

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB DE BLIDA**  
**FACULTÉ DES SCIENCES AGRO-VÉTÉRINAIRES ET BIOLOGIQUES**  
**DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**Contribution à l'étude de l'effet régional sur la  
qualité des huiles essentielles :  
Evaluation de l'Activité Insecticide**

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

Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

Présenté par : **M<sup>lle</sup>. MardoUD SAIDA**

Devant le jury composé de :

<b>Mme AMRINE C.</b>	M.A.B	U.S.D. BLIDA	Présidente
<b>Mr DJAZOULI Z.E.</b>	M.C.A	U.S.D. BLIDA	Promoteur
<b>Mr MOUSSAOUI K.</b>	Doctorant	U.S.D. BLIDA	Co-promoteur
<b>Mme NEBIH D.</b>	M.A.D	U.S.D. BLIDA	Examinatrice

**ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2012/2013**

## **REMERCIEMENTS**

*Tout d'abord, je remercie **Dieu** le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour bien mener ce travail.*

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

*Je tiens à exprimer ma gratitude, mes sincères remerciements, ma reconnaissance et mes respects à mon promoteur **D<sup>r</sup> DJAZOULI Z.E.** Veuillez accepter **Dr**, le témoignage de mon profond respect et de ma sincère reconnaissance.*

*Mes sincères remerciements vont à mon Co-promoteur **M<sup>r</sup> MOUSSAOUI K** pour son aide et sa disponibilité.*

*Mes vifs remerciements et mes respects vont à **M<sup>me</sup> AMRINE C** qui ma fait l'honneur de présider le jury.*

*Je remercie très sincèrement **M<sup>me</sup> NEBIH.** D'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury et d'examiner ce travail.*

*Je remercie mes enseignants et mes professeurs qui ont assuré ma formation sans oublier les personnels du département d'agronomie de Blida.*

*Je remercie également toute personne ayant contribué de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail.*

## *DEDICACE*

*Je dédie ce travail à la mémoire de mon très cher père*

*À ma très chère maman, que dieu la garde pour moi*

*À mes chères grands parents que Dieu nous les garde*

*À mes très chères sœurs : Souhila, Razika, Houda.*

*Et mes très chers frères : Saïd, Omar, Hamza et Mohamed*

*À toute la famille MARDOU*

*À tout mes oncles et tantes, cousins et cousines*

*À mes très chères nièces : Malek, Amine, Hadjer, Imad,  
Basset et Ritedj*

*À mon promoteur : Dr DJAZOULI Z.E*

*À Monsieur Djouamai Sid Ali.*

*À toute mes amies et mes collègues de promo de PHYTOPHARMACIE*

*À tous ceux qui ma aidé pour la réalisation de ce mémoire*

*Saida*

## RÉSUMÉ

### Contribution à l'étude de l'effet régional sur la qualité des huiles essentielles : évaluation de l'activité insecticide

L'utilisation des produits chimiques pour le contrôle des bioagresseurs soulève plusieurs inquiétudes liées à l'environnement, à la santé humaine, aux espèces non cibles, et au développement des populations résistantes.

Actuellement, les plantes aromatiques possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans la lutte biologique.

La présente étude a porté sur l'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus camaldulensis* issus de différentes régions Zéralda (Zone côtière), Boufarik (pleine sub-littorale) et Médéa (Zone montagneuse) sur l'abondance, la structuration populationnelle et la reprise biocénotique des populations résiduelles du puceron vert des *Citrus Aphis citricola* sur un verger d'agrume en Mitidja.

Les résultats de cette étude ont montré que toutes les formulations testées ont eu un effet répressif sur l'abondance de différentes formes biologiques d'*Aphis citricola*. Les mêmes résultats nous ont permis de signaler une gradation de toxicité croissante des molécules biologiques allant respectivement de celle de l'huile essentielle formulé a base d'*Eucalyptus camaldulensis* issu de la région de Zéralda suivi de l'huile essentielle formulée de la région de Médéa et enfin de celles de la région de Boufarik.

Les résultats de cette étude ont montré que durant tout le suivi, l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issu de la région de Boufarik reste le plus toxique et le plus efficace.

Enfin, la structuration des formes biologiques d'*Aphis citricola* présente une certaine stabilité chez le témoin, alors que les formes biologiques affichent une perturbation structurale chez les populations ayant subis des apports des huiles essentielles formulées.

#### Mots clés:

*Aphis citricola*, *Eucalyptus camaldulensis*, Abondance, Population résiduelle, Toxicité, Chemotype, agrume.

## ABSTRACT

### **Contribution to the study of the regional effect on the quality of essential oils: evaluation of insecticidal activity**

The use of chemicals to control pests raises several concerns related to the environment, human health, non-target species, and the development of resistant populations.

Actuellement, Aromatic plants have considerable thanks to the gradual discovery of their essential oils applications in biological control asset.

This study focused on evaluating the effectiveness of essential oils formulated with *Eucalyptus camaldulensis* from different regions Zéralda (Coastal Zone) Boufarik (full sub-littoral) and Medea (mountainous area) on the abundance The population-structuring and biocenotic recovery of residual populations of green aphid *Aphis citricola* on an orchard of agrum in Mitija.

The results of this study showed that all the formulations tested had a repressive effect on the abundance of different biological forms of *Aphis citricola*. The same results have enabled us to report a gradation of increasing toxicity of biological molecules from each of the essential oil was formulated based on *Eucalyptus camaldulensis* from the region of Zeralda monitoring essential oil formulated harvested area Medea and finally those of the region of Boufarik.

The results of this study showed that during the entire follow-up, the essential oil from the region of Boufarik is the most toxic.

Finally, the structure of biological forms of *Aphis citricola* has a certain stability in the control, while organic forms show a structural perturbation in populations with sustained inflows of formulated essential oils.

Key words:

*Aphis citricola*, *Eucalyptus camaldulensis*, Abundance, residual population, toxicity, Essential Oil, Citrus, Chemotype.



## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>3</b>
<b>I. PRÉSENTATION DE LA PLANTE HÔTE (<i>Citrus</i>).....</b>	<b>3</b>
1. Position systématique.....	3
2. Origines et répartitions des agrumes dans le monde.....	3
3. Importance des agrumes .....	3
4. Etat phytosanitaire des agrumes.....	6
<b>II. LES HUILES ESSENTIELLES.....</b>	<b>10</b>
1. Définition.....	10
2. Localisation.....	10
3. Variabilité des huiles essentielles.....	11
4. Fonction biologique des huiles essentielles au niveau de la plante...	11
5. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.....	11
6. Compositions des huiles essentielles.....	12
7. Mode d'action des huiles essentielles.....	13
8. Domaines d'utilisation des huiles essentielles.....	13
9. Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	14
<b>III. DONNÉES SUR LES EUCALYPTUS .....</b>	<b>17</b>
1. Systématique des <i>Eucalyptus</i> .....	17
2. Historique des Eucalyptus.....	17
3. Quelques essences d'eucalyptus cultivées en Algérie.....	18
4. Qualités spéciales des Eucalyptus et leurs utilisations.....	19
5. Composition chimique.....	19
6. Propriétés thérapeutiques .....	20
<b>CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</b>	<b>21</b>
- Objectif .....	21
1. Présentation de la région d'étude .....	21
2. Présentation du site d'étude .....	22
3. Matériel d'étude.....	23
4. Méthodologie d'étude.....	26

5. Analyses statistiques.....	28
-------------------------------	----

### **CHAPITRE 3 : RÉSULTATS**

1. Evaluation de l'effet biocide de différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> sur l'abondance et la structure des populations d' <i>Aphis citricola</i> .....	29
2. Fluctuation temporelle des populations résiduelles des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> sous l'effet des différentes huiles essentielles.....	36
3. Estimation de la stabilité populationnelle d' <i>Aphis citricola</i> sous l'effet de différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> .....	39
<b>DISCUSSION</b> .....	43
1. Effet des formulations des huiles essentielles sur <i>Aphis citricola</i> .....	43
2. Evaluation de la toxicité des formulations des huiles essentielles sur <i>Aphis citricola</i> .....	44
3. Effet des formulations des huiles essentielles sur la stabilité populationnelle d' <i>Aphis citricola</i> .....	45
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	46
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>ANNEXE</b>	



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b>	Répartition des agrumes et leur marché dans le monde (Anonyme, 2005).....	4
<b>Figure 2 :</b>	Répartition des vergers agrumicoles Algériens (Anonyme, 2006d).....	5
<b>Figure 3 :</b>	Montage d'hydro-distillation (Clevenger).....	15
<b>Figure 4 :</b>	Localisation géographique de la plaine de la Mitidja (Ait Saada, 2011). Echelle : 1/500 000.....	21
<b>Figure 5 :</b>	Présentation du site d'étude (355 m d'altitude) (Google earth).....	23
<b>Figure 6 :</b>	Présentation du verger d'agrumes (blocs d'études).....	23
<b>Figure 7 :</b>	Les différentes formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> (Adultes, larves) (Gx 80).....	24
<b>Figure 8 :</b>	les huiles essentielles d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> .....	25
<b>Figure 9 :</b>	Présentation des bioproduits à base d'huiles essentielles d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> .....	25
<b>Figure 10 :</b>	Schéma récapitulatif de l'étude.....	26
<b>Figure 11 :</b>	Evaluation temporelle des abondances des populations d' <i>Aphis citricola</i> sous l'effet des différentes huiles essentielles.....	30
<b>Figure 12 :</b>	Projection des abondances d' <i>Aphis citricola</i> sur les deux axes de l'ACP.....	33
<b>Figure 13 :</b>	Effets comparés de l'efficacité des huiles essentielles formulées d' <i>Eucalyptus</i> sur l'abondance des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> .....	35
<b>Figure 14 :</b>	Evaluation temporelle des populations résiduelles d' <i>Aphis citricola</i> sous l'effet des différentes huiles essentielles.....	37
<b>Figure 15 :</b>	Projection des populations résiduelles d' <i>Aphis citricola</i> sur les deux axes de l'ACP.....	38
<b>Figure 16 :</b>	Effets comparés de l'efficacité des huiles essentielles formulées sur les populations résiduelles des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> .....	40

<b>Figure 17 :</b> Diagrammes Rang/Fréquence des formes biologiques sous l'effet des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> ...	42
---	----

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Evaluation de la toxicité de différentes huiles essentielles formulées d' <i>Eucalyptus</i> sur l'abondance globale des populations d' <i>Aphis citricola</i> .....	29
<b>Tableau 2:</b> Evaluation de la toxicité de différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> sur l'abondance larvaire d' <i>Aphis citricola</i> .....	31
<b>Tableau 3:</b> Evaluation de la toxicité de différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> sur l'abondance des adultes d' <i>Aphis citricola</i> ..	31

## **LISTE DES ABREVIATIONS :**

- A.C.P** : Analyse en Composantes Principales
- G.L.M** : Modèle linéaire global.
- ANOVA** : Analysis of Variance
- P** : Probabilité
- Bou** : Boufarik
- Zér** : Zéralda
- Méd** : Médéa
- CO2** : Dioxide de Carbone
- FAO** : Food and agriculture organisation
- SAU** : Surface agricole utilisée
- Qx** : Quintaux
- Ha** : Hectare
- PR** : Population résiduelle.
- APG** : Angio sperme phylogénie group
- HE** : Huile essentielle
- °C** : Degrés Celsius
- C. H. A.** : Classification Hiérarchique Ascendante

## TABLE DE MATIERE

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	2
CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I. PRÉSENTATION DE LA PLANTE HÔTE ( <i>Citrus</i> ).....	3
1. Position systématique.....	3
2. Origines et répartitions des agrumes dans le monde.....	3
3. Importance des agrumes .....	3
3.1 Dans le monde .....	4
3.2. En Algérie.....	4
4. Etat phytosanitaire des agrumes.....	6
4.1. Les troubles physiologiques.....	6
4.2. Les principales maladies .....	6
4.2.1. Les maladies dues aux virus et aux phytoplasmes.....	6
4.2.2. Les maladies bactériennes ou bactérioses.....	7
4.2.3. Les maladies cryptogamiques.....	7
4.3. Les principaux ravageurs.....	7
4.3.1. Les acariens.....	7
4.3.2. Les diptères.....	8
4.3.3. Les homoptères.....	8
4.3.4. Les lépidoptères.....	9
4.3.5. Les nématode.....	9

<b>II. LES HUILES ESSENTIELLES.....</b>	<b>10</b>
1. Définition.....	10
2. Localisation.....	10
3 Variabilité des huiles essentielles.....	11
D'origine intrinsèque.....	11
D'origine extrinsèque.....	11
D'origine technologique.....	11
4. Fonction biologique des huiles essentielles au niveau de la plante.....	11
5. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.....	11
6. Compositions des huiles essentielles.....	12
7. Mode d'action des huiles essentielles.....	13
8. Domaines d'utilisation des huiles essentielles.....	13
8.1. En thérapeutique.....	13
8.2. En cosmétologie.....	14
8.3. En agroalimentaire.....	14
9. Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	14
9.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	14
9.2. Extraction par hydrodistillation.....	15
9.3. Hydrodistillation sous pression.....	15
9.4. Expression à froid.....	15
9.5. Extraction par solvant organiques.....	15
9.6. Extraction par fluide à l'état supercritique.....	16
9.7. Extractions par les solvants et par les graisses.....	16
<b>III. DONNÉES SUR LES EUCALYPTUS</b>	<b>17</b>
1. Systématique des <i>Eucalyptus</i> .....	17
2. Historique des Eucalyptus.....	17
3. Quelques essences d'eucalyptus cultivées en Algérie.....	18
4. Qualités spéciales des Eucalyptus et leurs utilisations.....	19
5. Composition chimique.....	19
6. Propriétés thérapeutiques .....	20
<b>CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</b>	<b>21</b>
- Objectif .....	21
1. Présentation de la région d'étude .....	21
1.2. Présentation de la région de Mitidja .....	21

1.1.	Caractéristique climatique.....	22
2.	Présentation du site d'étude .....	22
3.	Matériel d'étude.....	23
3.1.	Matériel végétal .....	23
3.2	Matériel animal.....	24
3.3	Produits biologiques utilisés.....	24
4.	Méthodologie d'étude.....	26
4.1.	Application des traitements.....	26
4.2.	Technique de prélèvements et d'évaluation.....	27
4.3.	Evaluation des populations résiduelles.....	27
5.	Analyses statistiques.....	28
5.1.	Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer <i>et al.</i> , 2001)...	28
5.2.	Analyses de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).....	28
5.3	Distribution rangs/fréquence (PAST vers. 1.37, Hammer <i>et al.</i> , 2001).....	28

### **CHAPITRE 3 : RÉSULTATS**

1.	Evaluation de l'effet biocide de différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> sur l'abondance et la structure des populations d' <i>Aphis citricola</i> .....	29
1.1	Fluctuation temporelle de l'abondance des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> sous l'effet des différentes huiles essentielles.....	29
1.2	Tendance de l'efficacité des différents huiles essentielles sur l'abondance des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> .....	32
1.3	Etude comparée de l'efficacité des différentes huiles essentielles sur l'abondance des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> .....	34
2.	Estimation de l'efficacité de différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> sur les populations résiduelles d' <i>Aphis citricola</i> .....	36
2.1	Fluctuation temporelle des populations résiduelles des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> sous l'effet des différentes huiles essentielles .....	36
2.2	Tendance de l'efficacité des différents huiles essentielles sur la population résiduelle des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i> .....	36
2.3.	Etude comparée de l'efficacité des différentes huiles essentielles sur les populations résiduelles des formes biologiques d' <i>Aphis citricola</i>	39
3.	Estimation de la stabilité populationnelle d' <i>Aphis citricola</i> sous l'effet de	

différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i> .....	39
<b>DISCUSSION</b> .....	43
1. Effet des formulations des huiles essentielles sur <i>Aphis citricola</i> .....	43
2. Evaluation de la toxicité des formulations des huiles essentielles sur <i>Aphis citricola</i> .....	44
3. Effet des formulations des huiles essentielles sur la stabilité populationnelle d' <i>Aphis citricola</i> .....	45
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	46
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>ANNEXE</b>	

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les agrumes ont une grande importance dans le développement économique et social dans les pays producteurs. Ils constituent les produits d'exportation et de transformation en divers dérivés tels que les jus, confitures, essences, comme ils peuvent être une source d'emploi (**Loussert, 1989**). L'Algérie, figure parmi les grands pays méditerranéens producteurs d'agrumes avec une superficie de 63.589 ha, avec une production de 16,7 tonnes par hectare en 2009

En Algérie les pucerons sont parmi les principaux ravageurs des cultures, leurs pullulations dépassent souvent le seuil tolérable. Les études menées à ce jour sur l'inventaire et les fluctuations des populations des pucerons dans plusieurs régions d'Algérie montrent que la situation est très grave et nécessite une intervention urgente (**Benfekih, 1989**).

Afin de faire face aux dégâts causés par ce ravageur, les agriculteurs s'orientent vers l'utilisation des produits chimiques comme moyen de lutte, faciles d'emploi suite à leur efficacité et fiabilité, d'où leur utilisation systématique et abusive. La maîtrise de ces parasites n'est accomplie qu'au prix d'interventions phytosanitaires fréquentes. Celles-ci présentent, par contre, des effets sur l'environnement et favorisent le développement de souches résistantes (**Urban, 1997 ; Auberto et al., 2005**).

Plusieurs études se sont intéressées aux plantes pouvant être utilisées dans la protection des cultures. Ces plantes contiennent naturellement dans leurs tissus des quantités importantes de molécules bioactives qui ne sont pas intrinsèquement biocides. Cependant, lorsqu'elles sont exposées à un stress, ces plantes libèrent une gamme de produits connus pour leurs propriétés biocides et/ou biostatiques. Ces composés secondaires naturels sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre les microorganismes pathogènes et ravageurs (**Auger, 1999**).

Les huiles essentielles constituent donc une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives (**Sell, 2006**). Sous la vision de minimiser l'utilisation des insecticides de synthèse dans les vergers agrumicoles Algériens, la présente étude consiste à mettre en évidence l'effet biocide des bioproduits à base des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* issus des différentes régions (Boufarik, Médéa, Zéralda) vis-à-vis de puceron vert des citrus *Aphis citricola*. Dans ce contexte nous avons essayé de répondre à certaines questions d'hypothèses : Quel serait l'impact des applications des huiles



essentielles formulées sur les différentes formes biologiques? La formulation des huiles essentielles présentent-elles le même effet toxique ? Quelle huile essentielle formulée est la plus efficace sur la population du puceron vert ?

## CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### I. PRÉSENTATION DE LA PLANTE HÔTE (*Citrus*) :

#### 1. Position systématique

Le terme d'agrumes (*citrus* en anglais) correspond à trois genres botaniques : *Citrus*, *Poncirus* et *Fortunella*. Ils appartiennent à la famille des *Rutacées*, à la sous famille des *Aurantioideae*, à la tribu des *Citreae* et à la sous tribu des *Citrinea* (**Anonyme, 2006a**). D'après **Paraloran (1971)**, l'oranger appartient au genre *Citrus* ; l'espèce est *Citrus sinensis*.

#### 2. Origines et répartitions des agrumes dans le monde

Selon **Loussert (1985)**, les agrumes sont originaires des pays du sud - est asiatique où leur culture se confond avec l'histoire des civilisations chinoises, car ces derniers furent attirés par le parfum et la couleur des huiles essentielles des feuilles, des fleurs et des fruits.

Les portugais introduisent l'oranger en méditerranée aux environs de l'an 1400 bien après le voyage de MARCO POLO en Chine (1287) et c'est à partir du bassin méditerranéen et grâce aux grandes découvertes que les agrumes furent diffusés dans le monde (**Loussert, 1989**).

Les navigations arabes les propagent sur la côte orientale de l'Afrique jusqu'au Mozambique.

Christophe Colombe en 1493 les introduit en Haïti, L'île des mères des Caraïbes à partir de laquelle la diffusion se fera vers le Mexique (1518), puis les Etats-Unis d'Amérique (1560 à 1890).

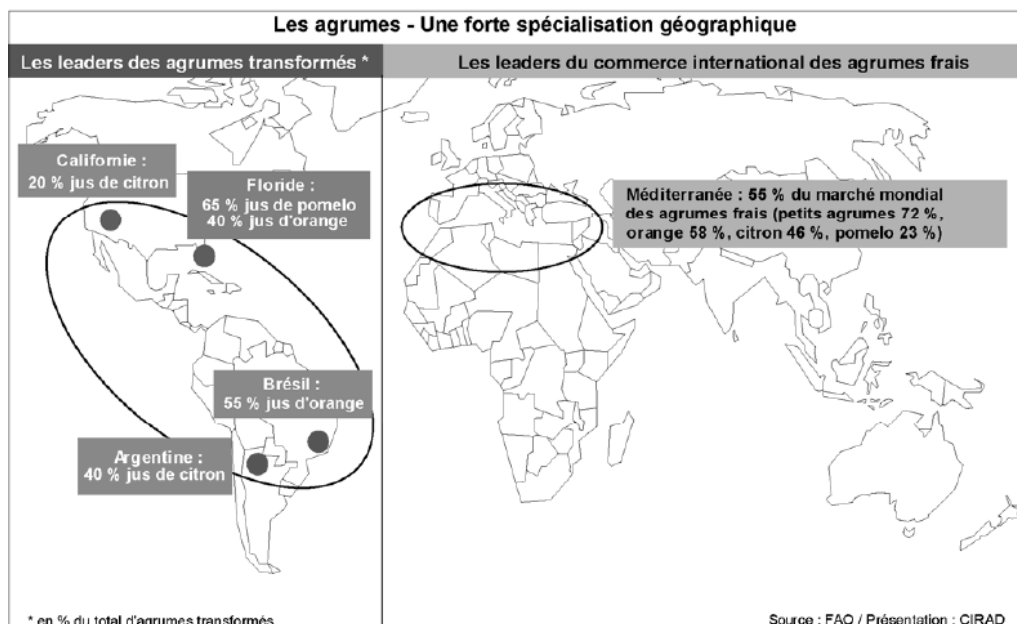
Enfin ce sont les Anglo-Hollandais qui en 1654 introduisent les premiers agrumes dans la province du Cap en Afrique du sud (**Paraloran, 1971 et Loussert, 1989**).

#### 3. Importance des agrumes

Selon **Desmares (2000)**, les agrumes sont essentiellement transformés en jus avec la valorisation de nombreux sous produits, cependant beaucoup d'entre eux sont utilisés pour l'élaboration de confiture et de fruits confits.

### 3.1. Dans le monde

Selon les données statistiques de la FAO (**Anonyme, 2012**), en 2010, plus de 140 pays produisaient des agrumes. Cependant, la majeure partie de la production se concentre dans certaines zones géographiques dans l'hémisphère nord, comptant pour environ 70% de la production totale ; Cette dernière a été estimée, durant la campagne 2009-2010 à 100 millions de tonne (Figure 1).



**Figure 1 : Répartition des agrumes et leur marché dans le monde (Anonyme, 2005)**

La croissance de la production mondiale des agrumes a été relativement linéaire au cours des dernières décennies du XXème siècle. La production annuelle totale d'agrumes s'est élevée à plus de 100 millions de tonnes sur la période 2009-2010 ; Les oranges constituent la majeure partie de la production d'agrumes avec plus de la moitié (58%) de celle en 2010. Les agrumes occupent les premières places en productions fruitières dans le monde, dont 60% d'Oranges, 18% de Petits agrumes (Mandarines et Clémentines), 11% de Citrons et Limes, et 5% de Pomelos (**Anonyme, 2012**).

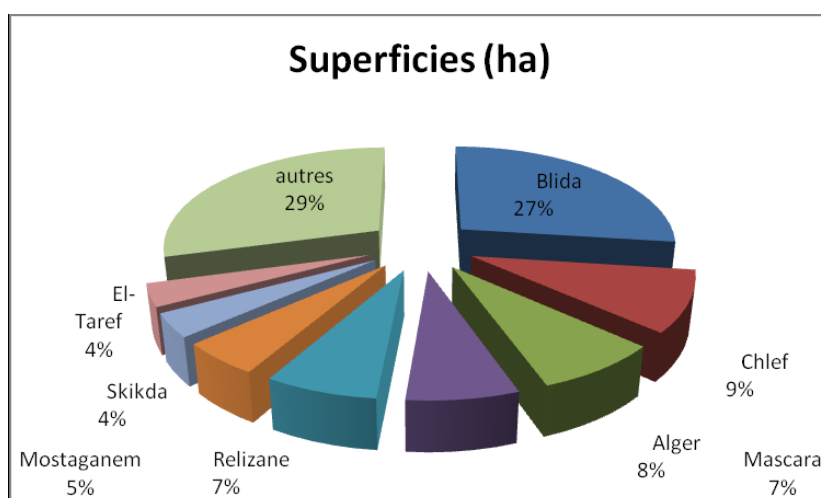
### 3.2. En Algérie

Selon **Berkani (1989)**, en Algérie les agrumes présentent une importance économique considérable du moment qu'ils constituent une source d'emploi et d'activité aussi bien dans le secteur agricole que dans diverses branches auxiliaires (Conditionnement, emballage, transformation, transport, ...etc.)

La plupart des vergers agrumicoles algériens date de l'ère coloniale, ainsi, les vergers commencent à vieillir et la fin du XXème siècle était caractérisée par de faibles productions. Dans beaucoup de régions, à l'instar de la Mitidja, il a été constaté un délaissement de cette spéculation, considérée auparavant comme vocation principale (**Anonyme, 2008**).

Toujours selon **Anonyme (2008)**, un regain d'intérêt vers l'agrumiculture a été constaté ces dernières années ; Les agriculteurs sont fortement encouragés par différents programmes nationaux de développement agricole, ce qui a permis a la superficie agrumicole de passer de 48.640 ha entre 2001-2002 à 62.128 ha entre 2004-2005.

Le verger agrumicole algérien s'étend, à la fin de l'année 2004, sur une superficie de 59 368 ha, soit 0,7% de la surface agricole utilisée (SAU) (**Anonyme, 2006b**) ; sa répartition par wilaya se présente, comme suit, dans la figure, ci-dessous:



**Figure 2 : Répartition des vergers agrumicoles Algériens (Anonyme, 2006b)**

La wilaya de Blida domine largement, avec 27% de la superficie totale et réalise une part importante de la production nationale avec un rendement variant de 150 à 170 qx/ha ; Cette production est orientée, essentiellement, vers la Washington Navel et la Thomson Navel (**Anonyme, 2006c**).

## 4. Etat phytosanitaire des agrumes

Les agrumes souffrent de différentes maladies et ravageurs qui peuvent affecter considérablement la récolte en détruisant les fruits et/ou les arbres.

### 4.1. Les troubles physiologiques

Parmi les troubles physiologiques (**Anonyme, 1976**), les plus importants sont:

- **Le gaufrage** : c'est un phénomène accidentel, fréquent (sauf chez le citronnier). Les fruits présentent sur l'épiderme des dépressions et des bosses légèrement marquées. Ils éclatent rarement sur l'arbre mais plus souvent en emballage. Les remèdes contre le gaufrage n'existent pas.
- **L'altération du col** : On observe autour du calice de petites zones.
- **nécrosées** qui s'aggravent après la récolte.
- **L'altération de l'écorce** : Les symptômes se présentent sous forme de zones irrégulières nécrosées sur l'écorce de fruits.
- **La nécrose de la partie stylaire.**
- **L'éclatement de fruits.**

### 4.2. Les principales maladies

La liste des maladies et des ravageurs des agrumes est longue. Dans cette partie nous évoquerons les principales maladies et ravageurs animaux rencontrés régulièrement par les agrumiculteurs dans leurs vergers et qui causent très souvent des dommages considérables aux agrumes, et affectent considérablement la récolte en détruisant les fruits et/ou les arbres. Pour cela les planteurs doivent apporter un soin particulier au cours de la croissance des arbres et les fruits, ainsi qu'avant la récolte des fruits.

#### 4.2.1. Les maladies dues aux virus et aux phytoplasmes

Les agrumes sont soumis aux problèmes de la propagation des maladies à virus et à phytoplasmes ces derniers temps. Ce sont des maladies transmissibles par bouturage, greffage, ou par des Homoptères agrumicoles polyphages. Les virus et les viroïdes déterminent un certain nombre d'effets généraux tels que les anomalies de la croissance et les inhibitions de la formation des pigments (**Coussin, 1995**)

#### **4.2.2. Les maladies bactériennes ou bactérioses**

Les bactéries provoquent sur les végétaux la pourriture, la Tumeur, les chancres par les toxines qu'elles émettent. Elles peuvent causer des lésions à distances. L'infection peut se faire aussi bien par les orifices naturels comme les stomates ou les lenticelles et/ou par des agents de propagation des maladies bactériennes sont nombreux citons en particulier le vent, l'eau et les semences **(Aguitar, 1980)**

#### **4.2.3. Les maladies cryptogamiques**

Les maladies d'origine cryptogamique qui s'attaquent aux agrumes sont assez nombreuses. Certaines sont économiquement très importantes, comme la gombose parasitaire, le pourridié et la fumagine. Elles s'attaquent aux différents organes végétatifs des *Citrus* **(Coussin, 1995)**.

### **4.3. Les principaux ravageurs**

Selon **Paraloran (1971)**, le nombre d'espèces animales qui se développent et qui se nourrissent au détriment des agrumes sont extrêmement nombreuses et variées, pour cela nous allons étudier seulement les espèces qui causent d'importants dégâts à ces derniers.

#### **4.3.1. Les acariens**

Les acariens sont des minuscules araignées, de très petites tailles, ils mesurent entre 0,1 à 0,5 mm de long, s'attaquent aux organes verts, perturbent le métabolisme des plantes, détruisent les végétaux et freinent le développement de la végétation jusqu'à entraîner dans certains cas la chute des feuilles, des bourgeons, des fruits et le dépérissement des organes aériens et souterrains **(Mouandaza, 1990)**. Parmi les espèces d'acariens qui sont à l'origine de ces dégâts nous avons: *Aceria sheldoni*, *Hemitarsonemus latus* **(Anonyme, 1976)**, *Tetranychus cinnabarinus*, **(Mitiche., 1979 et Boulefekhar., 1985)**.

### 4.3.2. Les diptères

Parmi les diptères, deux espèces peuvent être nuisibles aux agrumes. Il s'agit essentiellement du *Ceratitis capitata* et *Ceratitis rosa* (**Etienne, 1972**).

Une seule d'entre elle cause le plus de dégât, *Ceratitis capitata*, appelée communément mouche méditerranéenne, elle s'attaque aux fruits de divers *Citrus* à savoir: les mandariniers, les pomelos et les orangers, tandis que les citronniers sont pratiquement indemnes **Dridi (1995)**, rapporte que les dégâts provoqués par cette mouche sont de deux types: Dommages causés par des piqûres des femelles provoquant la pourriture de la pulpe du fruit. Dommages causés par les larves qui se développent à l'intérieur des fruits entraînant leurs pourritures et les rendant impropres à la consommation.

### 4.3.3. Les homoptères

**Les cochenilles** ou coccidés apparaissent après la mouche méditerranéenne des fruits, comme l'un des problèmes majeurs des *Citrus* (**Benassy et Soria, 1964**).

Selon **Praloran (1971)**, les cochenilles sont les ennemis les plus importants des agrumes tant par les dépréciations qu'elles causent aux fruits que par les affaiblissements qu'elles entraînent sur les arbres où elles pullulent à savoir :

Les dépréciations d'ordre quantitatif. Ils touchent à la production annuelle ou future des vergers. Ce sont les cas des chutes prématurées des fruits enregistrés au printemps lors des sévères attaques d'*Aonidiella aurantii*, de *Saissetia oleae* ou *Pseudococcus* sp.

Les dépréciations qui touchent la qualité des fruits récoltés qui immédiatement sera observé en station d'emballage et qui constitue pour les producteurs les dégâts types à éviter s'ils veulent exporter.

**Les Aleurodes** Ce sont de petits homoptères qui se rapprochent beaucoup des cochenilles, surtout par leurs stades larvaires. La famille des aleurodes a de nombreux représentants ; sur agrumes trois espèces ont été principalement dénombrées : *Dialeurodes citris* (ASHMEAD), (**Piguet, 1960**), *Aleurothrixus floccosus* (MASKELL), (**Zeghoud, 1987**), *Parabemesia myricae* (KUWANA) (**Berkani et Dridi, 1992**).

**Les pucerons:** Les pucerons se caractérisent par leurs apparitions massives sous forme de colonies denses serrées. On les observe le plus souvent sur les feuillages et les jeunes pousses. Les pucerons sont connus comme vecteurs de maladies virales (**Dridi, 1995**).

Selon **Aroun (1985)**, le verger agrumicole de la Mitidja est infesté par *Toxoptera aurantii*, *Aphis citricola*, *Aphis gossipii*, *Myzus persicae* et *Brachycondus helichrysi*. Seulement les deux premières se montrent particulièrement nuisibles.

#### **4.3.4. Les lépidoptères**

On distingue les espèces *Prays citri*, est un micro-lépidoptère de la famille des *Tortricidae* dont la chenille est nuisible aux fleurs, aux pousses tendres et aux jeunes fruits des divers *Citrus*, elle provoque des dégâts importants à la production avec une préférence marquée pour le citronnier et le cédratier (**Carles, 1984**).

#### **4.3.5. Les nématodes**

Les agrumes sont parasités par des nématodes qui provoquent des nécroses massives sur les radicelles tel que *Tylenchulus semipenetrans* Cobb et *Hoplolaimus leiomerus*; cette espèce semble, d'après les observations étroitement associée aux agrumes; mâles, femelles et juvéniles ont été rencontrés, parfois en grand nombre, dans plusieurs zones agrumicoles au Maroc (**Chapot et Delucchi, 1964**)

## II. LES HUILES ESSENTIELLES

### 1. Définition

La notion d'huile essentielle peut varier avec le point de vue auquel se placent des personnes de formations professionnelles aussi dissemblables que des botanistes, des phytochimistes, des industriels, des parfumeurs ou des pharmacologues (**Belaiche, 1979**).

L'huile essentielle est définie dans le contexte de la certification comme l'extrait naturel de plantes ou d'arbres aromatiques obtenu par distillation à la vapeur d'eau. Autrement dit l'huile essentielle est l'essence distillée, l'essence étant la sécrétion naturelle élaborée au sein des organes producteurs des plantes aromatiques. Chimiquement, une huile essentielle est constituée exclusivement de molécules aromatiques à condition que sa pureté soit totale et qu'elle ait été distillée convenablement. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous produits du métabolisme secondaire extrêmement puissants (**Swisseo, 2005**).

### 2. Localisation

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles se fait dans des structures histologiques sécrétrices spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante ou dans les tissus végétaux (**Bruneton, 1999**).

Pour la famille des *Lamiaceae*, elle se situe dans les poils sécréteurs, chez les *Myrtaceae* au niveau des poches sécrétrices ou encore des canaux sécréteurs et pour les *Asteraceae*, souvent localisées sur la surface des plantes. Ces huiles peuvent être stockées dans divers organes ; fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (cannelier), bois (bois de rose, santal), racines (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane) ou grains (carvi) (**Hernandez ochoa, 2005**).

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux, environ 1% des espèces élaborent des essences. Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent et en particulier les labiés (Thym, Menthe, Lavande, Origan, Sauge, etc.), les Ombellifères (Anis, Fenouil, Angélique, Cumin, Coriandre, Persil, etc.), les Myrtacées (Myrthe, Eucalyptus), les Lauracées (Camphrier, Laurier-sauce, Cannelle) (**Benayad, 2008**).



### 3. Variabilité des huiles essentielles

La composition d'une huile essentielle varie au sein d'une même espèce sous l'influence de plusieurs paramètres :

- **D'origine intrinsèque**: d'ordre génétique, localisation, maturité. En effet, au cours du cycle végétatif, des modifications importantes dans la composition des essences végétales peuvent être relevées (**Garnero, 1985**).

- **D'origine extrinsèque**: facteurs édaphoclimatiques (sol, climat), localisation géographique (l'altitude et la latitude).

- **D'origine technologique**: lié au mode d'exploitation du matériel végétal, en effet, de profondes modifications lors de la récolte, séchage, stockage et conditionnement peuvent être signalées (**Mamouni, 1994**).

Lors de l'extraction, plusieurs perturbations peuvent avoir lieu, en particulier sous l'effet de la température et la durée d'extraction (**Evans, 1998**).

### 4. Fonction biologique des huiles essentielles au niveau de la plante

Comme tout métabolite secondaire, le rôle écologique et évolutionnaire des huiles essentielles a été associée à la défense contre les animaux herbivores et les ravageurs des plantes, la guérison de blessures des organes de la plante, la Protection contre des insectes nuisibles, la résistance aux attaques microbiennes (propriétés fongicides et bactéricides), la protection de la plante du rayonnement ultraviolet et des oxydants (**Daayf et Lattanzio, 2008**) et l'attraction d'insectes et d'animaux intervenant dans la pollinisation, elles jouent également un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal, et semblent aider la plante à s'adapter à son environnement et sont par conséquent produites en plus grande quantité dans des conditions extrêmes (**Svoboda, 1999**).

### 5. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante, ayant une odeur souvent forte et très caractéristique. En général, elles sont incolores à jaune pâle à quelques exceptions telles que l'huile essentielle de camomille dont la couleur bleu clair. Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques mais peu soluble dans l'eau (**Bernard et al ., 1988**).

Leurs densité est inférieure à l'unité (eau), l'exception faite des huiles essentielles de cannelle, de girofle et de saffras. Elles sont extrêmement volatiles

et perdent rapidement leurs propriétés lorsqu'elles sont exposées au soleil ou à la chaleur, elles doivent être présentées dans des flacons ombrés pour une meilleure protection **(Bruneton, 1993)**.

## 6. Compositions des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents **(Sell, 2006)**. Ces composés sont des molécules volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes. Seuls les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée, y sont rencontrés soit les monoterpènes (myrcène,  $\alpha$ -pinène,  $\gamma$ -terpinène, etc.) et les sesquiterpènes (P-caryophyllène,  $\alpha$ -humulène, P-bisabolène, etc.).

Les terpènes sont des composés issus du couplage de plusieurs unités « isopréniques » ( $C_5H_8$ ), soit deux unités pour les monoterpènes ( $C_{10}H_{16}$ ) et trois pour les sesquiterpènes ( $C_{15}H_{24}$ ). Exceptionnellement, quelques diterpènes ( $C_{20}H_{32}$ ) peuvent se retrouver dans les huiles essentielles **(Vila et al., 2002)**

Plusieurs milliers de composés appartenant à la famille des terpènes ont, à ce jour, été identifiés dans les huiles essentielles. La réactivité des cations intermédiaires obtenus lors du processus biosynthétique des mono- et sesquiterpènes explique l'existence d'un grand nombre de molécules dérivées fonctionnalisées telles que des alcools (géraniol,  $\alpha$ -bisabolol), des cétones (menthone, p-vétivone), des aldéhydes (citronellal, sinensal), des esters (acétate d' $\alpha$ -terpinyle, acétate de cédryle), des phénols (thymol), etc. **(Modzelewska et al., 2005)**

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrés est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane **(Kurkin, 2003)**. Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres. Ils sont davantage fréquents dans les huiles essentielles d'*Apiaceae*, et sont caractéristiques de celles du clou de girofle, la vanille, la cannelle, le basilic, l'estragon, etc. **(Bruneton, 1999)**

Il existe un nombre non négligeable de composés volatils issus de la dégradation, de terpènes non volatils (c'est le cas par exemple des ionones qui proviennent de l'auto-oxydation des carotènes) et d'acides gras (les petites molécules odorantes, comme par exemple le (3Z)-hexén-1-ol ou le décanal, qui sont obtenues à partir des acides linoléique et  $\alpha$ -linoléique) **(Bruneton, 1999)**

## 7. Mode d'action des huiles essentielles

Les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt. Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de

synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes (**Feng et Isman, 1995**).

En étant très peu rémanents, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte; cette faible rémanence permet également aux travailleurs de retourner au champ ou dans une serre dans un court délai après le traitement. Les formulations sont stables à la température de la pièce et les huiles essentielles brutes peuvent être entreposées pendant plusieurs années (**Cseke et Kaufman, 1999 ; Kim et al., 2006**). Les méthodes d'analyse de ces extraits ont beaucoup évolué depuis 10 ans et il est maintenant possible d'isoler et d'identifier des composés auparavant inconnus; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique. De plus, Un biopesticide peut être mis sur le marché dans un délai plus court qu'un produit de synthèse, car le processus d'homologation est moins exigeant (**Isman, 2000**).

Selon **Feng et Isman (1995)**, les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe de pesticides intéressante puisqu'en étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action multiples, elles ont des modes d'application variés. Les extraits de plantes sollicitent simultanément plusieurs mécanismes physiologiques (par opposition à des pesticides n'ayant qu'une seule cible moléculaire), ce qui peut retarder l'apparition de populations résistantes d'insectes. Ainsi, des populations du puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulz.), traitées avec des extraits purifiés de neem ont développé 9 fois leur niveau initial de résistance en 40 générations, alors que des populations traitées avec des mélanges bruts n'avaient pas développé de résistance.

## **8. Domaines d'utilisation des huiles essentielles**

### **8.1. En thérapeutique**

Les huiles essentielles sont très riches en composés biologiquement actifs (**Prabuseenivasan et al., 2006**). Ils possèdent des propriétés antibactériennes antifongiques (**Sokovic et Van Griensven, 2006**), antioxydante (**Kordali et al., 2005**), et insecticides (**Yang et al., 1999**).

Grâce à leurs pouvoirs curatifs: Spasmolytique, antispasmodique, anticancer (**Sylvestre et al., 2006**), anti-inflammatoire, anti-ulcer (**Dordevic et al., 2007**), antivirale, les huiles essentielles sont utilisées pour le traitement ou la prévention contre la plus part des maladies de l'homme.

### **8.2. En cosmétologie**

Les huiles essentielles sont largement utilisées dans la fabrication des produits cosmétiques tel que les parfums, savons, lotions et pommade de soins....etc. (**Baydar et al., 2004**).

### **8.3. En agroalimentaire**

Les huiles essentielles peuvent être utilisées comme additifs alimentaires (**Deba et al., 2008**). Elles sont actuellement employées comme arômes alimentaires, et peuvent servir en même temps comme agents de conservation des aliments grâce à leur effet antimicrobien, et ce d'autant plus qu'elles sont reconnues comme saines (**Caillet et Lacroix, 2007**).

Les huiles essentielles ont des effets anti-appétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (**Keane et Ryan, 1999**).

## **9. Procédés d'extraction des huiles essentielles**

Les différentes techniques d'extraction des huiles essentielles ou extraits aromatiques doivent d'une part, tenir compte de ces caractéristiques et d'autre part, apporter des performances quantitatives satisfaisantes, ces techniques d'extraction seront présentées selon le principe sur lequel elles sont basées.

### **9.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau**

Le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur. Les vapeurs saturées en composé volatils sont condensées puis décantées avant d'être séparées en une phase aqueuse et une phase organique (HE). L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétal, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes de dégradation comme les hydrolyses. (**Bruneton, 1999**)

## 9.2. Extraction par hydrodistillation

Elle consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à ébullition. Elle est généralement conduite à Pression atmosphérique. **(Bruneton, 1999)**. Au laboratoire, le système équipé d'une cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger (Figure 3).

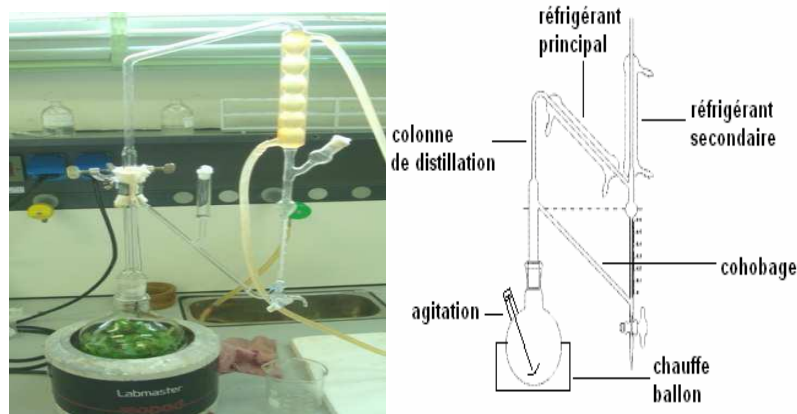


Figure 3 : Montage d'hydro-distillation (Clevenger)

## 9.3. Hydrodistillation sous pression

Elle est appliquée aux matières premières présentant des constituants non entraînés par la vapeur à la pression atmosphérique. **(Bruneton, 1999)**.

## 9.4. Expression à froid

Elle est réservée à l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes. Elle est réalisée en déchirant ces enveloppes par un traitement mécanique **(Bruneton, 1999)**.

## 9.5. Extraction par solvant organiques

En fonction du solvant utilisé on obtient des hydrolysats (eau comme solvant), des alcoolats (éthanol), des teintures (éthanol /eau) et des résinoïdes (extraits éthanoliques). **(Hernandez Ochoa, 2005)**

## 9.6. Extraction par fluide à l'état supercritique

L'extraction par gaz liquéfié met en œuvre le CO<sub>2</sub>. L'avantage de cette méthode est la possibilité d'éliminer et de recycler le solvant par simple compression détente. **(Bruneton, 1999)**

## 9.7. Extractions par les solvants et par les graisses

Certains procédés d'extraction ne permettent pas d'obtenir des huiles essentielles à proprement parler mais des concrètes. Il s'agit d'extraits de plantes obtenus au moyen de solvants non aqueux. Ces derniers peuvent être des solvants usuels utilisés en chimie organique (hexane, éther de pétrole) mais aussi des graisses, des huiles (absorption des composés volatils lipophiles par des corps gras) ou même encore des gaz. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils mais également bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres **(Richard, 1992; Robert, 2000)**. Dans le cas des extraits à l'aide de corps gras, un lavage à l'éthanol permet l'élimination de ces composés non désirables. La solution alcoolique ainsi récoltée est refroidie jusqu'à -10 °C pour en séparer les cires végétales qui se solidifient. Après distillation de l'alcool, le produit obtenu est appelé "absolu" et sa composition se rapproche de celle d'une huile essentielle **(Proust, 2006)**. L'extraction à l'aide de solvants organiques pose un problème de toxicité des solvants résiduels ce qui n'est pas négligeable lorsque l'extrait est destiné aux industries pharmaceutique et agro-alimentaire **(Bruneton, 1999)**.

### III. DONNEES SUR EUCALYPTUS

#### 1. Systématique des *Eucalyptus*

Selon la nouvelle classification des plantes à fleurs proposée par les botanistes de l'Angiosperme phylogénie group (A.P.G.), le genre *Eucalyptus* fait partie de :

Embranchement : Spermaphytes.

Sous-embranchement : Angiospermes.

Classe : Eu dicotylédones.

Sous classe rosidées – Eurosidiées

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtacées.

L'eucalyptus est l'un des genres les plus importants de la famille des Myrtaceae. Chez ce genre qui renferme plus de 500 espèces, les fleurs présentent des étamines qui sont plus remarquables que les pétales, donnant à l'inflorescence un aspect de goupillon. **(Bergamini, 1964)**

#### 2. Historique des *Eucalyptus*

« *Eucalyptus* » vient du grec eu « bien » et kaluptos « couvert »; formant un groupe très riche d'arbre du genre *Eucalyptus* de la famille des *myrtaceae* **(Bergamini, 1964)**

Les *Eucalyptus* sont originaires de Tasmanie en Australie, ils sont donc indigènes au continent Australien, ou ils dominent d'ailleurs 95% des forêts avec plus

de six cents espèces Les *Eucalyptus* possèdent toute une gamme de mécanisme d'adaptation ce qui leur permet d'être présent dans une grande gamme d'environnements **(Bergamini, 1964)**.

Sa croissance rapide, son odeur aromatique qui éloigne l'insecte, son pouvoir absorbant de l'humidité, l'on fait introduire dans la région méditerranéenne pour assainir les étendues marécageuses. Donc il forme une part significative du couvert végétal **(Bloz et Keating W.C., 1972)**.

En Algérie, l'eucalyptus a été introduit par les français en 1860. L'espèce pionnière semble être l'*Eucalyptus camaldelensis*, mais d'autres espèces furent introduites à titre d'essai dans la région d'Alger. Cette zone leur a été tellement favorable que des hybrides naturels y sont apparus, tels que : *E. algeriensis*

Dans les années 40 et 50, les eucalyptus furent introduits dans 18 arboretas couvrant les étages bioclimatiques humides et même semi-aride. Dans ce cadre, pas moins de 130 espèces ont été plantées sur le territoire national (**Meziane, 1996**). Les superficies plantées étaient estimées en 1965 à 28 200 hectares. (**Jacobs, 1955**)

Dans le but de répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et papetiers, des reboisements à base d'eucalyptus, ont commencé durant les années 60 et 70 notamment à l'Est du pays (El-Kala, Annaba, Skikda), au centre (Tizi-ouzou et Bainem) et à l'ouest (Mostaganem). En 1982, il a été mis fin à la production des plants d'eucalyptus en pépinières et, par conséquent, à leur plantation. Les dégâts qu'ont subis ces peuplements à cause de l'attaque du *Phoracantha semionctata* ont été pour beaucoup dans la décision de son interdiction, tandis que nos voisins tunisiens et marocains ne l'ont pas traité de la même façon. Au contraire, ces peuplements ont toujours eu les faveurs des reboiseurs pour leur rôle dans l'alimentation des usines de pâte à papier, de panneaux de particules et même de sciage (**Meziane, 1996**).

Ces dernières années, les seuls arbres exploitables en Algérie se trouvent être les boisements d'eucalyptus plantés il y a une trentaine d'années (**Ait youssef M., 2006**)

### **3. Quelques essences d'eucalyptus cultivées en Algérie**

En raison des immenses avantages que les plantations d'eucalyptus sont susceptibles d'apporter au pays, notamment en produits ligneux et papetiers, un grand nombre d'espèces d'*Eucalyptus* a été plantée sur le territoire national durant les années 60 et 70 (**Meziane, 1982**).

Un total de 130 espèces d'eucalyptus introduites en Algérie à été recensé, dont très peu plantées à grande échelle. A côté de l'espèce la plus répandue en Australie et en Algérie *E. camadulensis*, des espèces telles que : *E. umbellata (tereticornis)* et *E. occidentalis* sont très utilisées dans les pépinières d'espèces forestières dans notre pays. D'après Jacobs, des essais ont pu sélectionner quelques espèces convenant aux zones d'altitude telle que : *E. melliodora* tandis que d'autres se sont montrées vigoureuses aux environs d'Alger telle que : *E. punctata*.



#### 4. Qualités spéciales des Eucalyptus et leurs utilisations

La croissance rapide des Eucalyptus, la qualité de leur bois et leur aptitude à assécher les terres humides ont conduit à leur introduction dans toutes les zones au climat proice (allant du 45<sup>eme</sup> parallèle nord au 45<sup>eme</sup> parallèle sud). Dans certaine d'entre elles, ils forment maintenant une part significative du couvert végétal **(Bouvet J.M., 1999)**

A partir de cette idée, ces espèces sont alors recherchées pour la fabrication de pâte à papier, comme elles rentrent dans l'industrie du sciage et de la fabrication de contreplaqué. Elles donnent aussi d'excellents bois de construction en raison de leur croissance rapide en hauteur **(Bouvet J.M., 1999)**

L'un des intérêts de ce genre est la diversité de la composition des huiles essentielles que fournissent les feuilles, diversité d'autant plus grande que des chimiotypes sont très fréquents. **(Bruneton, 1999).**

Par ailleurs, beaucoup d'espèces d'*Eucalyptus* peuvent fournir de tanin soit par leurs bois soit par leur écorce ou par leurs feuilles tel que : *E. redunca*, *E. albens* .Les tanins des *Eucalyptus* sont des mélanges complexes d'esters, de glucides et d'acides phénoliques **(Schavenberg et Paris, 1977).**

#### 5. Composition chimique

La feuille contient du tanin, un pigment flavonique, L'*eucalyptine*, une huile essentielle balsamique contenant surtout du *cinéol*, ou *eucalyptol*, et une résine amère. **(Schavenberg et Paris, 1977).**

Plusieurs triterpénoïdes ont été isolés à partir des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis*, comme la camalduline, l'acétate de lactone L'acide ursolique, le lactone, le lactone d'acide ursolique, l'acide bétulinique, l'acide oléanolique, l'acide amirinique et le  $\beta$ -sitostérol 3-O-  $\beta$ -D-glucopyranoside **(Begum et al, 2000).**

## 6. Propriétés thérapeutiques

Selon **Anonyme (2011)** l'*Eucalyptus* est utilisé pour :

- Traiter les affections de l'appareil respiratoire.
- Il augmente sécrétion en agissant directement sur les cellules bronchiques et en détruisant le mucus.
- Il améliore également les inflammations de la muqueuse gastrique et de la muqueuse intestinale.
- Ils abaissent le taux du glucose dans le sang (vertus hypoglycémiantes)
- Contre les bouffées de chaleur, les gazes et les palpitations chez les femmes ménopausées
- Contre les rhumatismes.
- Contre les migraines.
- Contre la fatigue passagère.
- Comme désinfectant sur les plaies, brûlures et ulcères cutanés.

Contre les infections des voies urinaires.

## CHAPITRE 2 : MATÉRIAL ET MÉTHODES

### - Objectif

Ce travail s'intègre dans le cadre de l'étude de l'effet régional sur la qualité des huiles essentielles. Il a pour objectif d'estimer l'activité biocide de formulation liquide à base d'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* issu de différentes régions Zéralda (Zone côtière), Boufarik (pleine sub-littorale) et Médéa (Zone montagneuse) sur la disponibilité et la structuration des populations du puceron vert des *Citrus Aphis citricola*.

### 1. Présentation de la région d'étude

#### 1.1. Présentation de la région de Mitidja

La Mitidja est la plus vaste plaine sub-littorale d'Algérie elle s'étend sur 140.000 hectares, s'étirant sur une centaine de kilomètres de long, et 5 à 20 kilomètres de large. Elle est isolée de la mer par la ride de Sahel, prenant appui sur le vieux massif de Chenoua. A l'est d'Alger entre l'Oued Réghaia et Oued Boudouaou. Au sud et sur les marges orientales et occidentales, la Mitidja est bornée par tout un ensemble de montagnes. Au nord-ouest et à l'ouest, le Djebel Chenoua et la retombée de la chaîne de Boumaad avec le Djebel Zaccar ferment la plaine. Au sud, l'Atlas Blidéen constitue une barrière continue. A l'est, le relais est pris par les premières chaînes de calcaire du massif Kabyle (Djebel Bouzegza). En fin, ce sont les hauteurs et les collines de Basse Kabylie qui ferment la plaine à l'est (Mutin, 1977) (Figure 4)



Figure 4 : Localisation géographique de la plaine de la Mitidja

(Google earth). Echelle : 1/500 000

## 1.2. Caractéristique climatique

La région de la Mitidja est soumise à un climat méditerranéen caractérisé, généralement, par une saison douce et humide, allant de novembre à avril, et d'une saison chaude et sèche, qui s'étend de mai à octobre.

Vu le rôle important que joue le climat dans la dynamique des populations des insectes, il est nécessaire de donner un aperçu sur les fluctuations climatiques, à savoir les précipitations et les températures.

L'indice d'Emberger nous a permis de caractériser le climat et la classification de la région d'étude dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par **Stewart (1969)**, Au cours de la période s'étalant de 1997 à 2012 la région d'étude présente un climat méditerranéen sub-humide à hiver frais.

Au cours de la période allant de 1997 à 2012, nous n'avons constaté aucune irrégularité du climat, du fait que le diagramme Ombrothermique établi pour la même période affiche la présence d'une saison sèche qui s'étale sur une période de 6 mois couvrant le mois de mai jusqu'au début du mois de novembre; cependant, la saison humide elle s'étale de décembre à avril.

## 2. Présentation du site d'étude

Notre expérimentation s'est déroulée dans la parcelle n° 8 de la station expérimentale, de la Faculté Agro-Vétérinaire et Biologie de l'Université SAAD Dahleb de BLIDA. Cette dernière se situe à 6 Km au Nord – Est de Boufarik et 4,4 Km au Sud-ouest de la ville de Blida, entre les parallèles d'une latitude 36°29 et 36°30 Nord et une longitude 3°53 et 3°45 Est. Elle est limitée à l'Est par la commune de Soumâa, à l'Ouest par la commune d'Ouled Yaich au Nord par la commune de Béni-Mered au Nord- Est par la commune Guerouaou et au Sud par les montagnes de Chréa. Le sol de la station expérimentale est relativement homogène. À texture généralement équilibrée à limoneuse avec une dominance remarquable de limon et des sables sur la fraction argile fine il est dépourvu de calcaire. Le sol de la parcelle N° 8 moyennement pourvu en matière organique et en azote, il est moyennement structuré à réaction neutre (**Amara., 2012**) (Figure 5).



**Figure 5 : Présentation du site d'étude (355 m d'altitude, Google earth, 2013)**

### **3. Matériel d'étude**

#### **3.1. Matériel végétal :**

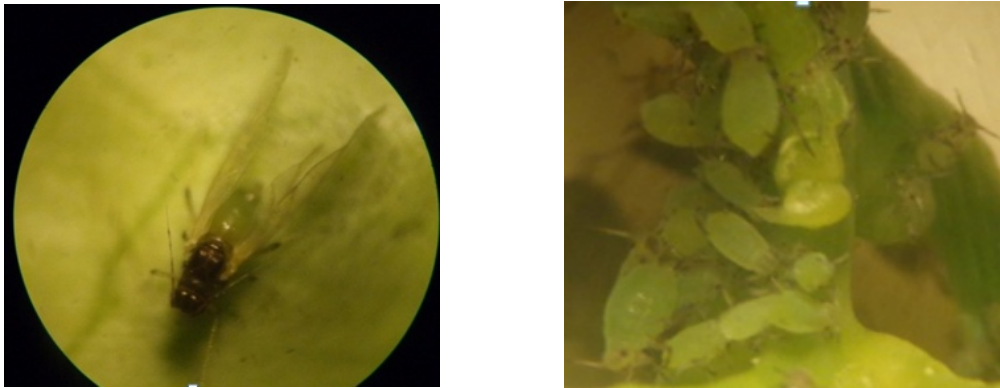
Notre étude est effectuée au niveau d'un verger d'agrumes âgé de 11 ans, variété *Thomson navel*, avec un écartement de plantation de de 5m × 5m. Quatre bloc on été choisis, chaque bloc contient 3 arbres.



**Figure 6: Présentation du verger d'agrumes**

### 3.2. Matériel animal

L'échantillonnage a été effectué sur les différentes formes biologiques de pucerons verts des *Citrus Aphis citricola* évoluant sur les feuilles.



**Figure 7 : Les différentes formes biologiques d'*Aphis citricola* (Adultes, larves) (Gx 80)**

### 3.3. Produits biologiques utilisés

Les huiles essentielles d'*Eucalyptus* sont extraites par la méthode d'entraînement à la vapeur, qui consiste à découper, peser, puis macérer le végétale. Dans un ballon contenant 1,5l litre d'eau mise en chauffage, on place 400g de matière végétale fraîche sur une grille. La vapeur d'eau traverse le matériel végétal en entraînant les produits volatils vers la colonne de condensation. La vapeur condensée est le mélange d'eau et de l'huile essentielle. Celle-ci est recueillie dans une burette contenant de l'eau. L'huile est séparée de l'eau par décantation. La phase organique est récupérée et conservée dans des tubes opaques en verres à une température de 0°C à 6°C. (Figure 8).

Les biopesticides utilisés dans cette étude sont trois huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* prélevées de différentes régions Zéralda (Zone côtière), Boufarik (pleine sublittoral) et Médéa (Zone montagneuse) A partir des huiles essentielles obtenues, nous avons procédé à leur formulation selon le protocole établi par Mr MOUSSAOUI K du laboratoire de phytopharmacie.

Matière active (HE) + Tensioactif + Protecteur → Produit formulé (Figure 9)



Figure 8 : les huiles essentielles obtunues

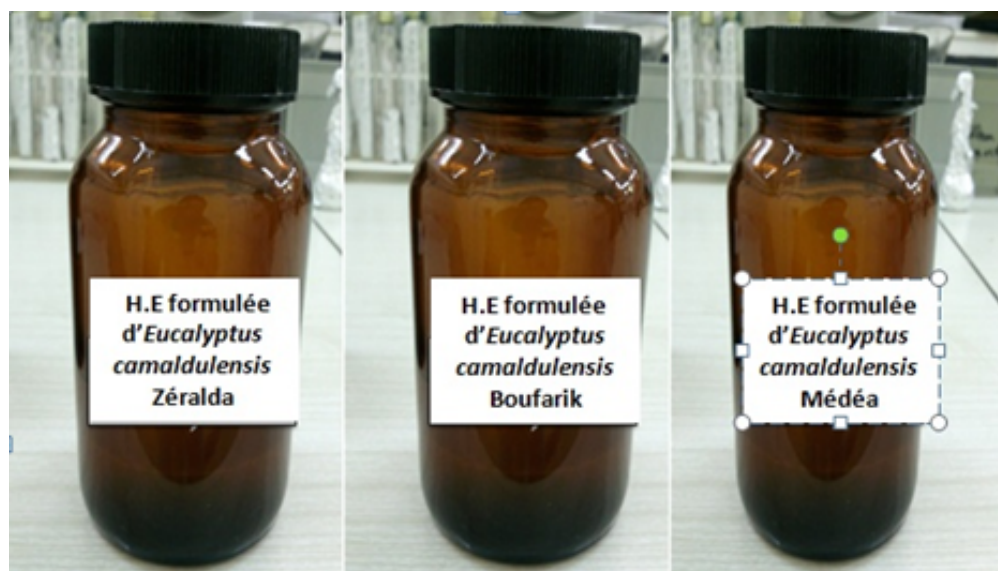


Figure 9: Présentation des huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus camaldulensis*

## 4. Méthodologie d'étude :

### 4.1. Application des traitements

L'expérimentation est basée sur un apport des biopesticides, qui sont obtenues à partir de la dilution de 10 ml de la solution formulée de l'huile essentielle où on lui ajoute 100 ml d'eau.

Afin de réaliser une collection homogène du matériel biologique (les plantes), notre site d'étude est partagé en quatre blocs pour l'application des différents traitements à savoir les huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus camaldulensis* récolté de différentes régions ( Médéa, Boufarik et Zéralda), et un bloc témoin n'ayant subi aucun traitement mais uniquement pulvérisé à l'eau courante. Chacun de ces blocs est relatif à un transect végétale. Les trois traitements ont été pulvérisés une seule fois par un pulvérisateur manuel. Le protocole de l'étude été synthétisé par le schéma ci dessous (Figure 10)

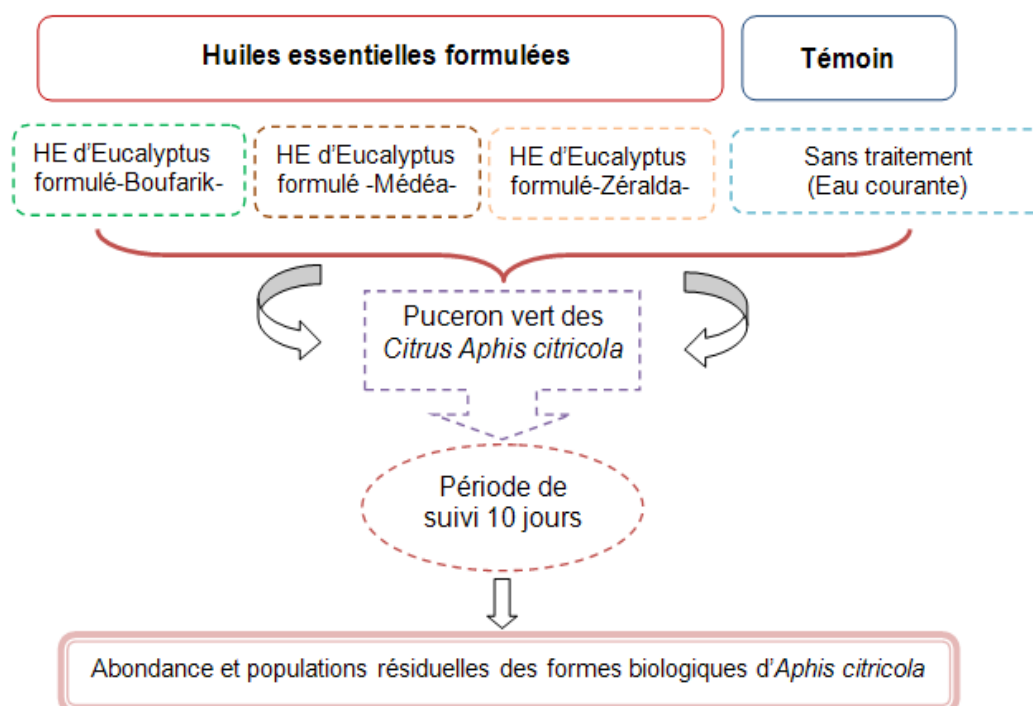


Figure 10 : Schéma récapitulatif de l'étude



## 4.2. Technique de prélèvements et d'évaluation

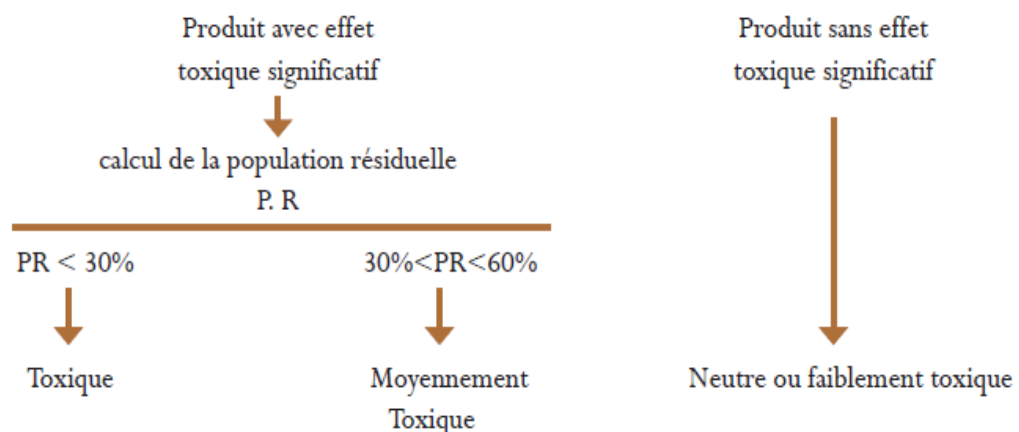
Nous avons préconisé la technique de dénombrement proposée par **Vasseur et Schavester (1957)**. Les prélèvements sont effectués sur les populations d'*Aphis citricola* à partir des transects végétaux, Ils consistent à prélever aléatoirement sur l'arbre aux quatre points cardinaux deux feuilles à un intervalle de 24 heures durant la période d'investigation qui s'est étalée sur une période de 10 jours (7 mai -16 mai)

Pour la conservation des échantillons, les feuilles sont placées dans un sac en papier solide, pour l'identification des sachets une étiquette sur chacun portant toutes les informations nécessaires (date de prélèvement, N° d'arbre, N° du bloc, ...etc.) est indispensable, en suite les sachets sont placés au laboratoire pour faire l'identification et le comptage des espèces sous une loupe binoculaire

Au laboratoire, le comptage des populations d'*Aphis citricola*, a été réalisé sous loupe binoculaire (GX 80) pour suivre les structures des formes biologique. L'efficacité des trois produits appliqués a été révélée par l'estimation de l'abondance et la population résiduelle des populations des pucerons.

## 4.3. Evaluation des populations résiduelles

L'estimation de l'activité biocide des bioproduits a été réalisée par le Calcul de la population résiduelle (P.R) selon le TEST de DUNNETT (**Magali, 2009**).



$$PR = \frac{\text{Nb de formes mobiles (NFM) par traitement} \times 100}{\text{Nb de formes mobiles par témoin (eau)}}$$

## **5. Analyses statistiques**

### **5.1. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer *et al.*, 2001)**

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Dans cette analyse, les périodes de suivies d'efficacité des bioproduits sont groupées selon la manifestation de la toxicité des bioproduits. A partir des trois premiers axes de l'analyse en composantes principales, une classification ascendante hiérarchique des abondances est réalisée dans le but de détecter des discontinuités inter-molécules.

### **5.2. Analyses de la 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, régions, formes biologiques, abondance et populations résiduelles), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories.

### **5.3 Distribution rangs/fréquence (PAST vers. 1.37, Hammer *et al.*, 2001)**

Nous avons tenu compte la structuration en différentes formes biologiques de l'insecte et sous l'effet des différents traitements par le recours aux diagrammes rang/fréquence des formes biologiques. Les diagrammes rang/fréquences sont tracés en classant les formes biologiques de l'espèce par ordre de fréquence décroissantes. Les rangs des espèces sont portés en abscisses et leurs fréquences en ordonnées avec une échelle logarithmique. La comparaison des pentes des équations des droites au modèle naturel de Motomura par le biais des probabilités associées aux différents traitements permet d'établir la perturbation sous stress chimique.

## CHAPITRE 3 : RÉSULTATS

Les résultats relatifs à l'effet toxique de différentes huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus camaldulensis* prélevé de différentes régions Zéralda (Zone côtière), Boufarik (pleine sub-littorale) et Médéa (Zone montagneuse) sur la disponibilité, la structuration et la stabilité des formes biologiques du puceron vert des *Citrus Aphis citricola* sont présentés dans ce chapitre.

### 1. Evaluation de l'effet biocide de différentes huiles essentielles d'*Eucalyptus* sur l'abondance et la structure des populations d'*Aphis citricola*.

#### 1.1. Fluctuation temporelle de l'abondance des formes biologiques d'*Aphis citricola* sous l'effet des différentes huiles essentielles

L'abondance des populations du puceron sous l'effet de l'application des huiles essentielles formulées révèle une diminution importante durant les cinq premiers jours, mais l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus camaldulensis* récoltée de la région de Médéa présente un effet précoce par rapport aux deux autres huiles essentielles formulées issues des régions de Boufarik et de Zéralda qui ont un effet tardif. La reprise de l'abondance globale biocénotique est importante dans le bloc traité par l'huile essentielle formulée à base d'*Eucalyptus* prélevé de la région de Zéralda par rapport aux blocs traités par les huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus* récolté des régions de Boufarik et de Médéa (Figure 11 a).

Le test de Wilcoxon confirmé par le test de Monte Carlo est avancé dans le but d'apprécier la variation d'abondance dans chaque point d'échantillonnage. La comparaison des effectifs dans chaque point de prélèvement montre que les abondances présentent une différence significative au niveau des trois blocs traités par les huiles essentielles formulées par comparaison au bloc témoin. La toxicité des huiles essentielles formulées issues des régions de Boufarik et de Médéa s'avère similaire (tableau 1).

**Tableau 1: Evaluation de la toxicité de différentes huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus* sur l'abondance globale des populations d'*Aphis citricola* .**

	Tém.	H.E.B.	Tém.	H.E.M	Tém	H.E.Z	H.E.B	H.E.Z	H.E.B	H.E.M	H.E.Z	H.E.M
<b>Nbre</b>	10		10		10		10		10		10	
<b>Moy.</b>	82,6	36,4	82,6	42,5	82,6	56,0	36,4	56	36,4	42,5	56	42,5
<b>Teste de Wilcoxon</b>	0,005*		0,005*		0,005*		0,005*		0,139 <sup>NS</sup>		0,013*	
<b>Teste de Monte Carlo</b>	0,002*		0,002*		0,002*		0,002*		0,158 <sup>NS</sup>		0,010*	

H : Huile, E :Essentielle, B : Boufarik, M : Médéa, Z :Zéralda

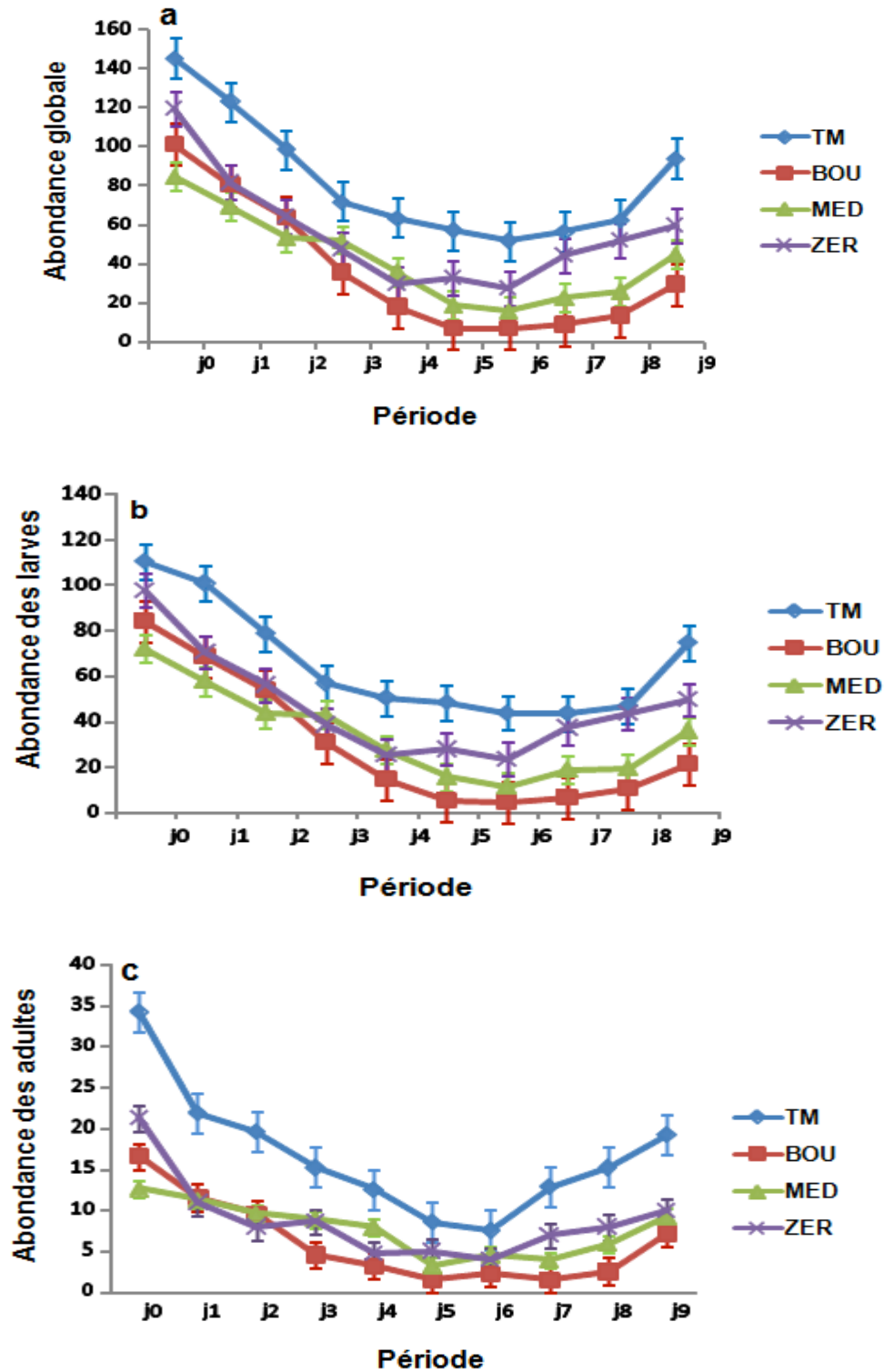


Figure 11 : Evaluation temporelle des abondances des populations d'*Aphis citricola* sous l'effet des différentes huiles essentielles.

TM: témoin, Bou: Boufarik, Med: Médea, ZER: Zéralda, j: jours.

L'abondance larvaire d'*Aphis citricola* sous l'effet des huiles essentielles formulées révèle une diminution jusqu'au sixième jour. L'huile essentielle formulée à base d'*Eucalyptus camaldulensis* récolté de la région de Médéa à un effet précoce par rapport aux deux autres huiles essentielles formulées qui ont un effet tardif. La reprise demeure en faveur du stress sous l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* récolté de la région de Zéralda (Figure 11b).

La reprise des abondances larvaires s'avère plus importante sous l'effet de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus camaldulensis* récolté de la région de Zéralda (Figure 11b). Le teste de Wilcoxon montre que les abondances présentent une différence significative au niveau des trois blocs traités par les huiles essentielles formulées par comparaison au bloc témoin. La même distinction d'efficacité est allouée aux bioproduits à base d'huiles essentielles issues de Boufarik et Médéa (Tableau 2).

**Tableau 2: Evaluation de la toxicité de différentes huiles essentielles d'*Eucalyptus* sur l'abondance larvaire d'*Aphis citricola***

	Tém.	H.E.B.	Tém.	H.E.M.	Tém.	H.E.Z.	H.E.B.	H.E.Z.	H.E.Z.	H.E.M.	H.E.B.	H.E.M.
<b>Nbre</b>	10		10		10		10		10		10	
<b>Moy.</b>	65,6	30,2	65,6	34,6	65,6	47,1	30,1	47,1	47,1	34,6	30,2	34,6
<b>Teste de Wilcoxon</b>	0,005*		0,005*		0,005*		0,005*		0,012*		0,168 <sup>NS</sup>	
<b>Teste de Monte Carlo</b>	0,002*		0,002*		0,002*		0,001*		0,009*		0,192 <sup>NS</sup>	

H : Huile, E :Essentielle, B : Boufarik, M : Médéa, Z :Zéralda

L'abondance des adultes sous l'effet de l'application des différentes huiles essentielles formulés révèle une diminution très marquée et graduelle au bout du cinquième jour. (Figure 11c).

Selon le teste de Wilcoxon, on remarque que l'abondance des adultes présente une différence significative au niveau des trois blocs traités par les huiles essentielles formulées par comparaison au bloc témoin. (Tableau 3).

**Tableau 3: Evaluation de la toxicité de différentes huiles essentielles d'*Eucalyptus* sur l'abondance des adultes d'*Aphis citricola***

	Tém.	H.E.B.	H.E.B.	H.E.M.	H.E.M.	H.E.Z.	Tém.	H.E.M.	H.E.B.	H.E.Z.	Tém.	H.E.Z.
<b>Nbre</b>	10		10		10		10		10		10	
<b>Moy.</b>	16,8	6,2	6,2	7,8	7,8	8,8	16,8	7,8	6,2	8,8	16,8	8,8
<b>Teste de Wilcoxon</b>	0,005*		0,110 <sup>NS</sup>		0,508 <sup>NS</sup>		0,005*		0,017*		0,005*	
<b>Teste de Monte Carlo</b>	0,002*		0,128 <sup>NS</sup>		0,556 <sup>NS</sup>		0,002*		0,014*		0,002*	

H : Huile, E :Essentielle, B : Boufarik, M : Médéa, Z :Zéralda

## 1.2. Tendance de l'efficacité des différentes huiles essentielles sur l'abondance des formes biologiques d'*Aphis citricola*

Les données de l'abondance du puceron vert des *Citrus* ont été soumises à une ACP (Analyse en Composantes Principales). L'analyse est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 80% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (Figure 12).

La projection des variables relatives à l'abondance globale et des abondances larvaires et des adultes à travers l'axe 1, montre que les différentes huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus camaldulensis* récolté de différentes régions agissent précocement sur les différentes formes biologiques d'*Aphis citricola* (Figure 12 a, b et c).

Il est important de signaler que la précocité d'effet toxique des formulations des huiles essentielles ne s'extériorise qu'à partir du troisième jour d'exposition et qui s'étend jusqu'au huitième jour. L'effet toxique précoce est confirmé par l'existence d'une corrélation positive entre les abondances quantifiées sous les huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus camaldulensis* récolté des régions de Boufarik et Médéa et l'huile essentielle formulée issue de Zéralda). Les valeurs du coefficient de Pearson confirment cette tendance (Figure 12a, b et c).

La projection des abondances globales sur l'axe 2 (2,72%) montre que les deux huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus* issues des régions de Boufarik et Médéa agissent différemment au l'huile essentielle formulée issue de Zéralda (Figure 12a).

La corrélation négative enregistrée confirme cette discrimination d'effet temporel. La projection estime que l'effet toxique s'installe dès le troisième jour chez les deux huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus camaldulensis* issu des régions de Boufarik et Médéa, alors que le même effet rentre en action qu'à partir du cinquième jour chez l'huile essentielle formulée issue de Zéralda. (Figure 12 a).

La projection des abondances larvaires sur l'axe 2 (2,54%) démontre que les deux huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus camaldulensis* issu de différentes régions Boufarik et Médéa manifestent un effet toxique incontestable par comparaison à l'effet enregistré chez l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* prélevé de Zéralda. (Figure 12b).

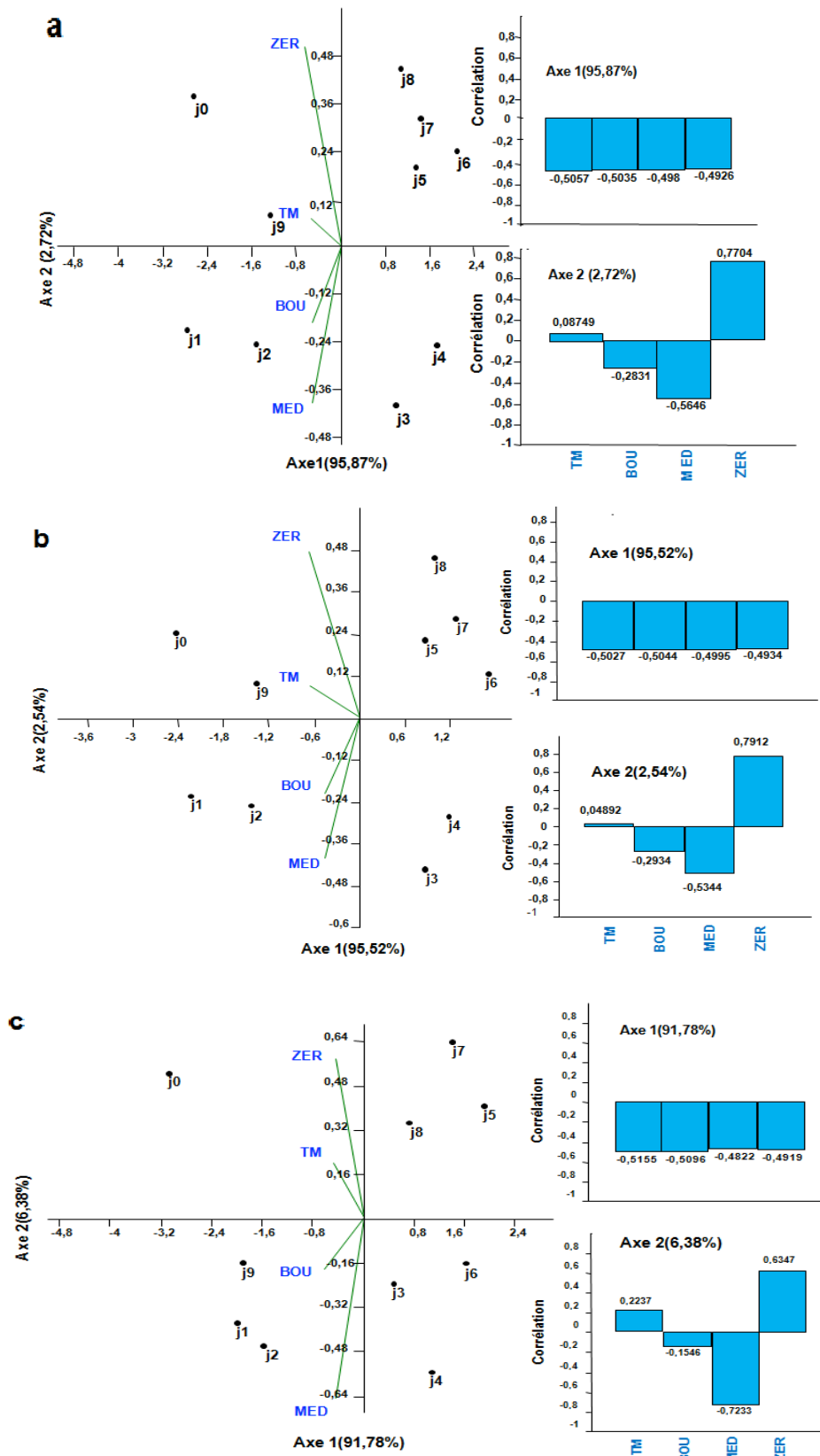


Figure 12: Projection des abondances d'*Aphis citricola* sur les deux axes de l'ACP.

TM: témoin, Bou: Boufarik, Med: Médea, ZER: Zéralda, j: jours

La corrélation négative enregistrée confirme cette discrimination d'effet temporel. La projection estime que l'effet toxique s'installe dès le troisième jour chez les deux huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus camaldulensis* récolté des régions de Boufarik et Médéa, alors que le même effet rentre en action qu'à partir du cinquième jour chez l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issu de Zéralda. (Figure 12b).

La projection des abondances des adultes sur l'axe 2 (6,38%) démontre que les deux huiles essentielles formulées issues de Boufarik et de Médéa manifestent un effet toxique distinct par comparaison à l'effet enregistré chez l'huile essentielle formulée issue de Zéralda. (Figure 12c).

La corrélation négative enregistrée confirme cette discrimination d'effet temporel. La projection estime que l'effet toxique s'installe dès le deuxième jour chez les huiles essentielles formulées issues de Boufarik et Médéa, alors que le même effet rentre en action qu'à partir du cinquième jour chez l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* prélevé de la région de Zéralda. (Figure 12 c).

### **1.3. Etude comparée de l'efficacité des différentes huiles essentielles sur l'abondance des formes biologiques d'*Aphis citricola***

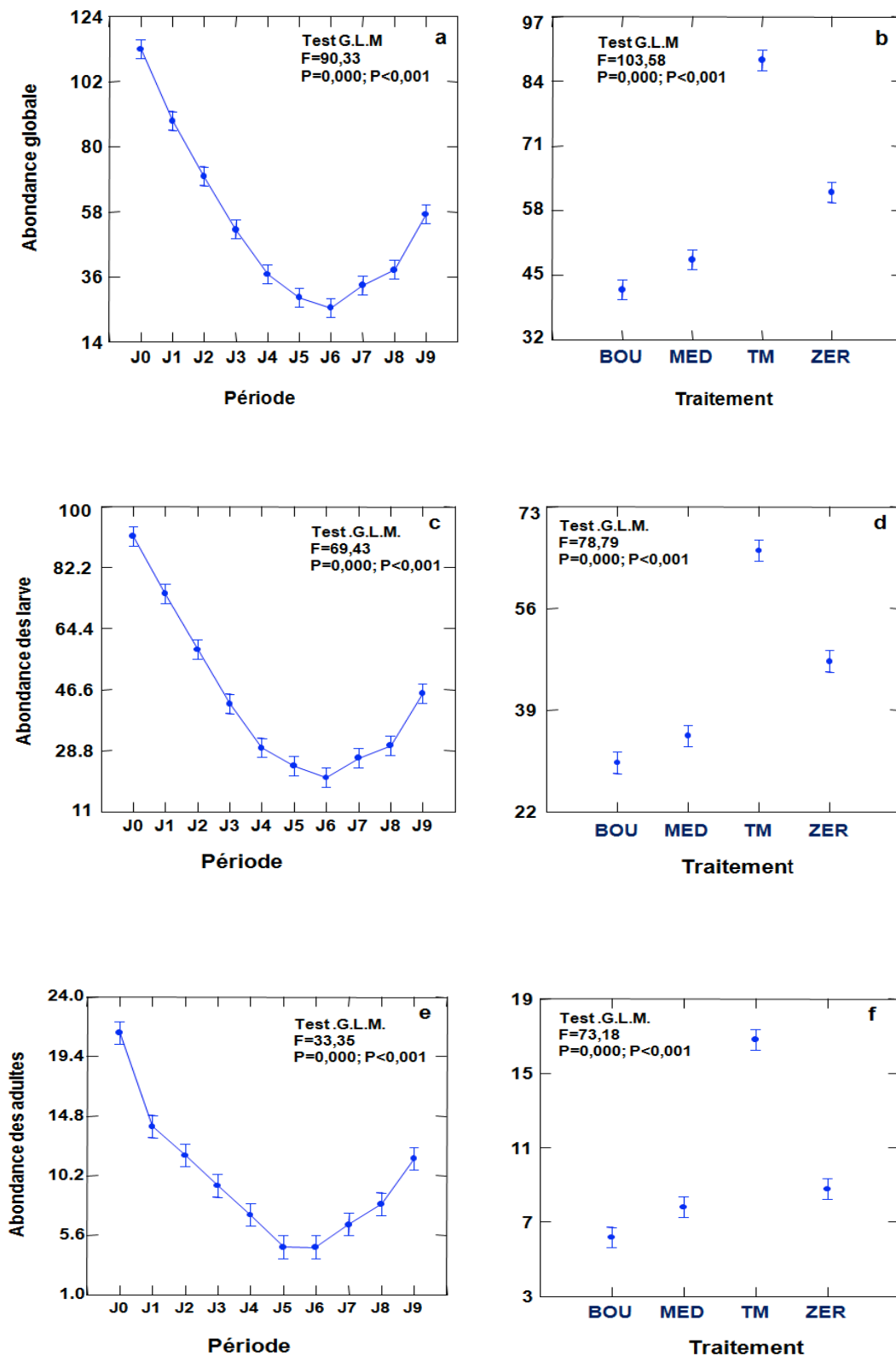
Nous avons utilisé le modèle générale linéaire (G.L.M) pour étudier la variation temporelle de l'abondance des populations du puceron vert des *Citrus Aphis citricola* sous l'effet des huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus* issu de différentes régions (Médéa, Boufarik et Zéralda).

Ce model nous permet à étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre eux. Les résultats d'analyse sont consignés dans la figure 13)

La variation temporelle de l'abondance globale ou par forme biologique (les larves et les adultes) des populations du puceron présente des différences hautement significative avec des valeurs de probabilité associée très faible (figure 13 a,b,c,d,e,et f).

Une lecture globalisant l'effet temporel et l'effet comparé des huiles essentielles sur les abondances d'*Aphis citricola*, permet de dire que les huiles essentielles expriment leurs toxicités temporelles d'une manière très différente, l'association des coefficients de corrélation de Pearson aux présentations graphiques de l'analyse de la variance type GLM permet de signaler l'effet marquant d'une part, de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus camaldulensis* récolté des régions de Boufarik et de Médéa sur les abondances larvaires, d'autre part il apparaît que les différentes formulations expriment un effet toxique sur les abondances des adultes avec un effet toxique distinct de 'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issu de Boufarik.





**Figure 13 : Effets comparés de l'efficacité des huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus* sur l'abondance des formes biologiques d'*Aphis citricola*.**

\*\*\* Probabilité hautement significative  $p < 1\%$  ; \* Probabilité significative  $p < 5\%$  ; NS : Non significative.

TM: témoin, Bou: Boufarik, Med: Médea, ZER: Zéralda, j: jours

## **2. Estimation de l'efficacité de différentes huiles essentielles d'*Eucalyptus* sur les populations résiduelles d'*Aphis citricola***

### **2.1. Fluctuation temporelle des populations résiduelles des formes biologiques d'*Aphis citricola* sous l'effet des différentes huiles essentielles**

La variation temporelle des populations résiduelles globales et larvaires du puceron sous l'effet des applications des huiles essentielles formulées révèle une toxicité remarquable dès l'application et qui se maintient jusqu'au 5<sup>ème</sup> jour d'après traitement. Durant cette phase d'extériorisation de l'effet toxique, l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus camaldulensis* ssu de la région de Médéa Affiche une toxicité précoce par comparaison aux deux autres huiles essentielles formulées. Dès le 2<sup>ème</sup> jour l'huile essentielles d'*Eucalyptus* de Boufarik enregistre un effet toxique très important qui s'étend jusqu'à la fin de suivi. Après le 6<sup>ème</sup> jour, la formulation à base d'huile essentielle d'*Eucalyptus* récolté de la région de Zéralda perd son effet biocide et se classe parmi les bioproduit à toxicité moyenne. Au delà du 8<sup>ème</sup> jour les deux formulations issues de Zéralda et de Médéa perdent leurs efficacité est deviennent moyennement toxique (Figure 14 a et b).

La même fluctuation des populations résiduelles est a signalé chez les populations des adultes avec un effet toxique précoce pour l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* de la région de Zéralda et un effet tardif pour les deux autres huiles essentielle formulée d'*Eucalyptus* récolté de Boufarik et de Médéa. La reprise biocénotique est signalée sous les différentes formulations (Figure 14 c).

### **2.2. Tendence de l'efficacité des différents huiles essentielles sur la population résiduelle des formes biologiques d'*Aphis citricola***

Les données relatives aux taux des populations résiduelles du puceron *Aphis citricola* ont été soumises à une ACP. L'analyse est satisfaisante dans la mesure où plus de 80% de la variance est exprimés sur les deux premiers axes. (Figure. 15)

La projection des taux des populations résiduelles sur les premiers axes , fait ressortir l'existence d'un effet toxique précoce des bioproduits formulés à base des huiles essentielles d'*Eucalyptus*. Les coefficient de corrélation de PEARSON associés présentent pour l'ensemble des formes biologiques une corrélation positive entre les huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus* récolté de différentes régions (Boufarik,Zéralda et Médéa ). (Figure. 15 a, b et c)

La projection des variables sur les deuxièmes axes, montre clairement l'effet discriminant des huiles essentielles formulées. Il est a signalé qu'au niveau des populations résiduelles globales, larvaires et adultes L'efficacité la plus rémanante est signalée chez les huiles essentielles formulées issues de Boufarik et de Médéa Les coefficient de corrélation de PEARSON associés présentent pour l'ensemble des formes biologiques une corrélation négative entre les huiles essentielles formulées issues de Boufarik et de Médéa a l'encotre de l'huile essentielles formulée issue de Zéralda. (Figure. 15 a, b et c)

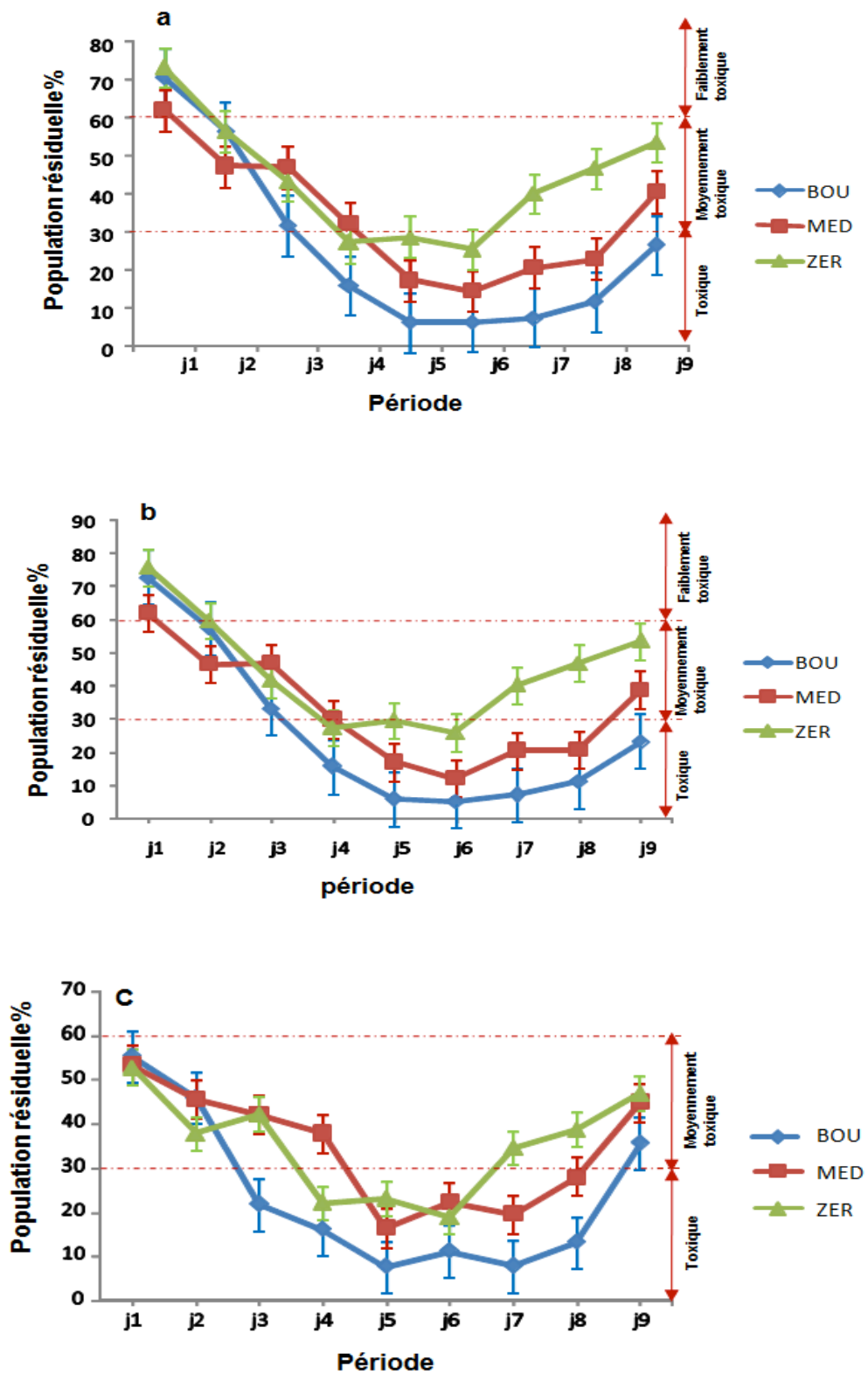


Figure 14 : Evaluation temporelle des populations résiduelles d'*Aphis citricola* sous l'effet des différentes huiles essentielles

TM: témoin, Bou: Boufarik, Med: Médea, ZER: Zéralda, j: jours.

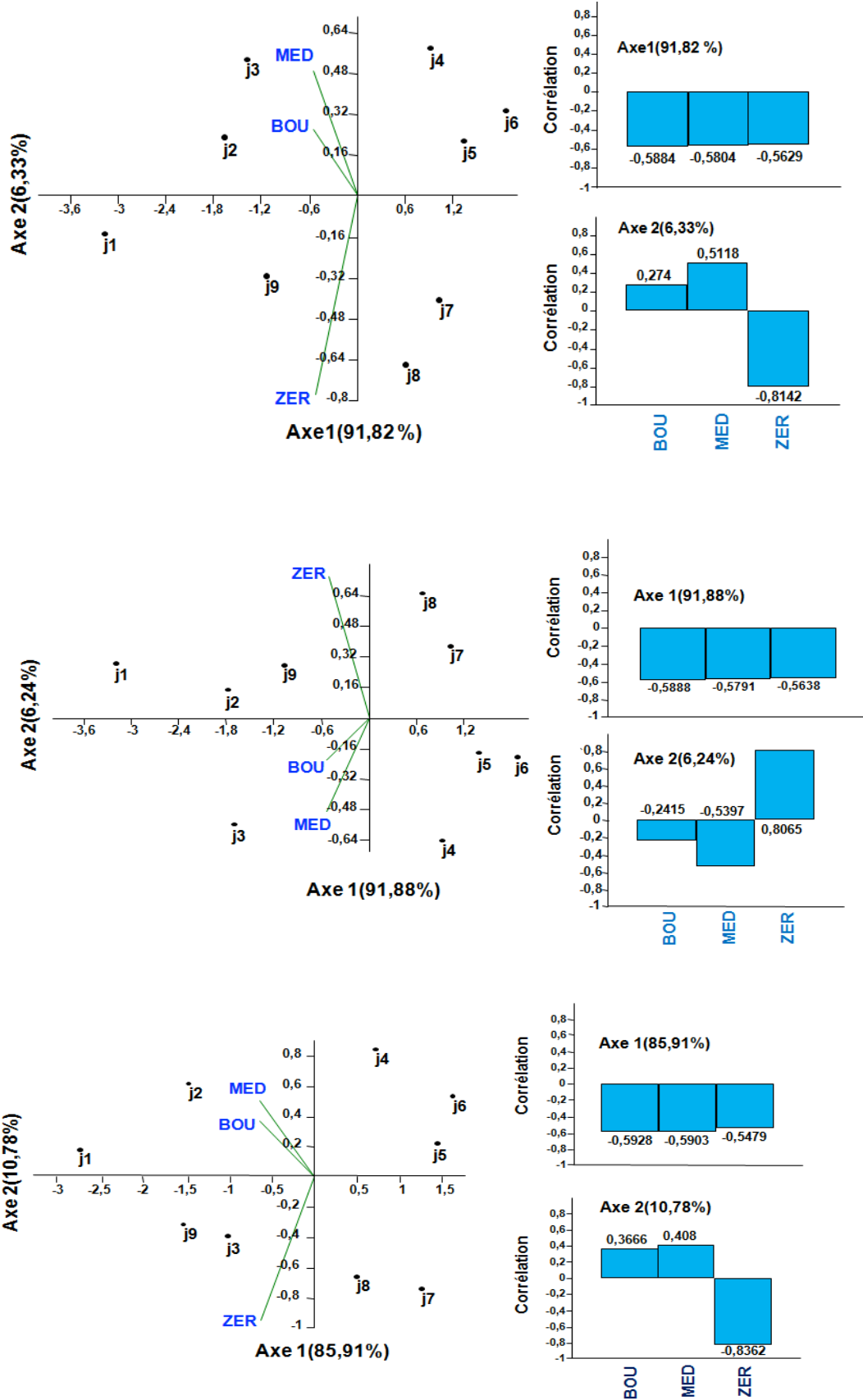


Figure 15 : Projection sur les deux axes de l'ACP des populations résiduelles d'*Aphis citricola*

### **2.3. Etude comparée de l'efficacité des différentes huiles essentielles sur les populations résiduelles des formes biologiques d'*Aphis citricola***

Les résultats de l'analyse de la variance type GLM appliquée à la variation temporelle des taux des populations résiduelles d'*Aphis citricola* (Populations résiduelles globales, population résiduelles larvaires et adultes) présentent des différences hautement significatives avec des valeurs de probabilité associée très faible (figure 16 a, c et e). Par référence au test de DUNNET, la formulation d'Eucalyptus récolté de la région de Boufarik est qualifiée par bioproduit toxique à cause du maintien des taux de populations résiduelles à moins de 30%, et les deux autres formulations issues de Médéa et de Zéralda sont qualifiées par des bioproduit moyennement toxique à cause de leurs champs de toxicité compris entre 30% et 60% (figure 16 b, d et f).

### **3. Estimation de la stabilité populationnelle d'*Aphis citricola* sous l'effet de différentes huiles essentielles d'*Eucalyptus***

Nous avons eu recours aux valeurs logarithmiques des abondances pour tracer les diagrammes rang-fréquence illustrés dans la figure 17, pour expliquer l'ordre d'installation écologique de différentes formes biologiques du puceron *Aphis citricola* ainsi que leur stabilité.

L'abondance globale des individus d'*Aphis citricola* présente une certaine stabilité chez le témoin, alors que cette disponibilité affiche une perturbation structurale chez les populations ayant subi des apports des huiles essentielles formulées. Les perturbations enregistrées sont estimées par rapport à la droite de régression linéaire du modèle Motomura (figure 17 a).

La présentation graphique montre une homogénéité du profil des diagrammes des traitements (témoin traité par l'eau, l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issu de Boufarik, huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus* issus des régions de Médéa et Zéralda), représentées par quatre formes biologiques avec une abondance différente entre eux, néanmoins les adultes ailés, les nymphes et les larves présentent une perturbation apparente par rapport à la normale (figure 17 b, c, d et e).

L'analyse des diversités comparées des différentes formes biologiques du puceron dans les différents traitements (témoin, les huiles essentielles formulées d'*Eucalyptus* issu de Boufarik, Médéa et Zéralda), par comparaison des probabilités (p) du rapprochement des fluctuations des différents traitements au modèle de Motomura, les ajustements des pentes sont statistiquement significatifs pour les 3 assemblages ( $p=4,75 \times 10^{-2}$ ;  $p < 5\%$ ,  $p=4,64 \times 10^{-2}$ ,  $p < 5\%$ ,  $p=4,26 \times 10^{-2}$ ;  $p < 5\%$ ,  $p=5,16 \times 10^{-2}$ ,  $p < 5\%$ ).

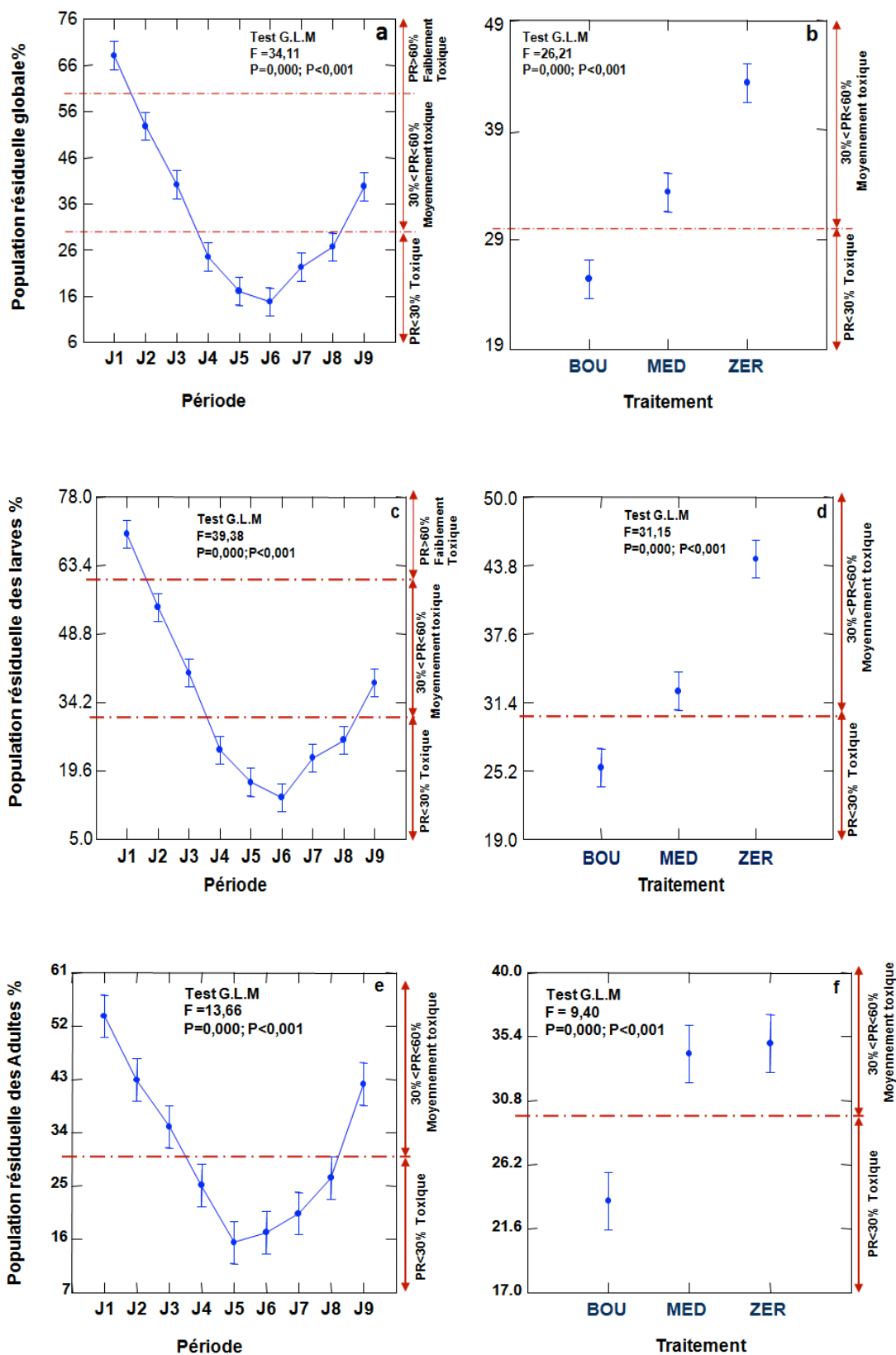
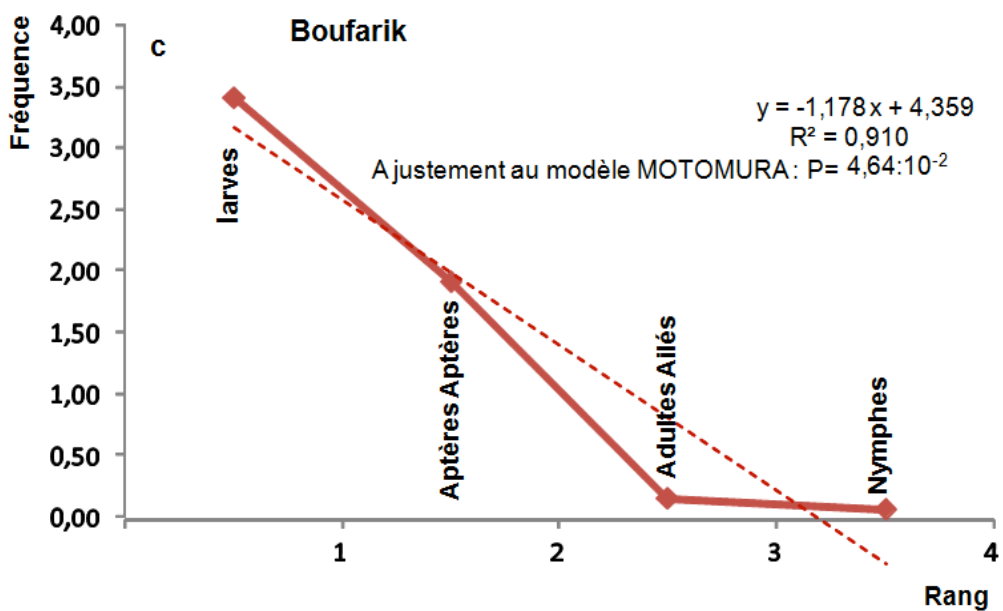
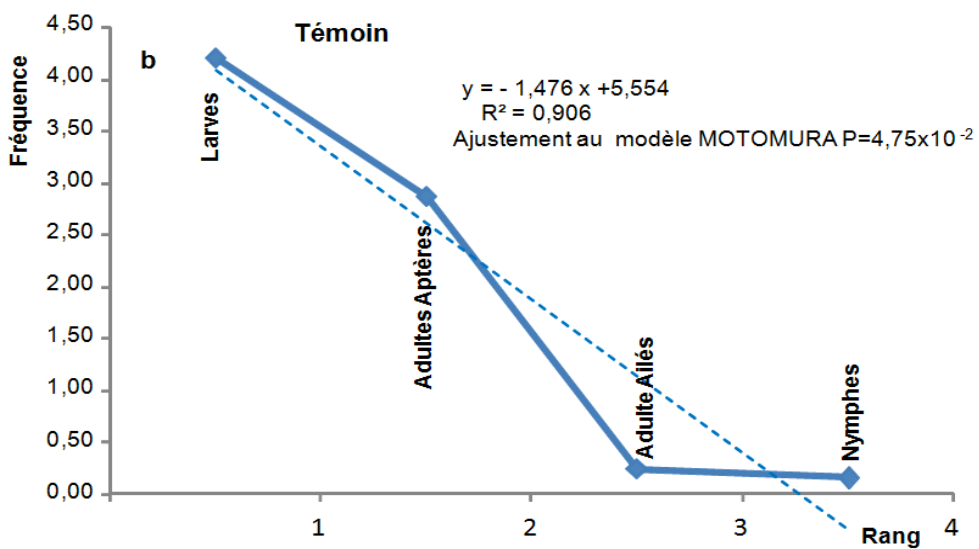
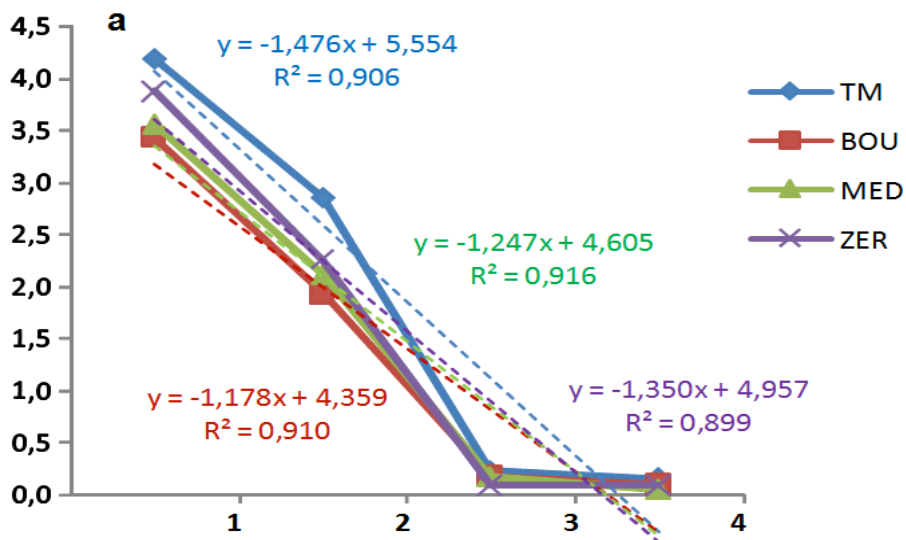
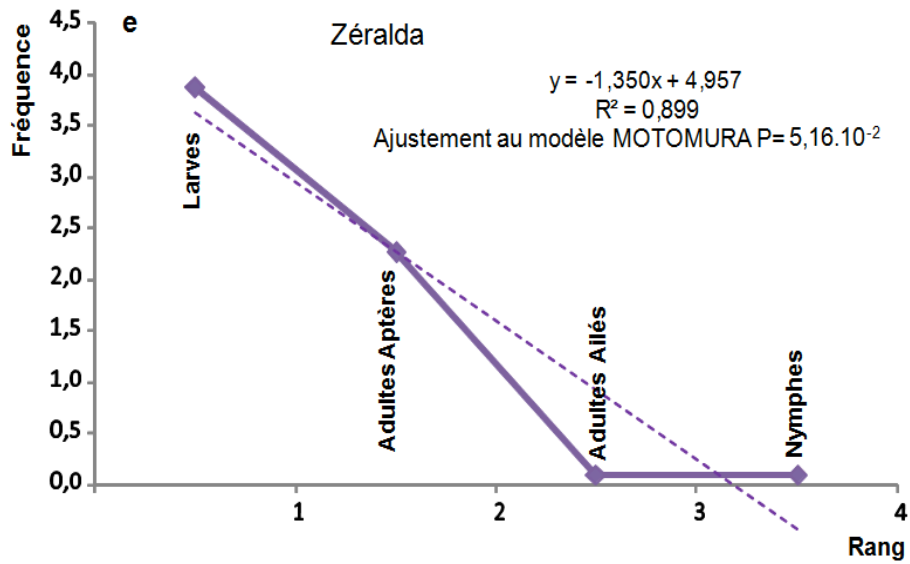
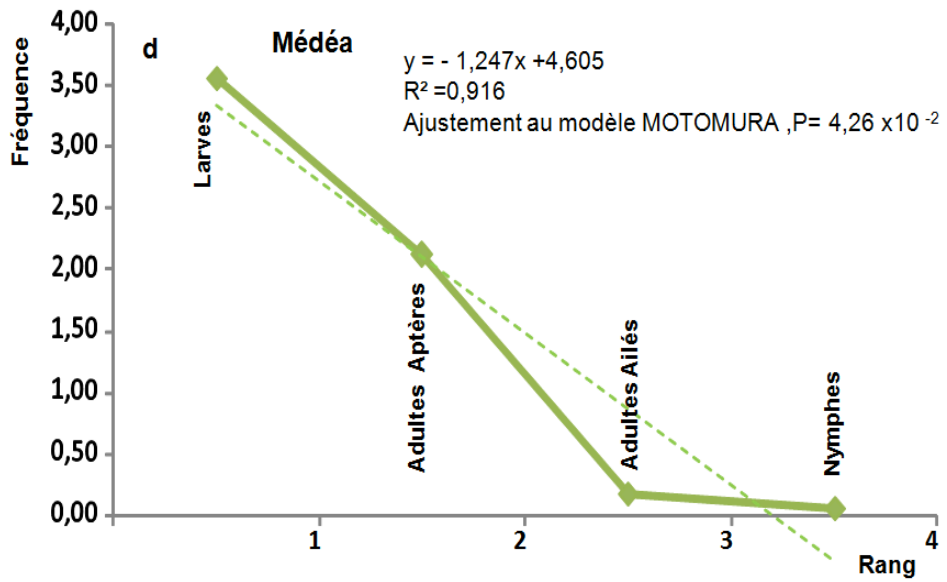


Figure 16 : Effets comparés de l'efficacité des huiles essentielles formulées sur les populations résiduelles des formes biologiques d'*Aphis citricola*.





**Figure 17 : Diagrammes Rang/Fréquence des formes biologiques sous l'effet des huiles essentielles d'*Eucalyptus***



## DISCUSSION GÉNÉRALE

Actuellement, le recours aux huiles essentielles s'avère être un choix pertinent face à un risque de contamination précis ou à la nécessité de réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques. Pour cela, plusieurs huiles essentielles de différentes plantes ont été intensivement étudiées pour évaluer leurs propriétés biocides comme ressource naturelle valable (**Isman, 2006**). Dans cette optique la présente étude vise à mettre au point de nouvelles formulations à base des huiles essentielles. Les résultats de l'évaluation de l'efficacité des formulations des huiles essentielles à base d'*Eucalyptus* nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes :

### 1. Effet des formulations des huiles essentielles sur *Aphis citricola*

Les résultats acquis dans cette étude montrent l'effet biocide des bioproduits formulés à base des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* issu de différentes régions, vis-à-vis des larves et des adultes d'*Aphis citricola*. Ces mêmes résultats mettent en évidence un effet de choc et une toxicité temporelle graduelle de tous les bioproduits testés. Les résultats nous ont permis de signaler une gradation de toxicité croissante des bioproduits allant respectivement de celle de l'huile essentielle formulée à base d'*Eucalyptus camaldulensis* issu de la région de Zéralda suivi de l'huile essentielle formulée issue de Médéa et enfin de celle de la région de Boufarik. Les résultats de cette étude ont montré que l'huile essentielle issue de Boufarik reste la plus toxique et la plus efficace par rapport aux deux autres bioproduits appliqués sur les différentes formes biologiques de pucerons.

Les résultats obtenus nous permettent d'avancer l'hypothèse de variabilité chémotypique des huiles essentielles expérimentées. Cette diversité constitutive des huiles essentielles d'*Eucalyptus* serait certainement à la base de la différence d'efficacité. L'hypothèse avancée, rejoint de nombreuses études touchant aux caractéristiques des HE et par conséquent à leurs effets biocides

Le principal facteur modifiant l'activité insecticide des huiles essentielles est le type et la structure moléculaire des composants actifs présents (**Dormaun et al., 2000**), ainsi que la composition chimique de l'huile essentielle variée d'une plante à une autre. **Vernet et Gouyon, (1979)**, avancent que la composition chimique de l'huile essentielle de certaines plantes peut varier à l'intérieur d'une même espèce. En effet une même plante aromatique, botaniquement définie, synthétise une essence qui sera biochimiquement différente en fonction du biotope dans lequel elle se développera ; ces variétés chimiques sont communément appelées chémotypes, types biogénétiques, races chimiques ou races biologiques. Biochimiquement différent, deux chémotypes présenteront non seulement des activités thérapeutiques différentes mais aussi des toxicités très variables (**Baudoux, 1997**).

Il a également été démontré que la distribution des différents chémotypes dans le milieu naturel était corrélée à la situation géographique. Ainsi, à basse altitude, dans la région méditerranéenne chaude, on trouve les populations phénoliques composées d'individus Carvacrol et Thymol (populations P), ensuite apparaissent les populations non phénoliques (populations NP), avec des individus Thuyanol, enfin, en montagne se rencontrent les populations NP composées d'individus Linalool, Apha-Terpineol et par endroit Géraniol (**Passet, 1971**).

Une différenciation au niveau génétique des différents chémotypes additionnée d'une corrélation entre leur distribution géographique, laissent ainsi penser que pour un individu, le fait de posséder certains génotypes plutôt que certains autres, déterminant l'accumulation d'un monoterpène particulier, constitue une adaptation génétique à des conditions écologiques précises (**Vernet et Gouyon, 1979**).

Au sein d'une même espèce de plante, la composition de l'huile essentielle des divers individus peut présenter des profils chimiques ou chémotypes différents. L'exemple le plus marquant est celui de l'espèce sauvage *Thymus vulgaris* qui présente six chémotypes différents. Ces différences sont au niveau de la nature du monoterpène majoritaire de l'huile essentielle qui peut être soit le Géraniol, l'Exterpinéol, le Thuyanol-4, l'Inalool, le Carvacrol ou le Thymol (**Thompson et al., 2003**). Ce polymorphisme chimique existe aussi pour bien d'autres espèces: *Origanum vulgare* (**Mockute et al., 2001**), *Mentha spicata* (**Edris et al., 2003**).

## **2. Evaluation de la toxicité des formulations des huiles essentielles sur *Aphis citricola***

Les résultats relatifs aux traitements biologiques par le biais des huiles essentielles d'*Eucalyptus* ont montré que la formulation testée a extériorisée l'activité biocide des huiles essentielles et par conséquent nous avons enregistré un effet répressif sur la population résiduelle des différentes formes biologiques (adultes et larves) d'*Aphis citricola*.

Sous l'hypothèse que le bioadjuvant a accéléré la pénétration des huiles essentielles complètes d'*Eucalyptus*, cela suppose que les sites sensibles du bioagresseur ont été imprégnés par la molécule bioactives pendant un laps de temps assez court. Les chémotypes en suspension dans la formulation ont pu être transporté à travers la cuticule par le pouvoir pénétrant et stabilisant du bioadjuvant de la formulation, ainsi les aphides se sont confrontés avec une molécule stable à la limite de son efficacité. C'est dans cette optique que les huiles essentielles formulées ont exercé une activité plus importante. Plusieurs études démontrent que les adjuvants sont des substances dépourvues d'activité biologique mais capables de modifier les propriétés physiques ou biologiques des préparations phytosanitaires. Les propos de **Hayes (2006)**, stipulent que l'adjuvant, devrait être inactifs est va servir essentiellement à augmenter la quantité et la rapidité de

pénétration du Biopesticide, donc à augmenter sa rapidité d'action, à élargir ses fonctions et à lui offrir une meilleure adhérence. Alors que, **Constant (2009)**, estime que l'influence des adjuvants sur les produits formulés permet l'augmentation de la résistance à la photodégradation de la molécule, du fait qu'il est non synergique. De même, **Serrano et al., (2006)** estime que l'adjuvant visant à améliorer la propriété d'adhésivité, il agit en favorisant l'étalement et la rétention de la matière active sur la feuille, et en réduisant son lessivage.

### **3. Effet des formulations des huiles essentielles sur la stabilité populationnelle d'*Aphis citricola***

L'abondance globale des individus d'*Aphis citricola* présente une certaine stabilité chez le témoin, alors que cette disponibilité affiche une perturbation structurale chez les populations ayant subis des apports des huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Les résultats obtenus montre une homogénéité des traitements (témoin traité par l'eau, l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issu de Boufarik, l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issus des régions de Médéa et Zéralda), représentées par quatre formes biologiques avec une abondance différente entre eux,

L'effet intentionnel des applications phytosanitaire a été également vérifié sur la structuration des populations et sur l'ordre d'arrivé des formes biologiques d'*Aphis citricola* sous les différents régimes de stress (huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issu de Boufarik, huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issus des régions de Médéa et Zéralda). L'analyse des peuplements montre donc que les adultes ailés, les nymphes et les larves présentent une perturbation apparente par rapport à la normale. On faite, ces formes biologiques accusent une forte sensibilité à l'effet choc des bioproduits utilisés.

**Bodiguel (2003)** a déjà montré que l'action des molécules a activité insecticide peut modifier la structure des communautés en augmentant l'abondance de certains taxons et diminuant l'abondance d'autres taxons. Sur les terres arables, l'utilisation de pesticide était un facteur important d'influence sur les communautés épigées d'araignées. Sur les sites ayant un apport accru de pesticide, les communautés d'insectes, abeilles sauvages et araignées étaient plus uniformes, révélant des échanges moindres entre les communautés dans les zones d'agriculture intensive (**Burel et al., 2008**).

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet biocide des huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus camaldulensis* issus de différentes régions Zéralda (Zone côtière), Boufarik (pleine sub-littorale) et Médéa (Zone montagneuse) sur l'abondance, la structuration populationnelle et la reprise biocénotique des populations résiduelles du puceron vert des *Citrus Aphis citricola*, il nous a paru intéressant de présenter les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Les résultats relatifs au traitement biologique des bioproduits formulé à base d'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*, ont présenté un effet répressif sur l'abondance de différentes formes biologiques des pucerons. (Larves et adultes)

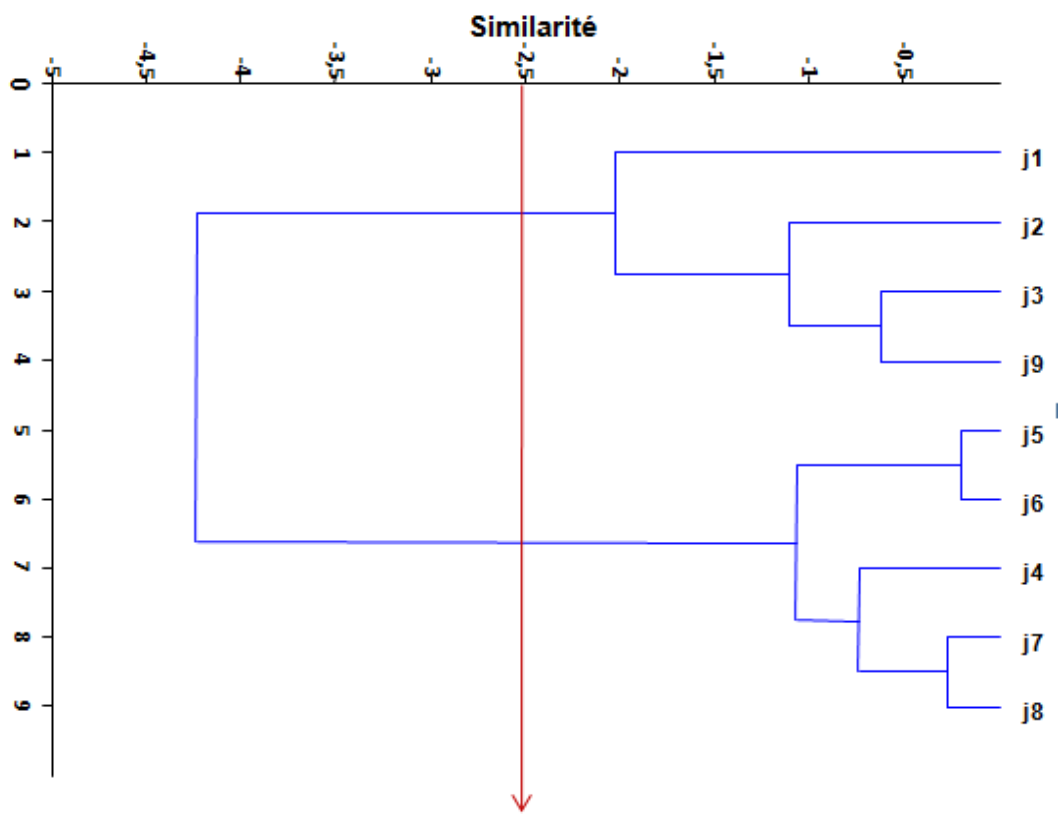
Les applications biologiques réalisées ont enregistré un effet choc signalé à travers le taux d'abondance des populations de pucerons à partir des premières 24 heures. La toxicité des molécules biologiques s'est étendue pendant une durée de 5 jours pour les différentes formes biologiques d'*Aphis citricola*.

Les mêmes résultats nous ont permis de signaler une gradation de toxicité croissante des molécules biologiques allant respectivement de celle de l'huile essentielle formulée à base d'*Eucalyptus camaldulensis* issu de la région de Zéralda suivi de l'huile essentielle formulée récolté de la région de Médéa et enfin de celles de la région de Boufarik. Les résultats de cette étude ont montré que durant tout le suivi, l'huile essentielle formulée à base d'*Eucalyptus* issu de Boufarik reste la plus toxique et le plus efficace par rapport aux deux autre bioproduits appliqués sur les différentes formes biologiques de pucerons.

L'abondance globale des individus d'*Aphis citricola* présente une certaine stabilité chez le témoin, alors que cette disponibilité affiche une perturbation structurale chez les populations ayant subis des apports d'huiles essentielles formulée à base d'*Eucalyptus*. Les résultats obtenus montre une homogénéité des traitements (témoin traité par l'eau, l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issu de Boufarik, l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus* issus des régions de Médéa et Zéralda), représentées par quatre formes biologiques avec une abondance différente entre eux, néanmoins les adultes ailés, les nymphes et les larves présentent une perturbation apparente par rapport à la normale.

En perspective, Il serait intéressant de caractériser les composantes de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* selon un gradient d'altitude et les zones biogéographiques. Il est important de préconiser des formulations spécifiques en fonction de la nature des chémotypes dominants. Il est souhaitable d'opérer des formulations synergiques de différentes huiles essentielles issues d'*Eucalyptus*. Approfondis les tests d'évaluation d'efficacité sur d'autres modèles biologique sur différentes cultures.

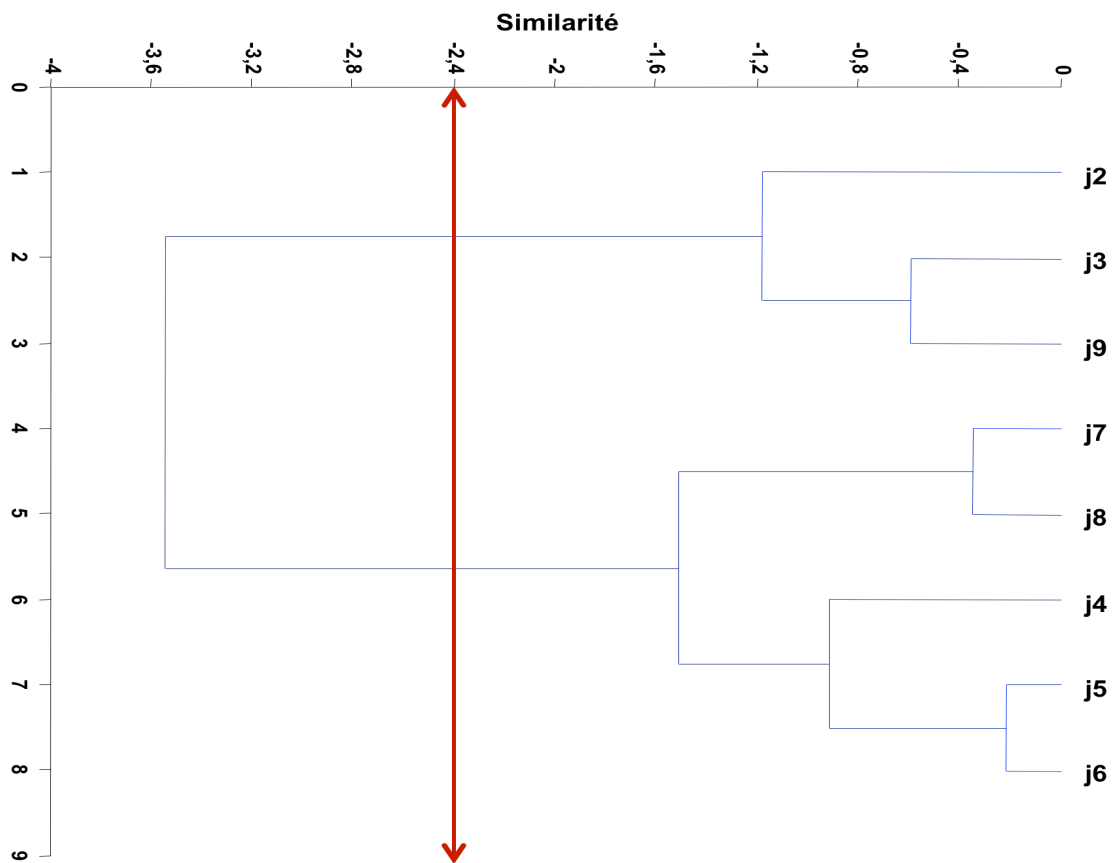
## ANNEXES



**Annexe 1 : classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur l'Abondance globale du puceron vert *Aphis citricola***

**Annexe 2 : Tableau globale sur l'abondance de la population des pucerons Vert *Aphis citricola***

	TM	BOU	MED	ZER
S1	36,58	25,33	21,25	29,92
S2	30,92	20,08	17,42	20,42
S3	24,75	16,00	13,33	16,08
S4	18,17	9,00	13,08	12,08
S5	15,83	4,50	8,92	7,67
S6	14,42	1,92	4,75	8,50
S7	13,00	1,75	4,00	7,00
S8	14,17	2,33	5,75	11,08
S9	15,83	3,33	6,67	13,08
S10	23,58	7,33	11,67	14,83



**Annexe 3 : classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur la population résiduelle du puceron vert *Aphis citricola***

**Annexe 4: Tableau pour le test de Motumora sur l'abondance de la population des pucerons**

	TM	BOU	MED	ZER
Larves	4,2	3,4	3,6	3,9
Nymphes	2,9	1,9	2,1	2,3
Adultes aptères	0,2	0,2	0,2	0,1
Adulte aille	0,2	0,1	0,1	0,1