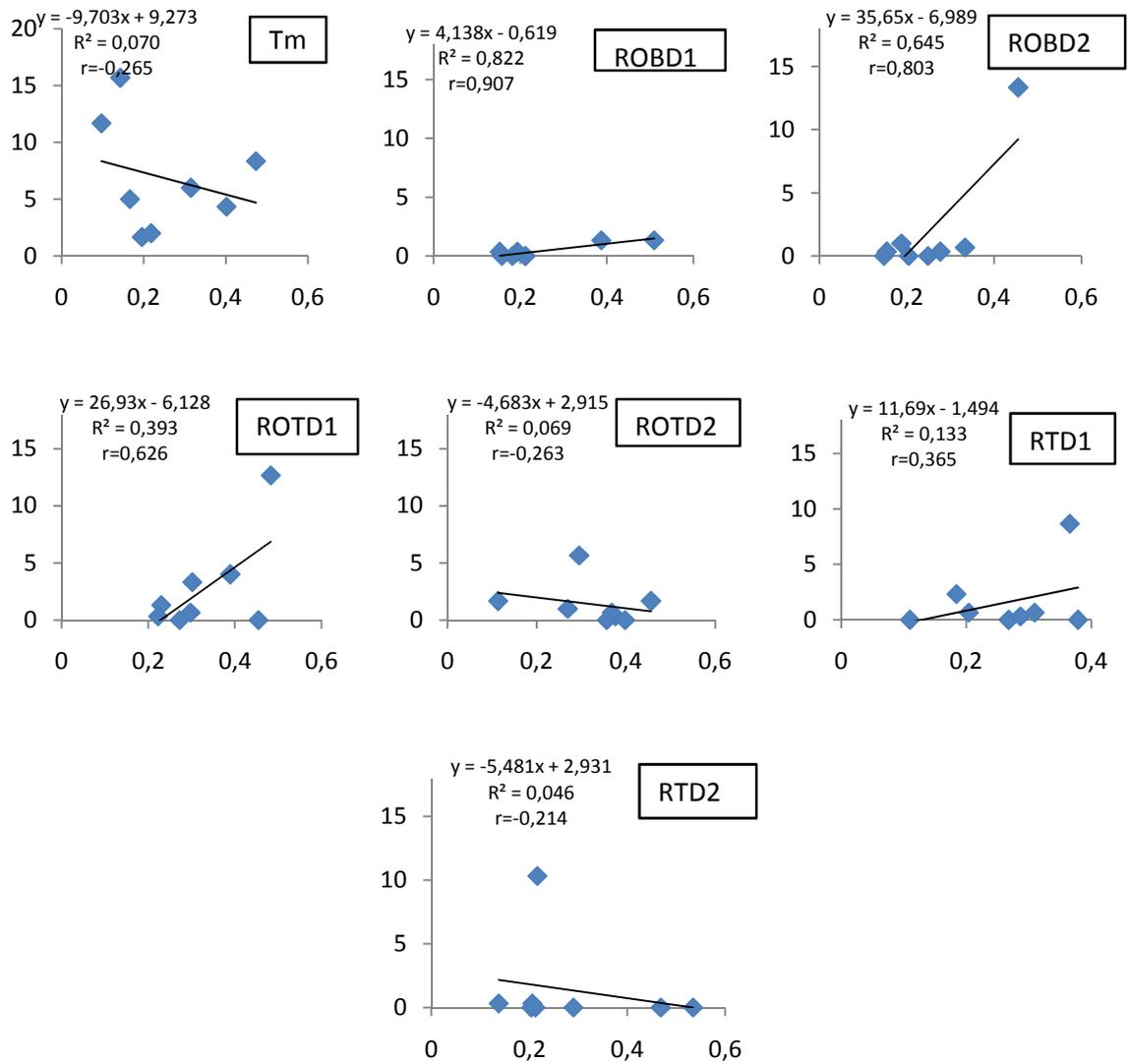
**Figure.4.31:** Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet des huiles essentielles formulées



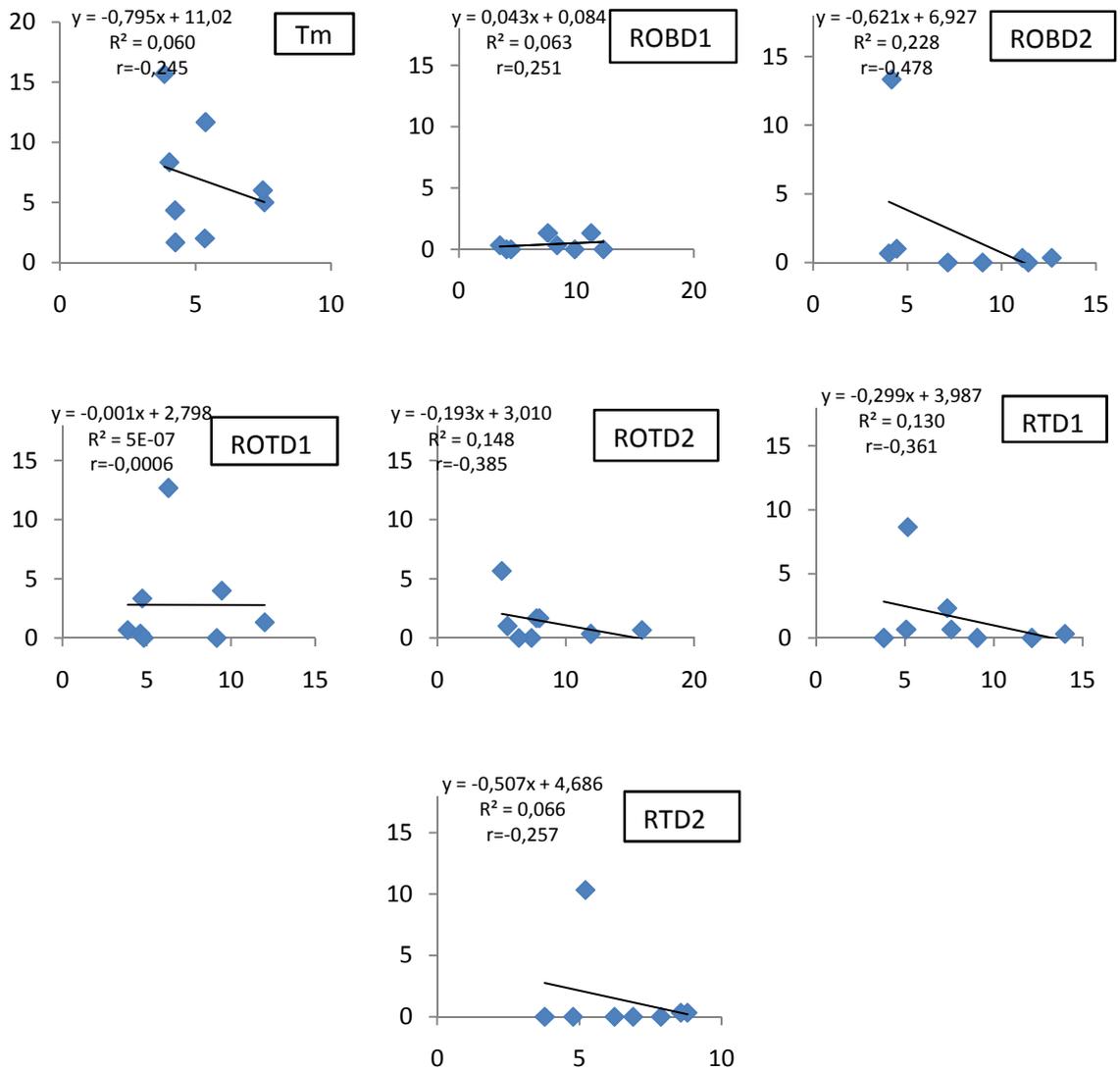
**Figure.4.32:** Evolution temporelle du taux de proline et la disponibilité larvaire de l'aleurode des serres sous l'effet des huiles essentielles formulées

#### 4.8.3. Disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac

Les résultats graphiques de la figure (4.33) montrent une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac sous l'effet des deux doses d'huile essentielle formulée de *R.officinalis* (Blida) ( $r_{ROBD_1}=0,907$ ,  $r_{ROBD_2}=0,803$ ), de la dose 1 de *R.officinalis* (Tipaza) ( $r_{ROTD_1}=0,626$ ) et marginale sous l'effet de la dose 1 de *R.tournefortii* ( $r=0,365$ ). Par contre, une corrélation négative est notée entre le taux de proline et la disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac sous l'effet de la dose 2 de *R.officinalis* de Blida et Tipaza. ( $r_{ROBD_2}=-0,478$  et  $r_{ROTD_2}=-0,385$ ) et la dose 1 de *R.tournefortii* ( $r=-0,361$ ). Aucune corrélation n'est observée sous l'effet des autres doses



**Figure.4.33:** Evolution temporelle de taux des sucres totaux et la disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac sous l'effet des huiles essentielles formulées



**Figure.4.34:** Evolution temporelle de taux de proline et la disponibilité larvaire de l'aleurode du tabac sous l'effet des huiles essentielles formulées

## CHAPITRE 5: DISCUSSION

Les pesticides utilisés en agriculture apparaissent responsables d'une pollution de la plus part des biotopes. Pour réduire les inconvénients qui surviennent de ces produits chimiques, l'utilisation de bio pesticide d'origine végétale parait une des solutions pour minimiser les préjudices.

Dans ce contexte, trois objectifs ont été menés tout au long de ce travail. Le premier porte sur l'extraction et la mise en évidence de la composition chimique des huiles essentielles de *R. officinalis* récolté à Blida et Tipaza et *R. tournefortii* récolté à Tipaza. Le second, est de vérifier leur éventuel pouvoir insecticide sur les ravageurs de la tomate, *Tuta absoluta*, *Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*. Le dernier objectif vise à connaître l'effet de ces huiles essentielles sur la production de proline et de sucres totaux par la plante et de mettre en évidence leur impact sur l'installation des populations de *T. absoluta*, *T. vaporariorum* et *B. tabaci*.

### 5.1. Caractérisation des huiles essentielles

L'activité biologique d'une huile essentielle extraite de plante aromatique dépend souvent de ses constituants majoritaires. Ainsi, il nous a paru intéressant de connaître la composition chimique des huiles essentielles de *R.tournefortii* et *R.officinalis* par la méthode analytique de CPG/SM.

#### 5.1.1. Caractérisation de l'huile essentielle de *R.tournefortii*

Les résultats de l'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle de *R.tournefortii* prélevés à Tipaza montrent que le nombre de chémotypes de *R. tournefortii* est de 14 dont la teneur est comprise entre 1% et 14%, dont l'Eucalyptol (14%), le Camphor (12%), l'Aromadendrene (13%) et le  $\delta$ -Cadinene (10%) sont les 04 chémotypes majeurs. Il ressort d'après nos résultats et ceux des différents travaux de caractérisation des huiles essentielles de *R.tournefortii* que le nombre de leurs constituants chimiques, leur nature, ainsi que les chémotypes majeurs et leur pourcentage varient selon les régions. Dans

la région occidentale de l'Algérie, le nombre de composés est de 36, dont les éléments majeurs sont le camphre (37,6%), le 1,8-cinéole (10,0%), le p-cymène-7-ol (7,8%) et le bornéol (5,4%) [64], alors qu'au Maroc, il est de 20 composants dont le Camphor (39.272%), le  $\beta$ -Pinene (14.725%), le Camphene (11.621%) et l' $\alpha$ -Terpinene (10.099%) sont les éléments majeurs [65].

#### 5.1.2. Caractérisation de l'huile essentielle de *R.officinalis*

Les résultats de l'étude comparée de la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* de Blida et Tipaza nous dévoilent que le nombre de chémotypes et leur teneur varient selon les écotypes (régions). Ainsi, les huiles essentielles de *R. officinalis* Tipaza sont constituées de 16 chémotypes dont la teneur varie de 1% à 16%, alors que celles de Blida comprennent 17 chémotypes, dont la teneur est comprise entre 2% et 11%. Ainsi, l' $\alpha$ -Copaène est absent dans l'huile essentielle de *R. officinalis* de Tipaza.

Les résultats montrent aussi une variation de la composition chimique selon les régions, ainsi nous remarquons la présence de 04 chémotypes majeurs, dont la teneur est plus marquée pour ceux de Tipaza. Ils sont représentés par l'Eucalyptol (16% Tipaza et 11% Blida), le Camphor (12% Tipaza et 9% Blida), l' $\alpha$ -Terpineol (14% Tipaza et 10% Blida) et l'Aromadendrene (11% Tipaza et 9% Blida).

Cette différence aussi bien de la composition chimique que de la teneur des composants des huiles essentielles des deux écotypes régionaux de *R. officinalis* semble être due comme le rapporte BERNARD *et al.* [66] à différentes paramètres, d'ordre naturel comme la localisation, la maturité, d'ordre extrinsèque lié aux conditions de croissance et de développement de la plante (Sol, climat).

D'après FLUCK [67], le climat et le sol ont une influence plus importante pour les espèces végétales dont l'organe sécréteur d'huile essentielle se situe au niveau des poils glandulaires (Lamiaceae, Verbenaceae, Geraniaceae, Rutaceae) que pour celles dont l'huile est produite dans les formations schizogènes des feuilles, calices ou tiges (Lauraceae, Asteraceae).

Le nombre de constituants chimiques, leur nature, ainsi que les chémotypes majeurs et leur pourcentage varient selon le climat et les caractéristiques pédophysico-chimiques des deux régions. C'est ce qui est également confirmé par Bekkara *et al* [41] qui montrent que *R. officinalis* de la région de Tlemcen comprend 31 composés. Alors qu'en Tunisie, AYADI *et al* [68] montrent que la teneur des composés majeurs varie selon les régions. Ainsi, les huiles essentielles de *R.officinalis* de la région de Sidi Bouzid sont le 1,8-cinéole (58,1%), l' $\alpha$ -pinène (11,5%), et le camphre (7,8%), alors que celles de Bizerte et Zaghouan sont représentées respectivement par (1,8-cinéole (28,1%), l' $\alpha$ -pinène (11,9%), et le camphre (11,3%) ) et (1,8-cinéole (51,7%), l' $\alpha$ -pinène (8,9%), et le camphre (15,9%)). Tandis qu'au Maroc Tahri (2013) a obtenu 09 composés dont la teneur varie de 0,75% à 56,50%, et dont les composés majeurs sont le 1,8-Cineole (56.505%) et le Camphor 13.563%. Au Liban, HILAN *et al* [69] montrent que les huiles essentielles de *R.officinalis* comprend 45 composants monoterpéniques, dont les principaux constituants sont l'eucalyptol (50%), l' $\alpha$ -pinène (14%), le camphre (14%), le bornéol (5%), le camphène (4%), le cariophyllène (3%), l' $p$ -cymène (2.2%), le  $\beta$ -pinène (2%) et le myrcène (2%).

DERWICH *et al* [70], ont montré que l'huile essentielle de *R.officinalis* au Maroc est composée de 23 chymotypes variant entre 0,1% et 18,25%, le composé majoritaire chez le Romarin spontané est l' $\alpha$ -pinène (23.1%), suivi par le camphre (15.3%) et le  $\beta$ -pinène (12.2%). Chez le Romarin cultivé, le composé principal est le (13.8%), suivi de l' $\alpha$ -pinène (12.6%), du cinéole (11.8%) et du bornéol (10.8%).

## 5.2. Effet biocide des huiles essentielles formulées sur l'abondance globale et larvaires de *T. absoluta* et sur l'abondance larvaire de *T. vaporarium* et *B. tabaci*.

L'évaluation des propriétés insecticides des huiles essentielles formulées sur les ravageurs de la tomate *T.absoluta*, *T.vaporarium* et *B.tabaci* à travers des essais biologiques en serre vise la recherche d'une alternative de lutte respectueuse de l'environnement, à même de constituer une composante dans l'approche d'une lutte intégrée.

Les résultats montrent une faible abondance globale des larves, des larves de premier stade ( $L_1$ ), des œufs de *T. absoluta*, des larves de *T. vaporarium* et *B.*

*tabaci* avant et après application des trois doses d'huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et *R. tournefortii*.

En conséquence, la population de *T. absoluta* présente une réduction importante de l'abondance globale larvaire, des œufs et des larves 1, 24 heures ( $T_1$ ) après le traitement sous l'effet des doses  $D_1$  et  $D_2$  des trois huiles essentielles formulées.

Les deux doses des trois huiles essentielles provoquent également un effet de choc ( $T_1$ ) sur les populations larvaires de l'aleurode du tabac et induisent une diminution des infestations jusqu'au septième jour après traitement ( $T_7$ ). Mais, cet effet de choc est légèrement plus marqué avec la dose  $D_1$  que la  $D_2$ , raison pour laquelle il serait préconisé d'appliquer à la faible dose ( $D_1$ ) ces huiles essentielles dans la lutte contre la mineuse de la tomate, l'aleurode des serres et l'aleurode du tabac. Leur rémanence varie selon les ravageurs de 4 et 7 jours. En effet, elle dure 7 jours sur les larves 1 de *T. absoluta* et les larves des aleurodes des serres et du tabac, alors qu'elle n'est que 4 jours sur l'abondance globale larvaire de *T. absoluta*. En effet, les faibles abondances des différents ravageurs et la toxicité des fortes doses des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* récolté à Blida et Tipaza et *R. tournefortii* récolté à Tipaza sont provoquées par les différents effets répulsifs, ainsi que toxique par inhalation et contact reconnus par les travaux de POUZAT [71] vérifiant l'effet répulsif sur l'installation et l'oviposition des femelles, et de HORI [72] qui précisent que le romarin présente une activité répugnante contre *Myzus persicae* Sulzer et *Acanthoscelides. obtectus* Say.

Alors que d'après ROBERT et BLAISINGER [73], les vapeurs d'huile essentielle peuvent agir indirectement en masquant l'action stimulante des graines de haricot. Ce même phénomène a été aussi signalé sur d'autres insectes oligophages, comme *Scrobipalpa ocellatella* (Boyd.) et *Leptinotarsa decemlineata* (Say). De même, RENAULT-ROGER *et al.*, [74] précisent que les huiles essentielles présentent une toxicité insecticide par inhalation par leur richesse en composés volatils et par contact qui provient de la formation d'un film imperméable sous forme de cuticule isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie.

De même, l'effet toxique des doses  $D_1$  et  $D_2$  des trois huiles essentielles formulées sur les différents états biologiques de *T. absoluta*, les larves de *T.*

*vaporarium* et *B. tabaci* est également vérifié par de nombreux travaux, dont ceux de RENAULT-ROGER et HAMRAOUI [75] qui précisent que la toxicité et l'inhibition de la reproduction conduisent à la mort des insectes et la réduction de nombre d'œufs. Cette fécondité est influencée à deux niveaux, le premier est l'inhibition de l'ovogenèse et le deuxième la rétention des œufs dans les oviductes latéraux. Ces résultats sont confirmés également par plusieurs travaux de TUNC *et al.*, [76] qui signale une activité ovocide sur les insectes des denrées stockées, *Tribolium confusum* Duval et *Ephestia kuehniella* Zeller. De même, PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS [77] ont mentionné cette activité sur *Acanthoscelides obtectus* (Say).

L'effet toxique sur les stades juvéniles (œufs, larves) de *T. absoluta*, larves de *T. vaporarium* et *B. tabaci* est confirmé par les résultats des travaux de PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS [78] qui démontrent que les stades immatures d'*Acanthoscelides obtectus*, ainsi que ceux de ROZMAN *et al* [79] menés sur *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* (Herbst), et de PRAJAPATI *et al.*, [80] sur *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* et *Culex quinquefasciatus*.

Les données relatives à la comparaison de l'efficacité des trois biopesticides utilisés nous montrent que l'huile essentielle à base de *Rosmarinus officinalis* de Blida et de Tipaza ainsi que *R. tournefortii* présente une toxicité sur les larves de *T. absoluta*, ainsi que les larves de l'aleurode des serres et l'aleurode du tabac. Mais, il s'avère que la faible dose est celle qui est la plus toxique sur les larves de *T. absoluta*, en particulier sur les larves du premier stade. Cet effet est également vérifié par BABA AISSA [81] qui mentionne que la faible dose formulée d'huile essentielle de thym a un effet plus toxique sur les larves de *Tuta absoluta* que la double dose. Il apparaît aussi que les huiles essentielles de *Rosmarinus* présentent un effet répressif sur les pontes, mais qui est plus marqué sous l'application de la forte dose. Ces résultats démontrent bien l'effet répulsif de ces huiles essentielles sur l'installation et l'oviposition des femelles. C'est ce qui ressort également des travaux réalisés par PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS [78] qui démontrent que cet effet répulsif est commun à différentes huiles essentielles dont celles de l'origan (*Origanum vulgare*), les menthes (*Mentha*

*microphylla* et *M. viridis*) et l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) contre la bruche du haricot, *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)

Les infestations temporelles des ravageurs sous l'effet des différentes huiles essentielles varient selon des doses appliquées, leurs états de développement. Ainsi, les pontes de la mineuse de tomate et les infestations larvaires des deux espèces d'aleurode disparaissent au septième jour du traitement, alors que les infestations larvaires de la mineuse de la tomate diminuent jusqu'au quatrième jour. Ces résultats vérifient bien l'effet direct par contact et inhalation des huiles essentielles de *Rosmarinus* sur les formes biologiques libres ou exophytes, qui sont les œufs et larves néonates baladeuses de la mineuse de la tomate, ainsi que les larves des aleurodes, *Bemisia tabaci* et *Aleurodes vaporarium*, par rapport aux larves âgées, mineuses et endophytes de *Tuta absoluta*, qui sont moins exposées aux biopesticides, et dont la toxicité par systémie dépend de leur degré de diffusion à travers l'épiderme, les stomates foliaires, leur vitesse d'absorption et de métabolisation au contact du ou des organes cibles.

### 5.3. Effet des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et *R. tournefortii* sur la production de proline et des sucres totaux

Les plantes sont généralement soumises à deux types de stress: les stress biotiques dus à une agression par un autre organisme et les stress abiotiques qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux. Elles déclenchent des processus enzymatiques et biochimiques induisant des réactions de défense contre les différents types de stress. C'est ainsi le cas des huiles essentielles formulées *R. officinalis* et *R. tournefortii* que nous avons testé en tant que biopesticide sur les ravageurs de la tomate et dont nous avons voulu également déterminer l'effet éliciteur des systèmes de défense de la plante pouvant influencer sa phytochimie, plus précisément sa production de proline et de sucres totaux. Dans ces processus, il existe des mécanismes de réponses intercellulaires de la plante parmi lesquels les phénomènes d'induction de la résistance d'une plante qui se traduit par une augmentation de sa capacité à se défendre contre un large spectre d'agents pathogène. Il est reconnu que dans les réactions de défense conduisant à la protection de la plante agressée, la reconnaissance de l'agresseur est suivie d'une cascade complexe d'événements menant au blocage

et/ou l'élimination de l'agresseur et à la protection de la plante contre des agressions futures [82]. Cette cascade d'événements implique des échanges de signaux moléculaires à plus ou moins longue distance dans la plante, mais aussi d'une plante à l'autre, les cellules peuvent répondre aux stimuli particuliers par une modification de leur métabolisme, par un déplacement ou même par le suicide. Il apparaît également des travaux de SIVARAMAKRISHNAN *et al.* [83], NAKACHIMA *et al.* [84] et de BELKHODJA et BENKABLIA [85] que la modification du métabolisme peut se traduire par la synthèse des glucides et des acides aminés. Chez les plantes supérieures, l'accumulation de la proline est une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante en cas de stress.

La réponse biochimique, analysée à travers l'expression de l'accumulation de la proline et des sucres totaux, à la pulvérisation des bioproduits montrent que les plantes accumulent ces composés. Cette accumulation varie d'un bioproduit à un autre, mais l'effet des deux doses reste peu différent.

De l'ensemble des résultats obtenus, il ressort que l'accumulation temporelle du taux de proline est plus marquée et précoce chez les plants traités aux deux doses d'huile essentielle de *R. officinalis* de Blida et Tipaza et à la faible dose (D<sub>1</sub>) de *R. tournefortii* par rapport à la D<sub>2</sub> et au témoin.

Ces résultats montrent également une perturbation et variation temporelle dans la biosynthèse des sucres totaux par rapport aux plants témoin. Il ressort de ces résultats que quelque soit la nature et la dose des huiles essentielles formulées à 10%, elles engendrent des modifications des processus de synthèses physico-chimique des plants de tomate qui se traduisent par des modifications des concentrations des composants actifs de stress dans la plante, comme le montrent différents travaux dont ceux se réfèrent aux différents stress hydrique, salin et thermique. Ainsi, il apparaît que nos bioproduits constituent des facteurs de stress au même titre que les facteurs abiotiques dont l'effet stressant est vérifié sur la biosynthèse et le bio stockage de la proline et des sucres. Ces métabolites de stress beaucoup plus accumulés au niveau des feuilles âgées seraient selon HARE et CRESS, [86] provoquée par la synthèse accrue à partir du glutamate et de l'ornithine. SILVERA *et al.*, [87] montrent que comparativement avec la majorité des autres acides aminés, la synthèse de la proline a un avantage métabolique en tant que produit terminal d'une voie relativement courte et

hautement régulée. Sous conditions de stress, le métabolisme des acides aminés est largement altérée et la synthèse des protéines augmente comme une conséquence de ces conditions métaboliques, la synthèse de la proline peut être promue par une augmentation des concentrations des métabolites accompagnée d'une production de précurseurs de proline et peut être la principale cause de l'accumulation de la proline dans les tissus des plantes exposées à des conditions de stress. Ces travaux réconfortent bien les résultats que nous avons obtenu qui démontrent que les différentes augmentations des doses des trois huiles essentielles constituent des facteurs majorants la production des plants de tomate.

Il est également démontré par LE SAINT [88]; VEZINA et PAQUIN [89] et par LA LIBERTA et PAQUIN [90] que la quantité de proline accumulée à titre d'exemple chez l'oyat est assez élevée, ce qui laisse penser que cet osmolyte compte parmi les paramètres biochimiques les plus efficaces permettant la résistance de cette plante aux conditions environnementales extrêmes et s'exprimant de manière plus marquée dans les feuilles les plus âgées. Il migrerait depuis les différents organes vers ces feuilles dans un but de protection et d'augmentation de l'efficacité photosynthétique car certains travaux rapportent que la proline serait synthétisée dans les feuilles et transportée vers les sites de résistance aux agressions. Alors que d'autres auteurs signalent que la proline migre vers les feuilles et s'y localise sous la contrainte saline; tel est le cas pour le sorgho [91], l'aubergine [92], le coton [93], la vigne [94], les fèves [95 ; 96 ; 97 ; 98]. Bellinger *et al* [98] rapportent que cette accumulation ne représente pas un indicateur de la sensibilité de la plante aux stress mais un indicateur de l'acquisition de la tolérance aux agressions.

Les sucres tels que le glucose, le fructose et le saccharose sont reconnus comme étant des molécules de signalisation chez les plantes [99 ; 100], en plus de leurs rôles typiques en tant que sources de carbone et d'énergie [101]. Les résultats des dosages des taux de sucres totaux varient sous l'effet des différents traitements par rapport à ceux des plants témoins. Ils nous montrent ainsi que le traitement à l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* de Blida occasionne une perturbation et une diminution de la biosynthèse des sucres

totaux. Alors que l'huile essentielle formulée à base de *R. officinalis* de Tipaza provoque une perturbation avec une augmentation de la biosynthèse des sucres totaux par rapport aux plants témoins. Tandis que, l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* déclenche une perturbation de la biosynthèse des sucres totaux. Il nous semble que ces différences aussi bien de la biosynthèse que de l'accumulation des sucres totaux peuvent dépendre de la composition chimique des huiles essentielles des écotypes et des espèces de Romarin qui varie selon les conditions écologiques.

L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles montre une variation de la composition chimique selon les régions et les espèces. Le nombre de chémotypes, ainsi que leurs teneurs varient d'une huile essentielle à une autre. L'Eucalyptol est le chémotype majeur dans les trois bioproduits, mais sa teneur est différente d'un bioproduit à l'autre. Ainsi, l'huile essentielle formulée de *R.officinalis* Tipaza est la plus riche en Eucalyptol (16%), par rapport à celles de *R.tournefortii* Tipaza (14%) et *.R.officinalis* Blida qui ne comprend que 11%. Il semblerait d'après les résultats que la biosynthèse des sucres par les plantes varie selon l'écotype et la teneur de ses huiles essentielles en Eucalyptol. Ainsi, il ressort quelque soit la dose appliquée des huiles essentielles de *R.officinalis* Tipaza à 16% Eucalyptol, la plante produit beaucoup plus de sucres totaux que celles de *R.officinalis* Blida à 11%, dont la production par rapport au témoin diminue. Alors que, celles de *R.tournefortii* Tipaza (14%) provoque une perturbation de la biosynthèse qui varie dans le temps. Il apparaît de ces résultats que les conditions environnementales et espèce peuvent être des facteurs dont dépend la biosynthèse des huiles essentielles, leur teneur en Eucalyptol et leur effet sur la production des sucres totaux par les plantes traitées stressées. Ainsi, il est reconnu depuis longtemps, que le taux de ces sucres augmente considérablement chez des plantes soumises aux différents types de stress [102; 103]. Il a été observé que sous le stress hydrique, les réserves amylacées sont progressivement utilisées suite à leur conversion rapide en saccharose, qui pourrait être associé à une inhibition de la synthèse de l'amidon [104]. Le saccharose et les autres monosaccharides confèrent chez les différentes plantes une tolérance vis à vis du stress [105; 106]. Notamment, les teneurs en sucres solubles des feuilles, particulièrement les plus

âgées, sont en effet indicatrices du degré de résistance de l'espèce à la salinité. Plus la plante accumule de carbo-hydrates, plus elle est résistante [107]. Cette accumulation accrue des sucres participerait au maintien de l'hydratation des feuilles et l'amplitude accrue serait alors un caractère important du renforcement apparent de la [108].

#### 5.4. Effet des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et *R. tournefortii* sur la production de proline et des sucres totaux et la disponibilité des ravageurs

Les études poursuivies sur la nature des relations entre la biochimie des plantes, l'attirance et la multiplication des déprédateurs qui s'exprime en termes de valeur nutritionnelle montrent que chez les variétés tolérantes, on observe l'accumulation d'acides aminés libres et que les variétés résistantes contiennent d'avantage de sucre que les variétés susceptibles. (D'après JAYARAJ [109], cite par CHABOUSSOU [110],

Il est démontré par SCHOONHOVEN *et al* [111] que les sucres sont la principale source d'énergie pour les insectes herbivores comme ils peuvent les utilisés en tant que phagostimulants. STREBLER [112], signale que la présence des holosides (fructose, glucose, saccharose, maltose) en plus grande quantité dans les feuilles de maïs augmente les quantités ingérées par la chenille de la pyrale , *Myzus persicae* (Hemiptera, Aphididae), (Mittler *et al.*, cité par Robert, [113] et *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae) [114].

D'autre part, il existe une forte relation entre les performances de l'insecte et le taux des acides aminés [115]. Les acides aminés présentent des effets multiples sur les pucerons, leur influence sur la croissance et la fécondité a été soulignée (VAN EMDEN, 1973 cité par ROBERT, [113]). Plusieurs acides aminés possèdent une valeur phagostimulante et de ce fait agissent sur le comportement de sélection de la plante-hôte et d'alimentation [113]. Les acides aminés interviennent dans le déclenchement de la prise alimentaire sur le végétal chez *Aphis fabae* (Hemiptera, Aphididae). Par leur pouvoir phagostimulant et leur qualité de nutriments, ils influencent la poursuite du comportement alimentaire, en jouant à la fois sur la valeur phagostimulante et la qualité nutritionnelle de la plante (VAN EMDEN, 1973 cité par LOBARKIA [116]).

Plusieurs études ont montré que les métabolismes primaires, sucres, acides aminés, lipides, pouvaient influencer l'oviposition [117;118;119]. Ils sont ubiquitaires chez les plantes et que leur concentration varie en fonction du stade phénologique, l'âge et l'état physiologique de la plante [120 ; 121]. ROMEIS et WACKERS [114], confirment qu'un mélange des composés (acides aminés et sucres) est responsable pour l'identification de l'hôte par *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae) et la stimulation de ponte.

En effet, les résultats des corrélations entre la disponibilité des états biologiques des différents ravageurs, la synthèse des sucres totaux et de la proline apparaissent contrastés. Ils semblent variés ou dépendre pas uniquement des huiles essentielles, des doses, des ravageurs, de leurs états biologiques, ainsi que du niveau de stress engendré par l'importance du niveau d'attaque des différents ravageurs, mais également du niveau de résistance ou de sensibilité de la plante aux autres facteurs exogènes, représentés par les facteurs climatiques et les pratiques culturales. Ainsi, tous ces facteurs semblent se manifester et interagir avec et sur l'effet des trois huiles essentielles, des micros doses appliquées, la disponibilité des ravageurs et la biosynthèse des sucres totaux et de la proline.

HUSSAIN [122] a mentionné que la acides aminés comme la proline et à un degré moindre la glycine- bétaïne sont accumulés sous stress hydrique, dont le rôle est la protection des membranes et peut être incluse dans la régulation du PH cytoplasmique [123]. Cette augmentation de proline a été observée chez plusieurs espèces de plantes soumises à une contrainte hydrique (sécheresse par exemple), [124] : chez l'orge [125], chez l'eucalyptus [103], chez les blés durs [123] et les blés tendres, [126].

D'autres facteurs influent sur l'accumulation de la proline tels que l'inhibition de l'oxydation due à un effet mitochondrial, et à la réduction du taux de translocation de l'acide aminé à travers le phloème, [127].

Les principaux sucres solubles qui sont à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante et accumulés sous stress sont : le glucose, le fructose et le saccharose [128]. Depuis longtemps, il est connu que le taux de ces sucres augmente considérablement chez des plantes soumises aux différents types de stress [129; 103].

L'un des effets majeurs du déficit hydrique est qu'il affecte le métabolisme des hydrates de carbones, [130] en relation directe avec plusieurs processus physiologiques tels que : la photosynthèse, la translocation et la respiration, [131 ; 132].

## CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Au terme de ce travail consacré à l'étude de nouveaux bioproduits formulés à 10% d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* récolté à Blida et à Tipaza et celle de *Rosmarinus tournefortii* de Tipaza, nous nous sommes intéressés à mettre en évidence et à comparer la composition chimique de ces huiles essentielles, l'effet biocide de ces bioproduits sur les ravageurs de la tomate, *Tuta absoluta*, *Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*, ainsi que l'effet phytostimulant sur la tomate et enfin l'interaction entre l'abondance des ravageurs et la biosynthèse de proline et des sucres totaux. A partir de cette recherche nous pouvons déduire les résultats suivants :

Les résultats de la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* récolté à Blida et à Tipaza et celle de *Rosmarinus tournefortii* de Tipaza obtenue par entraînement à la vapeur d'eau montrent que le nombre de chémotypes et leur teneur varient selon les espèces. Ainsi, les huiles essentielles de *R. officinalis* de Tipaza sont constituées de 16 chémotypes dont la teneur varie de 1% à 16%, celles de Blida comprennent 17 chémotypes, dont la teneur est comprise entre 2% et 11%, alors que de *R. tournefortii* ne comprennent que 14 chémotypes, dont la teneur est comprise entre 1% et 14%.

Ces résultats font également apparaître la présence de 04 chémotypes majeurs dans la composition de chacune des huiles essentielles. L'Eucalyptol (16%), le Camphor (12%), l' $\alpha$ -Terpineol (14%) et l'Aromadendrene (11%) dans l'huile essentielle de *R. officinalis*, et l'Eucalyptol (14%), le Camphor (12%), l'Aromadendrene (13%) et le  $\delta$ -Cadinene (10%) pour l'huile essentielle de *R. tournefortii*, l'Eucalyptol (16%), le Camphor (12%), l' $\alpha$ -Terpineol (14%) et l'Aromadendrene (11%) pour l'huile essentielle de *R. officinalis* récolté à Tipaza et l'Eucalyptol (11%), le Camphor (9%), l' $\alpha$ -Terpineol (10%) et l'Aromadendrene (9%) pour *R. officinalis* de Blida.

De même, certains chémotypes sont absents dans l'une des huiles essentielles. Ainsi, celle de *R. Tournefortii*, présente l'absence de l'Acétate de

linalyl, le (Z)-2-(3,3-Diméthylcyclohexylidène)-éthanol et le Terpèneol, alors que celle de *R. officinalis* récolté à Tipaza présente l'absence de l' $\alpha$ -Copaène.

Nos huiles essentielles présentent un pouvoir biocide sur l'abondance globale des larves, des larves du premier stade ainsi que sur l'oviposition de *Tuta absoluta* par une réduction de la population. Ils présentent aussi un effet biocide sur les larves de *Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*.

Les deux doses des trois huiles essentielles provoquent un effet de choc sur l'abondance globale larvaire, des œufs, des larves 1<sup>de</sup> *Tuta absoluta*, ainsi que sur les larves de l'aleurode et l'aleurode des serres. Leur rémanence varie selon les ravageurs de 4 et 7 jours.

Ces huiles essentielles présentent aussi un pouvoir éliciteur acceptable qui se traduit par une augmentation de la biosynthèse de la proline et une perturbation de celle des sucres totaux. Par contre, les corrélations entre la disponibilité des trois ravageurs, la biosynthèse des sucres totaux et de la proline semblent montrer que leurs interactions sont également sous la dépendance des facteurs anthropiques et climatiques. Donc, il serait nécessaire dans le cadre d'une agriculture durable de s'intéresser à étudier l'effet des huiles essentielles sur les paramètres étudiés, combiné à ceux des facteurs climatiques (stress thermique), édaphiques comme la nature du sol et son entretien (fertilisation, salinité, état hydrique) sur la biochimie de la plante et les ravageurs.

## APPENDICE A

### LISTE DES ABREVIATIONS

<b>ROBD1 :</b>	<i>Rosmarinus Officinalis</i> Blida, dose 1
<b>ROBD2 :</b>	<i>Rosmarinus Officinalis</i> Blida, dose 2
<b>ROTD1 :</b>	<i>Rosmarinus Officinalis</i> Tipaza, dose 1
<b>ROTD2 :</b>	<i>Rosmarinus Officinalis</i> Tipaza, dose 2
<b>RTD1 :</b>	<i>Rosmarinus tournefortii</i> , dose 1
<b>RTD2 :</b>	<i>Rosmarinus tournefortii</i> , dose
<b>Tm :</b>	témoin
<b>T0 :</b>	Avant traitement
<b>T1 :</b>	1 jour après traitement
<b>T2 :</b>	2 jours après traitement
<b>T3 :</b>	3 jours après traitement
<b>T4 :</b>	4 jours après traitement
<b>T5 :</b>	5 jours après traitement
<b>T6 :</b>	6 jours après traitement
<b>T7 :</b>	7 jours après traitement

## APPENDICE B

Concentration des différents composés identifiés par chromatographie à phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse des huiles essentielles de romarin

tps de retention (min)	non chimique	ROT	RT	ROB
7,7	Eucalyptol	16	14	11
9,5	Acétate de linalyl	2	0	4
11,1	Camphor	12	12	9
12,1	$\alpha$ -Terpineol	14	8	10
13,3	4-Ethyl-3,4-dimethyl-2,5-cyclohexadien-1-one	8	1	9
14	(Z)-2-(3,3-Dimethylcyclohexylidene)-ethanol	5	0	9
14,2	Terpineol	2	0	6
15,4	Acétate de bornyle	7	5	5
17,8	1-Acetoxymethyl-3-isopropenyl-2-methyl-cyclopentane	1	7	2
18	$\alpha$ -Copaène	0	7	4
19,6	Aromadendrene	11	13	9
20,5	Humulene	7	6	4
21,1	$\gamma$ -Muurolene	2	7	4
22,2	1 $\alpha$ -Muurolene	7	7	4
22,5	$\delta$ -Cadinene	3	10	5
24,3	Oxyde de caryophyllene	2	2	3
26,3	Époxyde d'aromadendrene	2	2	3

ROT : *Rosmarinus officinalis* , Tipaza

RT : *Rosmarinus tournefortii*

ROB : *Rosmarinus officinalis*, Blida

## REFERENCES

1. **POLESE J.M.** ,2007. La culture de la tomate. Ed Artémis. 95p.
2. **CHARLES KAMBALE VALIMUNZIGHA.** 2006. Étude du comportement physiologique et agronomique de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en réponse à un stress hydrique précoce. Presses univ. de Louvain, 196 pages
3. **WILLIAM G. HOPKINS.** 2003. Physiologie végétale, De Boeck Supérieur, 532 pages
4. **ANONYME** .2010, ministère d'agriculture et de développement durable
5. **CHAUX C.,** 1972-Production légumière, Ed.J.B, Baillière, Paris, 414p.
6. **CHAUX C et FOURY C.,** 1994- production légumière, Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, 563p.
7. **MESSIAEN C.M., BLANCARD D., ROUXEL F. et LAFON R.,** 1991- *les maladies des plantes maraîchères*. Ed. INRA, Paris, 551p.
8. **ANONYME.,** 1995 -Guide pratique de la culture de tomate sous serres. Ed, Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industriel (I.T.C.M.I.), Staoueli, Algérie, 20p.
9. **LAUMONNIER R.,** 1979- Culture légumière et maraîchère, Tome II, Ed. J.B Ballière, Paris, 276p.
10. **PIERRE NYABYENDA.** 2007. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique: Cultures industrielles et d'exportation, cultures fruitières, cultures maraîchères. Presses Agronomiques de Gembloux, 238 pages
11. **GERST J.J.** 1992. Les bâches aérées tiré de : Les plastiques en agriculture, Co-édition CPA et PHM- Revue horticole,France. P 359-378
12. **VEROLET J-F.,** 2001 - *la culture de laTomate en agriculture biologique*. Ed. A.D.A.B 9p.

13. **SHANKARA N. JOEP VAN LIDT DE JEUDE. MARJA DE GOFFAU .MARTIN HILMI BARBARA VAN DAMAL., 2005-** La culture de la tomate production, transformation et commercialisation, Ed. PROTA, p.105.
14. **DESVALS, L ET PRUNEDU, M. 2005-** *la protection biologique intégrée, La punaise prédatrice d'aleurodes (Nesidiocoris tenuis)*.Ed.Mc graw,8p.
15. **ANONYME., 1999** –Fiche technique : Tomate sous serre, Ed IAVH II, Rabat (Moroco), n°57,4p.
16. **PERON J.Y., 2006-**Réfèrences production légumière, Ed Lavoisier, 2iem édition, 613p.
17. **BLANCARD D.1988-** maladies de la tomate (observer, identifier, lutter), Ed. INRA, Paris ,211p.
18. **BERKANI A. BADAOUI M., 2008-**mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ; Gelechiidae), Ed, INRAAlgérie, Alger, 16p
19. **ANONYME., 2013-** *lutte biologique contre les ravageurs et maladie*, Ed.fredon lorraine, 44p.
20. **VINCENT, C. , PANNETON, B., 2001,** les méthodes de lutte biologiques comme alternatives aux pesticides. Revue en sciences de l'environnement,centre de recherche et de développement en horticulture et agro-alimentaire canada. V.2, n°2, 1-9.
21. **THAKORE, Y., 2006-** *The biopesticide market for global agricultural use*. Ed.Industrial Biotechnology. 2(3):294-208.
22. **CINDY ADOLPHE., 2007.** Lutte biologique, biodiversité et écologie en protection des plantes. les dossiers d'Agropolis, 60 p
23. **PETER H. RAVEN, GEORGES B. JOHNSON, KENNETH A. MASON, JONATHAN B. LOSOS. 2011.** Biologie De Boeck Supérieur, 15 sept. - 1406 p.
24. **SELL, C.S., 2006.** -*The chemistry of fragrance.Frompefumer to consumer.*2<sup>nd</sup>- edition. The royal society of chemistry.cambridge.329p

25. **AMIRAT N.,TEBBOUB S ET SEBTI M., 2011-** *Effet insecticides des huiles essentielles chémotypées de deux plantes aromatiques lavandula stoechas et origanum glandulosum de la région de djijel.* Ed.R.K.L.M,Maroc, 133p.
26. **SCHIFFERS, B ET WAINWRIGHT, H., 2011--**lutte biologique et protection intégrée. P :37
27. **Cseke, L.J, P.B. Kaufman.1999.** Natural Products from Plants. Boca Raton, FL: CRC Rress.
28. **EVANS W.C., 1998** - Trease and Evan's Pharmacognosy, 14<sup>th</sup> edition SANDERS, pp. 48- 65, 612 p.
29. **CHIASSON H. BELOIN N, 2007** Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre » 2007, vol. 14, no 1 Bulletin de la Société d'entomologie du Québec
30. **NELLY GROSJEAN. 2011.** L'aromathérapie. Eyrolles. 362 p.
31. **DANIELE FESTY. 2009,** Nous avons tous besoin de probiotiques et de prébiotiques: Vous ne regarderez plus jamais votre ventre comme avant !. Leduc.s Éditions, 288 pages
32. **FLUCK H., (1963),** Chemical plant taxonomy, London T. Swain Academic.
33. **FABRICE BARDEAU, 2009.** La pharmacie du Bon Dieu. Fernand Lanore, 333 p.
34. **BRUNETON JEAN, 2009.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e ed.) Lavoisier, 2 oct. 2009 - 1292 p.
35. **MILPIED-HOMSI BRIGITTE. 2009.** Progrès en Dermato-Allergologie. LAVOISIER. 390 p
36. **AZFALI, D., JAMSHIDI, R. AND AZFALI, Z., 2009.** Chemical composition of Hydro-distillation Essential Oil of Rosemary in Different Origins in Iran and comparison with other countries, American-Eurasian. *J. Agric. And Environ. Sci*, 5, 78-83.

37. **CELIKTAS, O.Y., KOCABAS, E.E.H., BEDIR, E., SUKAN, F.V., OZEK, T., BASER, K.H.C., 2007.** Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis* depending on location and seasonal variations. *Food Chem.* 100, 553–559.
38. **FLAMINI G., CIONI P.L., MORELLI I., MACCHIA M., et CECCARINI L., 2002 :** Main Agronomic – Productive characteristics of two ecotypes of *Rosmarinus officinalis* L. and chemical composition of their essential oils. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 50, pp : 3512–3517.
39. **MCCORMICK, C. M., MERRICK, A., SECEN, J., AND HELMREICH, D. L. (2006).** Social instability in adolescence alters the central and peripheral hypothalamic-pituitary-adrenal responses to a repeated homotypic stressor in male and female rats. *J. Neuroendocrinol.* 19, 116–126
40. **C. Boutekedjiret, F. Bentahar, R. Belabbes et J. M. Bessiere, 2003,** Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation *Flavour Fragr. J.*; 18: 481–484
41. **ATIK BEKKARA, F., BOUSMAHA, L., TALEB BENDIAB, S.A., BOTI, J.B., CASANOVA J. (2007)** Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *Biologie & Santé.* 7: 6-11.
42. **BAKKALI. F, S. AVERBECK , D. AVERBECK, M. IDAOMAR. 2008.** Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology* 46. 446–475
43. **SALLY J.-L., 1991.** Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie, édition Frison-Roche, Paris, 167 p. 15-48.
44. **ZHIRI, A. ET BAUDOUX, D., 2005.** Huiles essentielles chemotypées et leurs synergies .inspir développement .S.A.1.P 11

45. **HELANDER, I.M., ALAKOMI, H.L., LATVA-KALA, K., MATTILA-SANDHOLM, T., POL, I., SMID, E.J., GORRIS, L.G.M., VON WRIGHT, A., 1998.** Characterization of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. *J. Agric. Food Chem.* 46, 3590–3595.
46. **HAMMER K.A., CARSON C.F. ET RILEY T.V., 2003** - Antifungal activity of the components of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil. *J. Appl. Microbiol.*, 95, pp: 853-860.
47. **FALEIRO, L. J., JONES, S., AND KAUER, J. A. 2003.** Rapid AMPAR/NMDAR response to amphetamine : A detectable increase in AMPAR/NMDAR ratios in the ventral tegmental area is detectable after amphetamine injection. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1003, 391-394.
48. **DANIELLE ROUX. 2008.** Conseil en aromathérapie Wolters Kluwer France, 187 pages
49. **CHIRON F., 1996.**SYNTHESE d'hydro peroxydes de terpènes. Relation avec l'activité antimicrobienne et application à la synthèse de poly terpènes hydroperoxydés.mémoire d'ingénieria CNAM. Paris.70p.
50. **C. GAUVRIT, F. CABANNE., 1993,** Oils for weed control :uses and mode of action, *Pestic. Sci.*, 37: 147-153
51. **STOLZENBERG. G. E. 1989.** Adjuvants and Agrochemicals. Ed. Chow P.N.P, Boca Raton Floride. USA. Vol.1, 17-25.
52. **GAUVRIT C.. 1994.** Oils in plant protection: herbicide case study. *Phytoma.* 458(37-38), 40-42.
53. **CORET J., A. CHAMEL. 1994.** Surfactant and cuticular penetration of herbicides.
54. **BOULLARD, B. 2001.** Plantes médicinales du monde réalités et croyances. ESTEM (Ed) Paris .660 p.
55. **PAUL GOETZ, KAMEL GHEDIRA, 2012.** Phytothérapie anti-infectieuse Springer Science & Business Media, 394 pages

56. **GONZALEZ-TRUJANO, M.E., PENA, E.I., MARTINEZ, A.L., MORENO, J., GUEVARA-FEFER, P., DECIGA-CAMPOS, M., LOPEZ-MUNOZ, F.J. 2007.** Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *J Ethnopharmacol.* **111**: 476-482.
57. **QUEZEL P. AND S. SANTA, 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, vol.1. C.N.R.S., Paris VII, 565p.
58. **FLAMINI G., CIONI P.L., MORELLI I., MACCHIA M., et CECCARINI L., 2002 :** Main Agronomic – Productive characteristics of two ecotypes of *Rosmarinus officinalis* L. and chemical composition of their essential oils. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 50, pp : 3512–3517.
59. **JEAN-PIERRE CHAUMONT ET JOËLLE MILLET-CLERC. , 2011 ,** Phyto-aromathérapie appliquée à la dermatologie de . Lavoisier, 263 pages.
60. **BHAR H. BALOUK A., 2011.** les plantes aromatiques et médicinales ces plantes odorantes qui soulagent la douleur !, espace marocain n°68/2°trimestre 2011
61. GOOGLE EARTH
62. FICHE TECHNIQUE
63. **ANONYME., 2007-** *La Protection Biologique Intégrée.* Ed. Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles.5p.
64. **BENDEDOUCHE MS , BENHASSAINI H , HAZEM Z , ROMANE A . 2011.** Analyse de l'huile essentielle et de l'activité antibactérienne de *Rosmarinus tournefortii* d'Algérie. *Nat Prod Commun.* (10) :1511-4.
65. **M. TAHRI • B. IMELOUANE • F. AOUINTI • H. AMHAMDI • A. ELBACHIRI., 2013.**The organic and mineral compounds of the medicinal aromatics, *Rosmarinus tournefortii* and *Rosmarinus officinalis*, growing in eastern Morocco, Springer Science+Business Media Dordrecht, 8p

66. **BERNARD, H.R., P.D KILLWORTH, M. EVANS, C. MCCARTY, G.A. SHELLEY. 1988.** Studying social relations cross-culturally. *Ethnology* 27, 155-179.
67. **FLUCK H., (1963),** Chemical plant taxonomy, London T. Swain Academic.
68. **AYADI S, JERRIBI C, ABDERREBBA M., 2011.** Extraction et étude des huiles essentielles de *Rosmarinus Officinalis* cueillie dans trois régions différentes de la Tunisie. *J Soc Alger Chim* 21(1) :25–33
69. **HILAN, C., SFEIR, R., JAWICH, D. ET AITOUR, S., 2006.** *Journal Scientifique Libanais*, 7: 13-22.
70. **DERWICH E, BENZIANE Z, CHABIR R., 2011.** Aromatic and medicinal plants of Morocco: Chemical Composition of Essential Oils of *Rosmarinus officinalis* and *Juniperus phoenicea*, *IJABPT* 2:1 Jan-Mars
71. **POUZAT, J., 1978.** Host plant chemosensory influence on oogenesis in the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus*, (Coleoptera: Bruchidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 24, 401–408.
72. **HORI, M., 1998.** Repellency of rosemary oil against *Myzus persicae* in a laboratory and in a greenhouse. *J. Chem. Ecol.* 24, 1425–1432.
73. **ROBERT, P.C., BLAISINGER, P., 1978.** Role of non-host plant chemicals in the reproduction of an oligophagous insect: the sugar beet moth *Scrobipalpa ocellatella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 24, 632–636.
74. **REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE B.J.R ET VINCENT C., 2002.** *Biopesticides d'origine végétale.* Edition Tec et Doc. 337p.
75. **REGNAULT-ROGER C et HAMRAOUI A., 1994-** Modification of physiological behaviour of *Acanthoscelides obtectus* Say, Bruchidae, Coleoptera, by flavonoids and phenolic acid. In: *Polyphenols 1994.* R. Brouillard, M. Jay & A. Scalbert (Eds.). *Les Colloques de l'INRA*, 69, 417-418.
76. **TUNC, I., BERGER, B.M., ERLER, F., DAGLI, F., 2000.** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *J Stored Products Research.* 36: 161-168.

77. **PAPACHRISTOS. D.P, D.C. STAMOPOULOS,. 2002.** Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) *Journal of Stored Products Research* 38. 365–373
78. **PAPACHRISTOS. D.P, D.C. STAMOPOULOS,. 2002.** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 38. 117–128
79. **V. ROZMAN., I. KALINOVIC, Z. KORUNIC,. 2007.** Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research* 43. 349–355
80. **VEENA PRAJAPATI, A.K. TRIPATHI , K.K. AGGARWAL, S.P.S. KHANUJA,. 2005.** Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* *Bioresource Technology*. 1749–1757
81. **BABA AISSA K., 201.** L'effet comparé de deux biopesticides formulés sur *tuta absoluta* et sur une gamme de champignons phytopathogènes. mémoire de magistère. U. Blida
82. **GERALD KARP,. 2010.** Biologie cellulaire et moléculaire: Concepts and experiments . De Boeck Supérieur, 840 pages
83. **SIVARAMAKRISHNAN S., V.PATTEL, G.FLOWER AND LG. PALEG.,1988.** Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid season drought stress. *Plant Physiol.*,74,p.418426.
84. **NAKASHIMA K., SATOH R., KIYOSUE T. , YAMAGUCHI-SHINOZAKI K., SHINOZAKI K,. 1998.** A gene encoding proline dehydrogenase is not only induced by proline and hypoosmolarity, but is also developmentally regulated in the reproductive organs of *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 118, 1233-41.
85. **BELKHODJA, M., AND M. BENKABLIA,. 2000.** Proline of Faba bean (*Vicia faba*) under salt stress. *Egypt. J. Agric. Res.* 78, no. 1: 185–195.

86. **HARE, P.D., AND W.A. CRESS., 1997.** Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regulation* 21: 79–102.
87. **SILVEIRA, P., B. MELOAR, AND R.A. VIEGRAS., 2002.** Effets salinité induits sur l'assimilation d'azote liée à la croissance aux usines de doliques de Chine. *Exp. Bot* 46: 171–179.
88. **LE SAINT A.M., 1966.** Observations physiologiques sur le gel et l'endurcissement chez le chou de Milan. Thèse Doct. Es Sciences, Paris, série A, N° 4669.
89. **VEZINA, L., AND R. PAQUIN., 1982.** Effets des basses températures sur la distribution de la proline dans les plants de Luzerne. *Medicago mediapens.* *Physiol. Vég* 20: 101–109.
90. **LA LIBERTE, G., AND R. PAQUIN., 1984.** Effets des basses températures avec ou sans apport d'acide glutamique et de saccharose sur la teneur en proline et la tolérance au gel du blé d'hiver. *Physiol. vég* 22: 305–315.
91. **WEIMBERG, R., H.R. LERNER, AND A. POLJAKOFF-MAYBER., 1986.** Changes in growth and water-soluble solute concentrations in *Sorghum bicolor* stressed with sodium and potassium salts. *Physiol. plant* 62: 472–480.
92. **JOSHI, S., 1984.** Effet of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of *Pigeonpea cajanus* L. *Plant and soil* 82: 69–76.
93. **BOUTELIER E., 1996.** Effet du NaCl sur la physiologie du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). Son rôle dans l'acquisition de la résistance à la sécheresse. Thèse de Doc. Univ. Paris 6, 142p.
94. **IMAMUL HUQ, S.M., AND F. LARHER., 1984.** Effect of maintaining a constant Na: Ca ratio on the growth, ion balance and organic solute status of NaCl treated cowpea. *Vigna sinensis* L.Z. *Pflanze. Physiol* 113: 163–176.
95. **AIT SADI M., 1990.** Comportement biochimique de quelques lignées de fève (*Vicia faba* L.) soumises à la salinité: étude particulière de la proline. Mémoire DES, Univ. Sénia, 65p.

96. **BELKHODJA, M., 1996.** Action de la salinité sur les teneurs en proline des organes adultes de trois lignées de fève (*Vicia faba* (L.)) au cours de leur développement. *Acta Botanica Gallica, Soc. Bot. de France* 143, no. 1: 21–28.
97. **BELKHODJA, M., AND M. BENKABLIA., 2000.** Proline of Faba bean (*Vicia faba*) under salt stress. *Egypt. J. Agric. Res.* 78, no. 1: 185–195.
98. **BELLINGER, Y., A. BENSAOUDA, AND F. LARHER., 1989.** Physiology breeding of winter cereals for stress environments. Colloque, N°3. France: Montpellier.
99. **ROLLAND F, BAENA-GONZALEZ E, SHEEN J.,2006.** Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. *Annu Rev Plant Biol* 57: 675–709
100. **BOLOURI-MOGHADDAM MR, LE ROY K, XIANG L, ROLLAND F, VAN DEN ENDE W., 2010.** Sugar signaling and antioxidant network connections in plant cells *Febs J* 277:2022-2037.
101. **KAREN KOCH., 2004.** Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, 7:235–246
102. **NOIRAUD N., DELROT S. et LEMOINE R., 2000** – The sucrose transporter of Celery. Identification and expression during salt stress 1. *Plant physiol.*, Vol.122, PP 1447-1456.
103. **CHUNYANG L et KAIYUN W., 2003** – Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. Populations. Uni of Helsinki. Finland. *Forest Ecology and Management*. 179, Pp 377 – 385.
104. **GEIGENBERGER P., REIMHOLZ R., GEIGER M., MERLO L., CANALE V. et STITT M., 1997** – Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term water deficit. *Planta* , 201, 502- 518.
105. **KIM J.Y., MACHE A., BRANGEON J. et PRIOUL J. L., 2000** – A Maize vacuolar invertase, IVR2, is induced by water stress. Organ/Tissue specificity and diurnal modulation of expression. *Plant physiology*, Vol.124, Pp 71 - 84.

106. **MASTRANGELO A.M., RASCIO A., MAZZUCCO L., RUSSO M., CATTIVELLI L. et DI FONZO N., 2000** – Molecular aspects of abiotic stress resistance in durum wheat. *Option méditerranéenne*, N°40, 207 - 213.
107. **RATHERT, G., 1984.** Sucrose and Starch content of plant parts as a possible indicators for salt tolerance. *Aust. J. Plant Physiol* 11: 491–495.
108. **ALARCON, J.J., M.J. SANCHEZ-BLANCO, M.C. BOLARIN, M. HIGAZY-SHEHATA, AND A. ALLAM., 1994.** Free proline relation to salinity tolerance of three sugar beet varieties. *Egypt. J. Agric. Res.* 73, no. 1: 175–189.
109. **JAYARAJ P., 1999** – Plagas en frutale de hueso con especial estudio del *Capnodis tenebrionis* L., pp : 27-43
110. **CHABOUSSOU F., 1980** – Les plantes malades des pesticides. Base nouvelle de prévention contre maladies et parasites. Ed. DEBARD, Paris, 200p.
111. **SCHOONHOVEN L.M., JERMY T. ET VAN LOON J. J. A., 1998** : Host-plant selection : When to accept a plant. In : *Insect-plant Biology. From physiology to evolution.* Ed. Chapman & Hall, pp : 156-193.
112. **STREBLER G., 1989** : Les médiateurs chimiques : Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Ed. Tec et Doc-Lavoisier. Paris, 246 P.
113. **ROBERT P.C., 1986** : Les relations plantes-insectes phytophages chez les femelles pondeuses : Le rôle des stimuli chimiques et physiques. Une mise au point bibliographique. *Agronomie.* 6 : 127-142.
114. **ROMEIS J. ET WÄCKERS F.L., 2002** : Nutritional suitability of individual carbohydrates and amino acids for adult *Pieris brassicae*. *Physiological Entomology*, 27 : 148-156.
115. **Kumbaşhi M., 2005** : Etude sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Christoneura funiferana* Clem.). Thèse doctorat en sciences forestières, 115 P.

116. **LOMBARKIA N., 2002** : Influence de métabolites présents à la surface des organes du pommier sur la ponte du carpocapse : *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*). Application à l'étude de la résistance du pommier au ravageur. Thèse doctorat. Université Rennes 1, France, 131 P.
117. **DERRIDJ O., 1996** – Physiological and ecological studies on the species of *Capnodis* in Palestine (Col., Buprestidae). II. Studies on the larvae. Bulletin of the Entomological Research 36, pp: 103-119.
118. **ESPIELIE k., 1996** – Contributions à l'histoire naturelle des larves de Buprestides: la première larve de *Julodis onopordi* Fabr. Annales de la Société de Entomologie de France 62, pp: 92-95.
119. **UDAYAGIRI I et MASON O., 2001** – Morfologii lichinok zlatok roda *Acmaeoderella Cobos* (Coleoptera, Buprestidae), p. 21-38 in: Medvedev G.S. (ed.), 144 Morfologiya i sistematika nasekomykh. Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR, 83, Leni ngrad [in Russian].
120. **SCHOONHOVEN L. M., 1982** : Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **31** : 57-69.
121. **STADLER R., 1998** – Moeurs et métamorphoses d'insectes. Revue d'Entomologie, Caen 11, pp: 202-252.
122. **HUSSAIN SS. 2006**. Molecular breeding for abiotic stress tolerance: drought perspective. *Proc Pak Acad Sci.*, **43**:189–210.
123. **DIB T.A., MONNEVEUX P et ARAUS J.L., 1992** - Adaptation à la sécheresse et notion d'ideotype chez le blé dur. II : caractères physiologiques d'adaptation. Elsevier, INRA, Agronomie, 12, 381-393.
124. **RAMANJULU S., SREENIVASULU N. et SUDHAKAR C., 1997**- effect of water stress on photosynthesis in two mulberry genotypes with different drought tolerance . *photosynthetica* 35 (2): 279- 283
125. **STEWART C.R., 1978** – role of carbohydrates in proline accumulation wilted Barley leaves. *Plant Physiol*, 61, 775-778.
126. **MONNEVEUX P. et NEMMAR M., 1986** – Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6 : 583-590

127. **CARCELLER J., 1995** – Proline and the export of N compounds from senescing leaves of Maize under water stress. INRA, Inter drought, VI-5.
128. **HARE P.D., CRESS W.A. et VAN STADEN J., 1998** – Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell and Environment* 21, 535-553.
129. **NOIRAUD N., DELROT S. et LEMOINE R., 2000** – The sucrose transporter of Celery. Identification and expression during salt stress 1. *Plant physiol.*, Vol.122, PP 1447-1456.
130. **ILDIKO K. et GALIBA G., 1995** – Carbohydrates in wheat and Maize plants under water stress. INRA, Inter drought, V-10. In : *Physiologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides* – Paris, 465 – 472.
131. **KAMELI A. et LÖSEL D.M., 1995** – Carbohydrates and water status in 186 wheat plants under water stress. *New Phytol.*, **125**, 609-614.
132. **KAMELI A. et LÖSEL D.M., 1995** – Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J.Plant Physiol.*, Vol .147, Pp 363-366.