

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR

جامعة باجي مختار -

ANNABA

عنابة



FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APPLIQUEE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

Domaine : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : SCIENCES BIOLOGIQUES

Spécialité : BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

**Etude comparée de l'activité insecticide des extraits de deux plantes :
Petroselinum sativum et *Lippia citriodora* à l'égard de deux espèces de
moustiques *Culex pipiens* (Linné) et *Culiseta longiareolata* (Aitken)**

Présentée par : M^{me}. SEGHIER Hanane

Directeur de thèse : Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia (Université Larbi Tébessi - Tébessa)

Co-Directeur de thèse : Pr. AYAD-LOUCIF Wahida (Université Badji Mokhtar - Annaba)

Devant un jury composé de :

Pr. SOLTANI. N	Président	Université Badji Mokhtar - Annaba
Pr. BOUDJELIDA. H	Examineur	Université Badji Mokhtar - Annaba
Pr. HAMAIDIA K	Examineur	Université Chérif Messaadia - Souk-Ahras
Pr. TINE. S	Examineur	Université Larbi Tébessi - Tébessa

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

*Avant tout, je remercie **ALLAH** de m'avoir donné le courage et la force pour réaliser ce travail*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à M. **Noureddine SOLTANI** (Professeur au Département de Biologie et Directeur du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Université d'Annaba) qui m'a fait l'honneur de présider le présent jury.*

*C'est un devoir d'exprimer toute ma gratitude et une infinie reconnaissance à mon encadrant Mme **Fouzia TINE-DJEBBAR** (Professeur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa). Elle a su guider et diriger avec clairvoyance et autorité scientifique sur place à Tébessa, la réalisation de cette thèse. Merci pour ses encouragements, ses conseils, sa patience et sa disponibilité à notre égard, du fond du cœur : merci.*

*Mes profonds remerciements vont à Mme **Wahida AYAD-LOUCIF** (Professeur à l'Université d'Annaba) pour avoir codirigé ce travail. Grâce à lui j'ai appris une bonne méthodologie de recherche, je lui témoigne respect et déférence.*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à M. **Samir TINE** (Professeur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa) qui a bien voulu accepter d'être membre de ce même jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.*

*Toute ma considération à l'égard de M. **Hamid BOUDJELIDA** (Professeur au Département de Biologie, Université d'Annaba) qui m'a fait l'honneur de juger le présent travail.*

*Mes plus vifs remerciements vont à Mme. **Kaouther HAMAIDIA** (Maître de conférences au Département de Biologie, Université de Souk-Ahras) qui a bien voulu accepter d'être membre du jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.*

*C'est avec enthousiasme que nous voudrions exprimer, tout particulièrement notre humble gratitude et notre profonde reconnaissance à Mme **Hayette BOUABIDA** (Maître de conférences au Département de Biologie, Université de Tébessa) pour ses encouragements et son aide.*

Nos remerciements s'adressent également à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A Mon Mari

Ma Famille

Et Mes Enfants

SOMMAIRE

	Page
I. INTRODUCTION	1
II. MATERIEL ET METHODES	5
2.1. Présentation des Moustiques	5
2.1.1. Présentation de <i>Culiseta longiareolata</i>	5
2.1.2. Présentation de <i>Culex pipiens</i>	6
2.2. Elevage de moustiques	8
2.3. Description des plantes étudiées	9
2.3.1. <i>Petroselinum sativum</i> (syn : <i>Petroselinum crispum</i>)	9
2.3.2. <i>Lippia citriodora</i> (syn: <i>Aloysia Citriodora</i>)	10
2.4. Screening phytochimique	11
2.4.1. Tanins	11
2.4.2. Leucoanthocyanes	12
2.4.3. Saponines	12
2.4.4. Flavonoïdes	12
2.4.5. Alcaloïdes	12
2.4.6. Terpènes et stéroïdes	12
2.4.7. Quinones	12
2.5. Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation	13
2.6. Identification des huiles essentielles par CPG-SM	14
2.7. Traitement et essai toxicologique	15
2.8. Détermination de la durée de développement	15
2.9. Etude morphométrique	16
2.10. Extraction et dosage des constituants biochimiques	16
2.10.1. Dosage des protéines totales	16
2.10.2. Dosage des lipides totaux	17
2.10.3. Dosage des glucides totaux	17
2.11. Etude anatomique des plantes étudiées	18
2.11.1. Echantillonnage	18
2.11.2. Réalisation des coupes anatomiques et coloration	18
2.11.3. Visualisation et photographie	19
2.12. Analyse statistique	19
III. RESULTATS	21
3.1. Anatomie des plantes étudiées	21
3.1.1. Anatomie des graines de <i>Petroselinum crispum</i>	21
3.1.2. Anatomie des feuilles de <i>Lippia citriodora</i>	22
3.2. Analyse phytochimique	24
3.3. Rendement et caractères organoleptiques	25
3.4. Composition chimique des huiles essentielles	25
3.4.1. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>P. crispum</i>	25
3.4.2. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>L. citriodora</i>	27
3.5. Effets larvicide et pupicide des HEs à l'égard des moustiques	30
3.5.1. Effet sur les larves L3	31
3.5.2. Effet sur les larves L4	33
3.5.3. Effet sur les pupes	36

3.6. Effet des HEs sur le développement des moustiques	39
3.6.1. Effet de l'HE de <i>P. crispum</i>	39
3.6.2. Effet de l'HE de <i>L. citriodora</i>	40
3.7. Effet des HEs sur le sexe ratio des moustiques	40
3.8. Anomalies morphologiques	41
3.8.1. Effet de l'HE de <i>P. crispum</i>	41
3.8.2. Effet de l'HE de <i>L. citriodora</i>	42
3.9. Impact des HEs sur la croissance des moustiques	44
3.9.1. Effet sur la croissance pondérale	44
3.9.1.1. Efficacité comparée chez <i>Cx. pipiens</i>	44
3.9.1.2. Efficacité comparée chez <i>Cs. longiareolata</i>	48
3.9.2. Effet sur la croissance linéaire	53
3.9.2.1. Efficacité comparée chez <i>Cx. pipiens</i>	53
3.9.2.2. Efficacité comparée chez <i>Cs. longiareolata</i>	57
3.10. Effet des HEs sur la composition biochimique des moustiques	61
3.10.1. Effet sur le taux des protéines totales	61
3.10.1.1. Efficacité comparée chez <i>Cx. pipiens</i>	62
3.10.1.2. Efficacité comparée chez <i>Cs. longiareolata</i>	66
3.10.2. Effet sur le taux des glucides totaux	71
3.10.2.1. Efficacité comparée chez <i>Cx. pipiens</i>	71
3.10.2.2. Efficacité comparée chez <i>Cs. longiareolata</i>	75
3.10.3. Effet sur le taux des lipides totaux	80
3.10.3.1. Efficacité comparée chez <i>Cx. pipiens</i>	80
3.10.3.2. Efficacité comparée chez <i>Cs. longiareolata</i>	85
IV. DISCUSSION.	91
4.1. Anatomie des plantes étudiées	91
4.2. Analyse phytochimique	92
4.3. Rendement des huiles essentielles	94
4.4. Composition chimique des huiles essentielles	95
4.5. Toxicité des HEs à l'égard des moustiques	98
4.6. Effet des HEs sur la durée de développement des moustiques	100
4.7. Effet sur le sex ratio	101
4.8. Effet sur les aberrations morphologiques	102
4.9. Impact des HEs sur la croissance des moustiques	103
4.10. Impact des HEs sur les réserves énergétiques des moustiques	104
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	109
VI. RESUMES	112
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	116
VIII. ANNEXES	136
- Production scientifique	

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titres	Pages
1	Les concentrations (ppm) des HEs de <i>P. crispum</i> et de <i>L. citriodora</i> , appliquées sur des larves L3 et L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> et de <i>Cx. pipiens</i> .	15
2	Dosage des protéines totales chez les moustiques : Réalisation de la gamme d'étalonnage des protéines.	17
3	Dosage des lipides totaux chez les moustiques : Réalisation de la gamme d'étalonnage des lipides.	17
4	Dosage des glucides totaux chez les moustiques : Réalisation de la gamme d'étalonnage des glucides.	18
5	Screening phytochimique des graines de <i>Petroselinum crispum</i> et des feuilles de <i>Lippia citriodora</i> .	25
6	Rendement et caractéristiques organoleptiques des HEs extraites de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> .	25
7	Composition chimique de l'huile essentielle de <i>P. crispum</i> : temps de rétention (TR), indice de rétention et concentrations (%) des différents constituants.	26
8	Composition chimique de l'huile essentielle de <i>L. citriodora</i> : temps de rétention (TR), indice de rétention et concentrations (%) des différents constituants.	28
9	Efficacité des HEs de <i>P. crispum</i> et de <i>L. citriodora</i> , appliquées sur les larves L3 nouvellement exuviées de <i>Cx. pipiens</i> et <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement: Détermination des CL et leurs intervalles de confiance (95%)	33
10	Efficacité des HEs de <i>P. crispum</i> et de <i>L. citriodora</i> , appliquées sur les larves L4 nouvellement exuviées de <i>Cx. pipiens</i> et <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement: Détermination des CL et leurs intervalles de confiance (95%).	36
11	Efficacité des HEs de <i>P. crispum</i> et de <i>L. citriodora</i> , appliquée sur les pupes de <i>Cx. pipiens</i> et <i>Cs. longiareolata</i> à 24h, 48h et 72h: Détermination des doses létales et leurs intervalles de confiance (95%).	39
12	Effet de l'HE de <i>P. crispum</i> (CL ₂₅ et CL ₅₀) sur la durée des stades larvaires et du stade nymphal (jours) de <i>Cx. pipiens</i> et <i>Cs. longiareolata</i> (m ± SD, n= 30 répétitions comportant chacune 10 individus) : Test de Dunett.	40
13	Effet de l'HE de <i>L. citriodora</i> (CL ₂₅ et CL ₅₀) sur la durée des stades larvaires et du stade nymphal (jours) de <i>Cx. pipiens</i> et <i>Cs. longiareolata</i> (m ± SD, n= 30 répétitions comportant chacune 10 individus) : test de Dunett.	40
14	Effet de l'HE de <i>P. crispum</i> et de <i>L. citriodora</i> (CL ₂₅ et CL ₅₀) sur le sexe ratio chez les adultes de <i>Cx. pipiens</i> et <i>Cs. longiareolata</i> .	41
15	Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₂₅) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	47
16	Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après	48

	traitement aux HEs (CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	
17	Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₂₅) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	52
18	Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	53
19	Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm ³) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₂₅) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	56
20	Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm ³) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₅₀) <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	57
21	Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm ³) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₂₅) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	60
22	Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm ³) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₅₀) <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	61
23	Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux (µg/mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₂₅) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	65
24	Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux (µg/mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₅₀) <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	66
25	Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux (µg/mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₂₅) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	70
26	Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux (µg/mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	71
27	Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux (µg/mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₂₅) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	74
28	Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux (µg/mg) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	75

29	Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	79
30	Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	80
31	Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	84
32	Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	85
33	Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	88
34	Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) de <i>P. crispum</i> et <i>L. citriodora</i> : test HSD de Tukey.	89
35	Constituants majoritaires de l'HE des graines de <i>P. crispum</i> collectée dans différentes régions.	96
36	Constituants majoritaires de l'HE des feuilles de <i>L. citriodora</i> collectées dans différentes régions.	98

LISTE DES FIGURES

Figures	Titres	Pages
1	Dents du peigne siphonal (flèche) de <i>Culiseta longiareolata</i> (Gr : X40)	5
2	Taches d'écailles sombres sur l'aile (flèche) de <i>Culiseta longiareolata</i> (Gr : X40)	5
3	Trois Bandes blanches longitudinales (flèche) de <i>Culiseta longiareolata</i>	6
4	Lobe basal du gonocoxite (flèche) de <i>Culiseta longiareolata</i> (Gr : X150)	6
5	Tergites abdominaux de <i>C. pipiens</i> (Gr : X150)	7
6	Mentum de <i>C. pipiens</i> (Gr : X300)	7
7	Écailles du 8 ^{ème} segment abdominal de <i>C. pipiens</i> (Gr : X200)	7
8	Dent distale du peigne siphonal de <i>C. pipiens</i>	7
9	Sites de prélèvement des moustiques	8
10	<i>Petroselinum sativum</i>	10
11	<i>Lippia citriodora</i>	11
12	Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger	14
13	Coupe anatomique représentant la structure de la graine de <i>Petroselinum crispum</i>	21
14	Coupe anatomique représentant les bandelettes sécrétrices d'huile essentielle de <i>Petroselinum crispum</i>	22
15	Coupe anatomique représentant la structure de la feuille de <i>Lippia citriodora</i>	23
16	Coupe anatomique représentant la structure détaillée de la feuille de <i>Lippia citriodora</i>	24
17	Coupe anatomique représentant la glande productrice d'huile essentielle de <i>Lippia citriodora</i>	24
18	Chromatogramme CPG-SM de l'HE de <i>P. crispum</i> (Abondance en fonction du temps en min).	27
19	Répartition (%) des familles de molécules présentes dans l'huile essentielle de <i>P. crispum</i> .	27
20	Chromatogramme CPG-SM de l'HE de <i>L. citriodora</i> (Abondance en fonction du temps en min).	30
21	Répartition (%) des familles de molécules présentes dans l'huile essentielle de <i>L. citriodora</i>	30
22	Efficacité de l'HE de <i>P. crispum</i> (ppm), appliquée sur les larves L3 nouvellement exuviées de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, n=3 répétitions de 20 individus chacune)	31
23	Efficacité de l'HE de <i>L. citriodora</i> (ppm), appliquée sur les larves L3 nouvellement exuviées de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, n=3 répétitions de 20 individus chacune)	32
24	Effets de l'HE de <i>P. crispum</i> , appliquée sur les larves 3 de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	32

25	Effets de l'HE de <i>L. citriodora</i> , appliquée sur les larves 3 de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	32
26	Efficacité de l'HE de <i>P. crispum</i> (ppm), appliquée sur les larves L4 nouvellement exuviées de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, n=3 répétitions de 20 individus chacune)	34
27	Efficacité de l'HE de <i>L. citriodora</i> (ppm), appliquée sur les larves L4 nouvellement exuviées de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, n=3 répétitions de 20 individus chacune)	34
28	Effets de l'HE de <i>P. crispum</i> , appliquée sur les larves 4 de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	35
29	Effets de l'HE de <i>L. citriodora</i> , appliquée sur les larves 4 de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	35
30	Efficacité de l'HE de <i>P. crispum</i> (ppm), appliquée sur les pupes de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, n=3 répétitions de 20 individus chacune)	37
31	Efficacité de l'HE de <i>L. citriodora</i> (ppm), appliquée sur les pupes de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, n=3 répétitions de 20 individus chacune)	37
32	Effets de l'HE de <i>P. crispum</i> , appliquée sur les pupes de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	38
33	Effets de l'HE de <i>L. citriodora</i> , appliquée sur les pupes de <i>Cx. pipiens</i> (A) et <i>Cs. longiareolata</i> (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	38
34	Échec de la mue chez <i>Cs longiareolata</i> (×15)	41
35	Réduction de la taille de la larve chez <i>Culex pipiens</i> . (×15)	41
36	Déformation de la tête de la larve de <i>Culex pipiens</i> et <i>Cs longiareolata</i> (×15)	42
37	Apparition d'une seule trompette respiratoire chez les nymphes de <i>Culex pipiens</i> et <i>Cs longiareolata</i> (×15)	42
38	Échec de la mue nymphale chez <i>Cx pipiens</i> (×15)	42
39	Échec de la mue chez imaginaire chez <i>Cx pipiens</i> . (×15)	42
40	Réduction de la taille de la larve chez <i>Cx pipiens</i> . (×15)	43
41	Malformation de la larve chez <i>Cx pipiens</i> . (×15)	43
42	Malformation de tube digestif chez <i>Cs longiareolata</i> . (×15)	43
43	Présence d'une seule aile chez <i>Cs. longiareolata</i> (×15)	43
44	Réduction de la taille de la larve chez <i>Cs longiareolata</i> . (×15)	43

45	Réduction de la taille de la pupe chez <i>Cs longiareolata</i> . (×15)	44
46	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le poids corporel (mg) des larves L3 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3)	45
47	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le poids corporel (mg) des larves L4 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	45
48	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le poids corporel (mg) des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	46
49	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le poids corporel (mg) des larves L3 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	49
50	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le poids corporel (mg) des larves L4 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes	50
51	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le poids corporel (mg) des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	50
52	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le volume corporel (mm ³) des larves L3 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	54
53	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le volume corporel (mm ³) des larves L4 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	55
54	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le volume corporel (mm ³) des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	55
55	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le volume corporel (mm ³) des larves L3 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	58
56	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le volume corporel (mm ³) des larves L4 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	59
57	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le volume corporel (mm ³) des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	59
58	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des protéines totales des larves L3 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	62
59	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des protéines totales des larves L4 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	63
60	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des protéines totales des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	63
61	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des protéines totales des larves L3 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	67
62	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B)	68

	sur le taux des protéines totales des larves L4 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	
63	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des protéines totales des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	68
64	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des glucides totaux des larves L3 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	72
65	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des glucides totaux des larves L4 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	73
66	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des glucides totaux des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	73
67	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des glucides totaux des larves L3 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	76
68	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des glucides totaux des larves L4 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	77
69	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des glucides totaux des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	77
70	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des lipides totaux des larves L3 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	81
71	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des lipides totaux des larves L4 de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	82
72	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des lipides totaux des pupes de <i>Cx. pipiens</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	82
73	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des lipides totaux des larves L3 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	86
74	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des lipides totaux des larves L4 de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	86
75	Effet des HEs (CL ₂₅ et CL ₅₀) de <i>P. crispum</i> (A) et <i>L. citriodora</i> (B) sur le taux des lipides totaux des pupes de <i>Cs. longiareolata</i> à différentes périodes (m ± SD, n = 3).	87

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

Les insectes sont non seulement importants en tant que moyens de pollinisation chez les plantes (telles que les abeilles), mais ils sont également considérés comme potentiellement dangereux car de nombreux insectes causent des dommages à la culture dans les conditions avant et après la récolte et vecteurs de plusieurs agents pathogènes (Sachin *et al.*, 2018).

Les moustiques peuvent être simplement considérés comme des nuisibles gênants en raison de la nuisance de leurs piqûres, et peuvent également transmettre des maladies aux humains et aux animaux domestiques (Toksoz & Saruhan, 2018 ; Benelli & Pavela, 2018). À ce jour, plus de 3000 espèces de moustiques ont été identifiées dans le monde (Siti *et al.*, 2018). Ils sont des vecteurs de maladies mortelles affectant l'homme telles que le paludisme, la fièvre jaune, la dengue, le chikungunya, la filariose, l'encéphalite et l'infection par le virus du Nil occidental (Arun *et al.*, 2015 ; Sachin *et al.*, 2018).

Pour améliorer la qualité de l'environnement et la santé publique, la lutte contre les moustiques est essentielle. La lutte chimique est une stratégie efficace dans le monde (El-Akhal *et al.*, 2014). Cependant, les insecticides chimiques tels que les pyréthroïdes, les carbamates, les organophosphorés et les pesticides microbiens ont entraîné de nombreuses conséquences négatives pour l'homme et son environnement (Pavela, 2008 ; Baskar *et al.*, 2018). La majorité des programmes actuels de lutte contre les moustiques reposent sur l'utilisation d'insecticides larvaires sur les sites de reproduction (Mahyoub, 2018). Les principaux problèmes associés à l'utilisation de ces produits chimiques sont le développement de la résistance chez les insectes ciblés et leurs effets secondaires indésirables (Velu *et al.*, 2015). En effet, l'OMS a estimé qu'il y a 25 millions de cas d'intoxications professionnelles aiguës aux pesticides dans les pays en développement et que 20000 décès surviennent dans le monde chaque année.

De ce fait, pour servir à une gestion durable de l'environnement et rendre efficace une lutte biologique anti vectorielle, les recherches actuelles se sont orientées vers l'utilisation de substances naturelles d'origine végétale en particulier les huiles essentielles, comme agent bioactif et insecticide plus sélectifs et biodégradables du point de vue écologique (Kemassi *et al.*, 2014).

L'Algérie est connue pour sa grande biodiversité floristique et la richesse de son patrimoine phytothérapeutique et offre un grand trésor botanique, qui peut être la source de nombreux produits intéressants pour le développement de nouveaux insecticides. Plusieurs études ont été menées sur l'activité insecticide d'extraits de plantes et d'huiles essentielles contre les larves de moustiques et qui peuvent être utilisés comme alternatives aux insecticides synthétiques dans le programme de lutte antivectorielle (Ghosh *et al.*, 2011 ; Aouinty *et al.*, 2006 ; Guenez, 2020 ; Zeghib *et al.*, 2020). Une grande variété d'HEs a été utilisée comme substances toxiques ayant des activités ovicides, larvicides, pupicides et adulticides, y compris l'action répulsive contre les moustiques (Dris, 2019 ; Bouguerra, 2019 ; Guenez, 2020, Bouzidi, 2020 ; Zeghib, 2022).

Le persil (*Petroselinum sativum*) est une plante herbacée de la famille des Apiacées (Ombellifères) (Ipor & Oyen, 1999), La verveine odorante, *Aloysia Citriodora* ou *Lippia citriodora*, est un arbuste vivace appartient à la famille des Verbenaceae (Lenoir, 2011). Plusieurs auteurs ont rapporté les vertus thérapeutiques de *Petroselinum sativum* et *Lippia citriodora* et de ses huiles essentielles. Selon Daradkeh & Essa. (2018), le persil est employé pour son effet diurétique, antimicrobien, hypoglycémique, hépatoprotecteur et anti-agrégation plaquettaire et des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. La verveine agit contre l'anxiété et l'insomnie (Carnat *et al.*, 1999), ses feuilles ont un effet fébrifuge, antidouleurs nerveuses, antianémique et sont carminatives. La verveine est aussi tonocardiaque, hypoglycémiant et anti-migraine (Yousefzadeh et Meshkatalasadat, 2013).

La faune Culicidienne a fait l'objet d'un grand nombre de travaux au niveau de notre laboratoire qui s'intéressent à la lutte biologique (Dris, 2019 ; Bouguerra, 2019 ; Guenez, 2020 ; Bouzidi, 2020 ; Zeghib, 2022 ; Mahmoudi, 2022 ; Hafsi, 2022 ; Djeddar, 2022). *Culiseta longiareolata*, vecteur de Plasmodium aviaire et *Culex pipiens*, vecteur du virus du Nil occidental, sont les espèces de moustiques les plus abondantes en Algérie, en particulier dans la région de Tébessa (Tine-Djebbar *et al.*, 2016 ; Hamaidia & Berchi, 2018).

Dans ce contexte, notre étude a été consacrée dans la première partie à une analyse chimique des huiles essentielles extraites de deux plantes : *Petroselinum sativum* et *Lippia citriodora* par CPG/SM.

La deuxième partie vise à tester le pouvoir larvicide et pupicide de ces huiles essentielles à l'égard des larves du troisième et quatrième stade et les nymphes de *Culiseta longiareolata* et de *Culex pipiens* par l'évaluation des paramètres de létalité (CL₂₅, CL₅₀ et CL₉₀).

La troisième partie de notre travail a pour objet de déterminer l'effet de ces huiles essentielles sur le développement de *Culiseta longiareolata* et de *Culex pipiens*, et les malformations engendrées par ces traitements.

Enfin, la dernière partie consiste à étudier l'impact de la CL₂₅ et la CL₅₀ de ces huiles sur les paramètres morphométriques et biochimiques (glucides, protéines et lipides) des larves de *Culiseta longiareolata* et de *Culex pipiens*.

*MATERIEL ET
METHODES*

II. MATERIEL ET METHODES

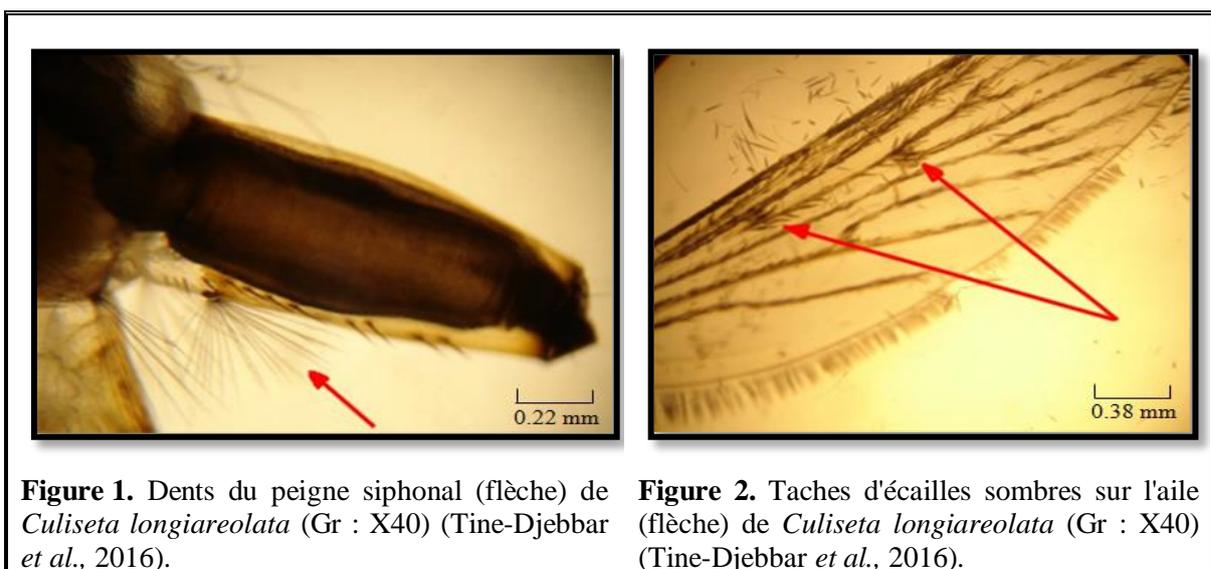
2.1. Présentation des Moustiques

2.1.1. Présentation de *Culiseta longiareolata*

Ce moustique a une taille qui varie de 3 à 5mm. Il possède un corps mince et des pattes longues et fines avec des ailes membraneuses, longues et étroites (Villeneuve et Desire, 1965). *Cs longiareolata* est multivoltine, peut présenter une diapause hivernale chez les imagos femelles (régions froides) et chez les larves (régions tempérées). Les adultes sont présents toute l'année avec un max de densité au printemps et un autre en automne (Bruhnes *et al.*, 1999).

L'identification de cette espèce, ne présente pas de difficultés ; ses antennes non spéculées et son siphon très court presque conique et a une selle du segment anal interrompue sont des caractères très originaux (Abdel-Malek, 1960).

Les femelles sont sténogames et autogènes. Elles piquent de préférence les vertébrés surtout les oiseaux, très rarement l'humain. L'espèce est considérée comme un vecteur de plasmodium d'oiseau (Bruhnes *et al.*, 1999). Les œufs de *Culiseta* groupés en nacelle sont cylindro-coniques, porte environ 50 à 200 œufs (Boulkenafet, 2006). La larve de cette espèce se caractérise par un siphon court et conique avec des dents du peigne siphonal implantées irrégulièrement (Fig. 1). Chez l'adulte, on remarque la présence au moins d'une tache d'écaille sombre sur l'aile (Fig. 2), le thorax avec trois bandes blanches longitudinales (Fig. 3) et l'absence des soies longues et fortes au niveau du lobe basal du gonocoxite (Fig. 4) (Bruhnes *et al.*, 1999).



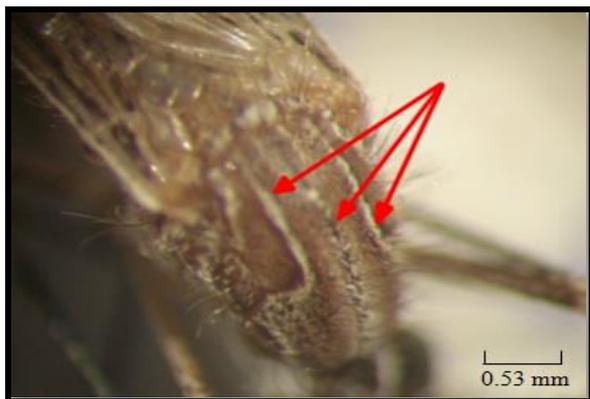


Figure 3. Trois Bandes blanches longitudinales (flèche) de *Culiseta longiareolata* (Tine-Djebbar *et al.*, 2016).

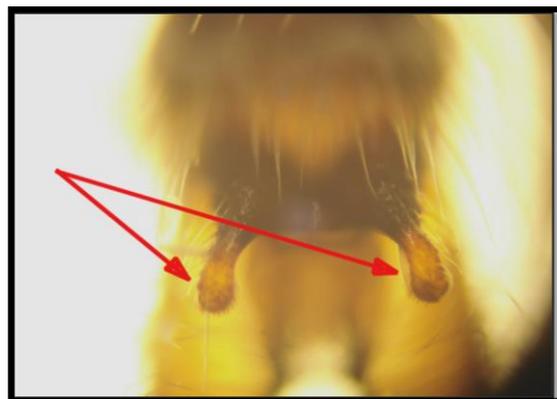


Figure 4. Lobe basal du gonocoxite (flèche) de *Culiseta longiareolata* (Gr : X150) (Tine-Djebbar *et al.*, 2016).

La position systématique de *Cs. longiareolata* est la suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous-ordre	Nematocera
Famille	Culicidae
Sous-famille	Culicinae
Genre	<i>Culiseta</i>
Espèce	<i>Culiseta longiareolata</i> (Aitken, 1954)

2.1.2. Présentation de *Culex pipiens*

Culex pipiens est le moustique le plus fréquent dans le monde (Faraj *et al.*, 2006). C'est un moustique ubiquiste capable de s'adapter à différents biotopes; il se développe aussi bien dans les milieux urbains que ruraux, dans les eaux polluées que propres (Resseguier, 2011). Dans plusieurs régions, il est actif pendant toute l'année et atteint son maximum de développement pendant les saisons chaudes (Faraj *et al.*, 2006). Le moustique *Culex pipiens* L. existe sous deux formes: une forme *molestus* et une forme *pipiens*. La forme *molestus* est autogène (capable de réaliser une première ponte sans prendre de repas de sang), sténogame (peut s'accoupler dans des espaces confinés) et reste en activité durant la période hivernale (homodynamique). A l'inverse, la forme *pipiens* est anautogène

(exigeant toujours un repas de sang pour réaliser une ponte), eurygame (s'accouple en plein air) et rentre en diapause pendant l'hiver (hétérodynamique). (Amraoui *et al.*, 2012). L'adulte de *Cx. pipiens* se caractérise par le tergite III avec une bande antérieure claire (Fig. 5). Chez la larve, le mentum contient 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane (Fig. 6); les écailles du 8^{ème} segment sont toutes sans épine médiane (Fig. 7) et la dent distale du peigne siphonal est formée de 3 à 5 denticules basaux (Fig. 8).



Figure 5. Tergites abdominaux de *C. pipiens* (Gr : X150) (Tine-Djebbar *et al.*, 2016).

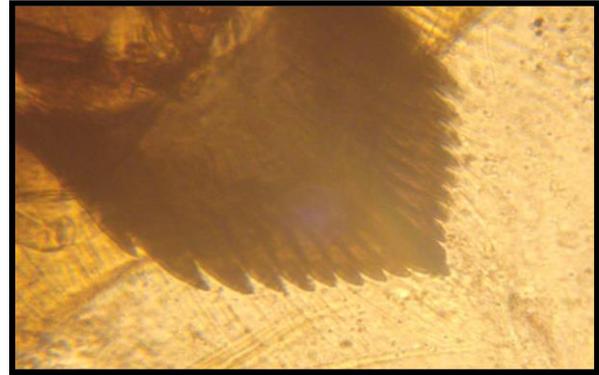


Figure 6. Mentum de *C. pipiens* (Gr : X300) (Tine-Djebbar *et al.*, 2016).

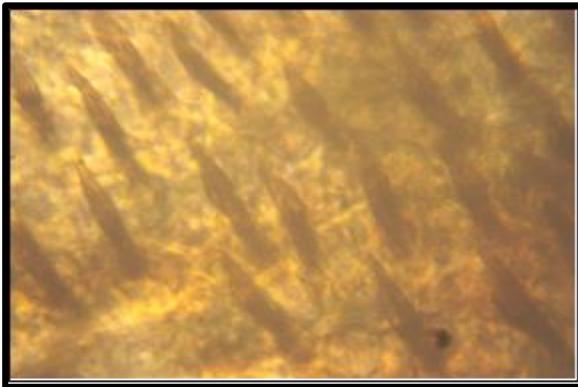


Figure 7. Écailles du 8^{ème} segment abdominal de *Cx. pipiens* (Gr : X200) (Tine-Djebbar *et al.*, 2016).

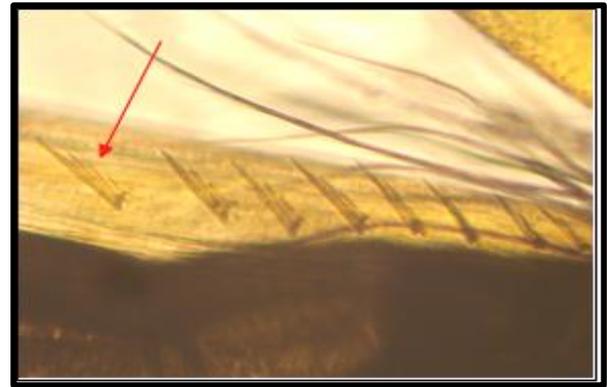


Figure 8. Dent distale du peigne siphonal de *Cx. pipiens* (Gr : X100) (Tine-Djebbar *et al.*, 2016).

La position systématique de *Cx. pipiens* est la suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous-ordre	Nematocera
Famille	Culicidae
Sous-famille	Culicinae
Genre	<i>Culex</i>
Espèce	<i>Culex pipiens</i> (Linné, 1758).

2.2. Elevage de moustiques

Les œufs et les larves de moustiques sont récoltés dans différents sites de la ville de Tébessa (GPS : site1 : 35°25'1,8" N, 8°5'12,63" E et 834 m au-dessus de la mer. Site2 : 35°27'41,91" N, 7°58'43,53" E et 811 m au-dessus de la mer (Fig. 9). Les larves sont élevées dans des récipients contenant 150 ml d'eau déchlorurée et nourries avec 0,04 g du mélange biscuit 75% - levure 25% (Rehimi & Soltani, 1999). Le changement de l'eau et l'ajout de la nourriture sont effectués tous les 2 à 3 jours. Les critères pris en compte dans le choix des gîtes larvaires sont: la présence des larves de Culicidés dans un lot de gîte, l'accessibilité, la pérennité et le non traitement par les insecticides.



Figure 9. Sites de prélèvement des moustiques (Photo personnelle).

2.3. Description des plantes étudiées

2.3.1. *Petroselinum sativum* (syn : *Petroselinum crispum*)

Le persil est une espèce aromatique du genre *Petroselinum*. C'est une herbacée de la famille des Apiacées (Ombellifères) (Fig 10), est originaire du Sud-Est du pourtour méditerranéen. Aujourd'hui, il pousse largement à l'état sauvage, et cultivé dans le monde entier comme plante aromatique et pour ses propriétés nutritives (Bellakhdar. 2006).

C'est une plante bisannuelle de 30 à 100 cm de haut, à odeur caractéristique et très aromatique au froissement (Ipor & Oyen, 1999). Plante de petites dimensions très recherchée (Guillaume, 2010). Ses feuilles sont simples ou frisées et disposées en rosette. Elles sont vertes et ont un caractère odorant marqué (Pierre & Lys, 2007), sont généralement doublement divisées, surtout celles de la base, les feuilles supérieures ayant souvent seulement trois lobes étroits et allongés (Ipor & Oyen, 1999). La tige est striée, de 30 à 60 cm, cylindrique, rameuse au sommet (Pierre & Lys, 2007). Et la racine est allongée, de type pivotant est assez développée. Elle est jaunâtre, d'odeur forte et aromatique (Ipor & Oyen, 1999), assez droite, et garnie de quelques fibres (Mappa, 2006). Ses fleurs sont de couleur jaune verdâtre tirant sur le blanc en pleine floraison, sont groupées en ombelles composées comprenant huit à vingt rayons. Les ombellules sont munies d'un involucelle à nombreuses bractées (Ipor & Oyen, 1999). Le fruit est globuleux. Gris verdâtre à gris brun est un diakène côtelé (Pierre & Lys, 2007).

La position systématique de *Petroselinum sativum* selon Cronquist (1981) est la suivante:

Règne	Plantae
Sous-Règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae
Genre	<i>Petroselinum</i>
Espèce	<i>Petroselinum sativum</i> (Miller, 1886)



Figure 10. *Petroselinum sativum* (Photo personnelle).

2.3.2. *Lippia citriodora* (syn: *Aloysia Citriodora*)

La verveine odorante, *Aloysia Citriodora* ou *Lippia citriodora*, appartient à la famille des Verbenaceae (Lenoir, 2011) (Fig 11). C'est un arbuste vivace qui pousse rapidement et peut atteindre dans les meilleures conditions 2 à 3 mètres de hauteur. Ses tiges, droites ramifiées en branches étroites et minces, portent des feuilles entières et lancéolées, un peu rugueuses, caduques en hiver. Elles sont groupées par trois, d'où le qualificatif latin de triphylla. D'une couleur vert jaunâtre, elles dégagent un parfum citronné prononcé. Au cœur de l'été, de juillet à septembre, apparaissent à l'extrémité des tiges de longues grappes qui réunissent de nombreuses petites fleurs, blanches, violettes ou rougeâtres (Belkamel *et al.*, 2018).

La position systématique de *Lippia citriodora* selon Cronquist (1981) est la suivante :

Règne	Plante
Sous règne	Trachéobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Verbenaceae
Genre	<i>Lippia</i>
Espèce	<i>Lippia citriodora</i> (Linné, 1753)



Figure 11. *Lippia citriodora* (Photo personnelle).

2.4. Screening phytochimique

Pour identifier les différents groupes de composés chimiques présents dans les deux plantes, un screening chimique a été réalisé. La colorimétrie et la gravimétrie ont été les deux principales voies d'identification de ces groupes de substances en solution. Les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines, les anthocyanes, leucoanthocyanes, les tanins, les terpènes et stérols contenus dans la plante ont été mis en évidence selon les méthodes décrites par Harborne (1998). Le principe est soit basé sur la formation de complexes insolubles en utilisant les réactions de précipitation, soit sur la formation de complexes colorés en utilisant des réactions de coloration.

La recherche des tanins, des anthocynes, des leuco-anthocynes et des saponines nécessite la préparation de l'infusé à 10% où une quantité de 10 g des feuilles de la verveine et des graines de persil séchées et broyées en poudre est versée dans 100 ml d'eau bouillante et mélangée puis filtrée après 15 min.

2.4.1. Tanins

Les tannins catéchiques, non hydrolysables, sont identifiés à l'aide du réactif de Stiasny (Formol 30%/HCl concentré : 3-1). 5 ml de l'infusé ont été évaporés à sec. Après ajout de 15 ml du réactif de Stiasny au résidu, le mélange a été maintenu au bain-marie à 80 °C pendant 30 min. L'observation d'un précipité orange caractérise les tanins catéchiques.

Les tannins galliques, hydrolysables, sont mis en évidence par ajout de FeCl_3 . En effet, nous avons filtré la solution précédente puis la saturé d'acétate de sodium. L'addition de 3 gouttes de FeCl_3 à 2% provoque l'apparition d'une teinte bleu-noire intense dénotant la présence de tanins galliques.

2.4.2. Leucoanthocyanes

Les leuco-anthocyanes sont révélés par l'ajout à 05 ml d'infusé de 04 ml d'alcool chlorhydrique (Ethanol/HCl pur : 3-1). Après quelques minutes de chauffage au bain marie à 50°C, L'apparition d'une coloration rouge (rouge cerise) est caractéristique de leur présence.

2.4.3. Saponines

Un décocté à 2 % est préparé avec 2 g de poudre dans 100 ml d'eau bouillante et maintenir une ébullition pendant 30 minutes. A partir de cette solution mère on prépare 10 tubes de 1-10 ml, le volume final étant réajusté à 10 ml avec de l'eau distillée. Chaque tube est agité pendant 15 secondes puis laissé au repos pendant 15 min en position verticale. Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence de saponines.

2.4.4. Flavonoïdes

10 g de la poudre a été macérée dans 150 ml d'HCl à 1% pendant 24 h. Ajouter le NH₄OH au 10 ml du filtrat pour rendre la solution basique. L'apparition d'une couleur jaune claire après 3h dans la partie supérieure du tube montre la présence des flavonoïdes.

2.4.5. Alcaloïdes

La présence des alcaloïdes est établie par la précipitation de sels et la révélation à l'aide du réactif de Mayer (5 g de KI + 1,358 g de HgCl₂ solubilisés dans 100 ml d'eau distillé). A 5 g de poudre ajouter 50 ml d'HCl à 1%. Après 3 heures de macération à température ambiante, le macéré a été filtré. Prélever 1 ml de filtrat y ajouter 5 gouttes de réactif. La présence d'alcaloïdes est mise en évidence par l'apparition d'un précipité blanc.

2.4.6. Terpènes et stéroïdes

Pour mettre en évidence les stéroïdes et les polyterpènes, nous avons utilisé le réactif de Liebermann. En effet, 5 g de poudre des feuilles ont été macérés dans 20 ml d'éther de pétrole, filtrés puis évaporés à sec dans un bain de sable à 90°C. Le résidu est trituré à chaud dans 1 ml d'anhydride acétique. Nous avons ajouté 0,5 ml d'acide sulfurique concentré au triturât. L'apparition, à l'interphase, d'un anneau pourpre et violet, virant au bleu puis au vert, indique une réaction positive.

2.4.7. Quinones

Humecter 5 g de matériel végétal broyé de quelques gouttes de HCl. Mettre à macération ce matériel végétal pendant une heure ou 24 heures dans un Erlen Meyer fermé

et contenant 10 ml d'éther de pétrole. Après filtration, 2 ml de filtrat sont agités avec 2 ml de NaOH à 10 %. La coloration rouge virant au violet apparaît en présence des quinones.

2.5. Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation

L'extraction a été faite au niveau du laboratoire de Biologie végétale à l'université de Tébéssa. La figure 12 montre l'hydrodistillateur de type Clevenger employé dans l'extraction des huiles essentielles.

Le matériel végétal destiné à l'hydrodistillation pour l'obtention des huiles essentielles a été prélevé en Septembre pour les graines de *Petroselinum sativum* et en Décembre pour les feuilles de *Lippia citriodora* des années : 2017, 2018 et 2019 dans la région de Tébéssa. Après séchage du matériel végétal à l'air libre et à l'ombre, 50g du matériel végétal est introduit dans un ballon de 1 L rempli d'eau jusqu'aux 2/3 de sa capacité. Ce dernier est ensuite mis à ébullition pendant 3 heures. Sous l'action de la chaleur, les cellules sécrétrices de l'huile essentielle éclatent et libèrent des composés organiques volatils. La vapeur d'eau formée entraîne avec elle les composés organiques à l'état gazeux vers le réfrigérant où ils se condensent sous forme de gouttelettes. Les huiles essentielles recueillies ont été filtrées en présence de sulfate de sodium (Na_2SO_4) pour éliminer les traces d'eau résiduelle. Elles sont ensuite récupérées et stockées à 4°C et à l'obscurité dans des flacons en verre ombré et stériles, hermétiquement fermés.

Le rendement d'extraction d'huile essentielle (HE) est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile récupérée (MHE) et la masse de la matière végétale (MV) séchée à l'air libre, exprimées dans la même unité de masse (AFNOR, 1987). Le rendement en HE exprimé en pourcentage est donné par la relation suivante:

$$R = \text{MHE} / \text{MV} \times 100$$

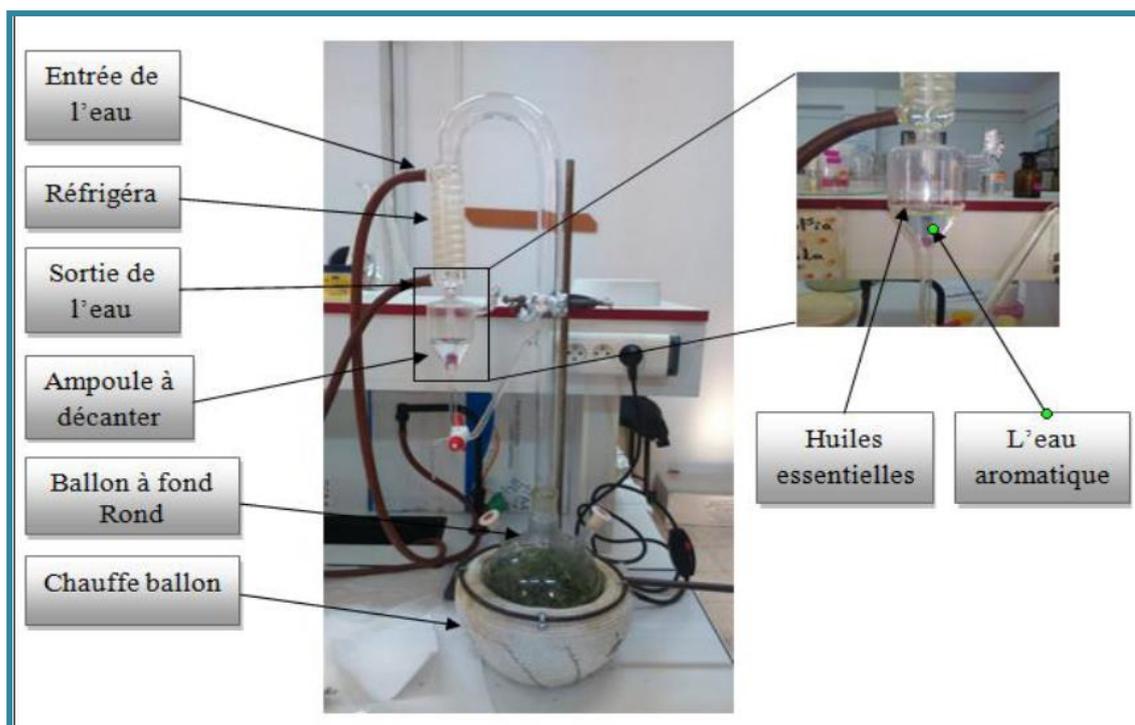


Figure 12. Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger (photo personnelle).

2.6. Identification des huiles essentielles par CPG-SM

Dans le but de l'identification des HEs des deux plantes, on a privilégié l'utilisation de la chromatographie en phase gazeuse (CPG) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM). Cette technique a été faite au centre de recherche scientifique et technique en analyses physico-chimique (CRAPC) à Bou Smail (Tipaza, Algérie).

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) utilisée est de type MASTER GC DANI équipé d'un détecteur à ionisation de type impact électronique et le mode d'analyse est Scan TIC de (35 à 450), d'une seule colonne de type HP-5MS de 30 mm de longueur, 0,25 μm d'épaisseur et 0,25 mm de diamètre avec une phase stationnaire composée de 5% Phenyl 95% dimethylpolysiloxane. La température de l'injecteur (split 1/50) est de 250 °C, celle du détecteur est de 230 °C. Le gaz vecteur utilisé est l'hélium pure avec un débit de 0,5 ml /min, le volume d'huile essentielle injectée est de 0,2 μl . La température du four est programmée à 60°C en isotherme pendant 10 min, puis son augmentation se fait graduellement à raison de 2°C par min jusqu'à 240°C. La continuité de cette opération d'identification a été faite par le couplage de la chromatographie phase gazeuse à un

spectromètre de masse de type TOFMS DANI. Un impact électronique pour un champ de 70 eV est adopté pour la fragmentation.

La méthode d'identification est basée sur la comparaison du spectre de masse obtenu pour chaque composé de l'huile essentielle avec une banque de spectre de produits de référence. Ainsi par la comparaison de leurs indices de rétention (IR) calculés par rapport à une série d'alcane linéaire (C10-C11-C12-...-C28) aux indices des produits de référence et des données spectrométriques tirées de la littérature (Adams, 2007).

2.7. Traitement et essai toxicologique

Les essais toxicologiques ont été réalisés à partir des HEs de *Petroselinum crispum* et de *Lippia citriodora* avec différentes concentrations (Tableau 1), à l'égard des larves L3 et L4 et des nymphes de *Culex pipiens* et de *Culesita longiareolata*. Le traitement, pour les séries traitées de chaque stade, est réalisé en quatre répétitions pour chaque concentration dans des récipients comportant chacun 20 larves nouvellement exuviées.

Par ailleurs, une série témoin négatif (les individus ne subissent aucun traitement) et une série témoin positif (les larves reçoivent 1ml d'éthanol) est conduite en parallèle. Après 24h de traitement, selon les recommandations de l'organisation mondiale de la santé (WHO, 2005), les larves sont rincées puis placées dans de nouveaux récipients contenant de l'eau propre et de la nourriture. Le suivi de mortalité des individus témoins et traités a été effectué au cours de différentes périodes : 24, 48 et 72h après traitement. Les mortalités observées sont corrigés par la formule d'Abbott, (1925), qui permet d'éliminer la mortalité naturelle. La détermination des concentrations sublétales et létales a été faite grâce à un logiciel Graph Pad Prism 7.

Tableau 1. Les concentrations (ppm) des HEs de *P. crispum* et de *L. citriodora*, appliquées sur des larves L3 et L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* et de *Cx. pipiens*.

Plantes	Stades	Concentrations (ppm)	
		<i>Cx. pipiens</i>	<i>Cs. longiareolata</i>
<i>P. crispum</i>	L3	10, 20, 30, 40, 50 et 60	5, 7,5, 10, 15, 20 et 30
	L4	20, 30, 40, 50, 60 et 70	10, 20, 25, 30 et 40
	Pupe	10, 30, 70, 110 et 150	10, 30, 70, 110 et 150
<i>L. citriodora</i>	L3	5, 10, 20, 30, 40 et 50	1, 2,5, 5, 12, 20 et 25
	L4	10, 20, 30, 40, 45 et 50	2,5, 5, 12, 20, 25 et 30
	Pupe	60, 90, 120, 130, 150 et 170	5, 30, 60, 90, 120 et 150

2.8. Détermination de la durée de développement

L'effet des HEs de *Petroselinum crispum* et de *Lippia citriodora* (CL₂₅ et CL₅₀) sur le développement des deux espèces de moustiques testées a été évalué. Ainsi, les durées de

développement du troisième et quatrième stade larvaire et du stade nymphal ont été calculées pour les insectes survivants. Les larves de troisième stades nouvellement exuviées témoins et traitées ($n = 30$ pour chaque concentration) ont été placés en groupes de 10 individus dans les mêmes conditions d'élevage ci-dessus pour l'élevage en masse. Le développement a été suivi chaque jour jusqu'à émergence des adultes.

Les larves et les nymphes mortes et les adultes morts sont conservés dans des flacons contenant de l'éthanol afin de déterminer les anomalies morphologiques.

2.9. Etude morphométrique

L'étude morphométrique est basée sur deux paramètres : le poids et le volume corporel des individus, calculé à partir de la valeur cubique de la largeur du thorax des larves et du céphalothorax des pupes (Timmermann & Briegel, 1999). Les mensurations ont été réalisées sous une loupe binoculaire préalablement étalonnée. L'étude est conduite avec 3 répétitions comportant chacune 20 individus.

2.10. Extraction et dosage des constituants biochimiques

Les individus témoins et traités à la CL_{25} et CL_{50} , ont été prélevés à différents stades (larve 3, larve 4 et pupes) et conservés dans 1 ml de TCA (acide trichloracétique) à 20%. L'extraction des principaux constituants biochimiques (protéines, glucides et lipides) a été réalisée selon le procédé de Shibko *et al.* (1966). Après homogénéisation aux ultrasons, puis centrifugation (5000 tours/min à 4°C pendant 10 min), le surnageant I obtenu, servira pour le dosage des glucides totaux selon la méthode de Duchateau & Florkin (1959). Au culot I, on ajoute 1 ml de mélange éther/chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 trs/min, 10 mn), on obtient le surnageant II et le culot II, le surnageant II sera utilisé pour le dosage des lipides (Goldsworthy *et al.*, 1972) et le culot II, dissout dans de la soude (0,1 N), servira au dosage des protéines selon Bradford (1976).

2.10.1. Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de Bradford (1976), dans une fraction aliquote de 100 μ l à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du bleu brillant de commassie (BBC) G 250 (Merck) (On homogénéise 100 mg de BBC, dans 50 ml d'éthanol 95°, on y ajoute ensuite 100 ml d'acide orthophosphorique à 85% et on complète à 1000 ml avec de l'eau distillée). La durée de la conservation du réactif est de 2 à 3 semaines à 4 °C. Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de boeuf (BSA) titrant 1 mg/ml (Tableau 2).

Tableau 2. Dosage des protéines totales chez les moustiques : Réalisation de la gamme d'étalonnage des protéines.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de BSA (μl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (μl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4

2.10.2. Dosage des lipides totaux

Les lipides totaux ont été déterminés selon la méthode de Goldsworthy *et al.* (1972), en utilisant le réactif sulfophosphanillinique (dissoudre 0,38 g de vanilline dans 55 ml d'eau distillée et ajouter 195 ml d'acide orthophosphorique à 85%). Ce réactif se conserve pendant 3 semaines à 4°C et à l'obscurité. La solution mère de lipides est préparée comme suit : on prend 2,5 mg d'huile de table (tournesol 99% triglycérides) dans un tube eppendorf et on ajoute 1 ml d'éther chloroforme (1V/1V). Le dosage des lipides se fait sur des prises aliquotes de 100 μ l des extraits lipidiques ou de gamme étalon auxquelles on évapore totalement le solvant puis on ajoute 1ml d'acide sulfurique concentré, les tubes sont agités, et mis pendant 10 mn dans un bain de sable à 100°C. Après refroidissement, on prend 200 μ l de ce mélange auquel on ajoute 2,5 ml de réactif sulfophosphanillinique. Après 30 mn à l'obscurité, la densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530 nm (Tableau 3). Les lipides forment à chaud avec l'acide sulfurique, en présence de la vanilline et d'acide orthophosphorique, des complexes roses.

Tableau 3. Dosage des lipides totaux chez les moustiques : Réalisation de la gamme d'étalonnage des lipides.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipides (μl)	0	20	40	60	80	100
Solvant (éther /chloroforme) (1V/1V)	100	80	60	40	20	0
Réactif de vanilline (ml)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

2.10.3. Dosage des glucides totaux

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de Duchateau & Florkin (1959). Cette méthode consiste à additionner 100 μ l du surnageant contenu dans un tube à essai, 4 ml du réactif d'Anthrone (peser 150 mg d'anthrone, ajouter 75 ml d'acide sulfurique concentré et 25 ml d'eau distillée) et de chauffer le mélange à 80°C pendant 10 min, une

coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de glucides présentes dans l'échantillon. La lecture de l'absorbance est faite à une longueur d'onde de 620 nm. La gamme d'étalonnage est effectuée à partir d'une solution mère de glucose (1mg/ml) (Tableau 4).

Tableau 4. Dosage des glucides totaux chez les moustiques : Réalisation de la gamme d'étalonnage des glucides.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de glucose (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif d'anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4

2.11. Etude anatomique des plantes étudiées

2.11.1. Echantillonnage

Les graines de *Petroselinum crispum* et les feuilles de *Lippia citriodora* ont été prélevées. Quant aux feuilles, les échantillons ont été mis dans l'eau distillée et transférés au laboratoire, afin d'éviter leur dessèchement.

2.11.2. Réalisation des coupes anatomiques et coloration

Les coupes ont été réalisées, au niveau de la structure primaire, selon la technique manuelle, dite, à main levée. Puis nous avons procédé à la coloration des sujets, selon la technique de la double coloration (carmino-vert) conformément aux étapes suivantes (Zaffran, 1998):

- a.** A l'aide d'une lame de rasoir, les sections d'organes étudiés ont été découpées, en plusieurs tranches fines. Puis, parmi elles, les plus fines et conformes ont été choisis.
- b.** Les tranches obtenues ont été mises dans un verre de montre, contenant de l'eau de javel (détruire le contenu cellulaire et préserver les parois pecto-cellulosiques).
- c.** Ensuite, elles sont transférées vers un 2^{ème} verre de montre contenant de l'eau distillée (élimination de l'eau de javel en excès).
- d.** Puis, elles sont mises dans un 3^{ème} verre de montre dans de l'acide acétique (1%), pendant 2 minutes (élimination de toute trace de l'eau de javel).
- e.** On procède à la coloration des coupes dans un 4^{ème} verre de montre contenant du vert d'iode (colore les tissus lignifiés (morts) en vert) et du carmin acétique (colore les tissus vivants et développe la couleur rouge avec la cellulose) en parts égales.

f. Après coloration, les échantillons sont mis dans de l'alcool (70%) (Remplace l'eau contenue dans les cellules et conserve ainsi les coupe obtenues).

2.11.3. Visualisation et photographie

Après avoir mis les échantillons entre lame et lamelle, dans une goutte de glycérine, la visualisation est faite sous microscopie optique. Ce dernier est équipé d'appareil photo couleur, avec laquelle, les prises de photos des coupes ont été réalisées.

2.12. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel GRAPH PAD PRISM 7. Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne \pm l'écart-type (SD). Les quantités des métabolites (protéines, glucides et lipides) sont déterminées à partir des courbes d'étalonnage dont l'équation de la droite de régression exprime l'absorbance en fonction de la quantité du standard utilisé (albumine, glucose et l'huile de tournesol). L'analyse de la variance à un et deux critères de classification, ont été utilisés avec un risque d'erreur égale à 5% suivi par le test de Tukey.

RESULTATS

III. RESULTATS

3.1. Anatomie des plantes étudiées

3.1.1. Anatomie des graines de *Petroselinum crispum*

Les figures (13 et 14) montrent l'aspect général de la structure anatomique de la graine de *Petroselinum crispum* où on arrive à distinguer un péricarpe, tégument, aleurone, albumen et des bandelettes sécrétrices. Il est aussi à signaler que les photos des coupes réalisées montrent les gouttes de l'huile essentielle de *Petroselinum crispum*

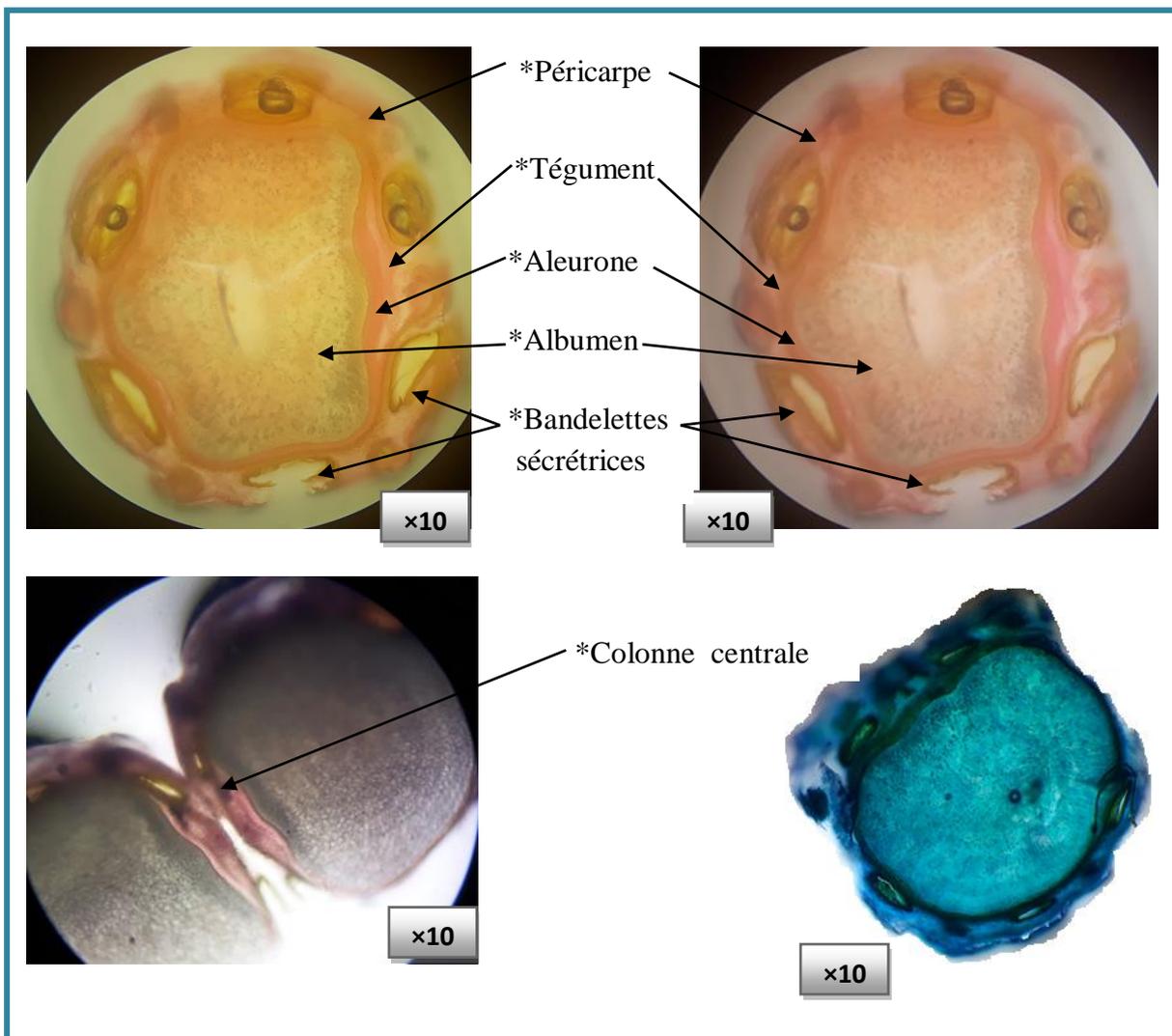


Figure 13. Coupe anatomique représentant la structure de la graine de *Petroselinum crispum*.

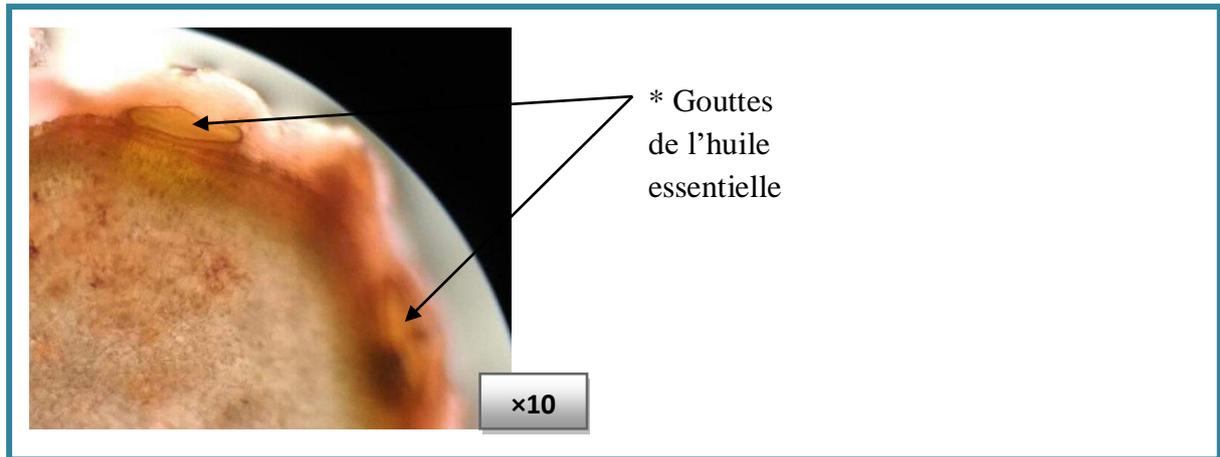


Figure 14. Coupe anatomique représentant les bandelettes sécrétrices d'huile essentielle de *Petroselinum crispum*

3.1.2. Anatomie des feuilles de *Lippia citriodora*

Selon les figures 15, 16 et 17 les coupes anatomiques réalisées renferment toutes les couches caractéristiques de la structure de la feuille. Ces coupes nous permettent d'observer de l'extérieur à l'intérieur : Epiderme inférieur, collenchyme, phloème, cambium, xylème et fibres. Le diagnostic de l'épiderme montre que ce dernier est caractérisé par la présence des glandes sécrétrices de l'huile essentielle.

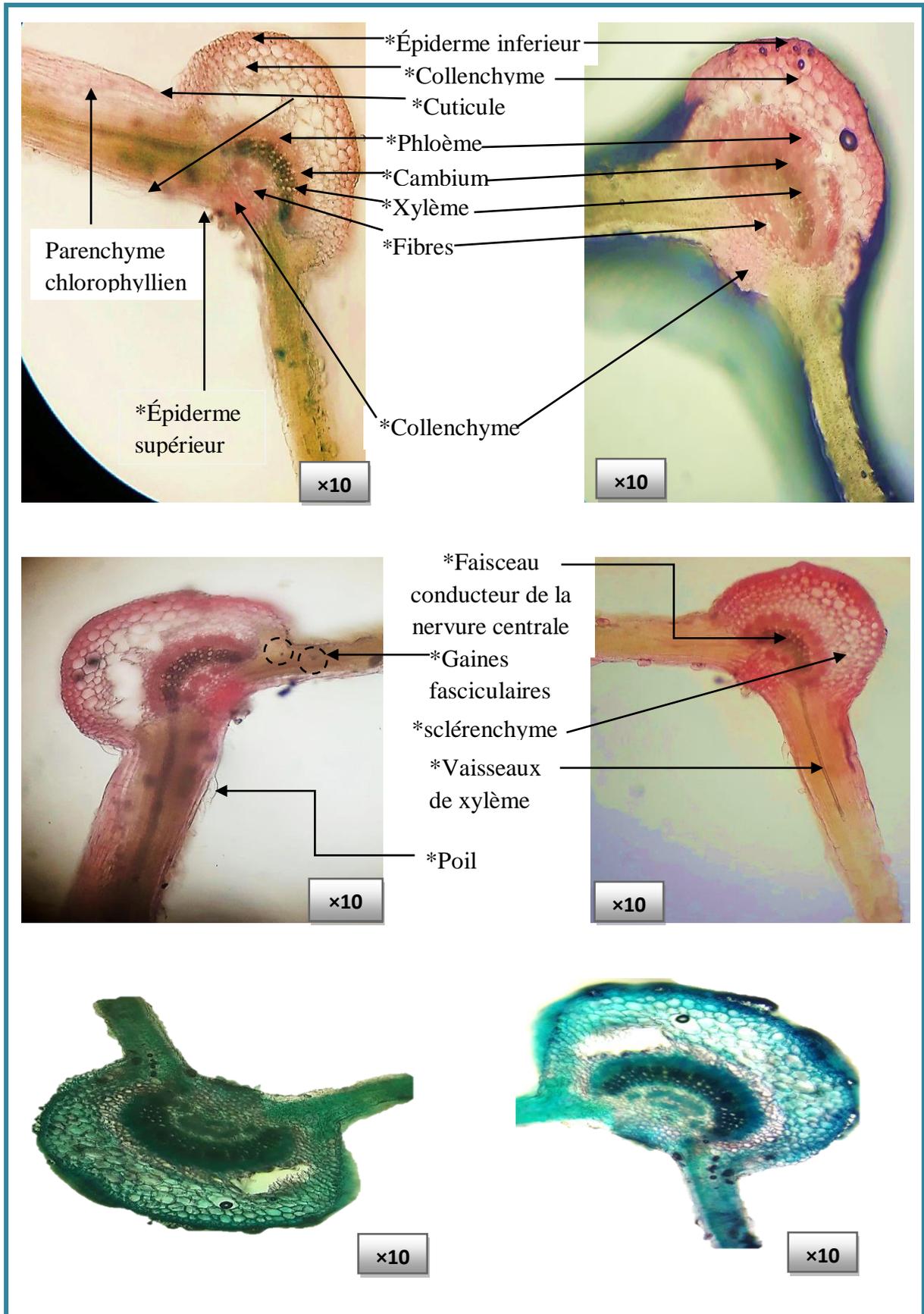


Figure 15. Coupe anatomique représentant la structure de la feuille de *Lippia citriodora*.

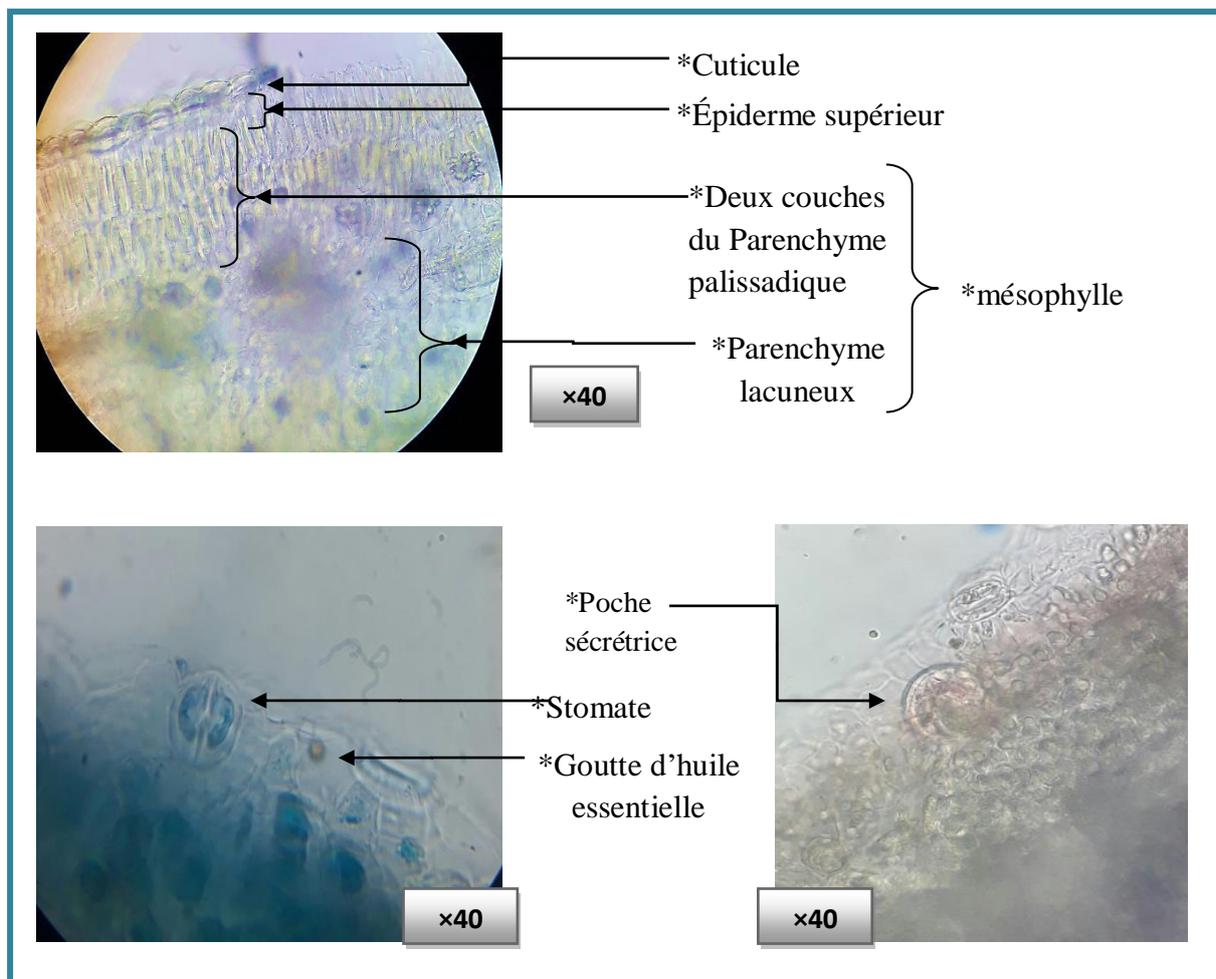


Figure 16. Coupe anatomique représentant la structure détaillée de la feuille de *Lippia citriodora*.

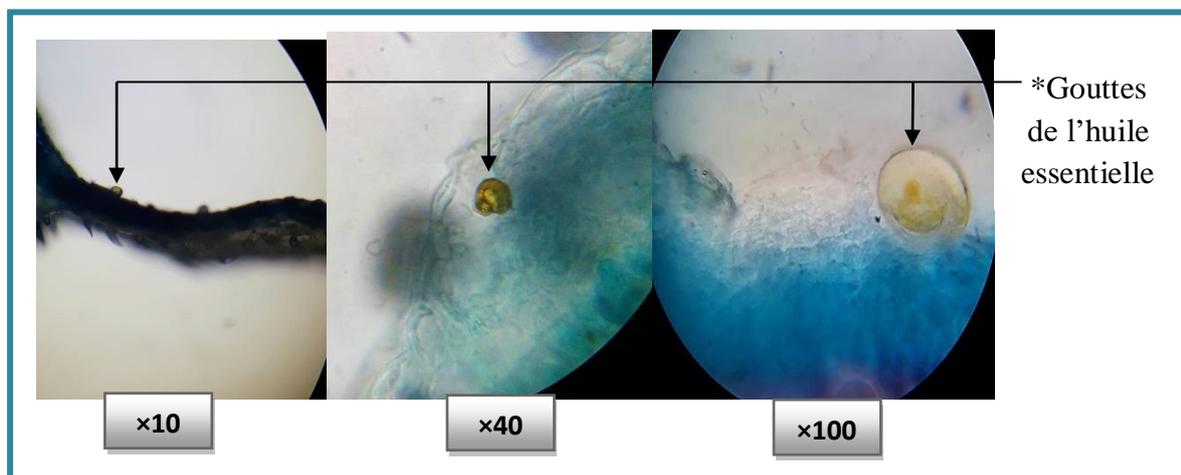


Figure 17. Coupe anatomique représentant la glande productrice d'huile essentielle de *Lippia citriodora*

3.2. Analyse phytochimique

Les résultats de l'analyse phytochimique sont présentés dans le tableau 5. Le signe "+" traduit la présence du groupe de composés chimiques et le signe "-" une réaction négative.

Les résultats indiquent que les graines de *Petroselinum crispum* renferment des flavonoïdes, des saponines, des alcaloïdes, des terpénoïdes et des stéroïdes. Les feuilles de *Lippia citriodora* contiennent des flavonoïdes, des saponines, des tanins catechiques, des terpénoïdes et des stéroïdes. Bien que, aucune plante ne contient des leucoanthocyanes, ni des quinones, ni des tanins galliques.

Tableau 5. Screening phytochimique des graines de *Petroselinum crispum* et des feuilles de *Lippia citriodora*.

Groupe Chimique	<i>P. crispum</i>	<i>L. citriodora</i>
Flavonoïdes	+	+
Leucoanthocyanes	-	-
Quinones	-	-
Saponines	+	+
Tanins galliques	-	-
Taninscatéchiques	-	+
Stéroïdes	+	+
Alcaloïdes	+	-
Terpénoïdes	+	+

3.3. Rendement et caractères organoleptiques

Les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation des graines sèches de *Petroselinum crispum* et des feuilles sèches de *Lippia citriodora* sont de couleur jaune claire, de fortes et persistantes odeurs et avec un rendement de $2,12 \pm 0,32\%$ et $0,24 \pm 0,05\%$ respectivement (Tableau 6).

Tableau 6. Rendement et caractéristiques organoleptiques des HEs extraites de *P. crispum* et *L. citriodora*.

Plantes	Rendement	Aspect	Couleur	Odeur
<i>P. crispum</i>	$2,12 \pm 0,32\%$	liquide, mobile	jaune claire	agréable
<i>L. citriodora</i>	$0,24 \pm 0,05\%$	liquide, mobile	jaune claire	agréable citronnée

3.4. Composition chimique des huiles essentielles

3.4.1. Composition chimique de l'huile essentielle de *P. crispum*

L'analyse de l'huile essentielle de *P. crispum* a été réalisée par une chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) (Tableau 7 et Fig. 18). Celle-ci a révélé que cette huile est constituée de 25 composés représentant 91,76% de la totalité des constituants détectés et appartenant à quatre familles (Fig. 19).

Une forte dominance de la fraction monoterpénique par rapport à la fraction sesquiterpénique. Les composés monoterpéniques identifiés dans cette plante sont avec un taux de 84,85%, constituée majoritairement de monoterpènes oxygénés (62,32%) représentés par le Pulegone (51,06%) comme composé majoritaire et de monoterpènes

hydrocarbonés (22,53%) représentés par le D-Limonène (18,77%) comme composé majoritaire tandis que les sesquiterpènes représentent un taux de 5,63%, ils contiennent deux groupes, les sesquiterpènes oxygénés avec un taux de 3,69% et les sesquiterpènes hydrocarbonés représentés par un pourcentage de 1,94%.

Les diterpène hydrocarbonés et les esters constituent également une partie de la composition chimique de cette huile avec les taux 0,09% et 1,19%, respectivement.

Tableau 7. Composition chimique de l'huile essentielle de *P. crispum* : temps de rétention (TR), indice de rétention (IR) et concentrations (%) des différents constituants.

N°	Composés	TR (min)	IR	Concentrations (%)
Monoterpènes				84,85
Monoterpènes oxygénés				62,32
1	Sabinene hydrate (cis-)	20,25	1073	0,55
2	Butanoic acid, 3-methyl, methyl-3-butenyl ester	23,3	1115	0,12
3	Cis-Limonene oxide	24,44	1131	0,09
4	Trans-Limonene oxide	24,84	1136	1,70
5	Trans-Verbenol	25,57	1147	5,22
6	Lavandulol	27,15	1169	3,03
7	Dihydro carveol (iso-)	30,03	1209	0,22
8	Pulegone	32,49	1245	51,06
9	Carvone	32,7	1248	0,09
10	Piperitone	33,1	1253	0,07
11	Furfuryl pentanoate	34,32	1271	0,17
Monoterpènes hydrocarbonés				22,53
12	Cyclohexene (3,5,5-trimethyl-)	6,96	853	0,06
13	α -Thujene	10,7	931	0,13
14	β -Pinene	13,4	974	3,41
15	Myrcene	14,38	990	0,16
16	D-Limonene	17,23	1031	18,77
Sesquiterpènes				5,63
Sesquiterpènes oxygénés				3,69
17	Kessane	50,53	1526	3,28
18	β -Eudesmol	57,56	1649	0,03
19	α -Cadinol	57,87	1654	0,38
Sesquiterpènes hydrocarbonés				1,94
20	Caryophyllene (9-epi-(E)-)	46,88	1465	0,07
21	Aristolochene (4,5-di-epi-)	47,37	1473	0,19
22	α -Amorphene	48,047	1484	1,54
23	α -Selinene	48,88	1498	0,14
Diterpènes hydrocarbonés				0,09
24	Rimuene (tetrahydro-)	73,66	1961	0,09
Esters				1,19
25	Cyclohexanolacetate (cis-2-tert-butyl-)	35,75	1292	1,19
Total				91,76

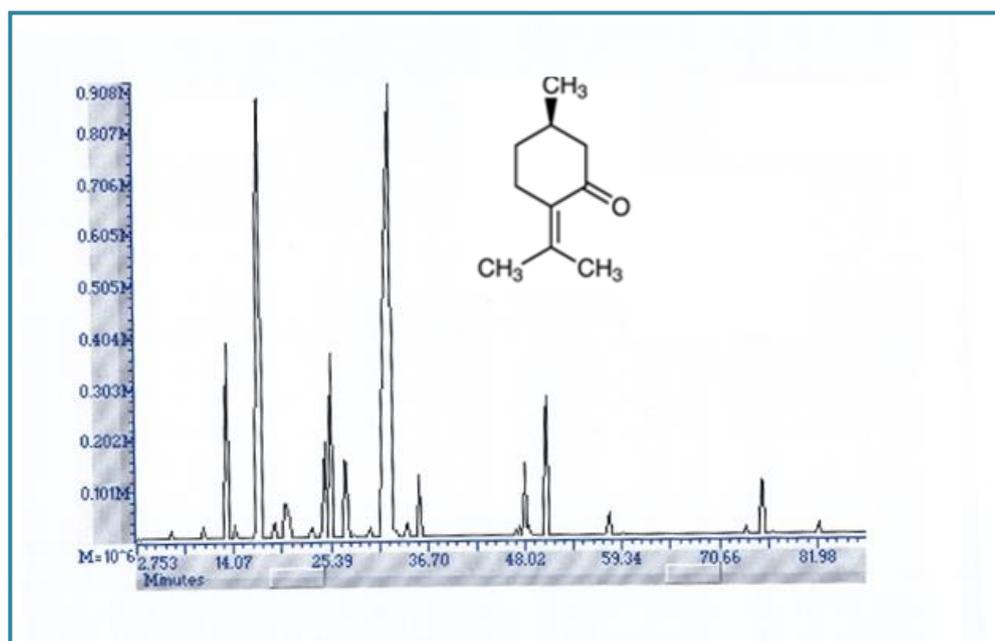


Figure 18. Chromatogramme CPG-SM de l'HE de *P. crispum* (Abondance en fonction du temps en min).

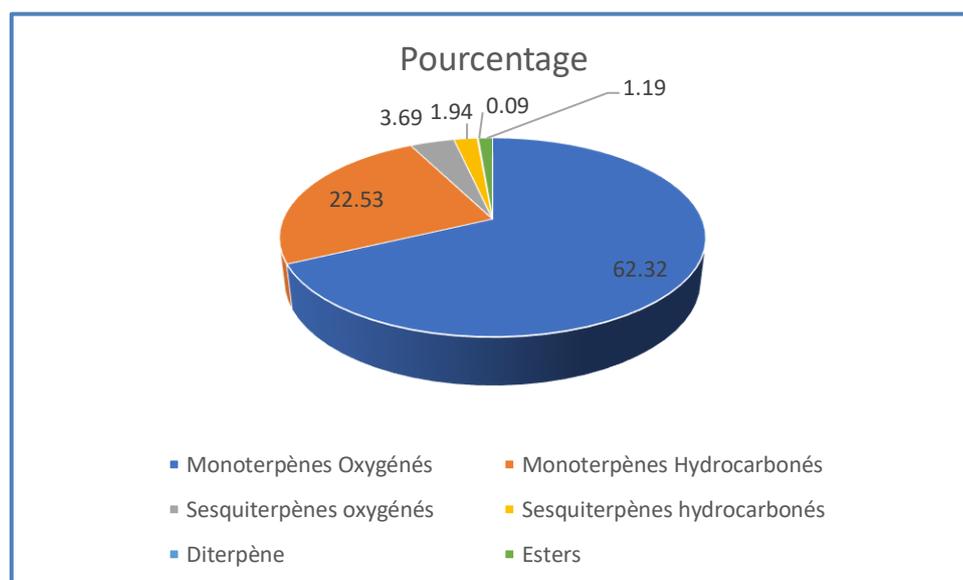


Figure 19. Répartition (%) des familles de molécules présentes dans l'huile essentielle de *P. crispum*.

3.4.2. Composition chimique de l'huile essentielle de *L. citriodora*

L'analyse de l'huile essentielle de *L. citriodora*, nous a permis d'identifier 77 composés représentant 96,62% de la composition chimique (Fig. 20). Le pourcentage, le temps de rétention et l'indice de rétention des constituants identifiés sont présentés dans le Tableau 8.

Nous remarquons également que la fraction monoterpénique représente 61,83% de l'huile essentielle. Parmi ces monoterpènes, nous trouvons 7 composés hydrocarbonés représentant 28,42% où le composé majoritaire est le D-Limonène (21,13%) et 27 composés oxygénés qui représentent 33,41% avec le Geranial (16,52%) qui a été identifié comme composé majoritaire. La fraction sesquiterpénique représente 31,28% du mélange, les sesquiterpènes hydrocarbonés représentent 13,77% de la totalité de l'huile, contre 17,51% pour les composés oxygénés. Une troisième fraction terpénique qui est minoritaire, est représentée par les diterpènes oxygénés avec un taux de 0,51% (Fig. 21).

Tableau 8. Composition chimique de l'huile essentielle de *L. citriodora* : temps de rétention (TR), indice de rétention (IR) et concentrations (%) des différents constituants.

N°	Composés	TR (min)	IR	Concentrations (%)
Monoterpènes				61,83
Monoterpènes oxygénés				33,41
1	eucalyptol	17,42	1033	4,59
2	Camphenone <6->	21,93	1096	0,2
3	Sabinene hydrate <trans>	22,05	1098	0,08
4	linalool	22,26	1101	1,15
5	Trans-p-mentha-2,8-dienol-	23,66	1120	0,3
6	Campholenal alpha	23,95	1124	0,44
7	1,4-dimethyl-3-cyclohexenyl methyl ketone	24,53	1132	0,1
8	Linalool dihydro	24,66	1134	0,11
9	Limonene oxide, trans	24,81	1136	0,68
10	Isocitral <exo->	25,4	1144	0,06
11	Necrodol <trans-alpha->	25,66	1148	0,69
12	Terpineol <delta>	27,02	1167	0,27
13	Rosefuran epoxide	27,6	1175	0,98
14	Isocitral <(E)>	28,13	1182	0,35
15	Terpineol <alpha->	28,82	1192	3,22
16	Piperitol (cis)	29,44	1200	0,07
17	Isophorone <4-methylene->	30,58	1217	0,05
18	Carveol <cis->	31,18	1226	0,58
19	Neral	31,9	1236	0,32
20	Carvone	32,92	1251	0,2
21	Piperitone	33,31	1257	0,29
22	Geranial (E-citral)	35,13	1283	16,52
23	Carvacrol	37,18	1313	1,08
24	Carvotanacetone <6-hydroxy->	38,92	1340	0,13
25	Eugenol	40,18	1359	0,15
26	Geranyl acetate	41,84	1385	1,76
27	Trans-beta-ionone	48,18	1486	0,04
Monoterpènes hydrocarbonés				28,42
28	Tricyclene	10,38	926	0,33
29	Thujene alpha	10,74	931	2,21
30	Sabinene	13,24	972	3,36
31	Pinene beta	13,38	974	0,26
32	Myrcene	14,41	990	0,19
33	D-Limonene	17,31	1032	21,13
34	Terpinene gama	19,82	1067	0,94
Sesquiterpènes				31,28
Sesquiterpènes oxygénés				17,51
35	Cubebol <epi->	48,64	1494	0,2

36	Cubenol	49,91	1515	0,72
37	Bourbonanone <1-nor->	52,52	1560	0,03
38	Longipinanol <epi->	52,69	1563	0,09
39	(E)-Nerolidol	53,15	1571	1,35
40	Spathulenol	54,073	1587	9,8
41	Caryophyllene oxide	54,21	1589	1,43
42	Helifolen-12-al B <anti-anti-anti->	54,49	1594	0,62
43	Bisabolatrien-7-ol <1,3,5->	54,78	1599	0,56
44	Cedrol	54,97	1602	0,09
45	Humulene epoxide II	55,39	1610	0,13
46	Cubenol <1-epi->	56,42	1628	0,11
47	Epi- α -cadinol	57,24	1643	2,04
48	Santalol <Z, alpha>	58,99	1675	0,25
49	Eudesma-4(15),7-dien-1beta-ol	59,7	1687	0,09
Sesquiterpènes hydrocarbonés				13,77
50	Copaene alpha	41,063	1373	0,95
51	Bourbonene beta	41,65	1382	1,09
52	Italicene	43,33	1408	0,38
53	Cedrene alpha	43,82	1416	0,47
54	Cedrene beta	44,4	1425	0,14
55	Allo-Aromadendrene	46,38	1457	0,42
56	Acoradiene alpha	47,047	1468	0,12
57	Muurolo-4(14),5-diene <cis->	47,38	1473	0,14
58	Alpha Curcumene	48,08	1485	9,48
59	Muurolole <alpha->	48,88	1498	0,02
60	Himachalene beta	49,23	1503	0,08
61	Cadinene gama	49,69	1511	0,27
62	Delta cadinene	50,23	1521	0,11
63	Calamenene<cis->	50,81	1531	0,07
64	Trans-cadina-1,4-diene	51,033	1534	0,03
Diterpènes oxygénés				0,51
65	Phytol iso	80,71	2113	0,51
Autres				3,01
66	Methyl 2-methylbutanoate	4,5	768	0,08
67	3,3,5-Trimethyl-1,4-hexadiene	5,82	823	0,13
68	Octanone <3>	13,82	981	0,72
69	6-Methyl-5-heptene-2-one	14,25	988	1,15
70	Heptadienal (2E,4E)	15,9	1012	0,09
71	Methyl-2-cyclohexen-1-one <3->	18,82	1053	0,04
72	2,3,5-Trimethyl-4-methylene -2-cyclopenten-1-	19,083	1056	0,04
73	Methyl chavicol	29,19	1197	0,22
74	Anonyme	35,34	1286	0,04
75	2-Furyl n-pentyl ketone	40,45	1363	0,05
76	Isohomogenol (Methyl eugenol)	43,16	1405	0,05
77	Geranyl propanoate	47,53	1476	0,37
Total				96,62

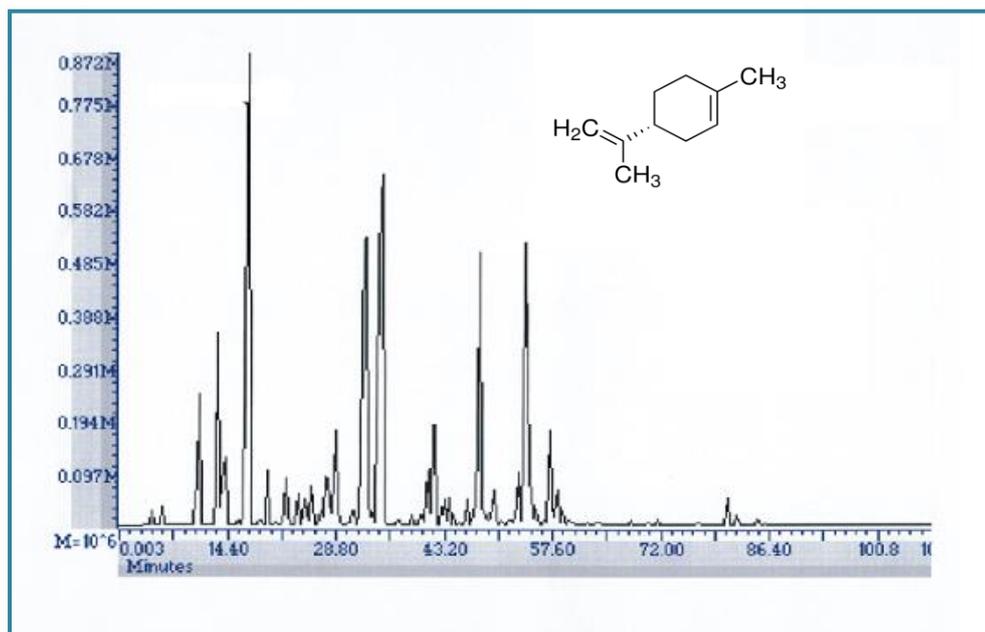


Figure 20. Chromatogramme CPG-SM de l'HE de *L. citriodora* (Abondance en fonction du temps en min).

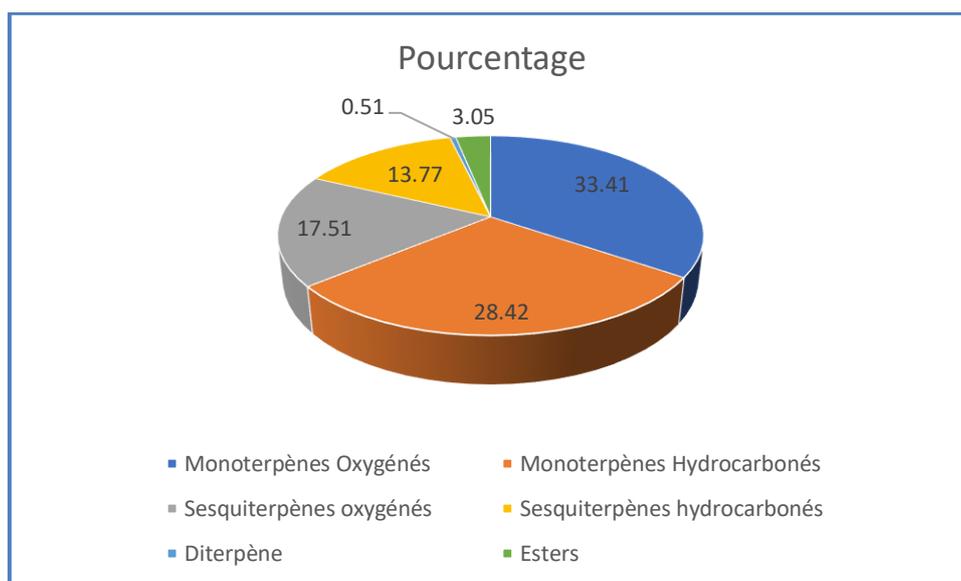


Figure 21. Répartition (%) des familles de molécules présentes dans l'huile essentielle de *L. citriodora*

3.5. Effets larvicide et pupicide des HEs à l'égard des moustiques

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer l'efficacité des huiles essentielles extraites de *P. crispum* et *L. citriodora*, évaluée à partir de la mortalité enregistrée chez les individus témoins et traités après différentes périodes 24, 48 et 72 heures, pour les deux stades larvaires L3 et L4 et le stade nymphale chez les deux espèces de moustiques *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*.

3.5.1. Effet sur les larves L3

Après un test de screening, différentes concentrations des HEs de *P. crispum* et de *L. citriodora* ont été appliquées sur les larves du troisième stade de *Cx. pipiens* et de *Cs. longiareolata*. Des séries témoins négatifs (eau seulement) et témoins positifs (eau+1ml d'éthanol) sont réalisées en parallèles. Aucune mortalité n'a été observée dans les deux séries.

Concernant *P. crispum*, les mortalités corrigées varient de 10% pour la concentration la plus faible (10ppm) jusqu'à plus de 90% pour la concentration la plus forte (60 ppm) et cela à 24, 48 et 72 h chez *Cx. pipiens*. Par ailleurs chez *Cs. longiareolata*, le taux de mortalité varie de 5,33% à la dose la plus faible (5 ppm) à 100% à la dose la plus forte (30 ppm) à 24h et de 6,66% à la dose la plus faible (5 ppm) jusqu'à 100% à la dose la plus forte (30ppm) à 48 et 72h (Fig. 22). Ces résultats montrent un effet plus marqué de cette huile chez *Cs. longiareolata* par rapport à *Cx. pipiens*.

Pour *L. citriodora*, les mortalités corrigées enregistrées au cours des tests de toxicité varient de 11,67% (5 ppm) à plus de 90% (50 ppm) à 24 h, et de 13,33% (5 ppm) jusqu'à 100% (50 ppm) à 48h et 72 heures chez *Cx. pipiens*. Par ailleurs, chez *Cs. longiareolata* ce taux varie de 5% à la dose la plus faible (1 ppm) jusqu'à 100% à la dose la plus forte (30 ppm) et cela à tous les temps testés : 24, 48 et 72 h (Fig. 23). Ces résultats montrent un effet plus important de *L. citriodora* chez *Cs. longiareolata* par rapport à *Cx. pipiens*.

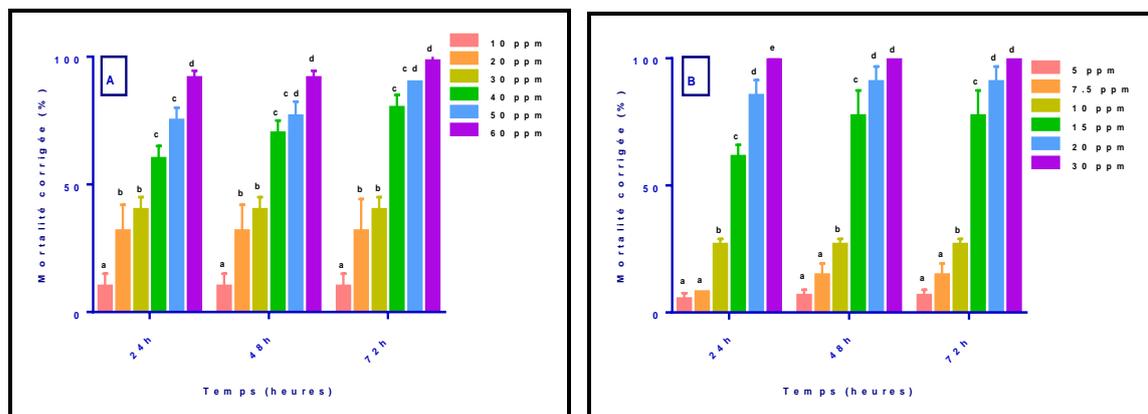


Figure 22.Efficacité de l'HE de *P. crispum* (ppm), appliquée sur les larves L3 nouvellement exuviées de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, $n=3$ répétitions de 20 individus chacune). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

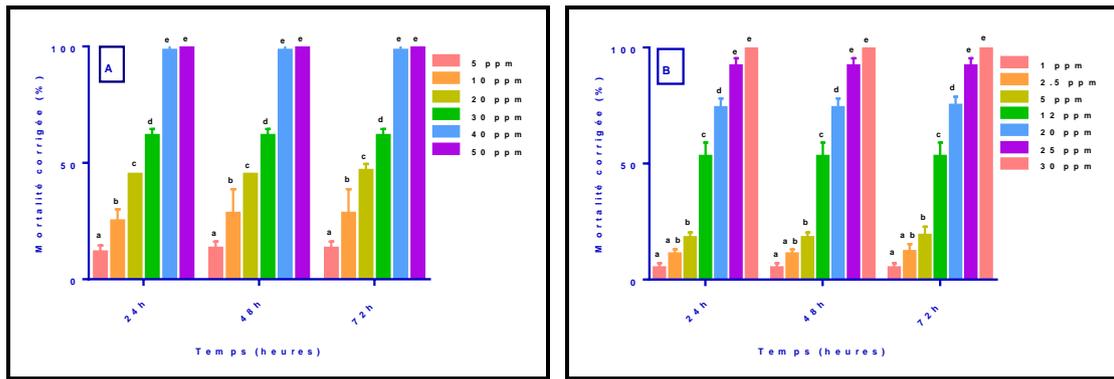


Figure 23. Efficacité de l'HE de *L. citriodora* (ppm), appliquée sur les larves L3 nouvellement exuviées de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, $n=3$ répétitions de 20 individus chacune). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

Les courbes dose-réponse exprimant les pourcentages de mortalité en fonction du logarithme des doses appliquées (Figs. 24, 25) ont permis l'estimation des valeurs des différentes concentrations létales (CL_{25} , CL_{50} et CL_{90}) ainsi que leurs intervalles de confiance, le Slope et le coefficient de variation (Tableau 9).

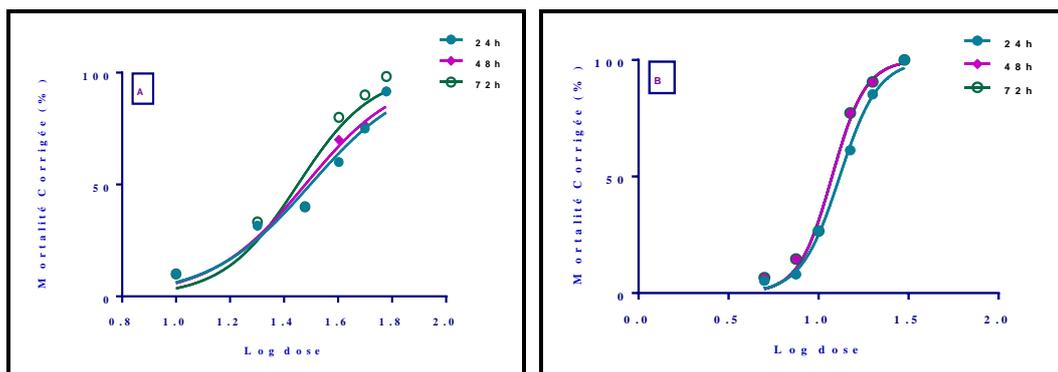


Figure 24. Effets de l'HE de *P. crispum*, appliquée sur les larves 3 de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses

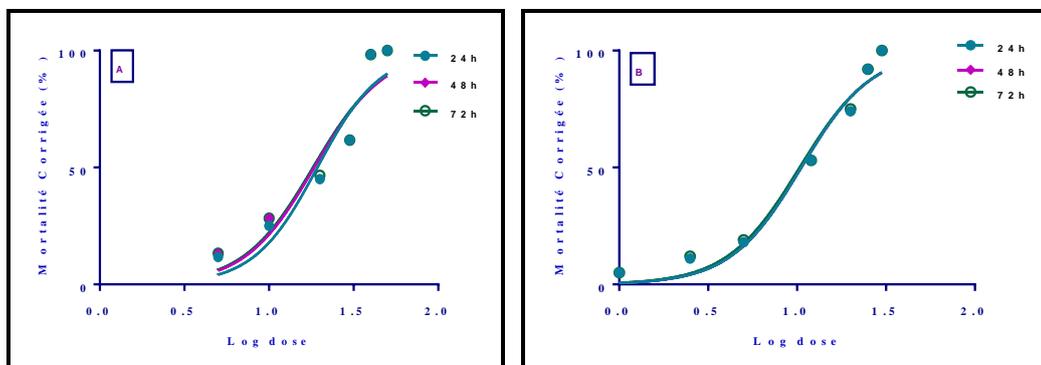


Figure 25. Effets de l'HE de *L. citriodora*, appliquée sur les larves 3 de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

D'après le tableau 9, on remarque que l'HE de *L. citriodora* est le traitement le plus efficace contre *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* comparativement à l'huile de *P. crispum*.

Tableau 9. Efficacité des HEs de *P. crispum* et de *L. citriodora*, appliquées sur les larves L3 nouvellement exuviées de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement: Détermination des CL et leurs intervalles de confiance (95%).

Espèces	Temps (heures)	Plantes	CL ₂₅ (ppm) (95 % IC)	CL ₅₀ (ppm) (95 % IC)	CL ₉₀ (ppm) (95 % IC)	R ²
<i>Cx. pipiens</i>	24	<i>P. crispum</i>	19,69 (12,59-26,77)	31,37 (25,08-37,65)	79,67 (55,92-147,6)	0,95
		<i>L. citriodora</i>	12,03 (4,62-22,38)	19,31 (11,45-28,17)	49,78 (28,26-148,6)	0,91
	48	<i>P. crispum</i>	19,37 (12,81-25,85)	30,06 (24,28-35,74)	72,38 (52,10-123,6)	0,96
		<i>L. citriodora</i>	11,01 (3,61-22,35)	18,48 (10,26-28,20)	52,02 (27,98-191,3)	0,90
	72	<i>P. crispum</i>	19,75 (11,06-29,11)	28,22 (20,52-35,39)	56,45 (39,44-107,8)	0,94
		<i>L. citriodora</i>	10,78 (3,68-21,56)	18,19 (10,27-27,61)	51,81 (27,92-181,3)	0,90
<i>Cs. longiareolata</i>	24	<i>P. crispum</i>	9,99 (9,20-10,81)	13,11 (12,38-13,88)	22,60 (20,28-25,52)	0,99
		<i>L. citriodora</i>	6,38 (4,04-9,55)	10,56 (7,98-13,52)	29,00 (20,32-46,17)	0,97
	48	<i>P. crispum</i>	9,38 (8,31-10,45)	11,89 (10,98-12,87)	19,10 (16,27-22,93)	0,99
		<i>L. citriodora</i>	6,38 (4,04-9,55)	10,56 (7,98-13,52)	29,00 (20,32-46,17)	0,97
	72	<i>P. crispum</i>	9,38 (8,31-10,45)	11,89 (10,98-12,87)	19,10 (16,27-22,93)	0,99
		<i>L. citriodora</i>	6,18 (3,86-9,42)	10,36 (7,76-13,37)	29,12 (20,24-47,04)	0,97

3.5.2. Effet sur les larves L4

Les huiles essentielles de *P. crispum* et de *L. citriodora* ont été testées avec différentes concentrations sur les larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* et de *Cx. pipiens*. Des séries témoins négatifs (eau seulement) et témoins positifs (eau+1ml d'éthanol) sont réalisées en parallèles. La mortalité naturelle enregistrée chez les séries témoins positifs et négatifs est nulle. Le traitement révèle un effet larvicide avec une relation dose-réponse.

Concernant *P. crispum*, les mortalités corrigées enregistrées au cours des tests de toxicité varient de 6,66% (20ppm) à 98,33% (70 ppm) à 24 h, de 6,66% (20ppm) à 98,33% (70ppm) à 48h, et de 8,33% pour la dose la plus faible (20ppm) jusqu'à 98,33% pour la dose la plus élevée (70ppm) à 72 heures chez *Cx. pipiens* et varient de 8,00% à la dose la plus faible (10 ppm) à 100% à la dose la plus forte (40 ppm) à 24h et de 9,33% à la dose la plus faible (10 ppm) à 100% à la dose la plus forte (40ppm) à 48h et 10,67% à la dose la plus faible (10 ppm) à 100% à la dose la plus forte (40 ppm) à 72h chez *Cs. longiareolata*

(Fig. 26). Ces résultats montrent un effet de l'huile essentielle de *P. crispum* plus important chez *Cs. longiareolata* que chez *Cx. pipiens*.

Quant au *L. citriodora*, les mortalités corrigées enregistrées au cours des tests de toxicité varient de 3,33% (10 ppm) à 91,67% (50 ppm) à 24 h, de 3,33% (10 ppm) à 91,67% (50 ppm) à 48h, et de 5% pour la dose la plus faible (10 ppm) jusqu'à 93,33% pour la dose la plus élevée (50 ppm) à 72 heures chez *Cx. pipiens* et varient de 8,00% à la dose la plus faible (2,5 ppm) à 100% à la dose la plus forte (35 ppm) à 24h , à 48h et à 72h chez *Cs. longiareolata* (Fig. 27). Ces résultats montrent un effet de l'huile essentielle de *L. citriodora* plus important chez *Cs. longiareolata* que chez *Cx. pipiens*.

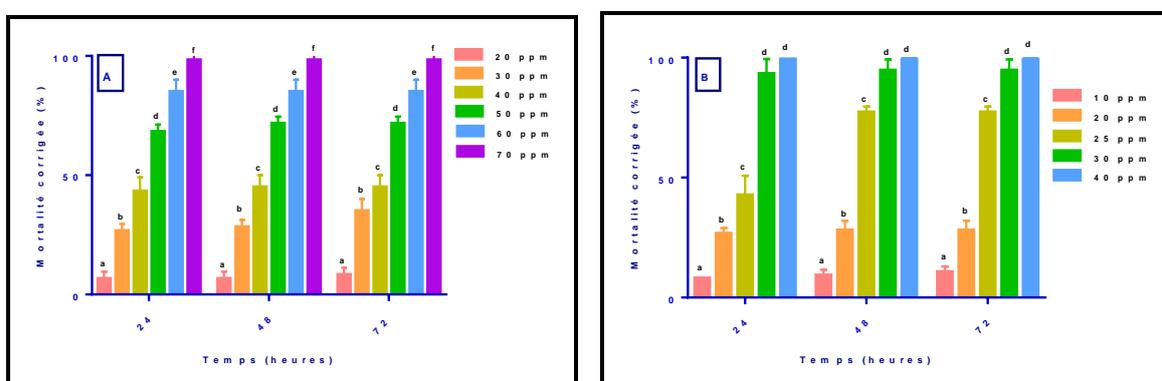


Figure 26. Efficacité de l'HE de *P. crispum* (ppm), appliquée sur les larves L4 nouvellement exuviées de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, $n=3$ répétitions de 20 individus chacune). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

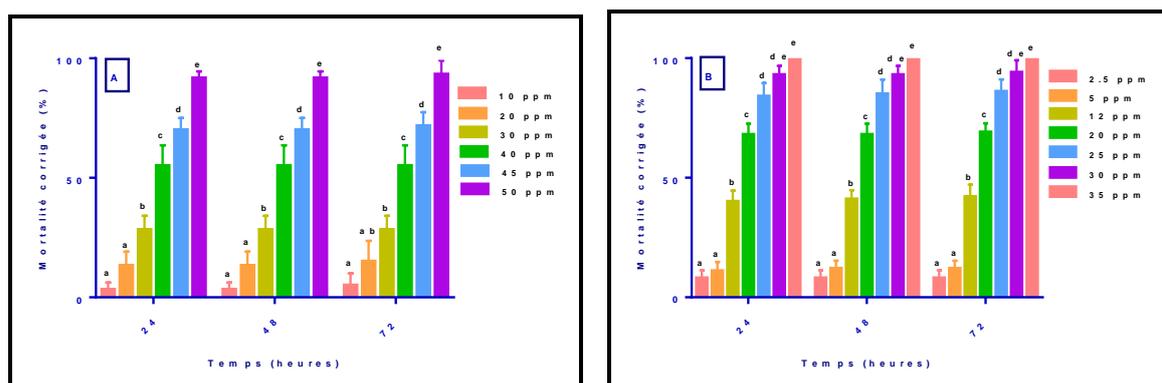


Figure 27. Efficacité de l'HE de *L. citriodora* (ppm), appliquée sur les larves L4 nouvellement exuviées de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, $n=3$ répétitions de 20 individus chacune). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

La courbe dose-réponse exprimant les pourcentages de mortalité en fonction du logarithme des doses appliquées (Figs. 28, 29) a permis l'estimation des valeurs des différentes

concentrations létales (CL₂₅, CL₅₀ et CL₉₀) ainsi que leurs intervalles de confiance et le Slope et le coefficient de variation (Tableau 10).

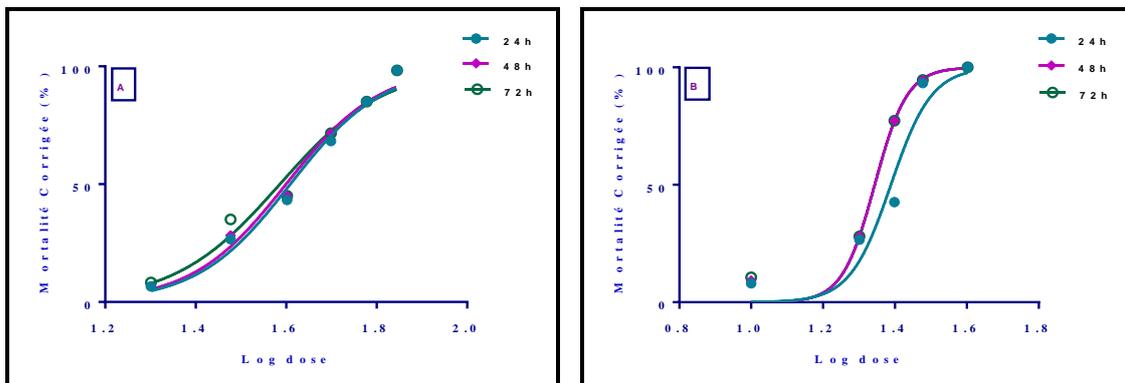


Figure 28. Effets de l'HE de *P. crispum*, appliquée sur les larves 4 de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

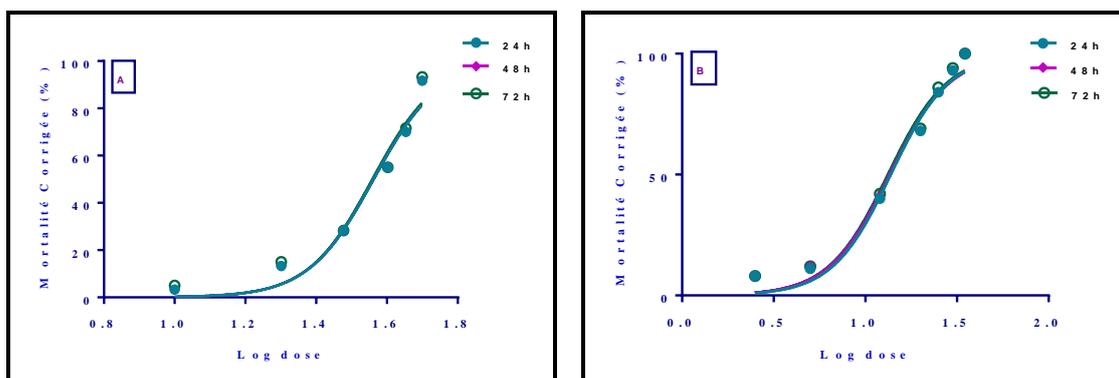


Figure 29. Effets de l'HE de *L. citriodora*, appliquée sur les larves 4 de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

D'après le tableau 10, on remarque que l'HE de *L. citriodora* est le traitement le plus efficace contre *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* comparativement à l'huile de *P. crispum*.

Tableau 10. Efficacité des HEs de *P. crispum* et de *L. citriodora*, appliquées sur les larves L4 nouvellement exuviées de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement: Détermination des CL et leurs intervalles de confiance (95%).

Espèces	Temps (heures)	Plantes	CL ₂₅ (ppm) (95 % IC)	CL ₅₀ (ppm) (95 % IC)	CL ₉₀ (ppm) (95 % IC)	R ²
<i>Cx. pipiens</i>	24	<i>P. crispum</i>	31,35 (26,52-35,94)	40,65 (36,84-44,40)	68,33 (58,29-84,01)	0,98
		<i>L. citriodora</i>	28,85 (21,81-34,95)	36,47 (31,71-40,57)	58,27 (48,16-84,00)	0,96
	48	<i>P. crispum</i>	31,58 (26,07-34,87)	39,78 (36,19-43,33)	67,32 (57,71-81,88)	0,98
		<i>L. citriodora</i>	28,85 (21,81-34,95)	36,47 (31,71-40,57)	58,27 (48,16-84,00)	0,96
	72	<i>P. crispum</i>	28,73 (22,54-34,60)	38,55 (33,54-43,53)	69,45 (56,17-93,69)	0,97
		<i>L. citriodora</i>	28,71 (20,27-35,86)	36,20 (30,53-40,89)	57,53 (46,60-90,28)	0,95
<i>Cs. longiareolata</i>	24	<i>P. crispum</i>	21,18 (12,57-26,05)	24,45 (19,10-28,28)	32,57 (26,24-60,95)	0,94
		<i>L. citriodora</i>	9,19 (6,42-11,92)	13,76 (11,15-16,23)	30,84 (23,93-42,31)	0,98
	48	<i>P. crispum</i>	19,67 (17,16-21,42)	22,04 (20,56-23,51)	27,70 (24,25-32,93)	0,98
		<i>L. citriodora</i>	8,91 (6,12-11,75)	13,52 (10,84-16,10)	31,17 (23,91-43,44)	0,98
	72	<i>P. crispum</i>	19,66 (16,56-21,69)	22,04 (20,28-23,72)	27,70 (23,66-34,14)	0,98
		<i>L. citriodora</i>	8,80 (6,07-11,58)	13,27 (10,64-15,79)	30,2 (23,18-41,77)	0,98

3.5.3. Effet sur les pupes

Les tests de toxicité sont appliqués sur des pupes de *Cx. pipiens* et de *Cs. longiareolata* avec différentes concentrations. La mortalité naturelle enregistrée chez les séries témoins positifs et négatifs est nulle. Le traitement révèle un effet pupicide avec une relation dose-réponse.

Pour *P. crispum*, les mortalités corrigées enregistrées varient de 1,66% (10ppm) à 93,33% (150 ppm) à 24 h, de 1,66% (10ppm) à 95,00% (150ppm) à 48h, et de 1,33% pour la dose la plus faible (10ppm) jusqu'à 96,67% pour la dose la plus élevée (150ppm) à 72 heures chez *Cx. pipiens* et varient de 12,00% à la dose la plus faible (10 ppm) à 97,33% à la dose la plus forte (150 ppm) à 24h et de 21,33% à la dose la plus faible (10 ppm) à 97,33% à la dose la plus forte (150ppm) à 48h et 21,33% à la dose la plus faible (10 ppm) à 100% à la dose la plus forte (150 ppm) à 72h chez *Cs. longiareolata* (Fig. 30).

Alors que pour *L. citriodora*, les mortalités corrigées enregistrées varient de 15% (60 ppm) à 100% (170 ppm) à 24 h, de 16,67% (60 ppm) à 100% (170 ppm) à 48h, et de 16,67% pour la dose la plus faible (60 ppm) jusqu'à 100% pour la dose la plus élevée (170 ppm) à

72 heures chez *Cx. pipiens* et varie de 23,33% à la dose la plus faible (5 ppm) à 100% à la dose la plus forte (150 ppm) à 24h et de 25% à la dose la plus faible (5 ppm) à 100% à la dose la plus forte (150ppm) à 48h et 25% à la dose la plus faible (5 ppm) à 100% à la dose la plus forte (150 ppm) à 72h chez *Cs. longiareolata* (Fig. 31).

De plus, on remarque que le stade nymphal est le stade le plus résistant aux HEs, alors que le stade larvaire L3 est le stade le plus sensible pour les deux espèces étudiées.

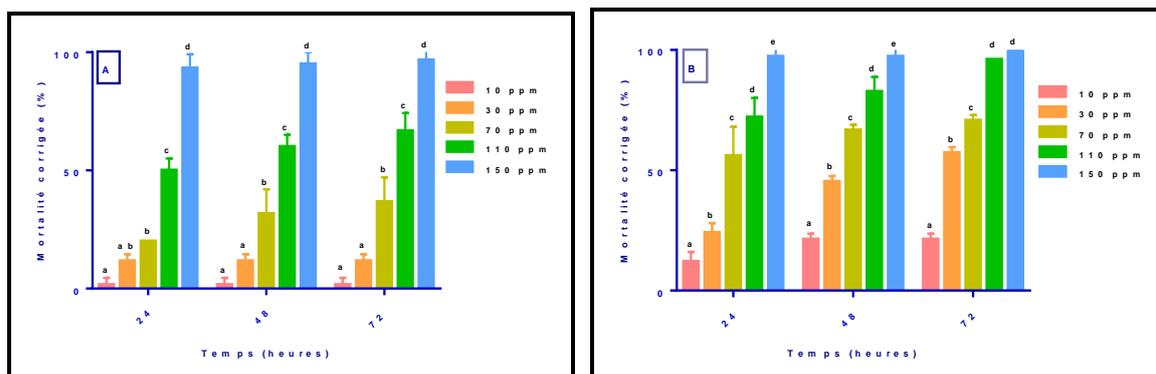


Figure 30. Efficacité de l'HE de *P. crispum* (ppm), appliquée sur les pupes de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, $n=3$ répétitions de 20 individus chacune). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

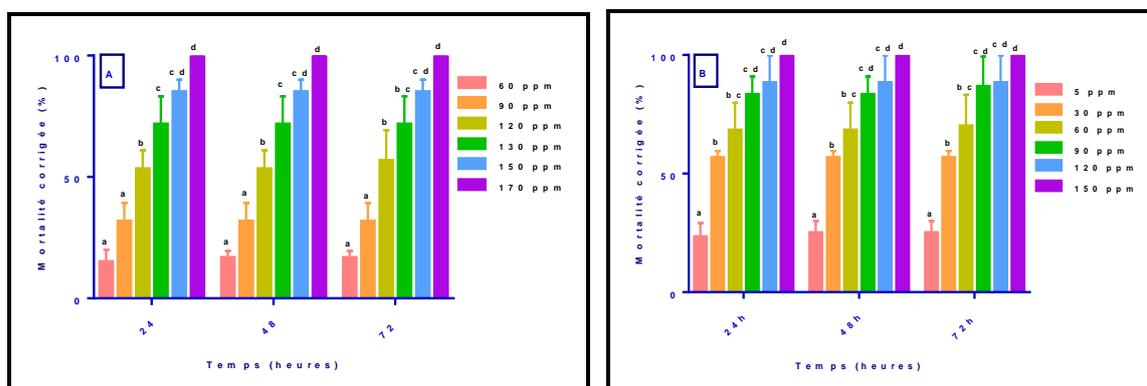


Figure 31. Efficacité de l'HE de *L. citriodora* (ppm), appliquée sur les pupes de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SD$, $n=3$ répétitions de 20 individus chacune). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

La courbe dose-réponse exprimant les pourcentages de mortalité en fonction du logarithme des doses appliquées (Figs. 32, 33) a permis l'estimation des valeurs des différentes concentrations létales (CL_{25} , CL_{50} et CL_{90}) ainsi que leurs intervalles de confiance et le Slope et le coefficient de variation (Tableau 11).

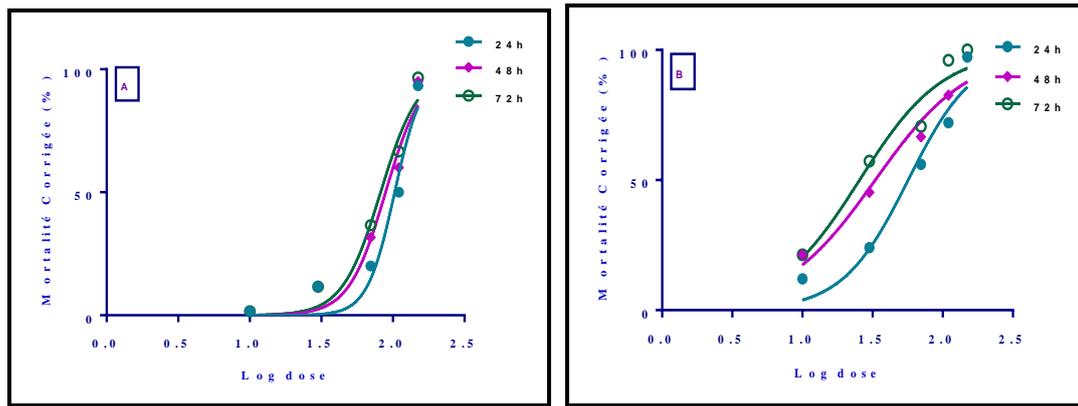


Figure 32. Effets de l'HE de *P. crispum*, appliquée sur les pupes de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

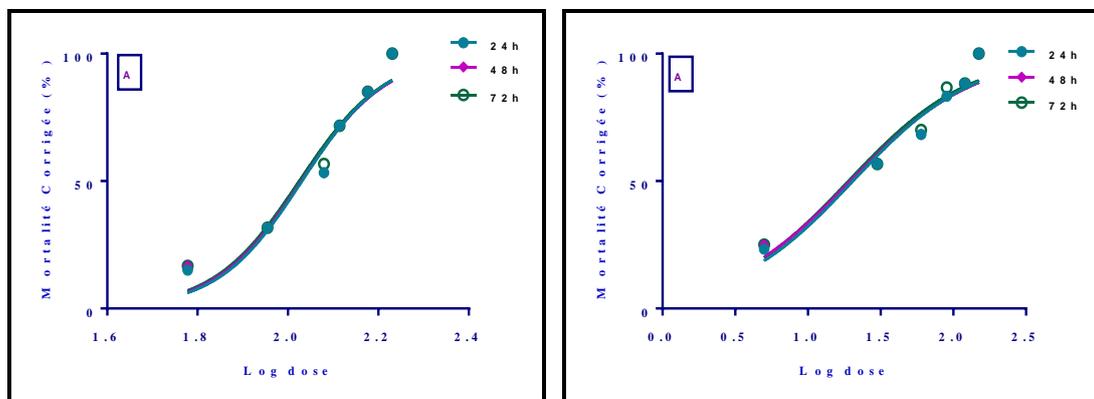


Figure 33. Effets de l'HE de *L. citriodora*, appliquée sur les pupes de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B): Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

D'après le tableau 11, on remarque que l'HE de *P. crispum* est le traitement le plus efficace contre *Cx. pipiens* comparativement à l'huile de *L. citriodora*. Par contre, l'huile de *L. citriodora* est plus toxique contre *Cs. longiareolata* par rapport à l'huile de *P. crispum*.

Tableau 11. Efficacité des HEs de *P. crispum* et de *L. citriodora*, appliquée sur les pupes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à 24h, 48h et 72h: Détermination des doses létales et leurs intervalles de confiance (95%).

Espèces	Temps (heures)	Plantes	CL ₂₅ (ppm) (95 % IC)	CL ₅₀ (ppm) (95 % IC)	CL ₉₀ (ppm) (95 % IC)	R ²
<i>Cx. pipiens</i>	24	<i>P. crispum</i>	80,79 (38,76-111,0)	102,9 (74,01-127,9)	167,1 (119,8-514,3)	0,95
		<i>L. citriodora</i>	84,84 (61,72-105,1)	107,3 (90,65-121,3)	171,8 (141,2-241,7)	0,95
	48	<i>P. crispum</i>	64,23 (30,41-94,51)	88,91 (61,50-113,1)	170,4 (111,0-479,4)	0,96
		<i>L. citriodora</i>	84,01 (58,92-105,9)	106,9 (88,78-121,8)	173,0 (140,2-253,3)	0,94
	72	<i>P. crispum</i>	58,59 (31,11-81,90)	82,11 (58,96-102,6)	161,3 (106,0-353,4)	0,97
		<i>L. citriodora</i>	83,13 (60,95-102,5)	105,8 (89,71-119,4)	171,4 (141,1-238,0)	0,95
<i>Cs. longiareolata</i>	24	<i>P. crispum</i>	31,29 (10,69-60,74)	56,72 (32,65-84,74)	186,3 (95,69-754,1)	0,95
		<i>L. citriodora</i>	7,12 (2,01-18,09)	20,38 (10,02-35,33)	166,9 (81,74-488,7)	0,94
	48	<i>P. crispum</i>	14,22 (5,00-27,65)	33,04 (19,08-50,86)	178,3 (86,23-578,2)	0,96
		<i>L. citriodora</i>	6,57 (1,64-17,69)	19,53 (9,03-35)	172,1 (80,65-556,8)	0,94
	72	<i>P. crispum</i>	12,02 (3,51-24,50)	25,54 (13,12-42,48)	115,2 (48,64-407,6)	0,95
		<i>L. citriodora</i>	6,60 (1,77-17,47)	19,01 (9,05-33,84)	157,8 (75,91-469,4)	0,94

3.6. Effet des HEs sur le développement des moustiques

L'évaluation de l'effet des HEs de *P. crispum* et de *L. citriodora* sur le développement de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* a été testée, en étudiant l'action de ces huiles sur la durée des stades de développements (larves L3 et L4 et pupes).

3.6.1. Effet de l'HE de *P. crispum*

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 13, on remarque un prolongement de la durée de développement ($p = 0,0484$) des pupes chez *Cx. pipiens* avec la concentration la plus élevée (CL₅₀) par rapport aux témoins. Aucun effet n'a été signalé chez les larves L3 et L4 ($p > 0,05$). Par ailleurs, chez *Cs. longiareolata*, le traitement par cette huile induit également un prolongement de la durée du stade larvaire 4 ($p = 0,0247$) et le stade nymphal ($p = 0,0377$) uniquement avec la forte concentration (CL₅₀).

Tableau 12 : Effet de l'HE de *P. crispum* (CL₂₅ et CL₅₀) sur la durée des stades larvaires et du stade nymphal (jours) de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* (m ± SD, n= 30 répétitions comportant chacune 10 individus) : Test de Dunett.

Espèces	Stades	Témoin	CL ₂₅	CL ₅₀
<i>Cx. pipiens</i>	Larve L3	3,50 ± 0,70 a	3,50 ± 0,70 a	4,00 ± 1,00 a
	Larve L4	4,00 ± 1,00 a	4,00 ± 1,00 a	5,00 ± 1,58 a
	Pupe	4,50 ± 1,29 a	6,50 ± 2,44 a	8,50 ± 2,44 b
<i>Cs. longiareolata</i>	Larve L3	4,00 ± 1,00 a	4,00 ± 1,00 a	5,00 ± 1,00 a
	Larve L4	5,50 ± 1,29 a	6,00 ± 1,58 a	11,00 ± 2,73b
	Pupe	8,50 ± 1,29 a	10,00 ± 2,16 a	8,50 ± 1,29 b

3.6.2. Effet de l'HE de *L. citriodora*

Les résultats de la durée de développement de *Cs. longiareolata* et *Cx. pipiens* sont mentionnés dans le tableau 14. Chez *Cx. pipiens*, le traitement par l'huile essentielle de *L. citriodora* provoque un prolongement de la durée du stade nymphal (p = 0,0183) chez les traités à la CL₅₀ par rapport aux témoins. Aucun effet n'a été signalé chez les larves L3 et les larves L4 (p > 0,05). Alors que, chez *Cs. longiareolata*, ce prolongement a été signalé chez les larves L4 (p = 0,0404) et les pupes (p = 0,0187) comparativement aux témoins.

Tableau 13 : Effet de l'HE de *L. citriodora* (CL₂₅ et CL₅₀) sur la durée des stades larvaires et du stade nymphal (jours) de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* (m ± SD, n= 30 répétitions comportant chacune 10 individus) : test de Dunett.

Espèces	Stades	Témoin	CL ₂₅	CL ₅₀
<i>Cx. pipiens</i>	Larve L3	3,50 ± 0,70 a	3,50 ± 0,70 a	5,50 ± 1,29 a
	Larve L4	4,00 ± 1,00 a	4,00 ± 1,00 a	5,00 ± 1,58 a
	Pupe	4,50 ± 1,29 a	6,00 ± 2,16 a	8,50 ± 2,44 b
<i>Cs. longiareolata</i>	Larve L3	4,00 ± 1,00 a	4,00 ± 1,00 a	6,00 ± 1,00 a
	Larve L4	5,50 ± 1,29 a	7,00 ± 1,58 a	8,50 ± 1,29 b
	Pupe	8,50 ± 1,29 a	8,50 ± 1,87 a	11,50 ± 1.87b

3.7. Effet des HEs sur le sexe ratio des moustiques

Le tableau ci-dessous présente l'effet de l'HE extraite de *P. crispum* (CL₂₅ et CL₅₀) sur le sexe ratio chez les adultes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*. Les résultats obtenus montrent une augmentation du nombre des adultes mâles par rapport aux femelles, chez les séries traitées à la CL₂₅ et à la CL₅₀ et plus particulièrement chez *Cs. longiareolata*.

Par ailleurs, l'HE extraite de *Lippia citriodora* (CL₂₅ et CL₅₀) n'a induit aucun effet sur le sexe ratio chez les adultes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*, où aucune différence n'a été signalée entre les témoins et les traités avec les deux concentrations appliquées (CL₂₅ et CL₅₀).

Tableau 14 : Effet de l'HE de *P. crispum* et de *L. citriodora* (CL₂₅ et CL₅₀) sur le sexe ratio chez les adultes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*.

Plantes	Espèces	Séries	Mâle/Femelle	Sexe-Ratio
<i>P. crispum</i>	<i>Cx. pipiens</i>	Témoin	0,55/0,45	1:1
		CL ₂₅	0,65/0,35	2:1
		CL ₅₀	0,62/0,38	2:1
	<i>Cs. longiareolata</i>	Témoin	0,49/0,51	1:1
		CL ₂₅	0,65/0,35	2:1
		CL ₅₀	0,64/0,36	2:1
<i>L. citriodora</i>	<i>Cx. pipiens</i>	Témoin	0,55/0,45	1:1
		CL ₂₅	0,56/0,44	1:1
		CL ₅₀	0,57/0,43	1:1
	<i>Cs. longiareolata</i>	Témoin	0,49/0,51	1:1
		CL ₂₅	0,51/0,49	1:1
		CL ₅₀	0,59/0,41	1:1

3.8. Anomalies morphologiques

L'examen des individus après traitement par les HEs de *Petroselinum crispum* et *Lippia citriodora* montre des aberrations morphologiques variées chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*

3.8.1. Effet de l'HE de *Petroselinum crispum*

L'HE de *Petroselinum crispum*, révèle des aberrations morphologiques telles que l'échec de la mue, la diminution de la taille des larves, la déformation de la tête et l'apparition d'une seule trompette respiratoire (Figs. 34-37).



Figure 34. Échec de la mue chez *Cs.longiareolata* (×15).



Figure 35. Réduction de la taille de la larve chez *Culex pipiens*. (×15)

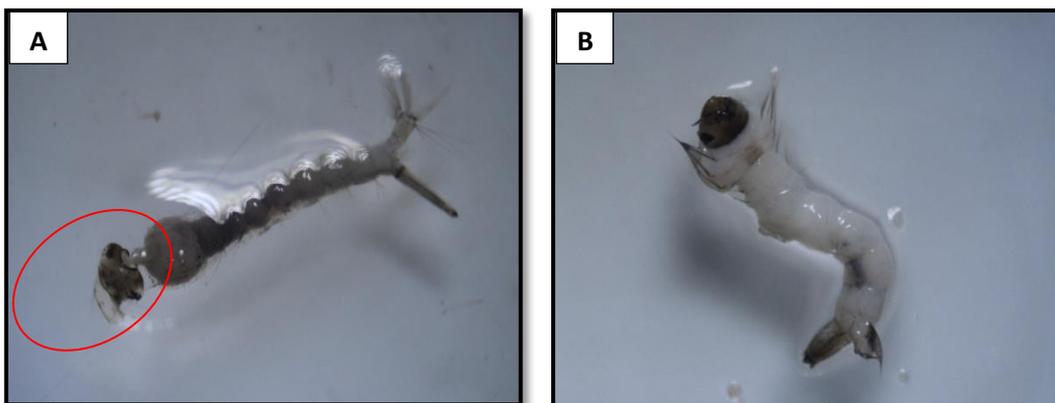


Figure 36. Déformation de la tête de la larve de *Cx. pipiens* (A) et *Cs. longiareolata* (B) (×15).



Figure 37. Apparition d'une seule trompette respiratoire chez les nymphes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* (×15).

3.8.2. Effet de l'HE de *Lippia citriodora*

L'HE de *L. citriodora* provoque des aberrations morphologiques telles que l'échec de la mue nymphale et imaginale, la diminution de la taille des larves et des pupes, les malformations des larves et des ailes chez les adultes et l'apparition du tube digestif de la larve (Figs. 38-45).



Figure 38. Échec de la mue nymphale chez *Cx. pipiens* (×15).



Figure 39. Échec de la mue imaginale chez *Cx. pipiens* (×15).

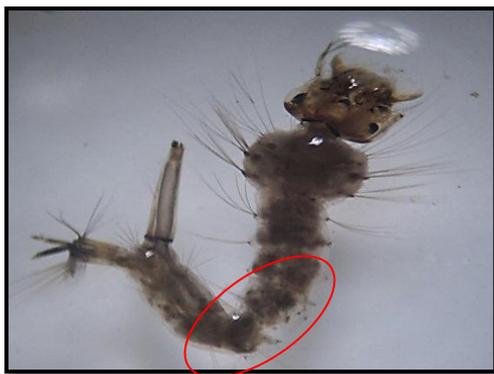


Figure 40. Réduction de la taille de la larve de *Cx. pipiens* ($\times 15$).



Figure 41. Malformation de la larve de *Cx. pipiens* ($\times 15$).

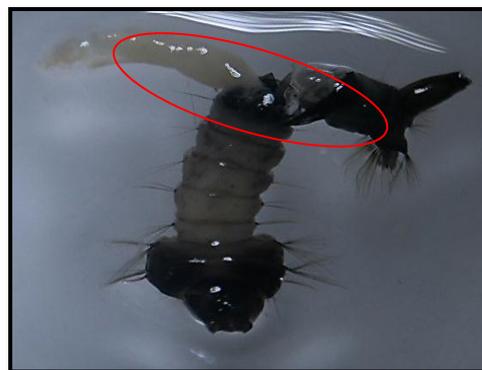


Figure 42. Malformation du tube digestif de la larve de *Cs. longiareolata* ($\times 15$).

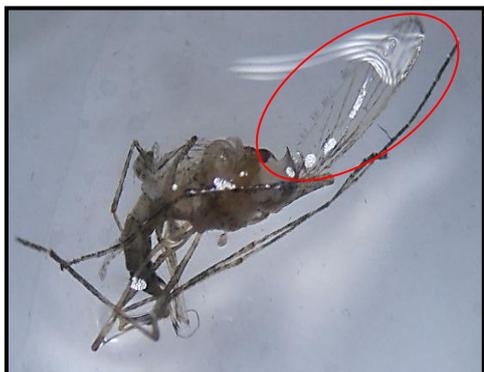


Figure 43. Présence d'une seule aile chez *Cs. longiareolata* ($\times 15$).



Figure 44. Réduction de la taille de la larve de *Cs. longiareolata* ($\times 15$).



Figure 45. Réduction de la taille de la pupé chez *Cs. longiareolata* ($\times 15$).

3.9. Impact des HEs sur la croissance des moustiques

3.9.1. Effet sur la croissance pondérale

L'effet des huiles essentielles a été évalué sur la croissance pondérale des individus de différents stades : stade larvaire 3, stade larvaire 4 et stade nymphal chez les deux espèces de moustiques : *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement : 24, 48 et 72 heures.

3.9.1.1. Efficacité comparée chez *Cx. pipiens*

Les résultats de l'évolution du poids corporel des larves du troisième stade de *Cx. pipiens* témoins et traitées sont mentionnés dans la figure 46 A et B. La comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte fortement le poids corporel des larves L3. Le traitement par *P. crispum* et *L. citriodora* montre une diminution très hautement significative du poids du corps des larves L3 à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001), 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001). Chez la larve L4, la comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application de l'HE de *P. crispum* affecte le poids corporel des larves L4 en le diminuant significativement à 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0002 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0015) et à 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) avec les deux concentrations (CL₂₅ et CL₅₀) respectivement. Pour *L. citriodora*, les résultats révèlent une diminution très hautement significative au cours de tous les temps testés et avec les deux concentrations (CL₂₅ et CL₅₀) respectivement (p=0,0001 et p=0,0001

à 24h, $p=0,0001$ et $p=0,0001$ à 48h et $p=0,0001$ et $p=0,0001$ à 72h), respectivement. A partir de ces résultats, on peut conclure que ce stade est trop affecté par le *L. citriodora* (Fig. 47 A et B).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 48 A et B, on remarque que le traitement par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* provoque une diminution très hautement significative du poids du corps des pupes à 24h (Témoins vs CL₂₅ : $p=0,0001$ et Témoins vs CL₅₀ : $p=0,0001$), 48h (Témoins vs CL₂₅ : $p=0,0001$ et Témoins vs CL₅₀ : $p=0,0001$) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : $p=0,0001$ et Témoins vs CL₅₀ : $p=0,0001$).

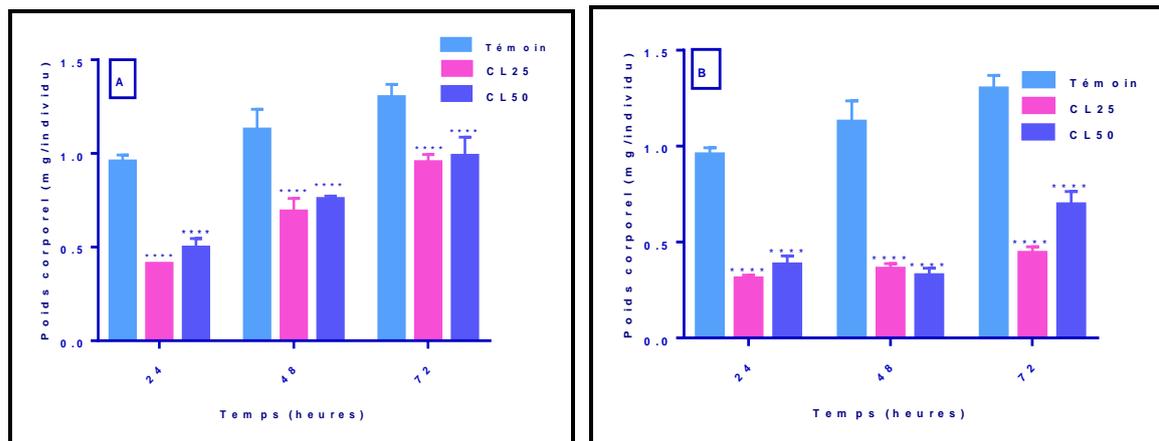


Figure 46. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le poids corporel (mg) des larves L3 de *Cx. pipiens* à différentes périodes ($m \pm SD$, $n = 3$). *** Différence très hautement significative ($p < 0,0001$).

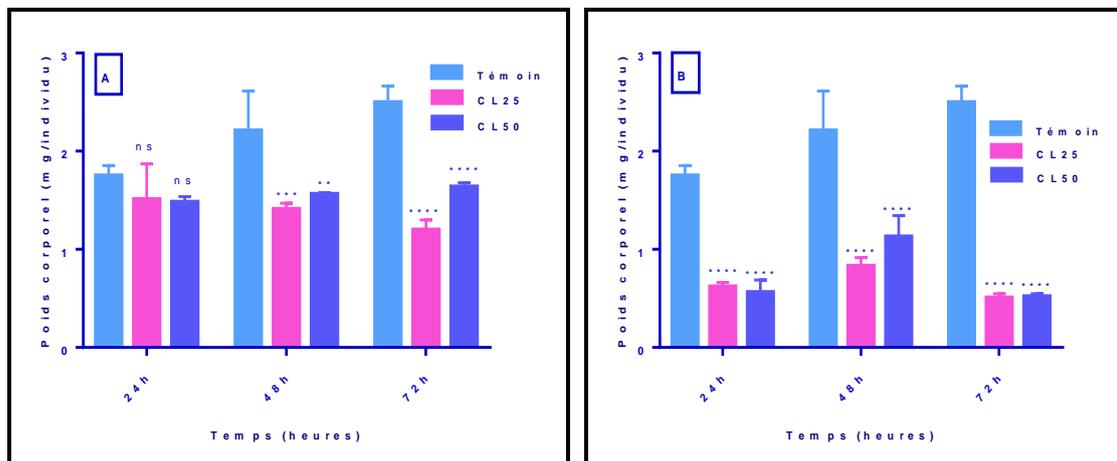


Figure 47. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le poids corporel (mg) des larves L4 de *Cx. pipiens* à différentes périodes ($m \pm SD$, $n = 3$). (ns Différence non significative ($p \geq 0,05$), ** Différence significative ($p < 0,01$), *** Différence hautement significative ($p < 0,001$), **** Différence significative ($p < 0,0001$)).

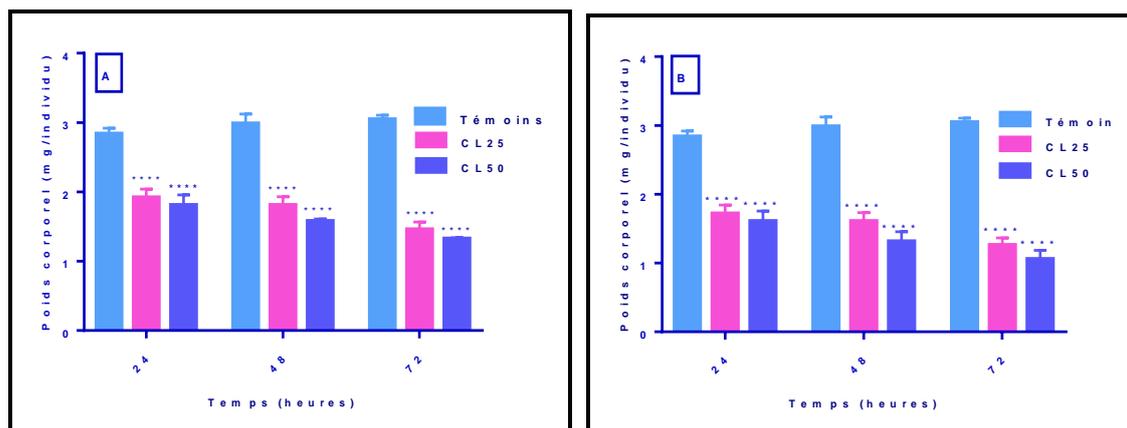


Figure 48. Effet des HES (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le poids corporel (mg) des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). **** Différence hautement significative (p < 0,0001).

Le classement des valeurs moyennes relatives au poids corporel des larves L3 est résumé dans les tableaux 16 et 17. Les résultats mettent en évidence l'existence de trois groupes pour la CL₂₅ et la CL₅₀ et cela à 24, 48 et 72 heures : chacun étant formé d'une série.

Concernant les larves L4 de *Cx. pipiens*, le classement par ordre décroissant du poids du corps des individus témoins et traités (Tableaux 16 et 17), a permis de mettre en évidence deux groupes à 24 heures pour les traités à la CL₂₅, le premier représenté par les témoins et les traités au *P. crispum*, le second groupe est composé des traités au *L. citriodora* et trois groupes pour les traités à la CL₅₀, chacun étant composé d'une série. A 48 heures, deux groupes distincts ont été signalés chez les deux séries traités (CL₂₅ et CL₅₀), un groupe représenté par les témoins, et un deuxième groupe composé des traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. Par ailleurs, à 72h trois groupes sont observés, chaque groupe étant composé d'une série et cela pour les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀.

Le classement par ordre décroissant du poids corporel des pupes de *Cx. pipiens* est résumé dans les tableaux 16 et 17. Les résultats révèlent l'existence de deux groupes de moyennes chez les traités à la CL₂₅ à tous les temps testés, et chez les traités à la CL₅₀ à 24 et 48h, le premier groupe contient les témoins, le second renferme les traités à l'HE du *P. crispum* et du *L. citriodora*. Par contre, chez les séries traitées à la CL₅₀ à 72h, trois groupes ont été constatés, chacun étant représenté par une série.

Tableau 15: Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₂₅) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	0,956	a
		<i>P. crispum</i>	0,410	b
		<i>L. citriodora</i>	0,310	c
	48	Témoin	0,126	a
		<i>P. crispum</i>	0,690	b
		<i>L. citriodora</i>	0,360	c
	72	Témoin	1,300	a
		<i>P. crispum</i>	0,953	b
		<i>L. citriodora</i>	0,443	c
Larve L4	24	Témoin	1,750	a
		<i>P. crispum</i>	1,510	a
		<i>L. citriodora</i>	0,620	b
	48	Témoin	2,210	a
		<i>P. crispum</i>	1,410	b
		<i>L. citriodora</i>	0,830	b
	72	Témoin	2,496	a
		<i>P. crispum</i>	1,200	b
		<i>L. citriodora</i>	0,506	c
Pupe	24	Témoin	2,840	a
		<i>P. crispum</i>	1,920	b
		<i>L. citriodora</i>	1,720	b
	48	Témoin	2,986	a
		<i>P. crispum</i>	1,810	b
		<i>L. citriodora</i>	1,610	b
	72	Témoin	3,046	a
		<i>P. crispum</i>	1,460	b
		<i>L. citriodora</i>	1,260	b

Tableau 16 : Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₅₀) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	0,956	a
		<i>P. crispum</i>	0,496	b
		<i>L. citriodora</i>	0,383	c
	48	Témoin	1,126	a
		<i>P. crispum</i>	0,756	b
		<i>L. citriodora</i>	0,326	c
	72	Témoin	1,300	a
		<i>P. crispum</i>	0,986	b
		<i>L. citriodora</i>	0,696	c
Larve L4	24	Témoin	1,750	a
		<i>P. crispum</i>	1,483	b
		<i>L. citriodora</i>	0,563	c
	48	Témoin	2,210	a
		<i>P. crispum</i>	1,563	ab
		<i>L. citriodora</i>	1,130	b
	72	Témoin	2,496	a
		<i>P. crispum</i>	1,636	b
		<i>L. citriodora</i>	0,520	c
Pupe	24	Témoin	2,840	a
		<i>P. crispum</i>	1,810	b
		<i>L. citriodora</i>	1,610	b
	48	Témoin	2,986	a
		<i>P. crispum</i>	1,580	b
		<i>L. citriodora</i>	1,313	b
	72	Témoin	3,046	a
		<i>P. crispum</i>	1,323	b
		<i>L. citriodora</i>	1,056	c

3.9.1.2. Efficacité comparée chez *Cs. longiareolata*

Les résultats de l'évolution du poids corporel des larves du troisième stade de *Culiseta longiareolata* sont mentionnés dans la figure 49 A et B. La comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte fortement le poids corporel des individus de stade L3. Le traitement par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* montre une diminution hautement significative du poids du corps des larves L3 à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0006 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001), 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0066 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0010 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0010) pour *P. crispum* et à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0020 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001), 48h

(Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) pour *L. citriodora*.

Chez les larves L4, la comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte le poids corporel des individus. Le traitement par *P. crispum* montre une diminution significative du poids du corps des larves L4 à 24 h avec la concentration CL₅₀ (p =0.027) et une diminution hautement significative à 48 h et à 72 h avec les deux concentrations CL₂₅ et CL₅₀ (p=0,0014 et p=0,0001 à 48h et p=0,0001 et p=0,0001 à 72h), respectivement. Tandis que, l'huile de *L. citriodora* induit une diminution très hautement significative de ce paramètre uniquement à 72h et avec la plus forte concentration (p = 0,0001). Aucun effet traitement n'a été observé à 24 et 48h (p > 0.05) (Fig. 50 A et B).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 51 A et B, on remarque que le traitement par l'HE de *P. crispum* provoque une diminution hautement significative du poids du corps des pupes à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,044 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0011), 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001). Bien que, aucun effet n'a été signalé chez les pupes traitées par l'HE de *L. citriodora* puisqu'aucune différence significative n'a été enregistrée (p>0,05). A partir de ces résultats et pour ce paramètre, on peut conclure que les pupes sont affectées seulement par *P. crispum*.

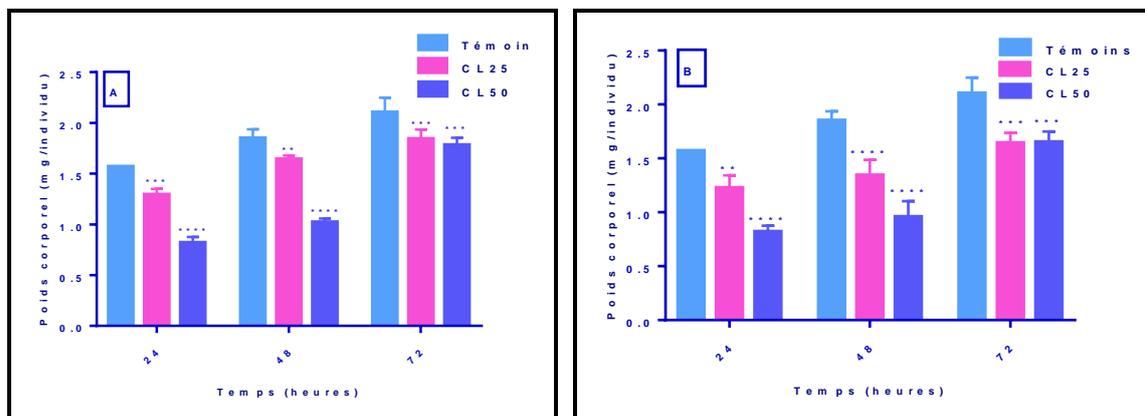


Figure 49. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le poids corporel (mg) des larves L3 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

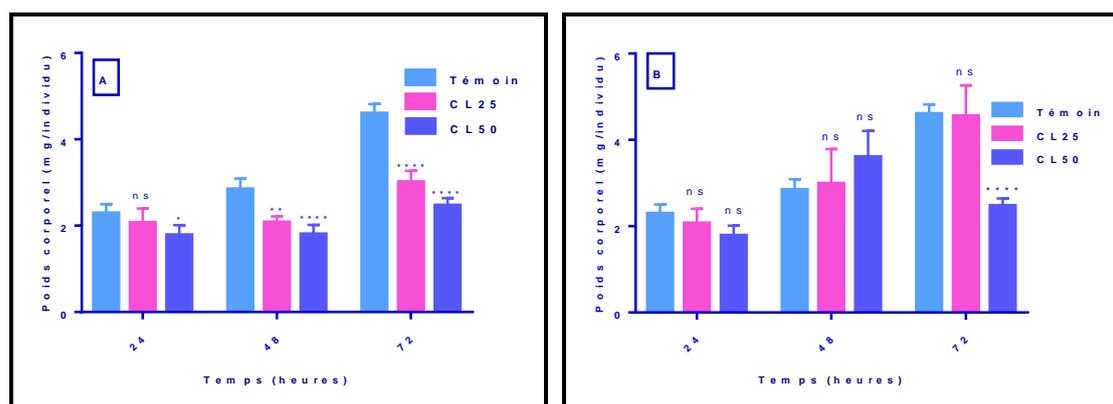


Figure 50. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le poids corporel (mg) des larves L4 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

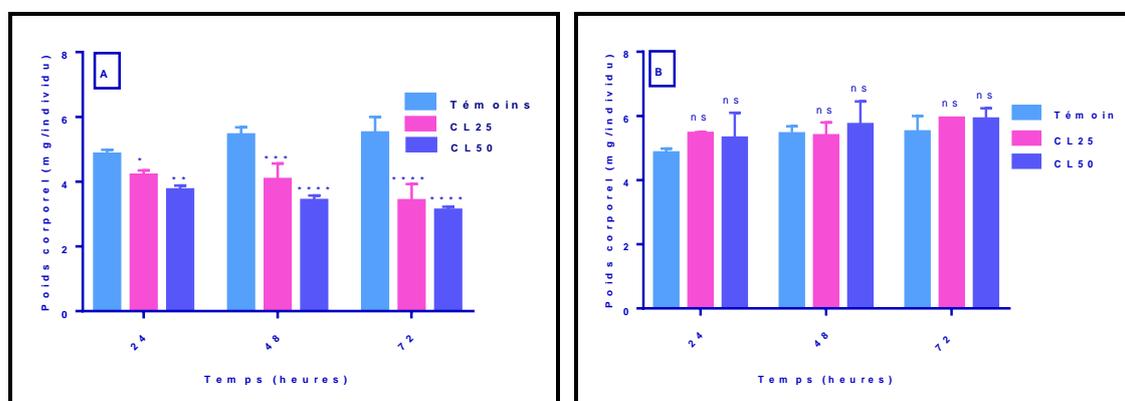


Figure 51. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le poids corporel (mg) des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

Le classement des moyennes par le poids corporel chez les larves L3 de *C. longiareolata*, met en évidence deux groupes de moyennes à 24 heures pour les traités à la CL₂₅ et à la CL₅₀, à 48 heures et à 72 heures pour les traités à la CL₅₀, un groupe renferme les témoins, un deuxième groupe composé des traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. A 48 heures, pour la CL₂₅, 2 groupes sont signalés, un groupe renferme les témoins et les traités au *P. crispum*, un deuxième groupe composé des traités au *L. citriodora*. A 72 heures 2 groupes sont indiqués chez les traités à la CL₂₅, un groupe renferme les témoins et les traités au *P. crispum* et un deuxième groupe constitué les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora* (Tableaux 18 et 19).

Chez les larves L4 de *Cs. longiareolata*, un classement par ordre décroissant du poids corporel pour la CL₂₅ et la CL₅₀ est résumé dans les tableaux 18 et 19. Les huiles de *P.*

crispum et *L. citriodora* n'ont aucun effet sur les larves 4, donc on distingue une seule classe à 24 heures chez les deux séries traitées (CL₂₅ et CL₅₀) et à 48 heures chez les séries traitées à la CL₂₅ alors que chez les séries traitées à la CL₅₀ dans ce même temps, 2 groupes sont signalés, un groupe englobe les témoins et les traités au *L. citriodora* et un groupe constitué les traités au *P. crispum*. A 72 heures on met en évidence l'existence de 2 groupes, pour la CL₂₅, le premier contient les témoins et les traités à l'huile essentielle du persil, le second renferme les traités à l'huile essentielle de la verveine odorante et pour la CL₅₀, un groupe renferme les témoins et un deuxième groupe constitué les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Un classement par ordre décroissant du poids corporel des pupes de *Cs. longiareolata* est résumé dans les tableaux 18 et 19. A 24 heures, trois groupes ont été signalés chacun étant représenté par une série pour les traités à la CL₂₅ et deux groupes sont indiqués; le premier groupe englobe les témoins et les traités au *L. citriodora*, le second est représenté par les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora* pour les traités à la CL₅₀. A 48 et 72 heures on met en évidence l'existence de 2 groupes, le premier contient les témoins et les traités à l'huile essentielle de la verveine odorante, le second renferme les traités à l'huile essentielle de persil chez les deux séries traitées (CL₂₅ et CL₅₀).

Tableau 17 : Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₂₅) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	1,570	a
		<i>P. crispum</i>	1,293	b
		<i>L. citriodora</i>	1,226	b
	48	Témoin	1,850	a
		<i>P. crispum</i>	1,643	a
		<i>L. citriodora</i>	1,343	b
	72	Témoin	2,103	a
		<i>P. crispum</i>	1,843	ab
		<i>L. citriodora</i>	1,643	b
Larve L4	24	Témoin	2,290	a
		<i>P. crispum</i>	2,070	a
		<i>L. citriodora</i>	2,070	a
	48	<i>L. citriodora</i>	2,990	a
		Témoin	2,843	a
		<i>P. crispum</i>	2,080	a
	72	Témoin	4,600	a
		<i>L. citriodora</i>	4,550	a
		<i>P. crispum</i>	3,010	b
Pupe	24	<i>L. citriodora</i>	5,450	a
		Témoin	4,840	b
		<i>P. crispum</i>	4,193	c
	48	Témoin	5,440	a
		<i>L. citriodora</i>	5,380	a
		<i>P. crispum</i>	4,060	b
	72	<i>L. citriodora</i>	5,923	a
		Témoin	5,500	a
		<i>P. crispum</i>	3,406	b

Tableau 18 : Classement par ordre décroissant du poids corporel (mg) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₅₀) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	1,570	a
		<i>P. crispum</i>	0,820	b
		<i>L. citriodora</i>	0,820	b
	48	Témoin	1,850	a
		<i>P. crispum</i>	1,023	b
		<i>L. citriodora</i>	0,956	b
	72	Témoin	2,103	a
		<i>P. crispum</i>	1,783	b
		<i>L. citriodora</i>	1,650	b
Larve L4	24	Témoin	2,290	a
		<i>P. crispum</i>	1,783	a
		<i>L. citriodora</i>	1,783	a
	48	<i>L. citriodora</i>	3,600	a
		Témoin	2,843	a
		<i>P. crispum</i>	1,800	b
	72	Témoin	4,600	a
		<i>L. citriodora</i>	2,470	b
		<i>P. crispum</i>	2,470	b
Pupe	24	<i>L. citriodora</i>	5,300	a
		Témoin	4,840	ab
		<i>P. crispum</i>	3,740	b
	48	<i>L. citriodora</i>	5,723	a
		Témoin	5,440	a
		<i>P. crispum</i>	3,413	b
	72	<i>L. citriodora</i>	5,896	a
		Témoin	5,500	a
		<i>P. crispum</i>	3,110	b

3.9.2. Effet sur la croissance linéaire

L'effet des huiles essentielles a été évalué sur la croissance linéaire des individus de différents stades : stade larvaire 3, stade larvaire 4 et stade nymphal chez les deux espèces de moustiques : *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement : 24, 48 et 72 heures.

3.9.2.1. Efficacité comparée chez *Cx. pipiens*

Chez les larves L3, la comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora*

affecte fortement le volume corporel des individus de *Cx. pipiens* (Fig.52 A et B), en le diminuant à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001), à 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et à 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) après traitement avec les deux concentrations appliquées (CL₂₅ et CL₅₀).

Chez les larves L4, la comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett montre que l'application de l'HE de *P. crispum* affecte le volume corporel des larves L4 en le diminuant significativement à 24h avec la concentration la plus élevée (CL₅₀) (Témoins vs CL₅₀ : p=0,036) et à 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et à 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) avec les deux concentrations (CL₂₅ et CL₅₀). Pour *L. citriodora*, les résultats révèlent une diminution significative de ce paramètre morphométrique au cours de toutes les périodes testées et avec les deux concentrations appliquées (CL₂₅ et CL₅₀) : 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0002 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001), 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001). A partir de ces résultats, on peut conclure que ce stade est trop affecté par *L. citriodora* (Fig.53 A et B).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 54 A et B, on remarque que le traitement par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* provoque une diminution très hautement significative du volume corporel des pupes à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001), 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) avec les deux concentrations appliquées.

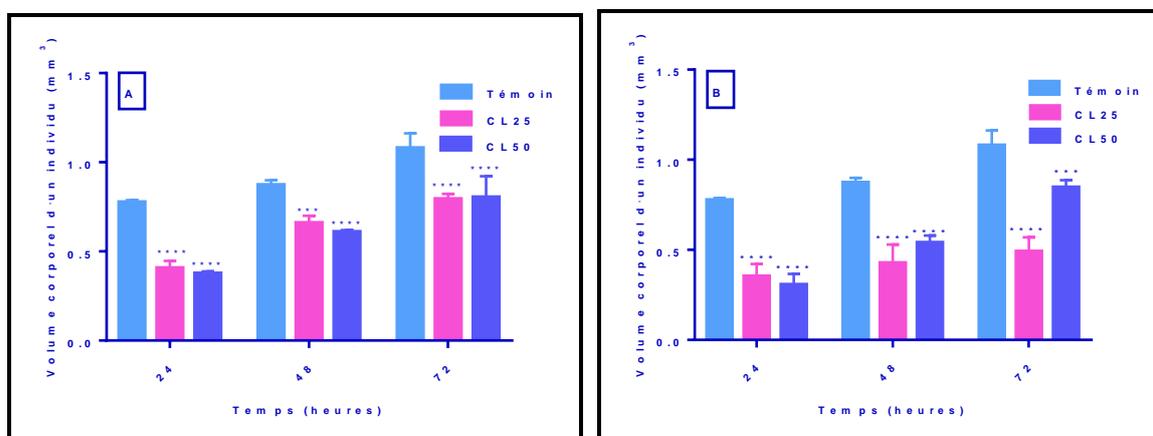


Figure 52. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum*(A) et *L. citriodora* (B) sur le volume corporel (mm³) des larves L3 de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (***) Différence très hautement significative (p<0,001), (**** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

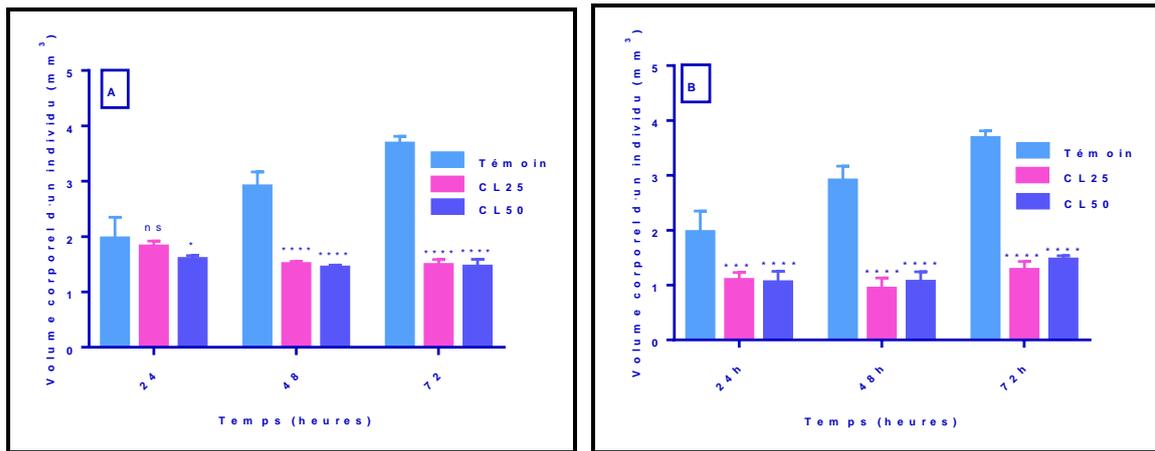


Figure 53. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le volume corporel (mm³) des larves L4 de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p ≥ 0,05), * Différence significative (p < 0,05), *** Différence très hautement significative (p < 0,001), **** Différence très hautement significative (p < 0,0001)).

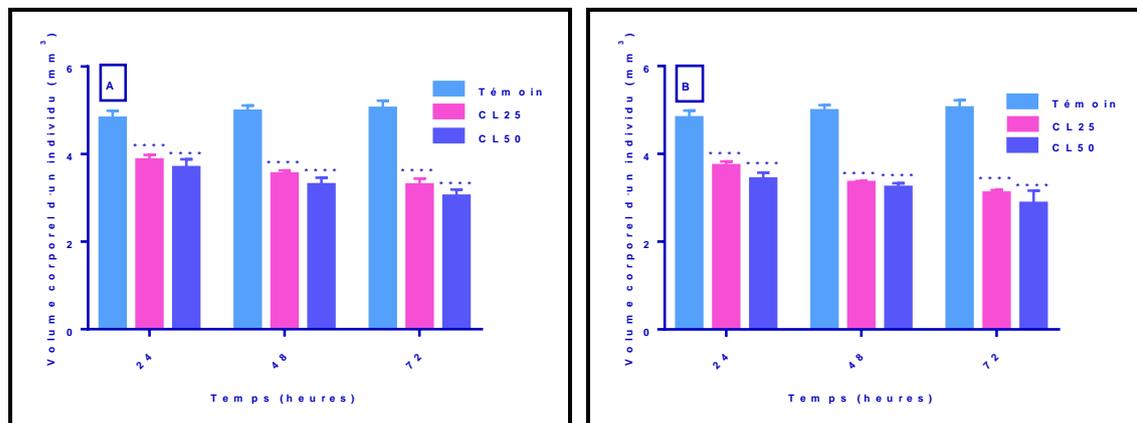


Figure 54. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le volume corporel (mm³) des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (**** Différence très hautement significative (p < 0,0001)).

Le classement par ordre décroissant du volume corporel des larves L3 témoins et traitées à la CL₂₅ de *Cx. pipiens*, met en évidence 2 groupes de moyennes à 24h, le premier formé des témoins, le second renferme les traités par le persil et par la verveine odorante. A 48h et 72h, trois groupes ont été signalés chacun étant représenté par une série. Pour les traités à la CL₅₀, le classement des moyennes révèle deux groupes à 24 et 72 heures ; le premier groupe englobe les témoins, le second est représenté par les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. A 48 heures, trois groupes ont été signalés ; chacun étant représenté par une série (Tableaux 20 et 21).

Le classement des valeurs moyennes du volume corporel des larves L4 témoins et traités à la CL₂₅ de *Cx. pipiens* montre deux groupes à 24 h ; le premier groupe englobe les témoins et les traités au *P. crispum*, le second est représenté par les traités au *L. citriodora*. A 48

heures, trois groupes ont été signalés ; chacun étant représenté par une série. Deux groupes distincts ont été signalés à 72 heures, le premier représenté par les témoins et le second est composé des deux séries traitées. Par ailleurs, chez les traités à la CL₅₀, le classement des moyennes du volume corporel, a permis de mettre en évidence de deux groupes à 24, 48 et 72 h, le premier groupe renferme les témoins et le second est composé des traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Le classement des valeurs moyennes de volume corporel des pupes de *Cx. pipiens* chez les séries témoins et traitées avec les deux concentrations (CL₂₅ et CL₅₀) est résumé dans les tableaux 20 et 21. Les résultats mettent en évidence l'existence de deux groupes à 24, 48 et 72 heures ; le premier groupe englobe les témoins, le second est représenté par les traités au *P. crispum* et *L. citriodora*.

Tableau 19 : Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm³) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₂₅) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	0,776	a
		<i>P. crispum</i>	0,406	b
		<i>L. citriodora</i>	0,353	b
	48	Témoin	0,873	a
		<i>P. crispum</i>	0,660	b
		<i>L. citriodora</i>	0,426	c
	72	Témoin	1,080	a
		<i>P. crispum</i>	0,793	b
		<i>L. citriodora</i>	0,490	c
Larve L4	24	Témoin	1,963	a
		<i>P. crispum</i>	1,820	a
		<i>L. citriodora</i>	1,093	b
	48	Témoin	2,903	a
		<i>P. crispum</i>	1,500	b
		<i>L. citriodora</i>	0,933	c
	72	Témoin	3,676	a
		<i>P. crispum</i>	1,486	b
		<i>L. citriodora</i>	1,276	b
Pupe	24	Témoin	4,816	a
		<i>P. crispum</i>	3,860	b
		<i>L. citriodora</i>	3,726	b
	48	Témoin	4,976	a
		<i>P. crispum</i>	3,540	b
		<i>L. citriodora</i>	3,340	b
	72	Témoin	5,040	a
		<i>P. crispum</i>	3,290	b
		<i>L. citriodora</i>	3,103	b

Tableau 20 : Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm³) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HES (CL₅₀) *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	0,776	a
		<i>P. crispum</i>	0,376	b
		<i>L. citriodora</i>	0,306	b
	48	Témoin	0,873	a
		<i>P. crispum</i>	0,610	b
		<i>L. citriodora</i>	0,540	c
	72	Témoin	1,080	a
		<i>P. crispum</i>	0,846	b
		<i>L. citriodora</i>	0,803	b
Larve L4	24	Témoin	1,963	a
		<i>P. crispum</i>	1,593	b
		<i>L. citriodora</i>	1,050	b
	48	Témoin	2,903	a
		<i>P. crispum</i>	1,440	b
		<i>L. citriodora</i>	1,060	b
	72	Témoin	3,676	a
		<i>P. crispum</i>	1,463	b
		<i>L. citriodora</i>	1,456	b
Pupe	24	Témoin	4,816	a
		<i>P. crispum</i>	3,686	b
		<i>L. citriodora</i>	3,420	b
	48	Témoin	4,976	a
		<i>P. crispum</i>	3,296	b
		<i>L. citriodora</i>	3,230	b
	72	Témoin	5,040	a
		<i>P. crispum</i>	3,033	b
		<i>L. citriodora</i>	2,866	b

3.9.2.2. Efficacité comparée chez *Cs. longiareolata*

Les résultats de l'évolution du volume corporel des larves L3 de *Cs. longiareolata* sont mentionnés dans la figure 55 A et B. La comparaison multiple des moyennes des séries témoins et traitées par le test de dunnett, montre que l'application de l'HE de *P. crispum* affecte le volume corporel des individus du stade larvaire L3 en le diminuant à 24 (Témoins vs CL₂₅: p=0,0093 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0001), à 48 (Témoins vs CL₂₅:p=0,013 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0001) et à 72h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0006et Témoins vs CL₅₀:p=0,0007) avec les deux concentrations appliquées (CL₂₅ et CL₅₀). Par ailleurs, le traitement des larves L3 par l'HE de *L. citriodora* diminue également ce paramètre morphométrique à 24h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0001) et à 48h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0007 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0002) avec les

deux concentrations et avec seulement la forte concentration (CL₅₀) à 72h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,0091).

Concernant les larves L4, le traitement avec les deux concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* montre une diminution très hautement significative du volume corporel des larves L4 à tous les temps testés : 24 h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et à 48 h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et à 72 h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001). Tandis que, l'huile de *L. citriodora* induit une diminution hautement significative de ce paramètre uniquement à 72h et avec la concentration CL₂₅ (Témoins vs CL₂₅ : p = 0,0081). Aucun effet traitement n'a été observé à 24 et 48h (p > 0,05) (Fig.56 A et B).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 57 A et B, on remarque que le traitement par l'HE de *P. crispum* provoque une diminution hautement significative du volume corporel des pupes à 24, 48 et 72 h avec les deux concentrations appliquées (CL₂₅ et CL₅₀) (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001). Par contre, aucun effet de l'HE de *L. citriodora* n'a été enregistrée (p>0,05) au cours de différentes périodes examinées.

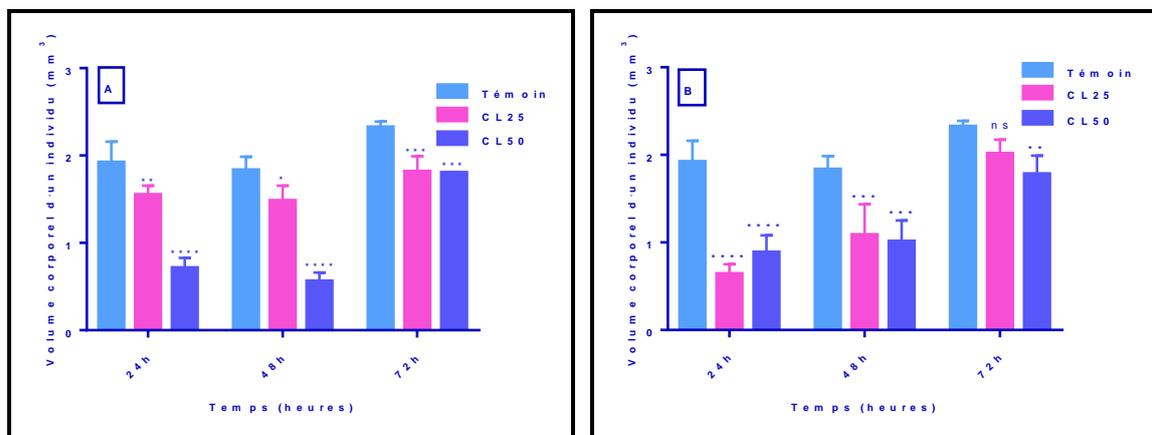


Figure 55. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le volume corporel (mm³) des larves L3 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

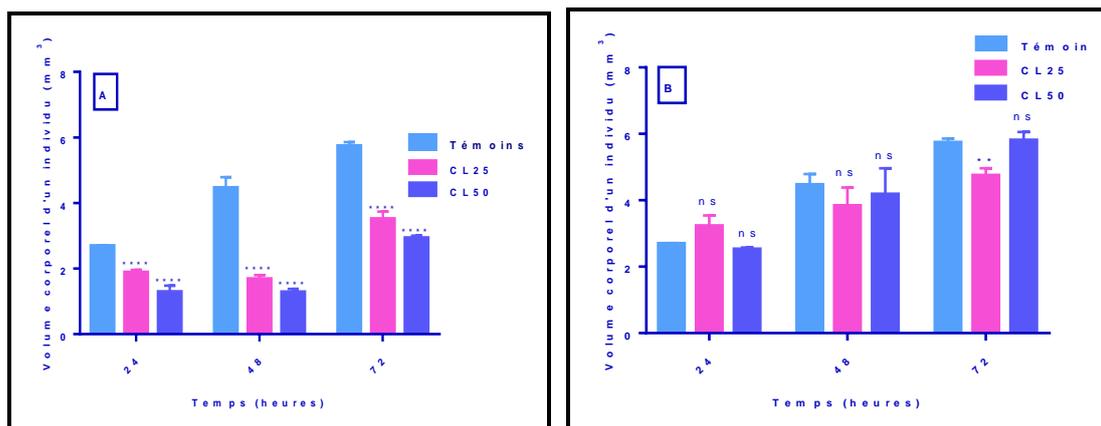


Figure 56. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le volume corporel (mm³) des larves L4 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

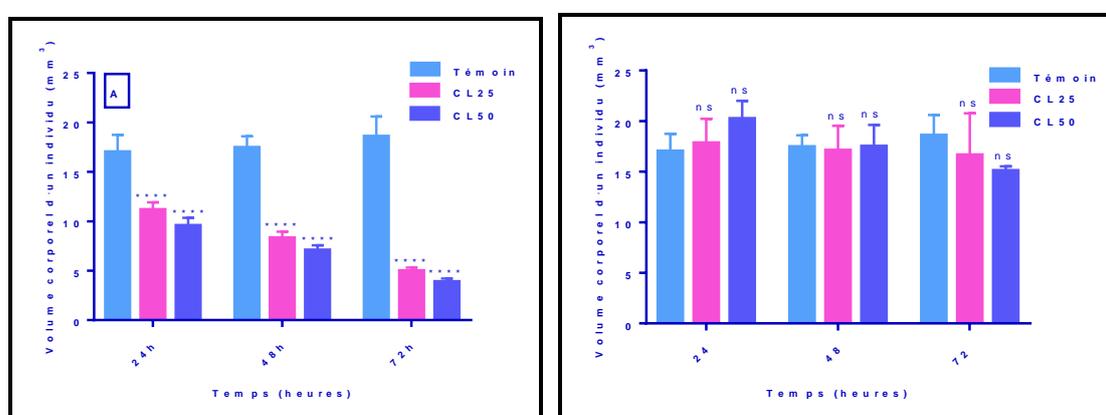


Figure 57. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le volume corporel (mm³) des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

Le classement des moyennes du volume corporel des larves L3 témoins et traitées à la CL₂₅ de *Cs. longiareolata* (Tableaux 22 et 23) met en évidence deux groupes à 24 heures, un groupe renferme les témoins et les traités au *P. crispum* et un deuxième groupe composé des traités au *L. citriodora*. A 48 et 72 heures, 2 groupes sont également signalés, un groupe englobe les témoins et les traités au *P. crispum* et le deuxième groupe renferme les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. Pour la CL₅₀, le classement relatif au volume corporel, a permis de mettre en évidence deux groupes de moyennes à 24 et 72 heures ; le premier groupe renferme les séries témoins, et le second est représenté par les deux séries traitées. A 48 heures, trois groupes ont été signalés ; chacun étant représenté par une série. Un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au volume corporel des larves L4 est résumé dans les tableaux 22 et 23. Les résultats mettent en évidence l'existence de trois groupes pour la CL₂₅ à 24 et 72 heures ; chacun étant représenté par une série. A 48

heures deux groupes ont été enregistrés ; le premier représenté par les témoins et les traités au *L. citriodora* et le second groupe composé des traités au *P. crispum*. Pour la CL₅₀, le classement relatif au volume corporel, a permis de mettre en évidence deux groupes à tous les temps testés : 24, 48 et 72 heures ; le premier renferme les séries témoins et traitées au *L. citriodora*, et le second est représenté par les séries traitées au *P. crispum*.

Concernant les pupes, le classement par ordre décroissant des moyennes relatives au volume corporel met en évidence deux groupes pour la CL₂₅ et cela à 24, 48 et 72 heures ; le premier représenté par les témoins et les traités au *L. citriodora* et le second groupe composé des traités au *P. crispum*. Pour les traités à la CL₅₀, deux groupes sont constatés à 24 et 48 heures ; le premier renferme les témoins et les traitées au *L. citriodora*, et le deuxième est constitué des traitées au *P. crispum*. A 72 heures, trois groupes ont été signalés chacun étant représenté par une série. (Tableaux 22 et 23)

Tableau 21 : Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm³) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₂₅) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	1,920	a
		<i>P. crispum</i>	1,550	a
		<i>L. citriodora</i>	0,641	b
	48	Témoin	1,833	a
		<i>P. crispum</i>	1,483	ab
		<i>L. citriodora</i>	1,087	b
	72	Témoin	2,323	a
		<i>P. crispum</i>	2,013	ab
		<i>L. citriodora</i>	1,816	b
Larve L4	24	Témoin	3,222	a
		<i>P. crispum</i>	2,690	b
		<i>L. citriodora</i>	1,883	c
	48	Témoin	4,460	a
		<i>P. crispum</i>	3,829	a
		<i>L. citriodora</i>	1,680	b
	72	Témoin	5,740	a
		<i>P. crispum</i>	4,740	b
		<i>L. citriodora</i>	3,513	c
Pupe	24	Témoin	17,823	a
		<i>P. crispum</i>	17,013	a
		<i>L. citriodora</i>	11,166	b
	48	Témoin	17,450	a
		<i>P. crispum</i>	17,096	a
		<i>L. citriodora</i>	8,293	b
	72	Témoin	18,583	a
		<i>P. crispum</i>	16,640	a
		<i>L. citriodora</i>	4,980	b

Tableau 22 : Classement par ordre décroissant du volume corporel (mm³) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₅₀) *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	1,920	a
		<i>P. crispum</i>	0,887	b
		<i>L. citriodora</i>	0,713	b
	48	Témoin	1,833	a
		<i>P. crispum</i>	1,011	b
		<i>L. citriodora</i>	0,560	c
	72	Témoin	2,323	a
		<i>P. crispum</i>	1,803	b
		<i>L. citriodora</i>	1,781	b
Larve L4	24	Témoin	2,690	a
		<i>P. crispum</i>	2,522	a
		<i>L. citriodora</i>	1,286	b
	48	Témoin	4,460	a
		<i>P. crispum</i>	4,176	a
		<i>L. citriodora</i>	1,276	b
	72	Témoin	5,802	a
		<i>P. crispum</i>	5,740	a
		<i>L. citriodora</i>	2,933	b
Pupe	24	Témoin	20,23	a
		<i>P. crispum</i>	17,01	a
		<i>L. citriodora</i>	9,56	b
	48	Témoin	17,49	a
		<i>P. crispum</i>	17,45	a
		<i>L. citriodora</i>	7,06	b
	72	Témoin	18,58	a
		<i>P. crispum</i>	15,09	b
		<i>L. citriodora</i>	3,88	c

3.10. Effet des HEs sur la composition biochimique des moustiques

Les deux concentrations (CL₂₅ et CL₅₀) des HEs extraites de *P. crispum* et *L. citriodora* ont été appliquées sur les larves L3 et L4 nouvellement euvées et les pupes de *Cs. longiareolata* et *Cx. pipiens* et leurs effets ont été évalués sur la composition biochimique (lipides, glucides et protéines) des individus à différentes périodes : 24, 48 et 72 heures après traitement.

3.10.1. Effet sur le taux des protéines totales

Le taux des protéines totales a été déterminé chez les larves L3 et L4 et les pupes témoins et traités de deux espèces, *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à 24 h, 48 h et 72 h après traitement.

3.10.1.1. Efficacité comparée chez *Cx. pipiens*

La comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett montre que l'HE extraite de *P. crispum* induit une diminution significative du contenu en protéines totales des larves 3 à 24h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,0002), 48h, (Témoins vs CL₅₀ : p=0,0063) et 72h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,0023). Bien que l'huile de *L. citriodora* induit une diminution significative du contenu en protéines totales des larves 3 seulement à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,025). (Fig. 58 A et B).

Chez la larve L4, la comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett montre que l'HE extraite de *P. crispum* diminue significativement le contenu des protéines des larves 4 pour la série traitée à la CL₅₀ à 24h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,028) et 48h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,007). Alors que l'huile de *L. citriodora* induit une diminution significative du contenu en protéines totales des larves 4 seulement à 24h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,0005). (Fig. 59 A et B).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 60 A et B, on remarque que le traitement par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte le contenu en protéines totales chez les pupes de *Cx. pipiens*. Le traitement par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* induit une diminution hautement significative du contenu en protéines totales à 24h, 48h et à 72h avec la concentration CL₅₀ (p=0,0001 à 24h, p=0,0004 à 48h et p=0,0127 à 72h) pour *P. crispum* et à 24h et à 48h (p=0,0003 à 24h, p=0,0007 à 48h) pour *L. citriodora*, respectivement.

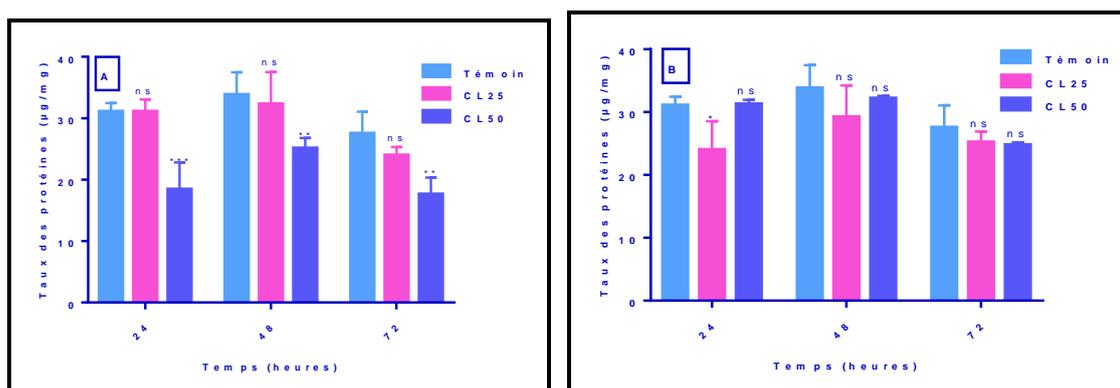


Figure 58. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de protéines totales chez les larves L3 de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001)).

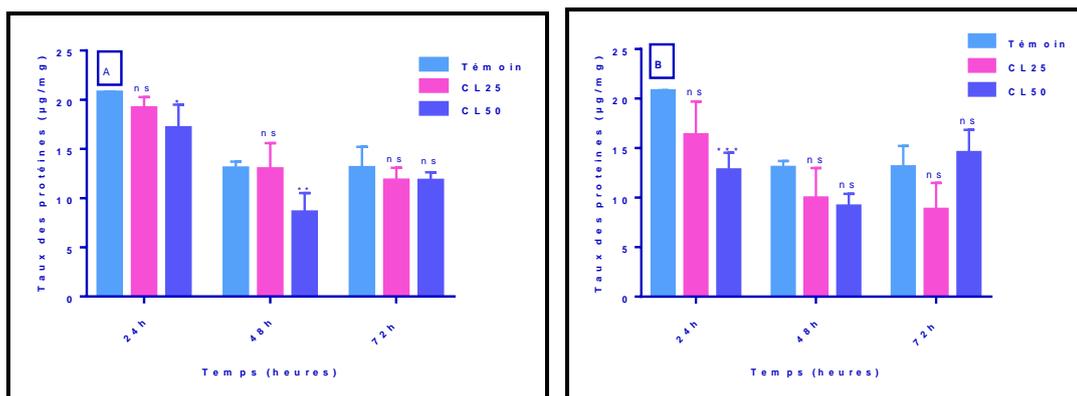


Figure 59. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de protéines totales chez les larves L4 de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001)).

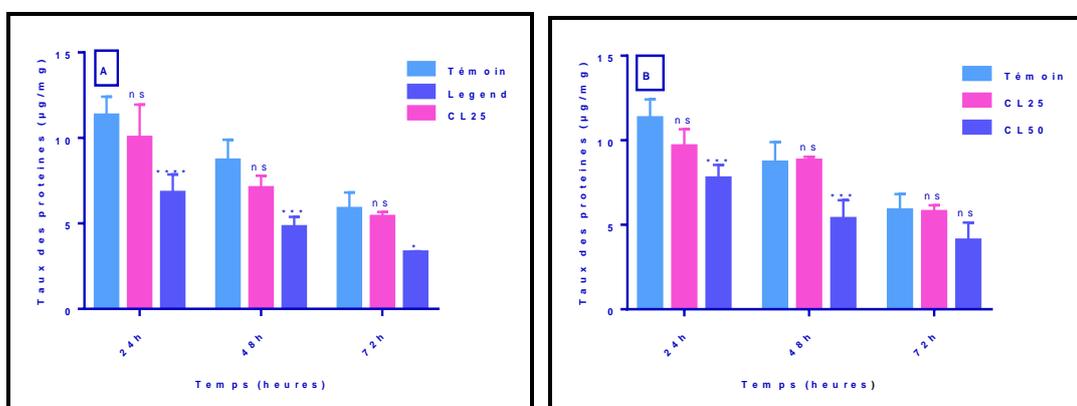


Figure 60. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de protéines totales chez les pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), *** Différence très hautement significative (p<0,001), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

Un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au taux des protéines chez les larves 3 de *Cx. pipiens* est résumé dans les tableaux 24 et 25. L'huile de *P. crispum* n'a aucun effet sur les larves 3, donc on distingue une seule classe à 24h, 48h et 72h chez les séries traitées à la CL₂₅, alors que chez les séries traitées à la CL₅₀, les témoins et les traités sont regroupés en deux classes à 24, 48 et 72 heures. A 24 et 72 heures, deux groupes sont également constatés : le premier groupe, englobe les témoins et les traités au *L. citriodora*, le deuxième représente les traités au *P. crispum*, à 48 heures deux groupes ont été signalés ; le premier groupe renferme les témoins et les traités au *L. citriodora* et le second groupe constitué les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Chez les larves L4, un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au taux des protéines est résumé dans les tableaux 24 et 25. Les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe à 24h et 48h chez les traités à la CL₂₅ et à 72 heures chez les

deux séries traitées (CL₂₅ et CL₅₀) ; représenté par les témoins et les deux traitements. Ce qui explique que les deux plantes n'affectent pas le taux des protéines à ces trois temps. Par contre, deux groupes sont également constatés à 24 et 48 heures chez les traités à la CL₅₀, à 24 heures ; le premier groupe, contient les témoins et les traités au *P. crispum*, le deuxième représente les traités au *L. citriodora*. À 48 heures; le premier groupe englobe les témoins et les traités au *L. citriodora*, le second groupe inclut les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Concernant les pupes de *Cx. pipiens*, Les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe à 24, 48 et 72 heures chez les traités à la CL₂₅; représenté par les témoins et les deux traitements. Bien que, chez les traités à la CL₅₀, les témoins et les traités sont regroupés en deux classes à 24, 48 et 72 heures. A 24 et 48 heures, deux groupes sont également constatés : le premier groupe, englobe uniquement les témoins et le deuxième représente les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*, à 72 heures deux groupes ont été signalés ; le premier groupe renferme les témoins et les traités au *L. citriodora* et le second groupe constitué les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. (Tableaux 24 et 25)

Tableau 23 : Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	<i>P. crispum</i>	31,080	a
		Témoin	31,080	a
		<i>L. citriodora</i>	24,015	a
	48	Témoin	33,826	a
		<i>P. crispum</i>	32,300	a
		<i>L. citriodora</i>	29,230	a
	72	Témoin	27,533	a
		<i>L. citriodora</i>	25,205	a
		<i>P. crispum</i>	23,973	a
Larve L4	24	Témoin	20,750	a
		<i>P. crispum</i>	19,170	a
		<i>L. citriodora</i>	16,325	a
	48	Témoin	13,036	a
		<i>P. crispum</i>	12,960	a
		<i>L. citriodora</i>	9,955	a
	72	Témoin	13,093	a
		<i>P. crispum</i>	11,816	a
		<i>L. citriodora</i>	8,800	a
Pupe	24	Témoin	11,323	a
		<i>P. crispum</i>	10,016	a
		<i>L. citriodora</i>	9,653	a
	48	Témoin	8,810	a
		<i>L. citriodora</i>	8,690	a
		<i>P. crispum</i>	7,076	a
	72	Témoin	5,860	a
		<i>L. citriodora</i>	5,770	a
		<i>P. crispum</i>	5,393	a

Tableau 24 : Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	<i>L. citriodora</i>	31,296	a
		Témoin	31,080	a
		<i>P. crispum</i>	18,443	b
	48	Témoin	33,826	a
		<i>L. citriodora</i>	32,190	ab
		<i>P. crispum</i>	25,110	b
	72	Témoin	27,533	a
		<i>L. citriodora</i>	24,773	a
		<i>P. crispum</i>	17,640	b
Larve L4	24	Témoin	20,750	a
		<i>P. crispum</i>	17,133	a
		<i>L. citriodora</i>	12,776	b
	48	Témoin	13,036	a
		<i>L. citriodora</i>	9,125	ab
		<i>P. crispum</i>	8,576	b
	72	<i>L. citriodora</i>	14,535	a
		Témoin	13,093	a
		<i>P. crispum</i>	11,790	a
Pupe	24	Témoin	11,323	a
		<i>L. citriodora</i>	7,760	b
		<i>P. crispum</i>	6,803	b
	48	Témoin	8,690	a
		<i>L. citriodora</i>	5,353	b
		<i>P. crispum</i>	4,793	b
	72	Témoin	5,863	a
		<i>L. citriodora</i>	4,086	ab
		<i>P. crispum</i>	3,320	b

3.10.1.2. Efficacité comparée chez *Cs. longiareolata*

La comparaison multiples des moyennes par le test de dunnnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte le taux des protéines totales chez les larves 3 de *Cs. longiareolata*. Le traitement par l'HE de *P. crispum* montre une diminution très hautement significative du contenu en protéines totales à 24h (Témoins vs CL_{50} : $p=0,0001$), 48h (Témoins vs CL_{50} : $p=0,014$) avec la concentration CL_{50} et à 72h (Témoins vs CL_{25} : $p=0,0001$ et Témoins vs CL_{50} : $p=0,0001$) avec les deux concentrations, CL_{25} et CL_{50} . Bien que, le traitement par l'HE de *L. citriodora* montre une diminution très hautement significative du contenu en protéines totales à 24h, 48h et 72h avec les deux concentrations, CL_{25} et CL_{50} ($p=0,0011$ et $p=0,0001$ à 24h, $p=0,0001$ et $p=0,0004$ à 48h et $p=0,0001$ et $p=0,0001$ à 72h), respectivement. De plus, on

note que *L. citriodora* est le traitement le plus efficace comparativement au *P. crispum*. (Fig. 61 A et B).

Chez les larves L4, la comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett montre que l'HE extraite de *P. crispum* n'a aucun effet significatif sur le contenu en protéines totales des larves 4. Par contre, l'huile de *L. citriodora* diminue significativement le contenu des protéines des larves 4 à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,008 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0001) et 48h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,032) (Fig. 62 A et B).

D'après les résultats mentionnés dans la Figure 63 A et B, on remarque que le traitement par l'HE de *P. crispum* induit une diminution significative du contenu en protéines totales des pupes chez la série traitée à la CL₂₅ et à la CL₅₀ à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0048 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,001), 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0056 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0015) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : et p=0,039 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,023). Tandis qu'aucun effet n'a été signalé après le traitement par *L. citriodora*.

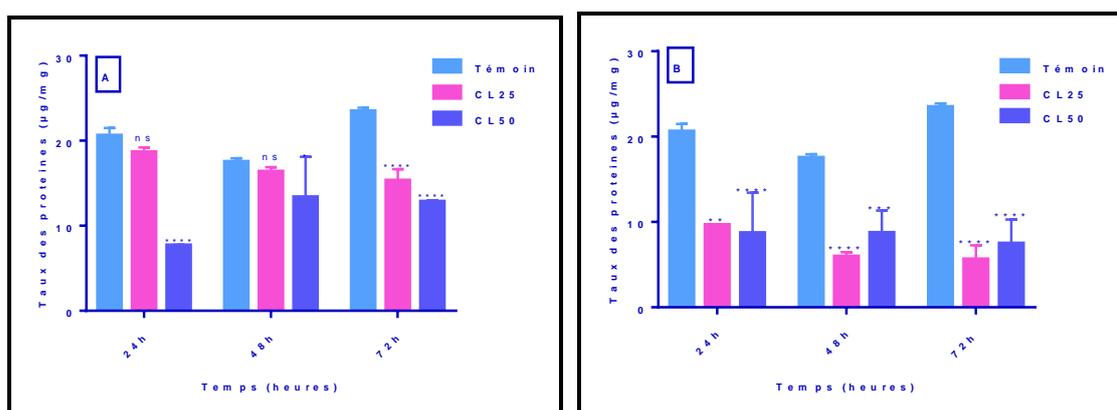


Figure 61. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de protéines totales chez les larves L3 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes ($m \pm SD$, $n = 3$). (ns Différence non significative ($p \geq 0,05$), * Différence significative ($p < 0,05$), ** Différence hautement significative ($p < 0,01$), *** Différence très hautement significative ($p < 0,001$), **** Différence très hautement significative ($p < 0,0001$)).

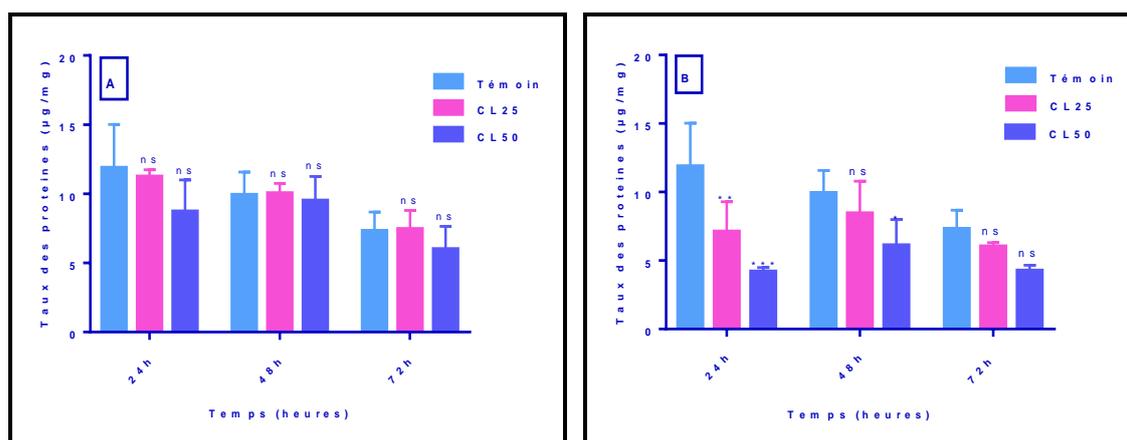


Figure 62. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de protéines totales chez les larves L4 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes ($m \pm SD$, $n = 3$). (ns Différence non significative ($p \geq 0,05$), * Différence significative ($p < 0,05$), ** Différence hautement significative ($p < 0,01$), *** Différence très hautement significative ($p < 0,001$)).

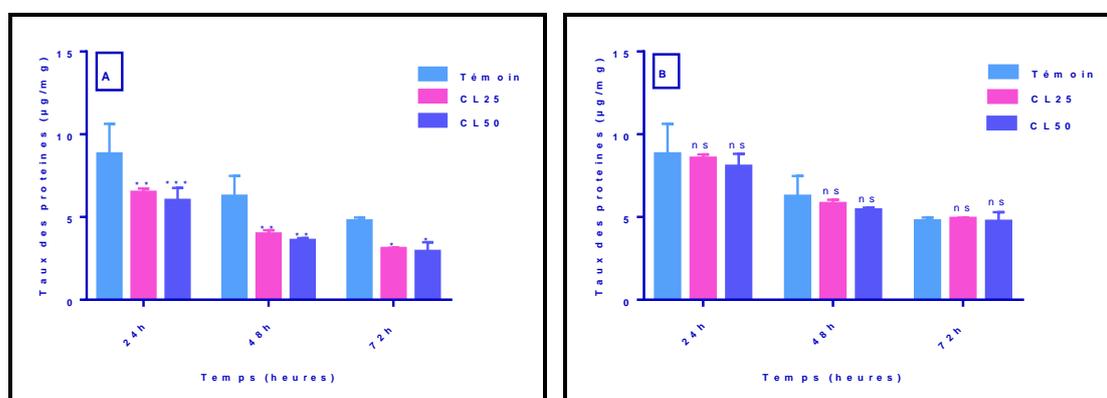


Figure 63. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum*(A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de protéines totales chez les pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes ($m \pm SD$, $n = 3$). (ns Différence non significative ($p \geq 0,05$), * Différence significative ($p < 0,05$), ** Différence hautement significative ($p < 0,01$), *** Différence très hautement significative ($p < 0,001$)).

Un classement des différentes moyennes selon leurs effets sur le taux des protéines, a été réalisé grâce à la méthode HSD de Tukey. Ce classement par ordre décroissant est résumé dans les tableaux 26 et 27. Les résultats mettent en évidence l'existence de deux groupes à 24 pour les traités à la CL₂₅ ; un groupe renfermant les témoins et les traités au *P. crispum*, et un deuxième groupe englobe les traités au *L. citriodora* et deux groupes pour les traités à la CL₅₀ ; le premier groupe, englobe uniquement les témoins et le deuxième représente les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. A 48 heures, deux groupes distincts ont été signalés ; un groupe renfermant les témoins et les traités au *P. crispum* et un deuxième groupe englobe les traités au *L. citriodora* chez les traités à la CL₂₅ et un groupe renferme les témoins et les traités au *P. crispum* et le second groupe constitué les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora* chez les traités à la CL₅₀. A 72 heures, trois groupes sont

également constatés : chacun est représenté par une série chez les deux séries traités (CL₂₅ et CL₅₀).

Chez les larves L4, un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au taux des protéines est résumé dans les tableaux 26 et 27. Les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe à 24h chez les traités à la CL₂₅ et à 48h et 72 heures chez les deux séries traitées (CL₂₅ et CL₅₀) ; représenté par les témoins et les deux traitements. Ce qui explique que les deux plantes n'affectent pas le taux des protéines à ces trois temps. Par contre, deux groupes sont également constatés à 24 heures chez les traités à la CL₅₀ ; deux groupes sont également constatés : le premier groupe, contient les témoins et les traités au *P. crispum*, le deuxième représente les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au taux des protéines chez les pupes de *Cx. pipiens* est résumé dans les tableaux 26 et 27. Les résultats mettent en évidence l'existence un seul groupe à 24h, chez les deux séries traitées (CL₂₅ et CL₅₀) ; représenté par les témoins et les deux traitements. A 48h, deux groupes ont été signalés ; un groupe renfermant les témoins et les traités au *L. citiodora*, et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* et au *L. citiodora* chez les traités à la CL₂₅ et un groupe englobe les témoins et les traités au *L. citriodora* et le second groupe incluent les traités au *P. crispum* chez les traités à la CL₅₀. A 72h, deux groupes sont également constatés ; un groupe contient les témoins et les traités au *L. citiodora*, et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* chez les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀.

Tableau 25 : Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	20,623	a
		<i>P. crispum</i>	18,670	a
		<i>L. citriodora</i>	9,660	b
	48	Témoin	17,536	a
		<i>P. crispum</i>	16,366	a
		<i>L. citriodora</i>	5,950	b
	72	Témoin	23,476	a
		<i>P. crispum</i>	15,330	b
		<i>L. citriodora</i>	5,635	c
Larve L4	24	Témoin	11,873	a
		<i>P. crispum</i>	11,233	a
		<i>L. citriodora</i>	7,106	a
	48	<i>P. crispum</i>	10,030	a
		Témoin	9,923	a
		<i>L. citriodora</i>	8,440	a
	72	<i>P. crispum</i>	7,440	a
		Témoin	7,313	a
		<i>L. citriodora</i>	6,023	a
Pupe	24	Témoin	8,806	a
		<i>L. citriodora</i>	8,550	a
		<i>P. crispum</i>	6,483	a
	48	Témoin	6,246	a
		<i>L. citriodora</i>	5,803	ab
		<i>P. crispum</i>	3,966	b
	72	<i>L. citriodora</i>	4,906	a
		Témoin	4,753	a
		<i>P. crispum</i>	3,086	b

Tableau 26 : Classement par ordre décroissant du taux des protéines totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	20,623	a
		<i>L. citriodora</i>	8,720	b
		<i>P. crispum</i>	7,703	b
	48	Témoin	17,536	a
		<i>P. crispum</i>	13,370	ab
		<i>L. citriodora</i>	8,743	b
	72	Témoin	23,476	a
		<i>P. crispum</i>	12,853	b
		<i>L. citriodora</i>	7,476	c
Larve L4	24	Témoin	11,873	a
		<i>P. crispum</i>	8,706	ab
		<i>L. citriodora</i>	4,186	b
	48	Témoin	9,923	a
		<i>P. crispum</i>	9,500	a
		<i>L. citriodora</i>	6,113	a
	72	Témoin	7,313	a
		<i>P. crispum</i>	5,996	a
		<i>L. citriodora</i>	4,263	a
Pupe	24	Témoin	8,806	a
		<i>L. citriodora</i>	8,053	a
		<i>P. crispum</i>	5,990	a
	48	Témoin	6,246	a
		<i>L. citriodora</i>	5,413	a
		<i>P. crispum</i>	3,573	b
	72	Témoin	4,753	a
		<i>L. citriodora</i>	4,733	a
		<i>P. crispum</i>	2,913	b

3.10.2. Effet sur le taux des glucides totaux

Le taux des glucides totaux a été déterminé chez les larves L3 et L4 et les pupes témoins et traités de deux espèces, *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à 24 h, 48 h et 72 h après traitement.

3.10.2.1. Efficacité comparée chez *Cx. pipiens*

La comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte le contenu en protéines totales chez les larves L3 de *Cx. pipiens*. Les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* induisent une diminution hautement significative du contenu en glucides totaux

à 24h, à 48h et à 72h ($p=0,041$ à 24h, $p=0,0008$ à 48h et $p=0,0037$ à 72h) et ($p=0,019$ à 24h, $p=0,0009$ à 48h et $p=0,016$ à 72h), respectivement. (Fig. 64 A et B).

Le contenu en glucides a été estimé chez les larves 4 témoins et traitées de *Cx. pipiens*, au cours des différents temps et les résultats du dosage sont mentionnés dans la figure 65 A et B. L'étude comparative par le test de dunnett, révèle une diminution significative de ce contenu après traitement au *P. crispum* avec les deux concentrations (CL₂₅ et CL₅₀) à 24h (Témoins vs CL₂₅ : $p=0,0002$ et Témoins vs CL₅₀ : $p=0,0001$) et avec la plus forte dose (CL₅₀) seulement à 48 heures (Témoins vs CL₅₀ : $p=0,021$). Par ailleurs, l'huile de *L. citriodora* induit une réduction du contenu en glucides à 24h (Témoins vs CL₅₀ : $p=0,0009$) et à 48h (Témoins vs CL₂₅ : $p=0,0379$).

Chez la pupa, la comparaison multiple des moyennes par le test de dunnett montre que l'HE extraite de *P. crispum*, n'a aucun effet sur le contenu en glucides totaux chez les pupes de *Cx. pipiens*. Bien que le traitement par l'huile de *L. citriodora* induit une diminution significative du contenu en glucides totaux chez la série traitée à la CL₂₅ et à la CL₅₀ à 24h (Témoins vs CL₂₅ : $p=0,0017$ et Témoins vs CL₅₀ : $p=0,0013$). (Fig. 66 A et B).

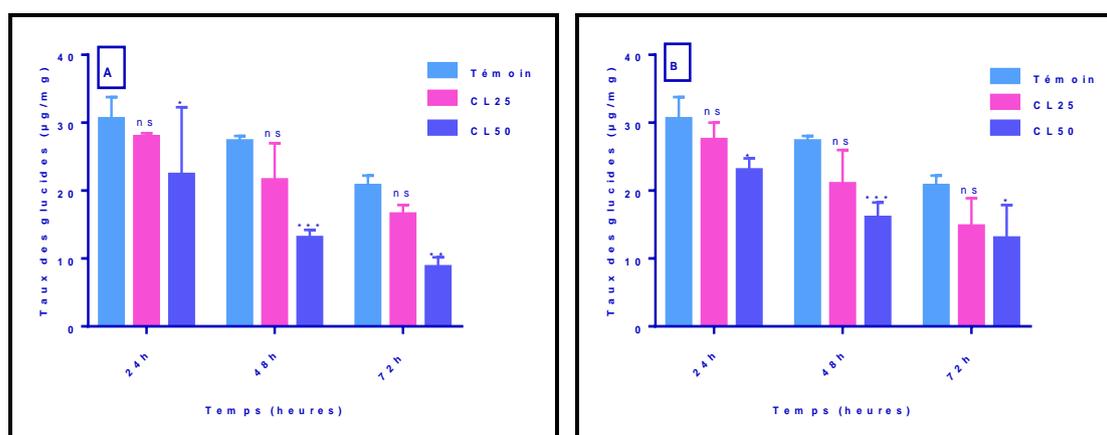


Figure 64. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de glucides totaux chez les larves L3 de *Cx. pipiens* à différentes périodes ($m \pm SD$, $n = 3$). (ns Différence non significative ($p \geq 0,05$), * Différence significative ($p < 0,05$), ** Différence hautement significative ($p < 0,01$), *** Différence très hautement significative ($p < 0,001$)).

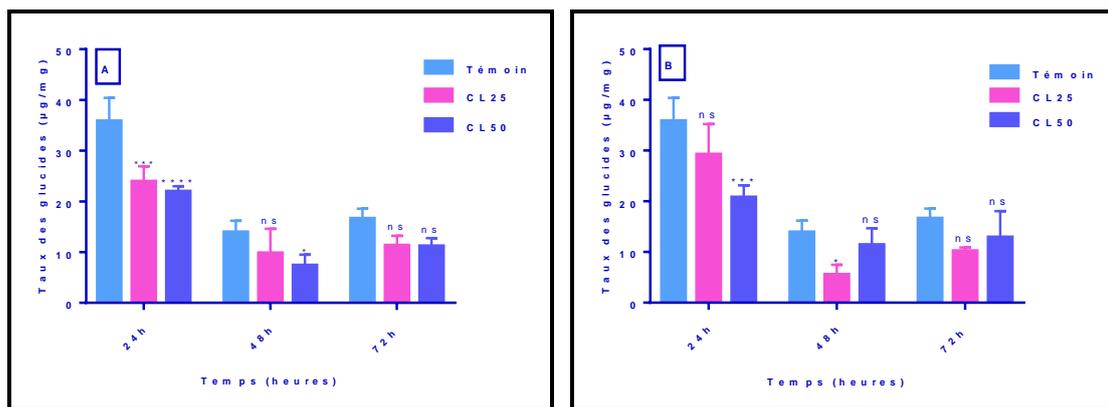


Figure 65. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de glucides totaux chez les larves L4 de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), *** Différence très hautement significative (p<0,001), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

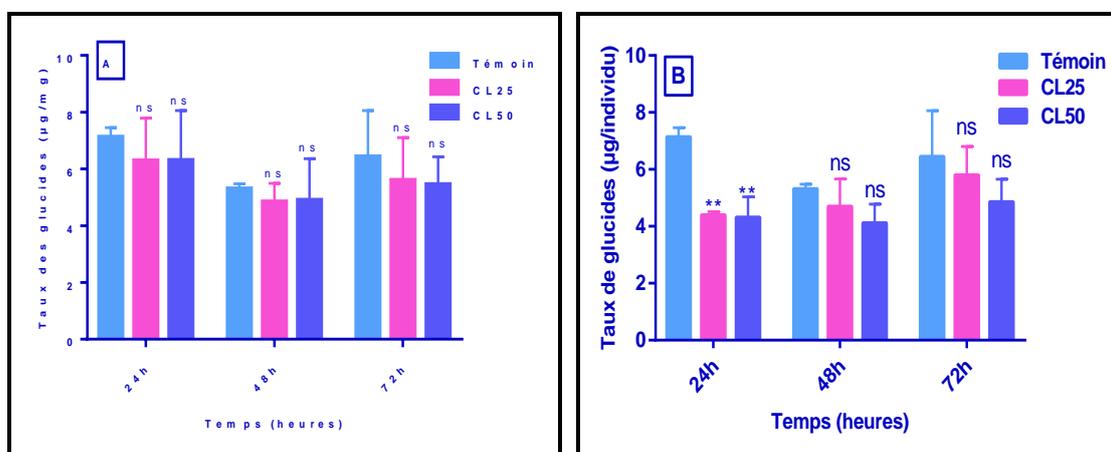


Figure 66. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux des glucides totaux des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01)).

Un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au taux des glucides chez les larves 3 de *Cx. pipiens* est résumé dans les tableaux 28 et 29. Les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe à 24, 48 et 72 heures chez les traités à la CL₂₅ et à 24h chez les traités à la CL₅₀ ; représenté par les témoins et les deux traitements. Ce qui explique que les deux plantes n'affectent le taux des glucides. Par contre, chez les traités à la CL₅₀ à 48 et 72 heures deux groupes ont été signalés ; le premier englobe les témoins et le second groupe inclut les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Concernant les larves L4 de *Cx. pipiens*, le classement par ordre décroissant du taux des glucides des individus témoins et traités (Tableaux 28 et 29), a permis de mettre en évidence deux groupes à 24 heures pour les traités à la CL₂₅, un groupe renfermant les témoins et les traités au *L. citriodora*, et un deuxième groupe englobe les traités au *P.*

crispum et deux groupes pour les traités à la CL₅₀ ; le premier groupe, englobe uniquement les témoins et le deuxième représente les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. A 48 heures, un seul groupe a été signalé chez les deux séries traitées (CL₂₅ et CL₅₀) ; représenté par les témoins et les deux traitements. Par ailleurs, à 72h deux groupes sont également constatés : un groupe contient seulement les témoins, et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora* et cela pour les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀.

Le classement par ordre décroissant du taux des glucides des pupes de *Cx. pipiens* est résumé dans les tableaux 28 et 29. Pour les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀, les résultats mettent en évidence l'existence de deux groupes à 24h, un groupe renfermant les témoins et les traités au *P. crispum*, et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. A 48 et 72 heures, un seul groupe représenté par les témoins et les deux traitements.

Tableau 27 : Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux (µg/mg) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL₂₅) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	30,563	a
		<i>P. crispum</i>	27,913	a
		<i>L. citriodora</i>	27,486	a
	48	Témoin	27,286	a
		<i>P. crispum</i>	21,553	a
		<i>L. citriodora</i>	20,993	a
	72	Témoin	20,730	a
		<i>P. crispum</i>	16,506	a
		<i>L. citriodora</i>	14,750	a
Larve L4	24	Témoin	35,810	a
		<i>L. citriodora</i>	29,240	a
		<i>P. crispum</i>	23,933	b
	48	Témoin	13,910	a
		<i>P. crispum</i>	9,780	a
		<i>L. citriodora</i>	5,510	a
	72	Témoin	16,610	a
		<i>P. crispum</i>	11,296	b
		<i>L. citriodora</i>	10,195	b
Pupe	24	Témoin	7,130	a
		<i>P. crispum</i>	6,296	ab
		<i>L. citriodora</i>	4,390	b
	48	Témoin	5,306	a
		<i>P. crispum</i>	4,846	a
		<i>L. citriodora</i>	4,686	a
	72	Témoin	6,436	a
		<i>L. citriodora</i>	5,790	a
		<i>P. crispum</i>	5,606	a

Tableau 28 : Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	30,563	a
		<i>L. citriodora</i>	23,013	a
		<i>P. crispum</i>	22,340	a
	48	Témoin	27,286	a
		<i>L. citriodora</i>	16,010	b
		<i>P. crispum</i>	13,040	b
	72	Témoin	20,730	a
		<i>L. citriodora</i>	12,996	b
		<i>P. crispum</i>	8,763	b
Larve L4	24	Témoin	35,810	a
		<i>P. crispum</i>	21,970	b
		<i>L. citriodora</i>	20,760	b
	48	Témoin	13,910	a
		<i>L. citriodora</i>	11,385	a
		<i>P. crispum</i>	7,353	a
	72	Témoin	16,610	a
		<i>L. citriodora</i>	12,890	b
		<i>P. crispum</i>	11,166	b
Pupe	24	Témoin	7,130	a
		<i>P. crispum</i>	6,310	ab
		<i>L. citriodora</i>	4,300	b
	48	Témoin	5,306	a
		<i>P. crispum</i>	4,910	a
		<i>L. citriodora</i>	4,106	a
	72	Témoin	6,436	a
		<i>P. crispum</i>	5,463	a
		<i>L. citriodora</i>	4,843	a

3.10.2.2. Efficacité comparée chez *Cs. longiareolata*

Le taux glucides des larves L3 de *Cs. longiareolata* a été évalué et représenté par la figure 67 A et B. La comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte le contenu en glucides totaux chez les larves 3 de *Cs. longiareolata*. Le traitement par l'HE de *P. crispum* montre une diminution significative du contenu en glucides totaux à 24h (Témoins vs CL_{50} : $p=0,0112$), 48h (Témoins vs CL_{50} : $p=0,0119$) et 72h (Témoins vs CL_{50} : $p=0,0055$), Bien que le traitement par l'huile de *L. citriodora* induit une diminution significative du contenu en glucides totaux à 24h (Témoins vs CL_{50} : $p=0,0309$) et à 72h (Témoins vs CL_{25} : $p=0,014$ et Témoins vs CL_{50} : $p=0,0377$).

La comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte fortement le contenu en glucides totaux chez les individus de stade L4. Le traitement par *P. crispum* et *L. citriodora* montre une diminution très hautement significative du contenu en glucides totaux chez les larves L4 à 24h, 48h et 72h avec les deux concentrations appliquées, CL₂₅ et CL₅₀ (p=0,0001 et p=0,0001 à 24h, p=0,0001 et p=0,0001 à 48h et p=0,0001 et p=0,0001 à 72h) et (p=0,0001 et p=0,0001 à 24h, p=0,0227 et p=0,0001 à 48h et p=0,0001 et p=0,0001 à 72h), respectivement. (Fig. 68 A et B).

Chez la pupa, les huiles essentielles extraites de *P. crispum* et *L. citriodora* induisent une diminution hautement significative du contenu en glucides chez les pupes à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0003 et Témoins vs CL₅₀ : p= p=0,0004), 48h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0368 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0014) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0008 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0003) pour *P. crispum* et à 24h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0034 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0009), 48h (Témoins vs CL₅₀ : p=0,0056) et 72h (Témoins vs CL₂₅ : p=0,0014 et Témoins vs CL₅₀ : p=0,0005) pour *L. citriodora*. (Fig. 69 A et B).

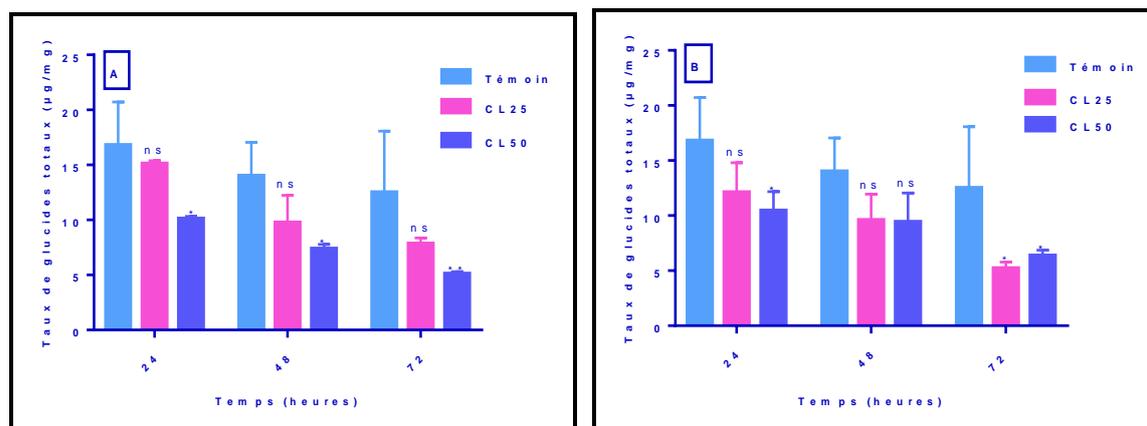


Figure 67. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de glucides totaux chez les larves L3 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01)).

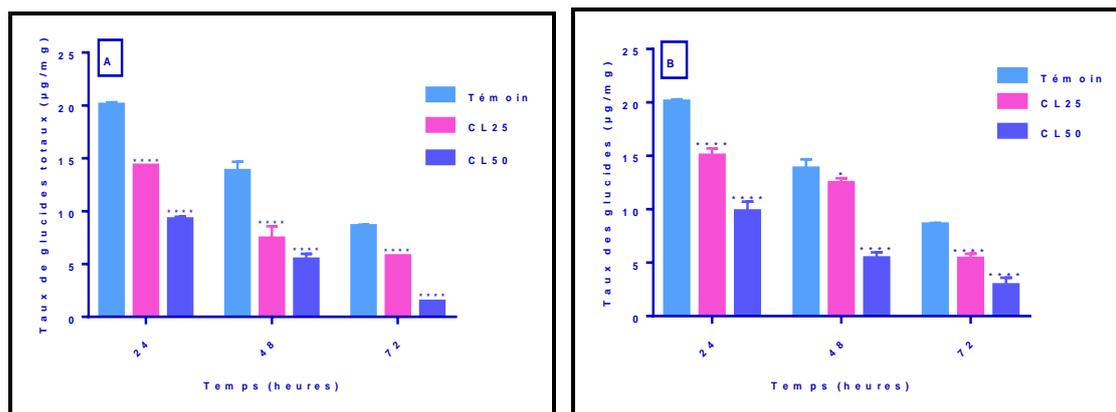


Figure 68. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de glucides totaux chez les larves L4 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (* Différence significative (p<0,05), *** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

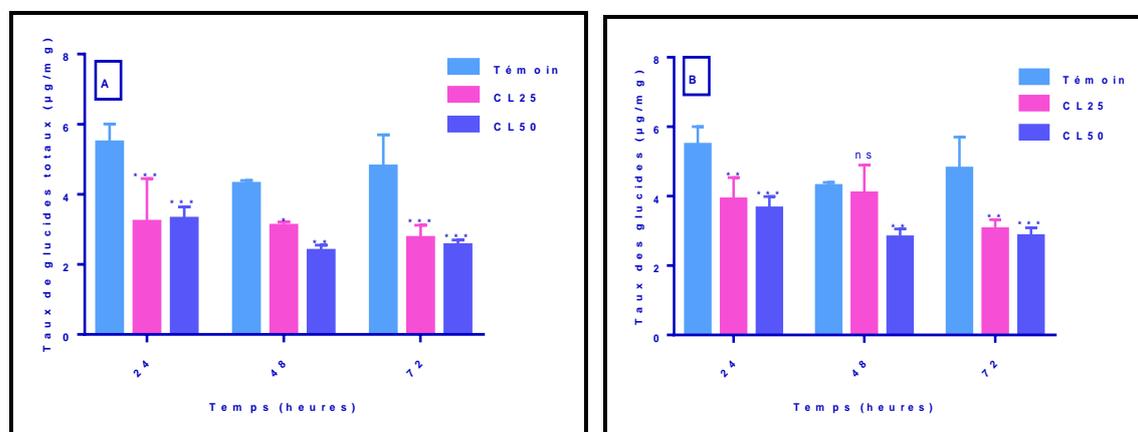


Figure 69. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de glucides totaux chez les pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001)).

Un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au taux des glucides chez les larves 3 de *Cs. longiareolata* est résumé dans les tableaux 30 et 31. Les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe à 24h, 48h et 72 heures chez les traités à la CL₂₅; représenté par les témoins et les deux traitements. Ce qui explique que les deux plantes n'affectent pas le taux des glucides à ces temps. Par contre, chez les traités à la CL₅₀, les témoins et les traités sont regroupés en deux classes à 24, et 48 heures. A 24 heures, deux groupes sont également constatés : le premier groupe, englobe uniquement les témoins et le deuxième représente les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*, à 48 heures le premier groupe renferme les témoins les traités au *L. citriodora* et le second groupe constitué les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. A 72 heures, un seul groupe représenté par les témoins et les deux traitements.

Chez les larves L4 de *Cs. longiareolata*, un classement par ordre décroissant du taux des glucides pour la CL₂₅ et la CL₅₀ est résumé dans les tableaux 30 et 31. Les résultats mettent en évidence l'existence de deux groupes à 24 et 72h chez les traités à la CL₂₅ et à 24h et 48h chez les traités à la CL₅₀ ; un groupe renfermant les témoins et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* et au *L. citiodora*. Alors que, à 48h chez les traités à la CL₂₅ ; un groupe contient les témoins et les traités au *L. citiodora* et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum*. Par ailleurs, à 72h trois groupes sont observés, chaque groupe étant composé d'une série et cela pour les traités à la CL₅₀.

Concernant les pupes de *Cs. longiareolata*, Le classement par ordre décroissant du taux des glucides est résumé dans les tableaux 30 et 31. Pour les traités à la CL₂₅, les résultats mettent en évidence l'existence de deux groupes à 24, 48 et 72 heures. A 24h, deux groupes ont été enregistrés, un groupe contient les témoins et les traités au *L. citiodora*, et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* et au *L. citiodora*. A 48h, un seul groupe a été signalé englobe les témoins et les deux séries traitées. A 72 heures, deux groupes ont été signalés, un groupe renfermant les témoins, et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* au *L. citiodora*. Alors que, pour les traités à la CL₅₀, les témoins et les traités sont regroupés en deux classes à 24, 48 et 72 heures ; le premier groupe renferme les témoins et le second groupe constitué des traités au *P. crispum* et au *L. citiodora*.

Tableau 29 : Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	16,806	a
		<i>P. crispum</i>	15,110	a
		<i>L. citriodora</i>	12,113	a
	48	Témoin	14,006	a
		<i>P. crispum</i>	9,760	a
		<i>L. citriodora</i>	9,596	a
	72	Témoin	12,500	a
		<i>P. crispum</i>	7,843	a
		<i>L. citriodora</i>	5,223	a
Larve L4	24	Témoin	20,086	a
		<i>L. citriodora</i>	15,036	b
		<i>P. crispum</i>	14,310	b
	48	Témoin	13,816	a
		<i>L. citriodora</i>	12,470	a
		<i>P. crispum</i>	7,423	b
	72	Témoin	8,600	a
		<i>P. crispum</i>	5,750	b
		<i>L. citriodora</i>	5,386	b
Pupe	24	Témoin	5,476	a
		<i>L. citriodora</i>	3,903	ab
		<i>P. crispum</i>	3,213	b
	48	Témoin	4,293	a
		<i>L. citriodora</i>	4,080	a
		<i>P. crispum</i>	3,100	a
	72	Témoin	4,790	a
		<i>L. citriodora</i>	3,040	b
		<i>P. crispum</i>	2,753	b

Tableau 30 : Classement par ordre décroissant du taux des glucides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	16,806	a
		<i>L. citriodora</i>	10,440	b
		<i>P. crispum</i>	10,116	b
	48	Témoin	14,006	a
		<i>L. citriodora</i>	9,423	ab
		<i>P. crispum</i>	7,380	b
	72	Témoin	12,500	a
		<i>L. citriodora</i>	6,370	a
		<i>P. crispum</i>	5,110	a
Larve L4	24	Témoin	20,086	a
		<i>L. citriodora</i>	9,830	b
		<i>P. crispum</i>	9,246	b
	48	Témoin	13,816	a
		<i>L. citriodora</i>	5,437	b
		<i>P. crispum</i>	5,436	b
	72	Témoin	8,600	a
		<i>L. citriodora</i>	2,910	b
		<i>P. crispum</i>	1,456	c
Pupe	24	Témoin	5,476	a
		<i>L. citriodora</i>	3,643	b
		<i>P. crispum</i>	3,296	b
	48	Témoin	4,293	a
		<i>L. citriodora</i>	2,813	b
		<i>P. crispum</i>	2,383	b
	72	Témoin	4,790	a
		<i>L. citriodora</i>	2,843	b
		<i>P. crispum</i>	2,540	b

3.10.3. Effet sur le taux des lipides totaux

Le taux des lipides totaux a été déterminé chez les larves L3 et L4 et les pupes témoins et traités de deux espèces, *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* à 24 h, 48 h et 72 h après traitement.

3.11.3.1. Efficacité comparée chez *Cx. pipiens*

Le taux des lipides a été estimé chez les larves 3 témoins et traitées de *Cx. pipiens*, au cours des différents temps et les résultats du dosage sont mentionnés dans la figure 70 A et B. L'étude comparative par le test de dunnett, montre que l'HE extraite de *P. crispum*, n'a aucun effet sur le contenu en lipides totaux chez les larves 3. Par contre l'huile de *L. citriodora* induit une diminution significative de ce contenu après traitement avec les deux concentrations (CL_{25} et CL_{50}) à 48h (Témoins vs CL_{25} : $p= 0,0003$ et Témoins vs CL_{50} : $p=$

0,0306) et avec la dose (CL₂₅) seulement à 24h (Témoins vs CL₂₅: p= 0,0224) et 72h (Témoins vs CL₂₅: p= 0,0022).

Chez la larve L4, la comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte le taux des lipides totaux chez les larves 4 de *Cx. pipiens*. Le traitement par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* montre une diminution significative du contenu en lipides totaux à 48h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0233 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0002) et 72h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0024) pour *P. crispum* et à 48h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0277) et 72h (Témoins vs CL₅₀: p=0,0438) pour *L. citriodora*, respectivement. (Fig. 71 A et B).

Le taux des lipides a été estimé chez les pupes témoins et traitées de *Cx. pipiens*, au cours des différents temps. Les HEs extraites de *P. crispum* et de *L. citriodora* n'ont aucun effet sur le contenu en lipides totaux chez les pupes dans les trois temps et avec les deux concentrations (CL₂₅ et CL₅₀). (Fig. 72 A et B).

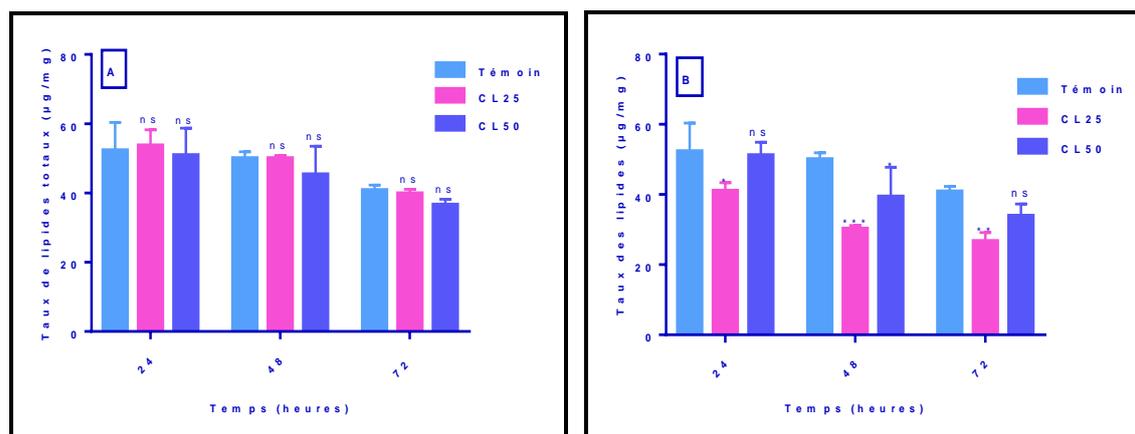


Figure 70. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de lipides totaux chez les larves L3 de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001)).

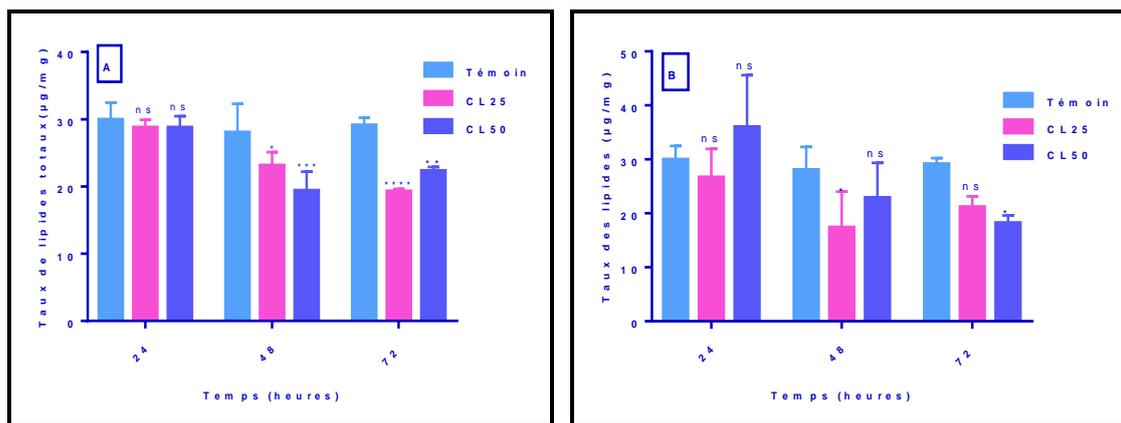


Figure 71. Effet des HES (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum*(A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de lipides totaux chez les larves L4 de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), *** Différence très hautement significative (p<0,001), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

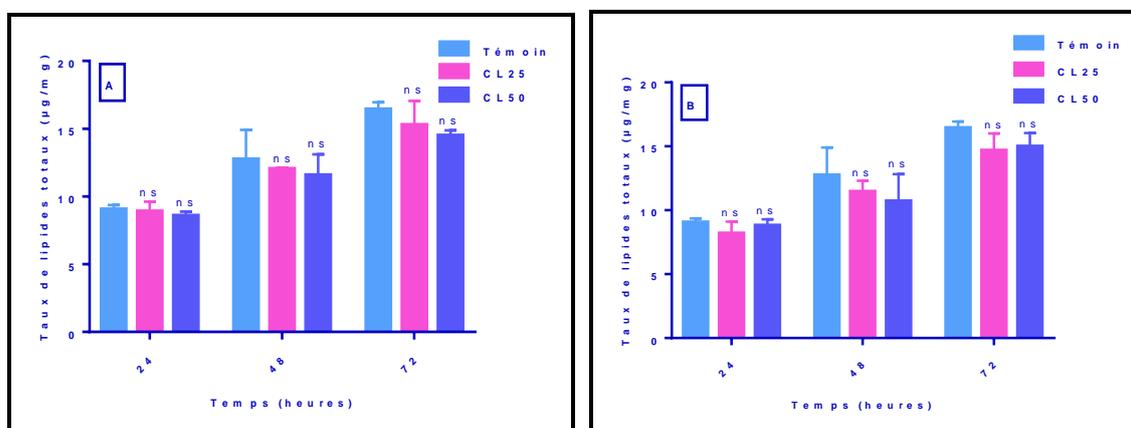


Figure 72. Effet des HES (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de lipides totaux chez les pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05)).

Un classement des différentes moyennes selon leurs effets sur le taux des lipides des larves L3, a été réalisé grâce à la méthode HSD de Tukey. Ce classement par ordre décroissant est résumé dans les tableaux 32 et 33. Les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe à 24h chez les deux séries traités (CL₂₅ et CL₅₀), représenté par les témoins et les deux traitements. A 48 et 72 heures, deux groupes ont été signalés chez les traités à la CL₂₅, un groupe renfermant les témoins et les traités au *P. crispum*, et un deuxième groupe englobe les traités au *L. citriodora*. Par contre, chez les traités à la CL₅₀, le classement des moyennes, montre l'existence d'un seul groupe à 48h ; représenté par les témoins et les deux traitements et deux groupes ont été signalés à 72 heures; le premier englobe les témoins et les traités au *P. crispum* et le second groupe incluent les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Concernant les larves L4 de *Cx. pipiens*, les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe à 24 et 48 heures chez les deux séries traités (CL₂₅ et CL₅₀) ; représenté par les témoins et les deux traitements. Ce qui explique que les deux plantes n'affectent le taux des lipides à ces deux temps. Par contre, à 72 heures deux groupes ont été signalés chez les traités à la CL₂₅; le premier englobe les témoins et le second groupe incluent les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora* et trois groupes ont été signalés chez les traités à la CL₅₀ ; chacun est représenté par une série.

Un classement par ordre croissant des moyennes relatives au taux des lipides chez les pupes de *Cx. pipiens* est résumé dans les tableaux 32 et 33. Les résultats mettent en évidence l'existence d'un seul groupe chez les traités à la CL₂₅ à tous les temps testés, et chez les traités à la CL₅₀ à 24 et 48h; représenté par les témoins et les deux traitements. Par ailleurs, chez les séries traitées à la CL₅₀ à 72h, deux groupes ont été constatés ; le premier englobe les témoins et les traités au *L. citriodora* et le second groupe incluent les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Tableau 31 : Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	<i>P. crispum</i>	53,726	a
		Témoin	52,313	a
		<i>L. citriodora</i>	41,060	a
	48	<i>P. crispum</i>	50,033	a
		Témoin	50,010	a
		<i>L. citriodora</i>	30,200	b
	72	Témoin	40,813	a
		<i>P. crispum</i>	39,850	a
		<i>L. citriodora</i>	26,706	b
Larve L4	24	Témoin	29,930	a
		<i>P. crispum</i>	28,760	a
		<i>L. citriodora</i>	26,650	a
	48	Témoin	28,033	a
		<i>P. crispum</i>	23,096	a
		<i>L. citriodora</i>	17,346	a
	72	Témoin	29,096	a
		<i>L. citriodora</i>	21,126	b
		<i>P. crispum</i>	19,266	b
Pupe	24	Témoin	9,053	a
		<i>P. crispum</i>	8,900	a
		<i>L. citriodora</i>	8,196	a
	48	Témoin	12,743	a
		<i>P. crispum</i>	12,040	a
		<i>L. citriodora</i>	11,453	a
	72	Témoin	16,440	a
		<i>P. crispum</i>	15,273	a
		<i>L. citriodora</i>	14,670	a

Tableau 32 : Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cx. pipiens* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	Témoin	52,313	a
		<i>L. citriodora</i>	51,173	a
		<i>P. crispum</i>	50,890	a
	48	Témoin	50,010	a
		<i>P. crispum</i>	45,343	a
		<i>L. citriodora</i>	39,380	a
	72	Témoin	40,813	a
		<i>P. crispum</i>	36,590	ab
		<i>L. citriodora</i>	33,866	b
Larve L4	24	<i>L. citriodora</i>	35,970	a
		Témoin	29,930	a
		<i>P. crispum</i>	28,753	a
	48	Témoin	28,033	a
		<i>L. citriodora</i>	22,860	a
		<i>P. crispum</i>	19,350	a
	72	Témoin	29,096	a
		<i>P. crispum</i>	22,310	b
		<i>L. citriodora</i>	18,175	c
Pupe	24	Témoin	9,053	a
		<i>L. citriodora</i>	8,813	a
		<i>P. crispum</i>	8,583	a
	48	Témoin	12,743	a
		<i>P. crispum</i>	11,573	a
		<i>L. citriodora</i>	10,710	a
	72	Témoin	16,440	a
		<i>L. citriodora</i>	14,993	ab
		<i>P. crispum</i>	14,496	b

3.10.3.2. Efficacité comparée chez *Cs. longiareolata*

La comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett montre que l'HE extraite de *P. crispum*, induit une diminution hautement significative du contenu en lipides totaux chez la série traitée à la CL_{25} et la série traitée à la CL_{50} à 72h (Témoins vs CL_{25} : $p=0,0027$ et Témoins vs CL_{50} : $p=0,0042$). Tandis que *L. citriodora* provoque une réduction hautement significative à 48h avec la concentration CL_{25} (Témoins vs CL_{25} : $p=0,0059$). (Fig. 73 A et B)

Chez la larve L4, la comparaison multiples des moyennes par le test de dunnett des séries témoins et traitées, montre que l'application des HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte le contenu en lipides totaux chez les larves 4 de *Cs. longiareolata*. Le traitement par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* montre une diminution significative du contenu en

lipides totaux à 24h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0034 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0001), 48h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0378 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0288) et 72h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0001 et Témoins vs CL₅₀: p=0,0001) pour *P. crispum* et à 24h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0376) et 72h (Témoins vs CL₂₅: p=0,0023 et Témoins vs CL₅₀: p=0,04) pour *L. citriodora*. (Fig. 74 A et B)

Les huiles essentielles extraites de *P. crispum* et *L. citriodora* induisent une diminution très hautement significative du contenu en lipides chez les pupes à 24h, 48h et 72h (p=0,0001 et p=0,0001 à 24h, p=0,0001 et p=0,0001 à 48h et p=0,0001 et p=0,0001 à 72h) et (p=0,0003 et p=0,0001 à 24h, p=0,0001 et p=0,0001 à 48h et p=0,0001 et p=0,0001 à 72h), respectivement. (Fig. 75 A et B).

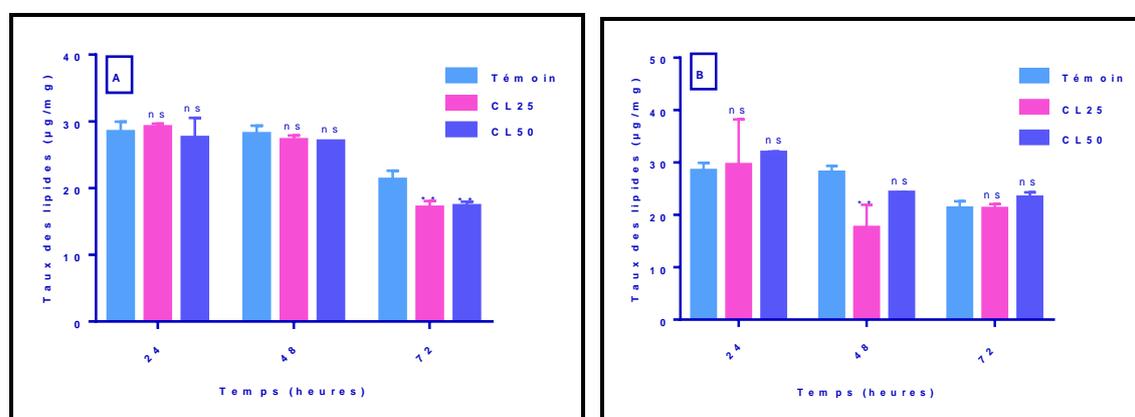


Figure 73. Effet des HES (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de lipides totaux chez les larves L3 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01)).

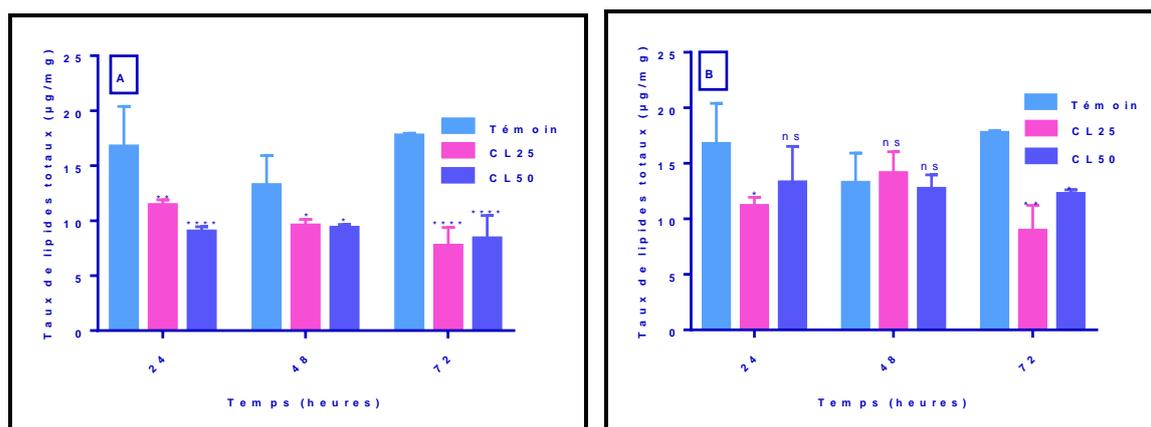


Figure 74. Effet des HES (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de lipides totaux chez les larves L4 de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (ns Différence non significative (p≥0,05), * Différence significative (p<0,05), ** Différence hautement significative (p<0,01), **** Différence très hautement significative (p<0,0001)).

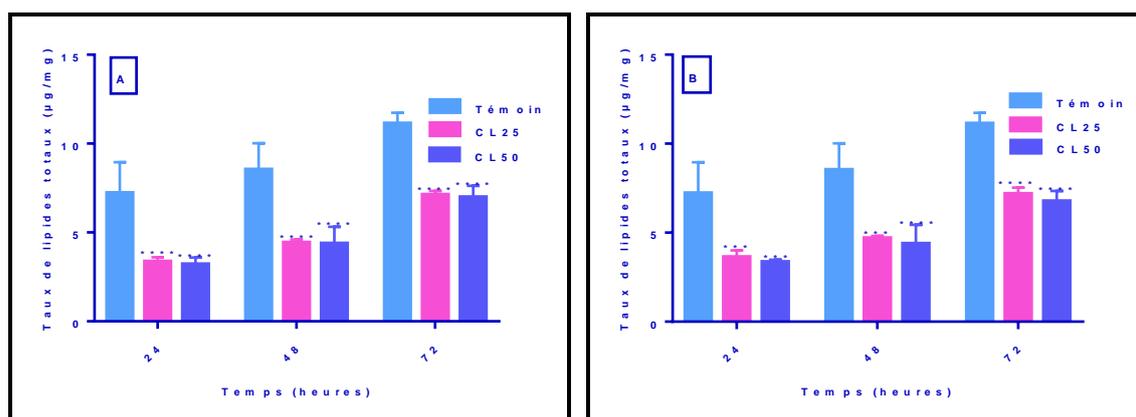


Figure 75. Effet des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. crispum* (A) et *L. citriodora* (B) sur le taux de lipides totaux chez les pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes (m ± SD, n = 3). (***) Différence très hautement significative (p<0,001), **** Différence très hautement significative (p<0,0001).

Un classement des différentes moyennes selon leurs effets sur le taux des lipides des larves L3, a été réalisé grâce à la méthode HSD de Tukey. Ce classement par ordre décroissant est résumé dans les tableaux 34 et 35. Les résultats mettent en évidence l'existence un seul groupe à 24h chez les deux séries traités (CL₂₅ et CL₅₀), représenté par les témoins et les deux traitements. A 48 et 72 heures, deux groupes ont été signalés. A 48h chez les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀, un groupe renfermant les témoins et les traités au *P. crispum*, et un deuxième groupe englobe les traités au *L. citriodora*. A 72h, un groupe contient les témoins et les traités au *L. citriodora*, et un deuxième groupe englobe les traités au *P. crispum* pour les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀.

Concernant les larves L4 de *Cs. longiareolata*, le classement par ordre décroissant du taux des lipides des individus témoins et traités (Tableaux 34 et 35), a permis de mettre en évidence un seul groupe à 24 heures pour les traités à la CL₂₅, représenté par les témoins et les deux traitements et deux groupes pour les traités à la CL₅₀ ; le premier groupe renferme les témoins et les traités au *L. citriodora* et le second groupe constitué des traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*. A 48 heures, un seul groupe a été signalé chez les deux séries traités (CL₂₅ et CL₅₀), représenté par les témoins et les deux traitements. Par ailleurs, à 72h deux groupes sont observés ; le premier englobe les témoins et le second groupe incluent les traités au *P. crispum* et au *L. citriodora* et cela pour les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀.

Un classement par ordre décroissant des moyennes relatives au taux des lipides chez les pupes de *Cs. longiareolata* est résumé dans les tableaux 34 et 35. Les témoins et les traités sont regroupés en deux classes à 24, 48 et 72 heures chez les deux séries traités (CL₂₅ et CL₅₀) ; le premier groupe renferme les témoins et le second groupe constitué des traités au *P. crispum* et au *L. citriodora*.

Tableau 33 : Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{25}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	<i>L. citriodora</i>	29,570	a
		<i>P. crispum</i>	29,163	a
		Témoin	28,436	a
	48	Témoin	28,123	a
		<i>P. crispum</i>	27,223	a
		<i>L. citriodora</i>	17,573	b
	72	Témoin	21,256	a
		<i>L. citriodora</i>	21,173	a
		<i>P. crispum</i>	17,093	b
Larve L4	24	Témoin	16,733	a
		<i>P. crispum</i>	11,406	a
		<i>L. citriodora</i>	11,155	a
	48	<i>L. citriodora</i>	14,120	a
		Témoin	13,240	a
		<i>P. crispum</i>	9,546	a
	72	Témoin	17,740	a
		<i>L. citriodora</i>	8,930	b
		<i>P. crispum</i>	7,726	b
Pupe	24	Témoin	7,223	a
		<i>L. citriodora</i>	3,636	b
		<i>P. crispum</i>	3,363	b
	48	Témoin	8,536	a
		<i>L. citriodora</i>	4,690	b
		<i>P. crispum</i>	4,433	b
	72	Témoin	11,130	a
		<i>L. citriodora</i>	7,176	b
		<i>P. crispum</i>	7,130	b

Tableau 34 : Classement par ordre décroissant du taux des lipides totaux ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des larves L3, L4 et des pupes de *Cs. longiareolata* à différentes périodes après traitement aux HEs (CL_{50}) de *P. crispum* et *L. citriodora*: test HSD de Tukey.

Stades	Temps (heurs)	Traitement	Valeurs moyennes	Groupes
Larve L3	24	<i>L. citriodora</i>	31,900	a
		Témoin	28,436	a
		<i>P. crispum</i>	27,566	a
	48	Témoin	28,123	a
		<i>P. crispum</i>	27,023	a
		<i>L. citriodora</i>	24,260	b
	72	<i>L. citriodora</i>	23,350	a
		Témoin	21,256	a
		<i>P. crispum</i>	17,310	b
Larve L4	24	Témoin	16,733	a
		<i>L. citriodora</i>	13,290	ab
		<i>P. crispum</i>	9,016	b
	48	Témoin	13,240	a
		<i>L. citriodora</i>	12,705	a
		<i>P. crispum</i>	9,353	a
	72	Témoin	17,740	a
		<i>L. citriodora</i>	12,235	b
		<i>P. crispum</i>	8,393	b
Pupe	24	Témoin	7,223	a
		<i>L. citriodora</i>	3,356	b
		<i>P. crispum</i>	3,216	b
	48	Témoin	8,536	a
		<i>L. citriodora</i>	4,377	b
		<i>P. crispum</i>	4,376	b
	72	Témoin	11,130	a
		<i>P. crispum</i>	6,986	b
		<i>L. citriodora</i>	6,770	b

DISCUSSION

IV. DISCUSSION

4.1. Anatomie des plantes étudiées

L'anatomie végétale décrit la structure et l'organisation des cellules, des tissus et des organes des plantes (Barclay, 2015). Les graines de différentes espèces présentent une grande variabilité structurale et anatomique (Sliwinska & Bewley, 2014).

Dans la présente étude, l'aspect général des structures anatomiques des graines de *Petroselinum sativum* et des feuilles de *Lippia citriodora* a été élucidé. On arrive à distinguer un péricarpe, tégument, aleurone, albumen et des bandelettes sécrétrices au niveau des graines de persil et un épiderme inférieur, collenchyme, phloème, cambium, xylème et fibres au niveau des feuilles de la verveine odorante. Des caractéristiques anatomiques similaires ont été observées chez les feuilles de *Lippia bromleyana*, *L. insignis*, *L. lasiocalycina* et *L. thymoides* (De Oliveira *et al.*, 2018). De plus, on a noté la présence des stomates anomocytiques au niveau des feuilles de *L. citriodora*. Kendir & Koroğlu (2017) ont identifié des stomates anomocytiques sur la face inférieure des feuilles de *L. citriodora*. Cantino (1990) a confirmé que les stomates les plus fréquents chez les Lamiaceae et les Verbenaceae sont de type anomocytique et diacytique.

Les cellules des plantes aromatiques qui secrètent les huiles essentielles sont morphologiquement très diverses: de cellules hautement spécialisées (trichomes) aux cellules non spécialisées (osmophores et cellules sécrétrices de l'épiderme des pétales). Plusieurs études ont montré que les cellules et les tissus sécréteurs des HEs généralement possèdent des structures cellulaires spécialisées (Rehman *et al.*, 2016). Les coupes réalisées dans notre étude montrent les bandelettes sécrétrices de l'HE dans les graines de *Petroselinum crispum* et les glandes sécrétrices de l'HE dans les feuilles de *Lippia citriodora*. De Oliveira *et al.* (2018) ont noté la présence des trichomes glandulaires et des trichomes non glandulaires avec des variations morphologiques spécifiques pour chaque espèce lors de la réalisation des coupes au niveau des feuilles de *Lippia bromleyana*, *L. insignis*, *L. lasiocalycina* et *L. thymoides*. Par ailleurs, Santos *et al.* (2004) ont montré la présence des trichomes non glandulaires et trois types de trichomes glandulaires au niveau des feuilles de *Lippia alba*. En effet, les trichomes glandulaires et les trichomes non glandulaires sont présents sur les deux faces des feuilles de toutes les espèces étudiées, *L. alba* (Jezler *et al.*, 2013), *L. sidoides* (Nunes *et al.*, 2000), *L. turbinata*, *L. fissicalyx*, *L. grisebachiana*, et *L. integrifolia* (Bassols & Gurni, 2000), avec des différences dans la taille et la morphologie. Chez *L. origanoides* et *L. sidoides*, Tozin *et al.* (2015) ont identifié quatre et cinq morphotypes des trichomes glandulaires, respectivement. Des trichomes

glandulaires et non glandulaires sont identifiés chez *L. citriodora* (Argyropoulou *et al.*, 2010), avec une abondance au niveau de la face inférieure de la feuille (Kendir & Köroğlu, 2017). D'autre part, Kalachanis & Psaras (2005) ont montré l'accumulation de l'huile essentielle dans des cavités sécrétrices de type schizogène chez *Myrtus communis*. En outre, Caputo *et al.* (2021) ont signalé la présence des trichomes glandulaires et non glandulaires dans les faces des feuilles et des fleurs de *Mentha pulegium*.

4.2. Analyse phytochimique

Pour se protéger, en plus des barrières physiques, les plantes ont élaboré des systèmes de défense basés sur la production de molécules plus ou moins toxiques. Ces composés naturels sont issus du métabolisme de la plante et sont appelés métabolites secondaires ou encore métabolites spécialisés. Ce sont des produits qui n'interviennent pas directement dans les activités biochimiques primaires permettant la croissance, le développement et la reproduction de l'organisme dans lequel ils sont produits (Dugrand-Judek, 2015). Si à l'origine, le terme de « métabolite secondaire » provenait d'une incompréhension de leur rôle au sein de la plante du fait que leur synthèse varie énormément d'une plante à l'autre et du fait que ces molécules soient rarement remobilisées après leur accumulation (Macheix *et al.*, 2005). Les métabolites spécialisés peuvent être classés en quatre groupes principaux: les terpénoïdes, les alcaloïdes, les hétérosides et les composés phénoliques (Hopkins, 2003).

Un screening phytochimique est un moyen pour mettre en évidence la présence des groupes de familles chimiques présentes dans une plante (EL-Haoud *et al.*, 2018). Notre étude phytochimique réalisée sur les graines de *Petroselinum crispum* a montré la présence des flavonoïdes, des saponines, des alcaloïdes, des terpenoïdes et des stéroïdes. Ces résultats sont confirmés par d'autres travaux. Tadros *et al.* (2017) ont noté que les graines du persil cultivées en Egypte contiennent des alcaloïdes, des flavonoïdes, des terpènes, des tannins, des glycosides et des saponines. Plusieurs études montrent que les graines de *P. crispum* sont riches en polyphénols totaux et surtout en flavonoïdes (Mert & Timur, 2017 ; Tadros *et al.*, 2017 ; Farzaei *et al.*, 2013). Par ailleurs, des résultats similaires ont été obtenus par Al-Hadi *et al.* (2013), chez les feuilles de la même espèce où ils ont signalé la présence des flavonoïdes, des alcaloïdes, des glycosides, des polyphénols totaux et des tanins. Le screening phytochimique des feuilles et des tiges de *P. crispum* cultivé au Soudan révèle la présence des coumarines et des flavonoïdes avec de faibles concentrations et des concentrations élevées de stérols pour l'extrait éther de pétrole. Ces résultats

diffèrent des résultats obtenus par Kaour *et al.* (2018) en ce qui concerne les saponines, les tanins et les alcaloïdes qui ne sont pas présents dans l'extrait alcoolique des feuilles de persil. L'analyse phytochimique des plantes appartenant de la famille des Apiacées a montré la présence de différents métabolites. C'est le cas notamment de l'étude de Daira *et al.* (2016), sur l'espèce *Ammoides verticillata* récoltée de différentes régions de la wilaya de Souk-Ahras (dans l'Est Algérien), où les résultats du screening phytochimique confirment la richesse de cette plante en composés phénoliques: (polyphénols, tanins catéchiques, flavonoïdes, flavonoïdes libres (flavones), leucoanthocyanes, coumarines, anthocyanes et quinones libres), en composés terpéniques: (saponosides, stéroïdes, stérols, triterpènes et huiles essentielles), en composés azotés (alcaloïdes) ainsi qu'en antioxydants (caroténoïdes). De même, Ahmed *et al.* (2018) ont signalé la présence des saponines et des tannins dans les graines de *Coriandrum sativum* cultivé au Soudan.

Concernant la verveine odorante, le screening phytochimique des feuilles a montré la présence des flavonoïdes, des saponines, des tanins catéchiques, des terpénoïdes et des stéroïdes. Comparativement aux recherches publiées, l'analyse phytochimique décrite dans cette étude a des différences mais aussi des similarités. Maliki *et al.* (2020), ont signalé que les feuilles de *Lippia citriodora* cultivée au Maroc contiennent des tanins, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des stérols et des saponosides. Ces résultats diffèrent des nôtres où on a noté la présence des alcaloïdes et qui sont absents dans la présente étude. D'autre part, en Iran, le screening phytochimique de l'extrait éthanoïque des feuilles de *L. citriodora* a montré la présence des flavonoïdes et des alcaloïdes et l'absence des tanins et des saponines (Rashidian *et al.*, 2016). Alors que, Mothana *et al.* (2010), ont décelé dans l'extrait méthanoïque de la verveine cultivée au Yémen la présence des terpénoïdes, des huiles volatiles et des tannins. Au Brésil, Singulani *et al.* (2012) ont montré la présence des composés phénoliques dans 14 espèces du genre *Lippia*. Ainsi, l'étude de Rezig *et al.* (2019) a révélé la présence des composés phénoliques, des flavonoïdes et des tanins au niveau de l'extrait méthanoïque de la partie aérienne de la verveine odorante. Au Bénin, Djengue *et al.* (2017) ont mis en exergue des variations de la composition chimique de *Lippia multiflora* en fonction de l'organe analysé. Les tanins galliques et catéchiques, les flavonoïdes, les anthocyanes, les leucoanthocyanes, les triterpénoïdes, les mucilages, les coumarines et les composés réducteurs sont présents dans les feuilles et dans les fleurs. Les alcaloïdes ne sont identifiés que dans les feuilles alors que les stéroïdes et les dérivés des quinones et les hétérosides anthracéniques ne se trouvent que dans les fleurs. De plus, l'infusé des feuilles de *L. alba* cultivée au Brésil renferme des saponines, des phénols, des

tanins, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des gommes et des résines tandis que le décocté des feuilles de la même plante contient en plus de ces composés un taux élevé des hétérosides (Sette-de-Souza *et al.*, 2014).

Dans notre étude, le screening phytochimique de *P. crispum* et *L. citriodora* a montré une certaine variabilité telles que l'absence des tanins chez le persil et l'absence des alcaloïdes chez la verveine odorante. Ceci peut être expliqué par une différence au niveau de plusieurs paramètres soient géographiques, physicochimiques ou biologiques tels que la différence du site de récolte y compris l'environnement de la plante, la lumière, les précipitations, la topographie, la saison, le type de sol, la période de récolte et le patrimoine génétique ou la partie de la plante étudiée (Malik *et al.*, 2012; Sujana *et al.*, 2013 ; Akhtar *et al.*, 2015)

4.3. Rendement des huiles essentielles

Le rendement en huile essentielle obtenue par hydrodistillation des graines sèches de *Petroselinum crispum* est de $2,12 \pm 0,32\%$. Ce rendement est supérieur à celui signalé au Nord-ouest de l'Algérie où Nawel *et al.*(2012) ont montré un rendement de 0,14% dans la région de Mascara. Par contre, de plus forts rendements ont été enregistrés chez la même plante dans d'autres pays du monde, il est de 0,52% en Turquie (Mert & Timur, 2017); 0,87% - 3,12% en Serbie (Stankovic *et al.*, 2004) et de 3,44% jusqu'à 4,45% en Chine (Dong *et al.*, 2017). De nombreuses études ont montré l'influence de plusieurs facteurs sur le rendement du persil en HE tels que le déficit de l'eau durant la croissance de la plante (Petropoulos *et al.*, 2008 ; Borges *et al.*, 2016), l'éclairage pendant la croissance de la plante (Ascrizzi *et al.*, 2018), l'irrigation et la densité de la plante (El-Zaeddi *et al.*, 2016) ainsi que la technique d'extraction (Stankovic *et al.*, 2004; Stankovic *et al.*, 2005; Dong *et al.*, 2017). Par ailleurs, de faibles rendements ont été signalés dans les feuilles de la même plante avec des taux de 0,11% en Colombie (Pineda *et al.*, 2018); de 0,24% à 0,29% à l'Estonie (Vokk *et al.*, 2011) et de 0,19% à 0,60% aux états unis (Craft & Setzer, 2017).

Concernant la deuxième plante, *Lippia citriodora*, l'extraction révèle un rendement de $0,24 \pm 0,05\%$. De même, une valeur similaire (0,27%) a été signalée par Djadouni (2020) chez la même espèce cultivée dans le Nord-ouest de l'Algérie. D'autre part, le rendement de cette plante présente également des variations d'un pays à un autre, il est de 0,15% et 0,19% au Maroc (Belkamel *et al.*, 2018; Jalal, 2020); de 0,56% en Tunisie (Rezig *et al.*, 2019); de 0,4% en Argentine (Oliva *et al.*, 2018); de 0,8% à 1,13% au Brésil (Parodi *et al.*, 2019) et de 1,2% en Turquie (Ozek *et al.*, 1996). D'après Ibrahim *et al.*(2014), la

variabilité du rendement en HE de la verveine odorante est due aux conditions de croissance et de développement de la plante. De plus, les rendements signalés chez d'autres espèces de *Lippia* révèlent des valeurs de 0,7% chez *L. polystachya* et de 1,2% chez *L. turbinata* cultivées en Argentine (Pérez-Zamor *et al.*, 2016).

Des études antérieures révèlent que la variabilité du rendement en HE est due à des facteurs d'origine intrinsèque, spécifiques au baguage génétique de la plante ou d'origine extrinsèque, liés à la période de collecte, de conservation du matériel végétal et de la méthode d'extraction (Khajeh *et al.*, 2004; Khajeh *et al.*, 2005; Viljoen *et al.*, 2006; Sefidkon *et al.*, 2007).

4.4. Composition chimique des huiles essentielles

Chez les plantes aromatiques, la biosynthèse des molécules formant l'essence se déroule au niveau des structures sécrétrices. La diversité des molécules que l'on peut retrouver ensuite dans l'huile essentielle est conséquente: jusqu'à 20 000 molécules différentes sont recensées (Franchomme, 2015; Festy, 2008). Une huile essentielle peut contenir près de 200 molécules différentes. Celles-ci peuvent se répartir en 16 familles chimiques principales selon le groupe fonctionnel porté par la structure de la molécule (Festy, 2008). La composition chimique d'une huile essentielle est très complexe et, est soumise à de très nombreuses variables. Connaître avec exactitude les constituants d'une huile essentielle est fondamental afin de vérifier sa qualité, expliquer ses propriétés et prévoir sa toxicité potentielle (Couic-Marinier & Lobstein, 2013).

L'analyse de la composition chimique de l'HE extraite de *P. sativum* par la CPG/SM révèle un chémotype Pulégone/D-Limonène, où ces monoterpènes représentent la teneur la plus élevée de l'huile. En effet, l'huile essentielle de *P. sativum* présente une grande variabilité chimique. Mert & Timur (2017) montrent que la composition de l'HE des graines de *P. sativum* est dominée par le 3-methoxy- γ -asarone (21,82-34,19%) et l'Apiol (17,02-27,53%). Par ailleurs, Stankovic *et al.* (2004) montrent un chémotype : α - Thujène (10,76-54,00%)/ l'Apiol (27,59-49,43%) chez la même espèce, tandis que le Myristicine (36,00-42,00%), l'Apiol (26,70-34,60%) ont été enregistrés par Louli *et al.* (2004). Des études réalisées par Dong *et al.* (2017) ont mis en évidence la dominance du Myristicine (79,58-85,59%). Mahmoodi *et al.* (2014) montrent que le Myristicine (42,65%)/ β -Phellandrène (21,83%) est le chémotype de *P. sativum* collectée dans l'Azerbaïdjan. La composition chimique de l'HE des graines de *P. sativum* collectée dans la région de Mascara révèle la présence de l'Allyltetraméthoxy-benzène (27,78%) et l'Apiol (23,55%) comme

constituants majoritaires (Nawel *et al.*, 2012). Cette variabilité dans la composition chimique de l'huile essentielle du persil peut être expliquée par plusieurs facteurs tels que l'éclairage (Ascrizzi *et al.*, 2018) ; l'irrigation et la densité de la plante (El-Zaeddi *et al.*, 2016); la variation saisonnière (Vokk *et al.*, 2011) ainsi que la technique d'extraction (Stankovic *et al.*, 2004; Stankovic *et al.*, 2005; Dong *et al.*, 2017). La position de notre région d'étude en zone semi-aride pourrait expliquer les variations chimiques de l'huile essentielle des graines de persil et la présence de Pulégone (51,06%) et de D-Limonène (18,77%) à des teneurs élevées. D'autre part, chez les feuilles de la même espèce, d'autres compositions chimiques ont été décrites dans la littérature. Elles se caractérisent par la prédominance des composés suivants: le chénotype α -Pinène (26,6%)/ Myristicine (20,3%) comme composant principal de l'HE des feuilles de *P. sativum* collectée de différentes régions de l'Egypte (Khalil *et al.*, 2015). Ainsi, Vokk *et al.* (2011) ont enregistré la prédominance de Myristicine (42,65-30,67%), de β -Phellandrène (21,83-35,88%) et de β -Myrcène (4,25-8,73%) au niveau des feuilles collectées de l'Estonie. Enfin, la composition chimique de l'huile de *P. crispum* collectée en Iran a révélé une prédominance du Myristicine (17,18%), de l'Apiol (10,08%) et de D-Limonène (8,83%) (Maroufpoor *et al.*, 2016). Le tableau 36 présente les constituants majeurs de l'HE de *P. sativum* récoltée dans différentes régions dans le monde.

Tableau 35. Constituants majoritaires de l'HE des graines de *P. crispum* collectée dans différentes régions.

Constituants majoritaires	Pays	Références
α - Thujene, Apiol, 2,3,4,5-Tetramethoxy-1-allylbenzene et 1,2-benzène diacide carbonique	Serbie	Stankovic <i>et al.</i> (2004), Stankovic <i>et al.</i> (2005)
Allyltétraméthoxybenzène, Apiol, Myristicine et Elémicine.	Algérie	Nawel <i>et al.</i> (2014)
Myristicine, Apiol, et 2,3,4,5-Tetraméthoxyallyl benzène	Grèce	Louli <i>et al.</i> (2004)
Myristicine, Elémicine, Carotol, 1-Allyl-2,3,4,5-tetraméthoxy-benzène et II-Ledene oxide	Chine	Dong <i>et al.</i> (2017)
Apiol, Myristicine, β -Phellandrene, 3-méthoxy- γ -asarone, β - pinène et α -pinène	Turquie	Okan <i>et al.</i> (2020)
Myristicine, β -Phellandrene, p-1,3,8-Menthatriene et β -Myrcene	Azerbaïdjan	Mahmoodi <i>et al.</i> (2014)

Quant à l'huile essentielle des feuilles de *L. citriodora*, elle se caractérise par la présence importante de D-Limonène et de Géraniol qui représentent respectivement des taux de 21,13% et de 16,52%. Des résultats similaires ont été obtenus par Belkamel *et al.* (2018) au Maroc sur la même espèce où le Limonène (17,28 %), le Géraniol (14,57 %) et le Néral

(10,17 %) représentaient les constituants majoritaires. Rezig *et al.* (2019) ont analysé l'huile essentielle de la verveine odorante collectée dans quatre régions en Tunisie. Les résultats diffèrent des nôtres en ce qui concerne les citrals (Géranial & Néral) qui représentent 24,85-27,41% et 14,81- 18,73% respectivement. Il est à noter aussi que le Néral qui est très minoritaire dans notre étude, avec un taux de 0,32 %, atteint, dans une autre étude, le pourcentage de 27,01% (de Figueiredo *et al.*, 2004). Dans la littérature, la variation chimique qualitative de l'HE de la verveine odorante est influencée par des facteurs biotiques ou abiotiques. Dans ce sens, Schmidt *et al.* (2016) ont montré que le gel affectait la composition de l'HE de la verveine odorante cultivée au Brésil où le taux de Limonène était de 14,36% avant le gel et qui a chuté à 10,15% après le gel. Les conditions de croissance et de développement de la verveine odorante peuvent aussi influencer la composition chimique de l'huile essentielle (Ibrahim *et al.*, 2014). Argyropoulou *et al.* (2007) ont signalé des différences entre l'HE des parties aériennes de la verveine récoltée en mai, en pleine croissance, et en septembre, en pleine floraison. De mai à septembre, les taux de Géranial et Néral ont diminué respectivement de 38,7% à 26,8% et de 24,5% à 21,8% tandis que le taux de Limonène a augmenté de 5,8% à 17,7%. Par ailleurs, d'autres chémotypes ont été décelés dans l'HE du genre *Lippia*, c'est le cas notamment en Argentine, chez *L. polystachya* et *L. turbinata* où le taux du chémotype Carvone a atteint respectivement, 84,40% et 80,70% (Pérez-Zamora *et al.*, 2016). Au Brésil, Marco *et al.* (2012) ont noté que l'HE de *L. sidoides* issue des feuilles contient 84,90% de Thymol. Da Silva *et al.* (2010) ont trouvé dans l'HE de la partie aérienne de *L. substrigosa* cultivée en Guatemala, 24 composants dont le Germacrène D (29,5%) et le β -Caryophyllène (15,4%) en tant que constituants majoritaires. Dans la même optique, Singulani *et al.* (2012) ont analysé 16 espèces du genre *Lippia* et ils ont trouvé que les HEs extraites de *L. mycrophylla* et de *L. lupulina* ont un chémotype Germacrène D avec des taux de 39,13% et de 41,97% respectivement. Le tableau 37 présente les constituants majeurs de l'HE de *L. citriodora* récoltée dans différentes régions dans le monde.

Tableau 36. Constituants majoritaires de l'HE des feuilles de *L. citriodora* collectées dans différentes régions.

Constituants majoritaires	Pays	Références
Limonène, Géraniol, Néral, zingibérine + germacrène D et β -caryophyllène	Maroc	Belkamel <i>et al.</i> (2018) ; Jalal (2020)
Limonène, Géraniol, Néral, 6-méthyl-5-hepten-2-one et Geranyl acetate	Brésil	de Figueiredo <i>et al.</i> (2004)
Limonène, Géraniol, Néral, Nerol et Geraniol	Grèce	Argyropoulou <i>et al.</i> (2007) ; Fitsiou <i>et al.</i> (2018)
Limonène, Géraniol, Néral, Caryophyllène oxide et Spathulenol	Argentine	Oliva <i>et al.</i> (2018)
Limonène, Géraniol, Néral, Ar-curcumène, Caryophyllène oxide et Spathulenol	Turquie	Ozek <i>et al.</i> (1996)
Limonène, Géraniol, Néral, Geraniol et Ar-curcumène	Tunisie	Rezig <i>et al.</i> (2019)
Z-Citral, E-Citral, Caryophyllène oxide et α -Curcumène	Brésil	Parodi <i>et al.</i> (2013)

4.5. Toxicité des HEs à l'égard des moustiques

Le contrôle actuel des moustiques dépend largement de la pulvérisation d'insecticides chimiques pour réduire les populations des moustiques soit au stade immature ou au stade adulte (Benelli *et al.*, 2021). Bien que ces insecticides ont connu un grand succès dans le passé (Soper, 1963), récemment, leur efficacité a diminué en raison de divers facteurs non seulement parce que les moustiques deviennent résistants aux insecticides tels que les pyréthrinoïdes et les organophosphorés mais aussi parce que l'utilisation intensive des insecticides chimiques a un effet indésirable sur les espèces non cibles et sur la santé humaine (Spinozzi *et al.*, 2021). Ces dernières années, un grand intérêt a été porté aux produits naturels tels que les insecticides d'origine végétale (Chellappandian *et al.*, 2018; Benelli *et al.*, 2019; Pavela *et al.*, 2019; Isman, 2020). Ces insecticides ont plusieurs cibles, ils peuvent affecter le système nerveux des insectes provoquant la paralysie et par la suite la mort de ces derniers, ils peuvent modifier la conductance de plusieurs canaux ioniques (calcique, potassique, sodique), et ils peuvent perturber la disposition des bicouches lipidiques et peuvent également agir au niveau des terminaisons pré-synaptiques (Windley *et al.*, 2012).

Les essais toxicologiques des HEs extraites de *P. sativum* et *L. citriodora* réalisés sur les larves L3 et L4 nouvellement exuviées et sur les pupes de *Cs. longiareolata* et de *Cx. pipiens*, ont révélé des activités larvicides et pupicides de ces huiles avec une relation dose-réponse. De plus, l'huile de *L. citriodora* a montré un pouvoir toxique plus élevé comparativement à celle de *P. sativum*. Khani *et al.* (2012) ont mis en évidence l'effet

inhibiteur de l'huile essentielle de la verveine odorante contre deux insectes : *Tribolium confusum* Jacquelin du Val et *Callosobruchus maculatus* (F.). Ces auteurs ont conclu que cette huile essentielle pourrait être utilisée comme agent de contrôle potentiel contre les insectes de produits stockés. Bien que l'HE de *L. citriodora* présente une forte activité larvicide et pupicide traduite par de faibles concentrations létales; l'huile de *P. sativum* présente un potentiel larvicide et pupicide encore plus marqué dans d'autres travaux. Manimaran *et al.* (2012) ont montré que l'huile extraite de *Mentha piperita* a montré une forte activité larvicide par rapport aux autres huiles essentielles à l'égard des larves L3 d'*An. stephensi* et *Ae. aegypti* avec des CL₅₀ et CL₉₀ de 39,74 et 115,67 ppm et 46,23 et 165,36 ppm, respectivement. De même, l'application de l'HE de *Lavandula dentata* provoque une toxicité à l'égard des larves 4 de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* avec une CL₅₀ de 113,38 et 77,09 ppm respectivement et avec une CL₉₀ de 150,38 et 104,35 ppm respectivement (Dris *et al.*, 2017a). D'autre part, Spinozzi *et al.* (2021) ont révélé que les HEs de 15 espèces appartenant à la famille des Apiaceae possèdent une activité larvicide à l'égard des moustiques avec une CL₅₀ inférieure à 25 ppm et qui peuvent être considérées comme très efficaces. En effet, l'efficacité biologique n'est pas le seul critère à prendre en considération dans la sélection des plantes pour le développement des insecticides d'origine végétale mais il faut tenir compte d'autres critères tels que le rendement de la plante en huile essentielle et le prix de l'huile en tant que substance active pour la production de l'insecticide (Pavela, 2016; Mustafa & Hussein, 2020).

Dans cette étude, on a noté que le stade nymphal est le plus résistant aux HEs extraites des deux plantes. Des résultats similaires ont été obtenus par Andrade-Ochoa *et al.* (2018), où ils ont signalé un effet toxique des HEs de sept plantes à l'égard des larves L3 et des pupes de *Cx. quinquefasciatus* avec une CL₅₀ de 4,60 et 51,60 ppm respectivement. Sarma *et al.* (2017) ont révélé que les stades larvaires de *Cx. quinquefasciatus* sont les stades les plus susceptibles comparativement aux autres stades de développement. De plus, l'étude de Soonwera & Phasomkusolsil (2017) a montré que l'HE de *Z. limonella* est plus efficace sur les stades larvaires d'*Ae. aegypti* et *Cx. quinquefasciatus*. Fox *et al.* (2011) ont signalé que les stades larvaires sont les plus sensibles aux stress physiques et chimiques par rapport aux autres stades.

Il est à noter qu'au cours de notre étude, les larves et les pupes de *Cx. pipiens* étaient plus résistantes par rapport à celles de *Cs. longiareolata*. Le travail de Mahanta *et al.* (2019) a révélé le pouvoir larvicide le plus élevé de l'HE de *Lippia alba* contre les larves de *Cx. quinquefasciatus* (CL₅₀ de 275,66 ppm) versus 631,29 ppm chez *Aedes aegypti* après 24h

de traitement. Des variations de la sensibilité des espèces de moustiques aux HEs ont été démontrées (Amer & Mehlhorn, 2006). Ces variations peuvent être dues à la constitution génétique et au taux de transcription de divers gènes responsables de la production des enzymes de détoxification telles que l'estérase, les oxydases et les glutathion S-transférases (Harker *et al.*, 2013; Sarkar *et al.*, 2009).

Les facteurs responsables de l'effet insecticide sont généralement les constituants majoritaires de l'HE, dont la qualité et la quantité de ces constituants jouent un rôle important (Suttthanont *et al.*, 2010). Les résultats de l'analyse de la composition chimique des HEs obtenues dans notre étude révèlent la prédominance du D-Limonène pour les deux plantes. Le limonène est considéré comme un important insecticide à cause de sa faible toxicité envers les Mammifères et de sa biodégradabilité élevée (Aidi Wannes, 2011). Perumalsamy *et al.* (2009) ont montré que le Limonène possède une excellente activité larvicide à l'égard des larves L3 de *Cx. pipiens*, *Ae. aegypti* et *Ochlerotatus togoi* avec des CL₅₀ de l'ordre de 13,26 ; 24,47 et 19,20 ppm, respectivement. Le limonène, γ -Terpinène, α -Pinène, Thymol et Pulégone sont des monoterpènes soit hydrocarbonés ou oxygénés provoquant une neurotoxicité chez les moustiques (Spinozzi *et al.*, 2021). De plus, l'huile essentielle extraite de *Mentha pulegium*, dont le pulegone est le chémotype, possède une activité larvicide à l'égard des larves de quatrième stade nouvellement exuviées de *Cx. pipiens*, *Aedes caspius* avec des CL₅₀ de 38,75 et 28,16 ppm et avec des CL₉₀ de 85,91 et 53,75 ppm (Guenez *et al.*, 2018). D'autre part, les travaux de Kaur *et al.* (2019), ont montré que le Citral (Géranial) possède une activité insecticide très intense. Manh *et al.* (2020) ont enregistré que l'HE de *Cymbopogon citratus* où le chémotype est le Géranial (49,3%) /Néral (36,2%) a un pouvoir larvicide à l'égard des larves de *Ae. aegypti* avec une CL₅₀ de 120,6 ppm.

Plusieurs mécanismes à partir desquels ces huiles induisent des effets neurotoxiques tels que leurs effets sur les récepteurs GABA; les récepteurs d'octopamine ou sur l'acétylcholinestérase (Rattan, 2010). De plus, l'effet synergique des constituants de l'HE augmente leur activité larvicide (Dhinakaran *et al.*, 2019). Pavela (2014) a mis l'accent sur l'importance d'utiliser des combinaisons de substances actives des HEs, avec différents mécanismes d'action, afin d'empêcher le développement de populations résistantes.

4.6. Effet des HEs sur la durée de développement des moustiques

La durée de développement de chaque stade dépend de la température, de la nourriture et d'autres facteurs comme les insecticides qui entraînent une perturbation de la durée de

développement pour la plupart des insectes et spécialement les moustiques (Aïssaoui, 2014). Dans notre étude, le traitement des larves L3 de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* par les HEs de *P. crispum* et *L. citriodora* affecte la durée de développement des deux espèces de moustiques. En effet, ces huiles augmentent la durée de développement des larves L4 et des pupes chez *Cs. longiareolata* et *Cx. pipiens*. Les résultats obtenus par Matoug (2018) ont montré un allongement de la durée du cycle de développement de *Cx. pipiens* après traitement à l'azadiractine et l'extrait aqueux et éthanolique des fleurs de *P. harmala*. De même, Draouet *et al.* (2020) ont montré que le traitement des larves L4 de *Cx. pipiens* par les extraits éthanoliques des feuilles et des fleurs de *Borago officinalis* allongent la durée de développement des larves L4 et des pupes de cette espèce de moustique.

Plusieurs travaux ont signalé des perturbations de la durée de développement notamment ceux de Ganassi *et al.* (2021) sur *Ae. albopictus* et qui ont montré que les alcaloïdes extraits des plantes de la famille des Amaryllidaceae allongent la durée de développement larvaire et nymphal. L'étude de Sun *et al.* (2012) a révélé que le traitement de *Spodoptera litura* par l'extrait de *Cynanchum mongolicum* augmente la durée de développement en particulier celle des larves L3 jusqu'à l'émergence. L'effet des extraits des plantes sur le développement larvaire et nymphal peut être dû à leur effet comme régulateur de croissance chez les larves en provoquant l'allongement de la durée de développement des stades larvaires et la mort des pupes (Ganassi *et al.*, 2021).

Par ailleurs, un allongement de la durée du développement a été également constaté chez *Cx. pipiens* (Djehader, 2014) et *Cs. longiareolata* (Bouaziz *et al.*, 2011) traités avec le Novaluron.

4.7. Effet sur le sex ratio

Chez la plupart des espèces nuisibles, le nombre et la productivité des femelles déterminent la taille de la prochaine population. L'induction des populations mâles pourrait être ainsi une méthode alternative pour supprimer ou éliminer des populations nuisibles (Galizi *et al.*, 2014). L'introduction des facteurs favorisant la production des mâles dans une population nuisible a été prédit comme stratégie de contrôle très efficace (Hickey & Craig, 1966). Dans la présente étude, les résultats obtenus ont montré un effet marqué de l'HE de *P. sativum* sur le sexe ratio chez *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* traités à la CL₂₅ et à la CL₅₀. Par ailleurs, aucun effet n'a été enregistré après traitement à l'huile de *Lippia citriodora*.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Draouet *et al.* (2020) qui ont montré que le sexe ratio chez *Cx. pipiens* traité par l'extrait éthanolique des feuilles de *Borago officinalis* a été modifié, par contre, aucun effet n'a été signalé après traitement à l'extrait éthanolique des fleurs de la même plante. Les résultats obtenus par Bouzidi *et al.* (2020) ont montré que l'application de l'HE du *Laurus nobilis* sur les larves L4 de deux espèces de moustiques, *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* a provoqué l'émergence des femelles plus que les mâles. Des résultats similaires ont montré que le sex-ratio des adultes était significativement en faveur des mâles issus des œufs traités avec la CL₅₀ et la LC₉₀ du méthoxyfénozide (Hamaidia & Soltani, 2019). Les expériences menées par Klys (2012), ont montré des changements significatifs dans la structure sexuelle des insectes ravageurs des produits stockés (*Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* et *Oryzaephilus surinamensis*) suite à l'application des extraits de plantes qui a entraîné une augmentation de la proportion des mâles vivants par rapport aux femelles. L'exposition précoce de la *Drosophila melanogaster* à l'azadirachtine affecte le développement de l'adulte et un sex-ratio masculin biaisé (Ferdenache *et al.*, 2019). Les observations cytologiques ont indiqué que le biais du sex-ratio envers le mâle chez *Ae. meigen* est associé à une rupture préférentielle du chromosome X pendant la méiose masculine (Newton *et al.*, 1976). Les mécanismes moléculaires de la distorsion du sex-ratio ont été attribués à une endonucléase de référence hautement spécifique I-PpoI7, qui coupe une séquence conservée sur le chromosome X du moustique (*An. gambiae*) et des expériences ont indiqué que la majorité des embryons chez *An. gambiae* avaient été fécondés par des spermatozoïdes porteurs de Y (Windbichler *et al.*, 2007 ; 2008). Par contre, les extraits aqueux des feuilles et d'écorce de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) n'ont montré aucun effet sur le sex-ratio de *Spodoptera frugiperda* (Sâmia *et al.*, 2016). Les travaux de Shaalan *et al.* (2005) ont montré que le traitement avec un mélange contenant des insecticides et d'HE de *Callitris glaucophylla* n'affecte pas le sex ratio chez *Ae. aegypti*. De même, Biddinger *et al.* (2006) ont révélé que le sexe ratio est biaisé chez les mâles de *Platynota idaeusalis* (Lepidoptera) traités par le tébufénozide.

4.8. Effet sur les aberrations morphologiques

Les HEs et leurs constituants perturbent l'équilibre endocrinologique des insectes. Elles ont induit une neurotoxicité via divers mécanismes perturbant ainsi le processus normal de la morphogénèse (Chantawee & Soonwera, 2018).

Nos résultats corroborent avec ceux déjà rapportés par d'autres chercheurs, révélant des changements morphologiques similaires tels que la pigmentation de la tête et de l'abdomen, la déformation du corps, et rétrécissement de la cuticule. Plusieurs auteurs ont rapporté des aberrations morphologiques induites par des extraits de plantes chez les moustiques. Soonwera & Phasomkusolsi (2016) ont noté des anomalies morphologiques chez les larves, les pupes et les adultes d'*Ae. aegypti* et d'*An. dirus* après le traitement des larves L3 et L4 par les HEs de *Cymbopogon citratus* et de *Syzygium aromaticum*. De même, les huiles extraites de *Trigonellafoenum-grecum*, *Cyperus esculentus*, *Brassica compestris*, *Boswellia serrata*, *Eruca sativa* et *Carum petroselinum* provoquent des anomalies morphologiques diverses chez les larves, les pupes et les adultes de *Cx. pipiens* (Khater, 2013). El-Sabroun *et al.* (2020) ont révélé également des malformations chez *Cx. pipiens* après traitement aux HEs extraites de quatre plantes aromatiques avec des taux de 6,67 à 28,0% chez les pupes et de 1,67 à 13,33% chez les adultes, indiquant ainsi que ces huiles perturbent l'équilibre hormonal de l'insecte.

Des études antérieures révèlent que les HEs et les terpènes peuvent perturber les hormones régulatrices de la croissance (Amos *et al.*, 1974 ; Palanikumar *et al.*, 2017). L'étude d'El Zayyat *et al.* (2018) a noté des malformations suite au traitement des larves de *Cx. pipiens* par l'eau de rose telles que la pigmentation des larves et des pupes ainsi que l'amincissement des ailes des adultes. Rocha *et al.* (2015) ont rapporté des changements morphologiques des papilles anales chez les larves d'*Ae. aegypti* exposées à certaines HEs et leurs principaux constituants tels que le Limonène. Les mêmes observations ont été faites par Chantawee & Soonwera (2018) après traitement des larves d'*Ae. aegypti* par les HEs de quatre plantes, *Alpinia galanga*, *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* et *Pimpinella anisum*. Ces résultats sont en accord avec les recherches d'Osman *et al.* (2020) qui ont montré que l'*Eucalyptus globulus* et *Ocimum basilicum* pouvaient provoquer une malformation importante des antennes larvaires, du siphon et des pièces buccales des adultes de *Cx. pipiens*.

4.9. Impact des HEs sur la croissance des moustiques

Le poids corporel chez les insectes dépend généralement de la présence de la nourriture dans leurs habitats, des conditions environnementales et surtout des caractères héréditaires de chaque espèce (Braquenier, 2009). La taille corporelle des moustiques peut influencer un certain nombre de facteurs tels que la fécondité, le repas sanguin, et le taux d'attaque de

l'hôte (Farjana & Tuno, 2012). Une relation entre la fécondité et la taille corporelle est rapportée chez plusieurs espèces de moustiques (Briegel & Timmermann, 2001).

Les résultats de notre étude ont montré que les HEs extraites de deux plantes, affectent la croissance pondérale et linéaire des individus en réduisant le poids et le volume corporel des larves L3 et L4 et des pupes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*. Nos résultats ont montré une grande concordance avec l'hypothèse de Sánchez Chopa & Descamps (2012) qui révèle une forte corrélation entre la toxicité des HEs et leurs impacts métabolique, biochimique, physiologique et morphologique (taille du corps, texture et épaisseur de la cuticule). Des résultats similaires ont été signalés par Dris (2019) qui a enregistré une diminution du poids et du volume corporels des larves, des pupes et des adultes mâles et femelles traités par les HEs de *Mentha piperita*, *Lavandula dentata* et *Ocimum basilicum*. Les mêmes observations ont été signalées chez *Cs. longiareolata* (Bouabida & Dris, 2020) et chez *Cx. pipiens* (Dris & Bouabida, 2020) traités à l'HE de *Ruta graveolens*. Des travaux sur les biopesticides d'origine végétales ont montré des effets délétères sur la croissance et le développement des insectes, en réduisant le poids des larves, des pupes et des adultes et l'allongement des stades de développement (Talukder, 2006 ; Al-Mekhlafi *et al.*, 2020). En outre, les travaux de Guenez (2020) ont montré une inhibition de la croissance pondérale et linéaire chez *Cx. pipiens*, *Cs. longiareolata* et *Ae. caspius* traités par les HEs de *Mentha pulegium* et *Laurus nobilis* et chez *Cx. pipiens* traité par *Origanum vulgare* et *Thymus vulgaris* (Bouguerra, 2019). Par ailleurs, Zeghib (2022) a mis en évidence une perturbation de la biométrie des larves L4 traitées aux HEs extraites de *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia campestris*. Les composés de ces huiles agissaient individuellement ou en synergie comme un mimique ou un analogue de l'hormone juvénile (HJ) et affectaient la croissance et le développement (Shazad *et al.*, 2018). L'inhibition de la croissance larvaire pourrait être expliquée par une perturbation de la production d'hormone de croissance par cette huile. Cela suggère que certains composés bioactifs ont définitivement perturbé la régulation endocrinienne de la mue et de la métamorphose et agissent comme régulateur de croissance des insectes (IGR) ayant probablement des propriétés analogues aux hormones juvéniles (JH) (Kabir *et al.*, 2013).

4.10. Impact des HEs sur les réserves énergétiques des moustiques

Le contenu énergétique total d'un animal dépend de la quantité de glucides, de protéines et de lipides contenus dans son corps (Brey, 1988). Van Handel (1972) a signalé que la capacité d'un moustique à survivre, et donc à transmettre des maladies, dépend en grande

partie de ses réserves énergétiques. L'exposition de l'organisme aux xénobiotiques peut modifier la synthèse de certains métabolites et perturbe le fonctionnement de l'organisme (Bouaziz *et al.*, 2011). Les huiles essentielles extraites à partir de plusieurs plantes peuvent engendrer des perturbations biochimiques exprimées par une augmentation ou un déclin en différents métabolites (protéines, carbohydrates, lipides) (Bouguerra, 2019).

Les protéines jouent un rôle fondamental dans diverses réactions et peuvent assurer la catalyse biochimique, la régulation hormonale et s'intègrent dans la cellule en tant qu'éléments structuraux en même temps que les glucides et les lipides. Ces métabolites sont synthétisés dans le corps gras (Keely, 1985), puis transportés vers les organes utilisateurs (Dapporto *et al.*, 2008; Zhou & Miesfeld, 2009) via l'hémolymphe (Keely, 1985). Dans les études physiologiques, la détermination des protéines totales et de nombreuses macromolécules chimiques (lipides; glucides) est important (Yazdani *et al.*, 2014). Les résultats obtenus, au cours de notre expérimentation, montrent que l'application des HEs (CL₂₅ et CL₅₀) de *P. sativum* et de *L. citriodora* sur les larves L3 et L4 et les pupes de *Cx. pipiens* et de *Cs. longiareolata*, diminue le contenu en protéines totales. Des résultats similaires ont été enregistrés chez ces deux espèces de moustiques suite à un traitement par les HEs de trois plantes, la lavande, le basilic et la menthe (Dris, 2019), chez *Cx. pipiens* traité par les HEs du thym et de l'origan (Bouguerra, 2019), chez *Culex*, *Culiseta* et *Aedes* traités par les HEs de la menthe pouliot (Guenez, 2020) et chez *Culex* et *Culiseta* traités au laurier (Bouzidi, 2020). Les résultats de Sharma *et al.* (2011) ont montré que les teneurs en protéines ont été réduites à 63,13% et 92,62% chez les Anophelinés et à 32,39% et 48,12% chez les larves de Culicinés après traitement aux extraits d'*Artemisia annua* et d'*Azadirachta indica*, respectivement. De même, Une réduction significative du contenu en protéines a été observée chez *Glyphodes pyloalis* traitée par l'HE de *Lavandula angustifolia* (Yazdani *et al.*, 2013). De plus, le taux de protéines est significativement diminué chez les larves L4 de *Cs. longiareolata* traitées par l'HE de *Ruta graveolens* (Bouabida & Dris, 2020) et chez les larves L3 et L4 de *Cx. pipiens* traitées par l'HE de la même plante (Dris & Bouabida, 2020). Par contre, une augmentation de ce composé biochimique a été constatée chez les larves L4 de *Cx. pipiens* traité au *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia campestris* (Zeghib, 2022).

La réduction des protéines est un phénomène fréquent chez les insectes traités par les produits toxiques (Nathan *et al.*, 2008), et qui peut être attribuée à un ou plusieurs facteurs, tels que la diminution de leur synthèse ou augmentation de leur dégradation pour détoxifier les principes actifs présents dans les extraits de plantes ou les HEs (Vijayaraghavan *et al.*,

2010). La dégradation des protéines en acides aminés a pour but de faciliter leur incorporation dans le cycle de Krebs comme acides cétoniques afin de compenser les faibles taux d'énergie causés par le stress (Nath *et al.*, 1997). De plus, la réduction en réserve protéique peut être également due à l'adaptation physiologique de l'insecte à un état de stress causé par les insecticides (Ribeiro *et al.*, 2001).

Les glucides, en tant qu'éléments énergétiques, jouent un rôle essentiel dans la physiologie des insectes et les taux de glycogène et de tréhalose dans les tissus et l'hémolymphe sont étroitement liés aux événements physiologiques comme la mue et la reproduction (Wiens & Gilbert, 1968). Le tréhalose est la fraction la plus importante des glucides circulants. Il joue un rôle métabolique de premier plan dans le cycle de développement (Steele, 1981) et constitue une source énergétique essentielle en libérant le glucose sous l'action d'une enzyme, la tréhalase (Wyatt, 1967). La quantité de glycogène varie largement selon le stade, l'état nutritionnel et les besoins énergétiques de l'insecte. Nayar & Van Handel (1971) ont trouvé que le glycogène est utilisé comme combustible pour le vol.

Nos résultats indiquent une réduction significative du contenu en glucides chez les larves L3 et L4 et les pupes de deux espèces de moustiques traitées par les deux plantes testées, avec un effet marqué sur *Cs. longiareolata*. Cet épuisement pourrait être expliqué par une demande accrue d'énergie et d'un métabolisme intense en raison de l'effet de l'huile et l'état de stress des insectes (Sancho *et al.*, 1998 ; Olga *et al.*, 2006). Des résultats similaires ont été observés par Dris *et al.* (2017 b) qui ont noté une diminution des glucides totaux chez les larves et les pupes de *Cx. pipiens* traitées aux huiles de l'*Ocimum basilicum* et par Bouguerra *et al.* (2018) chez les larves de la même espèce traitées avec l'HE de *Thymus vulgaris*. Plusieurs travaux ont montré les effets négatifs des HEs sur les réserves glucidiques (Sak *et al.*, 2006 ; AbdulRazak & Sivasubramanian, 2007 ; Yazdani *et al.*, 2013 ; Bouabida & Dris, 2020; Dris & Bouabida, 2020). D'autre part, Draouet *et al.* (2020) ont révélé une diminution significative du taux de glucides chez les pupes de *Cx. pipiens* traitées avec les extraits éthanoliques des feuilles et des fleurs de *Borago officinalis*. De plus, une diminution du taux de glucides a été notée chez les larves de *Cx. quinquefasciatus* traitées par l'extrait éthanolique des feuilles de *Catharanthus roseus* (Shoba, 2018) et par l'huile des feuilles de *Jatropha gossypifolia* (Johnson & Singh, 2017) et chez *Ae. aegypti* traité aux extraits de *Ziziphus jujuba* (Devi & Bora, 2017).

Les lipides sont également des composants importants formés des acides gras, des phospholipides et des stérols qui font partie intégrante des parois cellulaires des insectes et contribuent également à d'autres fonctions (Chapman, 1998). Plusieurs études ont

démonstré que les triglycérides, dont le corps gras est le site majeur de stockage chez les insectes, sont une réserve métabolique importante.

Dans la présente étude, les résultats obtenus montrent que le traitement des larves et des pupes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* par les HEs extraites à partir de *P. sativum* et de *L. citriodora* avec la CL₂₅ et la CL₅₀ affecte le contenu en lipides. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Bouabida & Dris (2020) et Dris & Bouabida (2020) qui ont constaté une réduction du contenu en lipides chez les larves L4 de *Cs. longiareolata* et *Cx. pipiens* après traitement à l'HE de *Ruta graveolens*. Des résultats similaires ont été observés chez les larves L4 de *Cx. pipiens* traitées aux HEs de *T. vulgaris* et d'*O. vulgare* (Bouguerra, 2019), chez *Cx. pipiens*, *Cs. longiareolata* et chez *Ae. caspius* traités à la Menthe pouliot (Guenez, 2020), chez *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* traités au *Laurus nobilis* (Bouzidi, 2020) et chez *Cx. pipiens* traité au Romarin (Zeghib, 2022). En outre, l'extrait éther de pétrole de l'*Artemisia annua* réduit la teneur en lipides totaux chez les larves de *Cx. quinquefasciatus* (Sharma *et al.*, 2011). Le taux de lipides chez les larves 4 de *Glyphodes pyloalis* a été affecté après traitement à l'huile de *Lavandula angustifolia* (Yazdani *et al.*, 2013). War *et al.* (2013) ont observé également une diminution du contenu en lipides chez *Helicoverpa armigera* après traitement à l'HE d'*Azadirachta indica*. Ainsi, Sneha & Preet (2016) ont étudié l'effet de l'HE de neem sur les larves d'*Ae. aegypti* et ont signalé une diminution de 82% du contenu en lipides chez les traités comparativement aux témoins.

L'épuisement des lipides après traitement aux produits toxiques pourrait être dû à une altération de leur synthèse (Klowden, 2007), à un dysfonctionnement hormonal pour le contrôle du métabolisme lipidique (Steel, 1985) et à l'utilisation de cette réserve métabolique. Une perturbation des composés biochimiques peut avoir un effet direct ou indirect sur les adultes émergés (Sak *et al.*, 2006).

*CONCLUSION ET
PERSPECTIVES*

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En raison des problèmes liés à l'utilisation des insecticides chimiques et leur impact nocif sur la santé et l'environnement, le recours à des alternatives naturels remplaçant les insecticides de synthèse et présentant des avantages écologiques et économiques s'avère nécessaire.

L'application des huiles essentielles dans le domaine de la lutte a augmenté au cours des dernières années en raison de leur disponibilité et leurs propriétés biologiques. Elles contiennent une large gamme de composés bioactifs tels que les monoterpènes dont beaucoup sont sélectifs et ont peu ou pas d'effets nocifs sur les organismes non ciblés et sur l'environnement.

Les deux plantes étudiées ont présenté une anatomie typique marquée par la présence des bandelettes sécrétrices des HEs au niveau de la graine de *P. sativum* et des trichomes glandulaires sécrétrices des HEs au niveau de la feuille de *L. citriodora*.

Le screening phytochimique de ces deux plantes montre la présence des principes actifs, des flavonoïdes, des saponines, des alcaloïdes, des terpénoïdes et des stéroïdes dans l'extrait des graines de persil et des flavonoïdes, des saponines, des tanins catéchiques, des terpénoïdes et des stéroïdes dans l'extrait des feuilles de la verveine odorante.

Les huiles essentielles des deux plantes présentent des rendements de 2,12 % et 0,24 % de la matière sèche des graines de *P. sativum* et des feuilles de *L. citriodora* respectivement. L'analyse chimique par CPG-SM de l'HE extraite de *P. sativum* a révélé une abondance des composés monoterpéniques dominés par la présence d'un chémotype Pulégone (51,06%)/D-Limonène (18,77%). L'HE de *L. citriodora* est caractérisé par la présence de D-Limonène (21,13%) et de Géraniol (16,52%) comme composés majoritaires.

Ces HEs ont été testées sur *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, les espèces de moustiques les plus abondantes dans la région de Tébessa. Leurs actions ont été évaluées sur plusieurs aspects: toxicologie, développement, morphométrie et biochimie.

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer les concentrations létales des huiles essentielles de deux plantes à l'égard des larves L3, L4 et des pupes nouvellement exuviées de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*. Ils ont révélé un effet insecticide avec une relation dose-réponse. Les HEs de *P. sativum* et de *L. citriodora* présentent un pouvoir larvicide important contre les deux espèces de moustiques. *Cx. pipiens* est l'espèce la plus résistante aux traitements appliqués comparativement à *Cs. longiareolata*. De plus, les larves sont les plus sensibles aux traitements comparativement aux pupes.

L'effet des HEs de *P. sativum* et de *L. citriodora* sur le développement des moustiques révèle un allongement de la durée de développement de ces deux espèces avec un effet marqué chez *Cs. longiareolata*. Le sex ratio révèle une augmentation de la proportion des mâles par rapport aux femelles chez les deux espèces traitées à l'HE de *P. sativum*. Des aberrations morphologiques variées ont été constatées après le traitement des larves L3 de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* par les huiles essentielles de *P. sativum* et *L. citriodora*.

De plus, les HEs extraites de deux plantes affectent la croissance pondérale et linéaire des individus en réduisant le poids et le volume corporel des larves L3 et L4 et des pupes de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*.

Enfin, les réserves énergétiques des individus sont également perturbées sous l'effet des huiles essentielles. Les résultats révèlent une diminution significative du contenu en protéines, glucides et lipides chez les individus des différents stades étudiés.

Cette étude basée sur l'utilisation des plantes aromatiques comme insecticide, ouvre de larges perspectives dans le domaine des connaissances fondamentales, d'une part et dans le domaine appliqué d'autre part. A l'avenir, il serait intéressant de compléter le présent travail par:

- Evaluation de l'effet des principes actifs (composants majoritaires) des huiles essentielles des plantes et leur formulation pour leur application comme biocide.
- Etude de l'impact des différentes techniques d'extraction (distillation à vapeur saturée, hydrodiffusion) sur la quantité et la qualité des huiles ainsi que sur leur pouvoir larvicide.
- Etude de l'effet répulsif et fumigant de ces HEs à l'égard des adultes mâles et femelles des espèces testées.
- Evaluation de l'activité antibactérienne, antifongique et antioxydante de ces HEs.
- Evaluation de l'effet de ces huiles sur le potentiel reproducteur des moustiques (fécondité et fertilité).

RESUMES

VI. Résumé

La présente étude a pour but d'identifier deux plantes aromatiques, *Petroselinum sativum* et *Lippia citriodora* par une étude anatomique et un screening phytochimique, de déterminer la composition chimique des huiles essentielles extraites de ces deux plantes, et d'évaluer leurs activités larvicides et pupicides à l'égard de deux espèces de moustiques, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* (Diptera, Culicidae). Les effets de ces huiles ont été examinés sur le développement, les paramètres morphométriques et la composition biochimique des larves et des pupes.

Les deux plantes étudiées ont présenté une anatomie marquée par la présence des bandelettes sécrétrices au niveau de la graine de *P. sativum* et des trichomes glandulaires au niveau de la feuille de *L. citriodora*.

Le screening phytochimique de ces deux plantes montre la présence des flavonoïdes, des saponines, des alcaloïdes, des terpénoïdes et des stéroïdes dans les graines de persil et des flavonoïdes, des saponines, des tanins catéchiques, des terpénoïdes et des stéroïdes dans les feuilles de la verveine odorante.

Le rendement des HEs de *P. sativum* et de *L. citriodora* présente respectivement des valeurs de 2,12% et 0,24% de la matière sèche. L'analyse chimique déterminée par CPG/SM, a montré que les HEs de *P. sativum* et de *L. citriodora* contiennent 25 et 77 composés respectivement avec les chémotypes Pulégone (51,06%)/D-Limonène (18,77%) et D-Limonène (21,13%)/Géraniale (16,52%), respectivement.

Les tests toxicologiques ont révélé des activités larvicide et pupicide de ces HEs. Elles sont plus toxiques à l'égard de *Cs. longiareolata* comparativement à *Cx. pipiens* et les stades larvaires sont les plus sensibles.

L'application de ces HEs provoquent un allongement de la durée de développement des moustiques avec un effet marqué chez *Cs. longiareolata* et une modification du sexe-ratio des deux espèces. De plus, des aberrations morphologiques variées ont été observées après traitement des larves L3 de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*.

Par ailleurs, l'étude morphométrique montre que les HEs provoquent une diminution de la croissance des individus des différents stades étudiés. De plus, elles réduisent significativement le taux de protéines, de glucides et de lipides chez les larves et les pupes.

Mots clés: Anatomie, Screening phytochimique, Huiles essentielles, Toxicité, Sex-ratio, Développement, Morphométrie, Composition biochimique.

Abstract

The present study was undertaken in order to identify two aromatic plants, *Petroselinum sativum* and *Lippia citriodorab*y an anatomical study and a phytochemical screening, to determine the chemical composition of the essential oils extracted from these two plants and to assess their larvicidal and pupicidal activity against two mosquito species, *Culex pipiens* L. and *Culiseta longiareolata* A. (Diptera, Culicidae). The effects of these oils were examined on the development, the morphometric parameters and the biochemical composition of larvae and pupae.

The two plants presented an anatomy marked by the presence of secretory strips in *P. sativum* seed and glandular trichomes in *L. citriodora* leaf. Phytochemical screening indicates the presence of flavonoids, saponins, alkaloids, terpenoids and steroids in the parsley seeds and flavonoids, saponins, catechic tannins, terpenoids and steroids in the verbena leaves.

The yield of EOs from *P. sativum* seeds and *L. citriodora* leaves shows values of 2.12% and 0.24% of the dry weight, respectively. Their chemical composition investigated by GC/MS, showed that *P. sativum* and *L. citriodora* essential oils contained 25 and 77 compounds respectively, with Pulegone (51.06%)/D-Limonene (18.77%) and D-Limonène (21.13%)/Geranial (16.52%) as major components respectively.

Toxicological tests revealed larvicidal and pupicidal activities of these essential oils. They are more toxic to *Cs. Longiareolata* as compared to *Cx. pipiens* and the instar larva is the most sensitive.

The application of these EOs causes an extension of the development time of mosquitoes with a marked effect in *Cs. longiareolata* and a change in the sex ratio of the two species. In addition, various morphological aberrations were observed after treatment of the third instar larvae of *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata*.

Furthermore, the morphometric study showed that the tested EOs cause a decrease in the individual growth of different developmental stages. Moreover, they significantly reduce protein, carbohydrate and lipid levels in larvae and pupae.

Keywords: Anatomy, Phytochemical screening, Essential oils, Toxicity, Sex-ratio, Development, Morphometry, Biochemistry.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تعريف نبتتين عطريتين *Petroselinum sativum* و *Lippia citriodora* بواسطة دراسة تشريحية وفحص كيميائي نباتي، تحديد التركيبة الكيميائية للزيوت الأساسية المستخلصة من هاتين النبتتين وتحديد فعاليتها ضد يرقات و عذراء *Culiseta longiareolata* و *Culex pipiens*. تأثيرات هذه الزيوت تم فحصها على التطور، على المعايير القياسية و البيوكيميائية لليرقات والعذراء.

أظهرت الدراسة التشريحية للنبتتين وجود شرائط مفرزة للزيوت الأساسية على مستوى بذرة *Petroselinum sativum* وجيوب مفرزة للزيوت الأساسية على مستوى ورقة *Lippia citriodora*. الفحص الكيميائي النباتي أظهر وجود عدة مستقلبات ثانوية في بذور *Petroselinum sativum* وفي أوراق *Lippia citriodora*

مردود الزيوت الأساسية المستخلصة من *Petroselinum sativum* و *Lippia citriodora* يظهر قيم 2,12% و 0,24% من المادة الجافة على التوالي. وكشف التحليل الكيميائي عن طريق (CPG / SM) لهذه الزيوت عن وجود 25 و 77 مركبا مع توفرها على (18,77%) /D-Limonène (51,06%) Pulegone و-D Limonène(21,13%)/Geranial (16,52%) كمكونات سائدة في *Petroselinum sativum* و *Lippia citriodora* على التوالي.

أظهرت اختبارات السمية أن هذه الزيوت تمتلك خصائص مبيدات حشرية كما أن *Cs. longiareolata* هو البعوض الأكثر حساسية و الأطوار اليرقية هي الأكثر حساسية

الزيوت الأساسية المستخلصة من *Petroselinum sativum* و *Lippia citriodora* تؤدي إلي زيادة في مدة التطور لهذين النوعين من البعوض مع تأثير معتبر علي *Cs. Longiareolata* وتغيير في نسب الجنسين لهذين النوعين من البعوض. بالإضافة الى ان المعالجة بالزيوت الأساسية للطور اليرقي الثالث يؤدي إلي إحداث تشوهات مظهرية عند *Culiseta longiareolata* و *Culex pipiens*

من جهة أخرى الدراسة القياسية توضح أن الزيوت الأساسية تسبب نقص في نمو الأفراد من مختلف الأطوار المدروسة. كما أنها تنقص من محتوى البروتينات، الكربوهيدرات والدهون عند اليرقات والعذراء.

الكلمات المفتاحية: التشريح، الفحص الكيميائي النباتي، الزيوت الأساسية، السمية، التطور، المعايير القياسية، المعايير البيوكيميائية.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-A-

- Abdel-Malek A, (1960).** The culicine mosquitoes of the northern region of the United Arab Republic. Bulletin de la Société Entomologique d'Egypte. 44: 11-128.
- Abbott, W.B. (1925).** A method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology. 18: 265 – 267.
- Abdul Razak, T. & Sivasubramanian, P. (2007).** Effect of three botanical oils on carbohydrate content in *Cheilomenes sexmaculata* Fabricius and *Chrysoperla carnea* Stephens. Asian Journal of Biochemistry. 2: 124 – 129.
- Adams, R.P. (2007).** Identification of essential oil components by gas chromatograph/mass spectrometry 4th ed. Carol Stream, USA: Allured Publishing Corporation.
- AFNOR, (2000).** Huiles essentielles. Monographies relatives aux huiles essentielles. Tome 2. 6ième edition. Paris.
- Ahmed, E.H.J., Abadi, R.S.M. & Mohammed, A.M.A. (2018).** Phytochemical screening, chemical composition and antioxidant activity of seeds essential oil of *Coriandrum sativum* L. from the Sudan. International Journal of Herbal Medicine. 6 (1): 01-04.
- Aidi Wannas, W. (2011).** Caractérisation biochimique des différents organes de deux variétés de myrte: *Myrtus communis* var. *baetica* & *Myrtus communis* var. *italica* et évaluation de leur activité antioxydante. Thèse de Doctorat en Biologie, Université de Sfax. 212 pages.
- Aïssaoui, L. (2014).** Etude écophysiological et systématique des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique. Thèse de doctorat. Université d'Annaba. 187 pages.
- Akhtar, N., ul-Haq, I. & Mirza, B. (2015).** Phytochemical analysis and comprehensive evaluation of antimicrobial and antioxidant properties of 61 medicinal plant species. Arabian Journal of Chemistry. 4(8): 1-52.
- Al-Hadi, A.H., Al Rahbi, S.S., Akhtar, M.S., Said, S., Wel, A. & Al-Riyami, Q. (2013).** Phytochemical Screening, Antibacterial and Cytotoxic Activities of *Petroselinum Crispum* Leaves Grown in Oman. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences. 9 (1): 61-65.
- Al-Mekhlafi, F.A., Abutaha, N., Al-Malki, A.M. & Al-Wadaan, M. (2013).** Inhibition of the growth and development of mosquito larvae of *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) treated with extract from flower of *Matricaria chamomilla* (Asteraceae). The Entomological Society of Korea and John Wiley & Sons Australia, Ltd. 1-8.
- Amer, A. & Mehlhorn, H. (2006).** Larvicidal effects of various essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* larvae (Diptera: Culicidae). Parasitology Research. 99: 466–472.

- Amos, T.G., Williams, P., Du Guesclin, P.B. & Schwarz, M. (1974).** Compounds related to juvenile hormone: activity of selected terpenoids on *Tribolium castaneum* and *T. confusum*. *Journal of Economic Entomology*. 67: 474–476.
- Amraoui, F., Krida, G., Bouattour, A., Rhim, A., Daaboub, J., Harrat, Z., Boubidi, S.C., Tijane, M., Sarih, M. & Failloux, A.B. (2012).** *Culex pipiens*, an Experimental Efficient Vector of West Nile and Rift Valley Fever Viruses in the Maghreb Region. *PLoS One*. 7 (5): e36757.
- Andrade-Ochoa, S., Sánchez-Aldana, D., Chacón-Vargas, K.F., Rivera-Chavira, B.E., Sánchez-Torres, L.E., Camacho, A.D., Noguera-Torres, B. & Nevárez-Moorillón, G.V. (2018).** Oviposition deterrent and larvicidal and pupaecidal activity of seven essential oils and their major components against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae): Synergism–antagonism Effects. *Insects*. 9: 1–17.
- Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F. & Mahari, S. (2006).** Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 10 (2): 67 – 71.
- Argyropoulou, C., Akoumianaki-Ioannidou, A., Christodoulakis, N.S & Fasseas, C. (2010).** Leaf anatomy and histochemistry of *Lippia citriodora* (Verbenaceae) *Australian Journal of Botany*. 58 (5): 398–409.
- Argyropoulou, C., Daferera, D., Tarantilis, P.A, Fasseas, C. & Polissiou, M. (2007).** Chemical composition of the essential oil from leaves of *Lippia citriodora* H.B.K. (Verbenaceae) at two developmental stages. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35: 831-837
- Arun, K.D., Suresh, K.J. & Swamy, P.S. (2015).** Larvicidal activity and leaf essential oil composition of three species of genus *Atalantia* from south India. *International Journal of Mosquito Research*, 2 (3): 25-29.
- Ascrizzi, R., Fraternali, D. & Flamini, G. (2018).** Photochemical response of parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) grown under red light: The effect on the essential oil composition and yield. *Journal of photochemistry and photobiology*. 185: 185–191.

-B-

- Barclay, G.F. (2015).** Anatomy and Morphology of Seed Plants. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. 1-21.
- Baskar, K., Sudha, V., Nattudurai, V.G., Ignacimuthu, S., Duraipandiyam, V., Jayakumar, M., Al-Dhabi Naif, A. & Benelli, G. (2018).** Larvicidal and repellent activity of the essential oil from *Atalantia monophylla* on three mosquito vectors of publichealth importance, with limited impact on non-target zebra fish. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 101: 197–201.

- Bassols, G.B & Gurni, A.A. (2000).** Comparative anatomical study on Argentine species of *Lippia* Known as “Poleo”. *Pharmaceutical Biology*. 38: 120-128.
- Belkamel, A., Bammi, J., Janneot, V., Belkamel, A., Dehbi, Y. & Douira, A. (2018).** Contribution to the study of the chemical composition of Lemon Verbena: *Aloysia triphylla* (Hert). Britt. cultivated in Morocco. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 3 (2): 321-331.
- Bellakhdar, J. (2006).** Plantes médicinales au Maghreb et soins de base (Précis de phytothérapie moderne). Le Fennec.
- Benelli, G., Pavela, R., 2018.** Beyond mosquitoes-Essential oil toxicity and repellency against blood sucking insects. *Industrial Crops and Products*. 117: 382–392.
- Benelli, G., Pavela, R., Zorzetto, C., Sánchez-Mateo, C.C., Santini, G., Canale, A. & Maggi, F. (2019).** Insecticidal activity of the essential oil from *Schizogyne sericea* (Asteraceae) on four insect pests and two non-target species. *Entomologia Generalis*. 39: 9–18
- Benelli, G., Wilke, A.B., Bloomquist, J.R., Desneux, N. & Beier, J.C. (2021).** Overexposing mosquitoes to insecticides under global warming: a public health concern? *Science of the Total Environment*. 762 pages.
- Biddinger, D., Hull, L., Huang, H., Mcpheron, B. & Loyer, M. (2006).** Sublethal effects of chronic exposure to tebufenozide on the development, survival, and reproduction of the tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*. 99: 834-842.
- Borges, I.B., Cardoso, B.K., Silva, E.S., de Oliveira, J.S., da Silva, R.F., de Rezende, C.M., Gonçalves, J.E., Junior, R.P., de Souza, S.G.H. & Gazim, Z.C. (2016).** Evaluation of performance and chemical composition of *Petroselinum crispum* essential oil under different conditions of water deficit. *African journal of agricultural research*. 11: 480–486.
- Bouabida, H. & Dris, D. (2020).** Effect of rue (*Ruta graveolens*) essential oil on mortality, development, biochemical and biomarkers of *Culiseta longiareolata*. *South African Journal of Botany*. 133: 139-143.
- Bouaziz, A., Boudjelida, H. & Soltani, N. (2011).** Toxicity and perturbation of the metabolite contents by a chitin synthesis inhibitor in the mosquito larvae of *Culiseta longiareolata*. *Annals of Biological Research*. 2 (3): 134-143.
- Bouguerra, N. (2019).** Efficacité comparée des extraits de deux plantes, *Thymus vulgaris* et *Origanum vulgare* à l'égard d'une espèce de moustique, *Culex pipiens* : Composition chimique, Toxicité, Biochimie et Biomarqueurs. Thèse de doctorat. Université de Tebessa. 158 pages.
- Bouguerra, N., Tine-Djebbar, F. & Soltani, N. (2018).** Effect of *Thymus vulgaris* L. (Lamiales: Lamiaceae) Essential oil on energy reserves and biomarkers in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) from Tebessa (Algeria). *Essential Oil Bearing Plants Journal*. 21: 1082–1095.

- Boulkenafet, F. (2006).** Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. Mémoire de Magister en entomologie. Option : application agronomique et médicale. 191 pages.
- Bouzidi, O. (2020).** Efficacité comparée d'une plante médicinale, *Laurus nobilis* à l'égard de deux espèces de moustiques, *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. Thèse de doctorat. Université de Tebessa. 169 pages.
- Bouzidi, O., Tine, S., Hamaidia, K., Tine-Djebbar, F. & Soltani, N. (2020).** Chemical Composition and Bioefficacy of Essential Oil from Bay Laurel Shrub (Laurales: Lauraceae) against *Culiseta longiareolata* (Macquart) (Diptera: Culicidae) Larvae. Journal of Entomological Science. 55 (2): 262–272.
- Bradford, M.M. (1976).** A rapid and sensitive method of the quantitation microgram quantities of protein utilising the principale dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248 – 254.
- Braquenier, J.B. (2009).** Etude de la toxicité développementale d'insecticides organophosphorés : Analyse comportementale de la souris CD1. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat. Université de Liege. 217 pages.
- Brey, T., Rumohr, H. & Anka, S. (1988).** Energy content of macrobenthic invertebrates : general conversion factors from weight to energy. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 117: 271-278.
- Briegel, H. & Timmermann, S.E. (2001).** *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): Physiological aspects of development and reproduction. Journal of Medical Entomology. 38(4): 566-571.
- Bruneton, J. (1999).** Phamacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Lavoisier Tech, et doc Paris. 484–507.
- Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G. & Hervy, J.P. (1999).** Les Culicidés d'Afrique Méditerranéenne. Liste et répartition des espèces. Bulletin de la Societé. Entomologique de France. 8: 91-100.

-C-

- Cantino, P.D. (1990).** The phylogenetic significance of stomata and trichomes in Labiate and Verbenaceae. Journal of the Arnold Arboretum. 71: 323-370.
- Caputo, L., Cornara, L., Raimondo, F.M., De Feo, V., Vanin, S., Denaro, M., Trombetta, D. & Smeriglio, A. (2021).** *Mentha pulegium* L.: A Plant Underestimated for Its Toxicity to Be Recovered from the Perspective of the Circular Economy. Molecules. 26: 1-19.
- Carnat, A., Carnat, A.P., Fraisse, D. & Lamaison, J.L. (1999).** The aromatic and polyphenolic composition of lemon verbena tea. Fitoterapia. 70: 44-49.

- Chantawee, A. & Soonwera, M. (2018).** Larvicidal, pupicidal and oviposition deterrent activities of essential oils from Umbelliferae plants against house fly *Musca domestica*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 11(10): 621-629.
- Chapman, R.F. (1998).** The insects structure and function. fourth edition. Cambridge University Press, Cambridge. 782 pages.
- Chellappandian, M., Vasantha-Srinivasan, P., Senthil-Nathan, S., Karthi, S., Thanigaivel, A., Ponsankar, A., et al., (2018).** Botanical essential oils and uses as mosquitocides and repellents against dengue. *Environment International*. 113: 214–230.
- Couic-Marinier, F. & Lobstein, A. (2013).** Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités Pharmaceutiques*. 52 (525): 22-25.
- Craft, J.D. & Setzer, W.N., (2017).** The volatile components of parsley, *Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss. *American journal of essential oils and natural products*. 5: 27–33.
- D-
- Da Silva, A.J.R., Pérez Sabino, J.F. & Mérida Reyes, M. (2010).** Chemical composition of the essential oil of *Lippia substrigosa* turcz. Growing wild in Guatemala. *Journal of Essential Oil Research*. 22: 107-108.
- Daira, N.E., Maazi, M.C. & Chefrour, A. (2016).** Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) de l'Est Algérien. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 85: 276 – 290.
- Dapporto, L., Lambardi, D. & Turillazzi, S. (2008).** Not only cuticular lipids: first evidence of differences between foundresses and their daughters in polar substances in the paper wasp *Polistes dominulus*. *Journal of Insect Physiology*. 54 (1): 89-95.
- Daradkeh, G. & Essa, M.M. (2018).** Parsley. *Leafy Medicinal Herbs: Botany, Chemistry, Postharvest Technology and Uses*. 189-197.
- De Figueiredo, O.R., Stefanini, M.B., Ming, L.C., Facanali, R. & Marques, M.O.M. (2004).** Essential oil composition of *Aloysia triphylla* (L'herit) Britton leaves cultivated in Botucatu, São Paulo, Brazil . *Future for Medicinal and Aromatic Plants*. 131-134.
- De Oliveira, A.R.M.F., de Oliveira, L.M., Carneiro, J.S., Silva, T.R.D.S. & do Bonfim Costa, L.C. (2018).** Leaf anatomy and essential oil production of *Lippia* native species. *Brazilian Journal of Agriculture*. 93 (3): 324 – 335.
- Devi, U. & Bora, D. (2017).** Growth inhibitory effect of phenolic extracts of *Ziziphus jujuba* Mill. in dengue vector *Aedes aegypti* (L.) in parent and F1 generation. *Asian Pacific Journal Tropical Medicine*. 10: 787-791.
- Dhinakaran, S.R., Mathew, N. & Munusamy, S. (2019).** Synergistic terpene combinations as larvicides against the dengue vector *Aedes aegypti* Linn. *Drug Development Research*. 80: 791–799,

- Djadouni, F. (2020).** Characterization and evaluation of antimicrobial activity of Algerian *Aloysia triphylla* essential oil against clinical female genital pathogens. *Revue Agriculture*. 11(1) : 58 – 67.
- Djeghader, N. (2014).** Impact d'un régulateur de croissance des insectes, novaluron sur *Culex pipiens*, aspects: développemental, structural et hormonal. Université d'Annaba. 100 pages.
- Djengue, H.W., Dansi, A., Assogba, M.F., Ahissou, H., Adjatin, A., Dansi, M. & Gbénou, D.J. (2017).** Phytochemical screening and toxicity of *Lippia multiflora* Moldenke, a minor aromatic leafy vegetable consumed in Benin. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*. 4 (5): 77-84.
- Dong, X., Jiang, Z., Jiang, S. & Li, R. (2017).** Composition comparison of essential oils extracted by hydrodistillation and microwave-assisted hydrodistillation from *Petroselinum crispum* grown in China. *Taylor francis group*. 20: 368 – 374.
- Draouet, C., Hamaidia, K., Brakni, A., Boutemedjet, S. & Soltani, N. (2020).** Ethanolic extracts of *Borago officinalis* L. affect growth, development and energy reserve profile in the mosquito *Culex pipiens*. *Journal of entomological Research*. 44 (2) : 203-210.
- Dris, D. & Bouabida, H. (2020).** Larvicidal activity of an Algerian *Ruta Graveolens* Essential Oil on Mosquito Species *Culex pipiens*. *Transylvanian Review*. 47 : 1-8.
- Dris, D. (2019).** Etude de l'activité larvicide des extraits de trois plantes : *Mentha piperita*, *Lavandula dentata* et *Ocimum basilicum* sur les larves de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* (Linné) et *Culiseta longiareolata* (Aitken). Thèse de doctorat. Université d'Annaba. 165 pages.
- Dris, D., Tine-Djebbar, F. & Soltani, N. (2017a).** *Lavandula dentata* essential oils : chemical composition and larvicidal activity against *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *African Entomology*. 25(2) : 387-394.
- Dris, D., Tine-Djebbar, F., Bouabida, H. & Soltani, N. (2017b).** Chemical composition and activity of an *Ocimum basilicum* essential oil on *Culex pipiens* larvae: toxicological, biometrical and biochemical aspects. *South African Journal of Botany*. 113 : 362–369.
- Duchateau, G. & Florkin, M. (1959).** Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 67: 306-314.
- Dugrand-Judek, A. (2015).** Contribution à l'étude phytochimique et moléculaire de la synthèse des coumarines et furocoumarines chez diverses variétés d'agrumes du genre *Citrus*. Thèse de doctorat. Université de Lorraine. 286 pages.

-E-

- El Zayyat, E.A., Elleboudy, N.A., Mostafa, A.A. & Ammar, A.M. (2018).** Biological and morphological changes in *Culex pipiens* after rose water exposure. *Journal of Life Science*. 10(2): 98-106.

- EL-Akhal, F., Guemmouh, R., Greche, H. & El OualiLalami, A. (2014).** Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc (Valorization as a bio-insecticide of essential oils of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantium* cultivated in center of Morocco). *Journal of Materials and Environmental Science*. 5: 2319–2324.
- EL-Haoud, H., Boufellous, M., Berran, A., Tazougart, H. & Bengueddour, R.A. (2018).** Screening phytochimique d'une plante medicinale: *Mentha spicata* L. *American Journal innovative research applied sciences*. 7(4): 226-233.
- El-Sabrou, A.M., Zoghroban, A.A.M. & Abdelgaleil, S.A.M. (2020).** Chemical composition and effects of four essential oils on mortality, development and physiology of the West Nile virus vector, *Culex pipiens*. *International Journal of Tropical Insect Science*. 40:789–799.
- El-Zaeddi, H., Calín-Sánchez, A., Martínez-Tomé, J., Noguera-Artiaga, L., Burló, F. & Carbonell-Barrachina, A.A. (2016).** Irrigation dose and plant density affect the essential oil content and sensory quality of parsley (*Petroselinum sativum*). *Scientia horticultrae*. 206: 1–6.

-F-

- Faraj, C., Elkohli, M. & Lyagoubi, M. (2006).** Cycle gonotrophique de *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), vecteur potentiel du virus West Nile, au Maroc : estimation de la durée en laboratoire. *Bulletin de la Société Pathologique Exotique*. 99 (2): 119-121.
- Farjana, T. & Tuno, N. (2013).** Multiple blood feeding and host-seeking behavior in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 50: 838–846.
- Farzaei, M.H., Abbasabadi, Z., Ardekani, M.R.S., Rahimi, R. & Farzaei F. (2013).** Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *Journal of Traditional Chinese Medicine*. 15: 815–826.
- Ferdenache, M., Bezzar-Bendjazia, R., Marion-poll, F. & Kilani-Morakchi, S. (2019).** Transgenerational effects from single larval exposure to azadirachtin on life history and behavior traits of *Drosophila melanogaster*. *Scientific reports*. 9 (1): 1-12.
- Festy, D. (2008).** Ma bible des huiles essentielles : guide complet d'aromathérapie. Leduc.s éditions. 552 pages.
- Fitsiou, E., Mitropoulou, G., Spyridopoulou, K., Vamvakias, M., Bardouki, H., Galanis, A., Chlichlia, K., Kourkoutas, Y., Panayiotidis, M.I. & Pappa, A. (2018).** Chemical composition and evaluation of the biological properties of the essential oil of the dietary phytochemical *Lippia citriodora*. *Molecules*. 23 (123): 1-13.
- Fox, C.W., Roff, D.A., & Fairbairn, D.J. (2011).** Evolutionary ecology: concepts and case studies. UK: Oxford University Press.

Franchomme, P. (2015). La science des huiles essentielles médicinales. Guy Trédaniel. 580 pages.

-G-

Galizi, R., Doyle, L.A., Menichelli, M., Bernardini, F., Deredec, A., Burt, A., Stoddard, B.L., Windbichler, N. & Crisanti, A. (2014). A synthetic sex ratio distortion system for the control of the human malaria mosquito. *Nature Communications*. 5 (3977): 1-8.

Ganassi, S., Masi, M., Grazioso, P., Evidente, A. & De Cristofaro, A. (2021). Activity of Some Plant and Fungal Metabolites Towards *Aedes Albopictus* (Diptera, Culicidae). *Toxins*. 13 (4) :1-32

Ghosh, A.K., Ribolla, P.E.M. & Jacobs-Lorena, M. (2001). Targeting Plasmodium ligands on mosquito salivary glands and midgut with a phage display peptide library. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98: 13 278-13 281.

Goldworthy, A.C., Mordue, W. & Guthkelch J. (1972). Studies on insect adipokinetic hormone. *General and Comparative Endocrinology*. 18 : 306-314.

Guenez, R. (2020). Contribution à l'étude de l'activité larvicide des extraits de certaines plantes sur les larves de trois espèces de moustiques *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas) et *Culiseta longiareolata* (Aitken). Thèse de Doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba. 150 pages.

Guenez, R., Tine-Djebbar, F., Tine, S. & Soltani, N. (2018). Larvicidal Efficacy of *Mentha Pulegium* Essential Oil Against *Culex Pipiens* L. And *Aedes Caspius* P. Larvae. *World Journal of Environmental Biosciences*. 7(1):1-7.

Guillaume, C., Guehi, D., Gontard, N. & Gastaldi, E. (2010). Gas transfer properties of wheat gluten coated paper adapted to eMAP of fresh parsley. *Journal of Food engineering*. 119(2): 362-369.

-H-

Hamaidia, H. & Berchi, S. (2018). Systematic and Biotypal study of the family Culicidae (Diptera-Nematocera) in the region of Tebessa (Algeria). *International Journal of Mosquito Research*. 5: 39-46.

Hamaidia, K. & Soltani, N. (2019). Compensation of kinoprene effect on reproduction of *Culex pipiens* by methoxyfenozide, an ecdysone agonist. *J. ent. Res.*, 43 (2): 125-130

Harborne, J.B. (1998). *Phytochemical methods*. London: Chapman and Hall. 286 pages.

Harker, B.W., Behura, S.K., Bruyn, B.S., Lovin, D.D., Mori, A., Romero-Severson, J., & Severson, D.W. (2013). Stage-specific transcription during development of *Aedes aegypti*. *BMC Developmental Biology*. 13-29.

Hickey, W.A. & Craig, G.B. Jr. (1966). Genetic distortion of sex ratio in a mosquito, *Aedes aegypti*. *Genetics*. 53: 1177–1196.

Hopkins, W.G. (2003). *Physiologie végétale*, 2e édition De Boeck., Bruxelles.

-I-

Ibrahim, M.E., Mohamed, M.A. & Khalid, K.A. (2014). Effect of growing locations on the essential oil content and compositions of *Lemon verbena* shrubs under the conditions of Egypt. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 17 (2) 288-294.

Ipor, I.B. & Oyen, L.P.A., (1999). *Petroselinum crispum* (Miller) Nyman ex A.W. Hill. In: de Guzman, C.C., Siemonsma, J.S. (Eds.). *Plant Resources of South-East Asia, Spices*. Leiden: Backhuys Publishers. 13: 172–176.

Isman, M.B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise?. *Annual Review of Entomology*. 65: 233–249.

-J-

Jalal, Z. (2020). Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential oil from *Aloysia citriodora* Leaves (Verbenaceae) cultivated in Morocco. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*. 12 (9): 1227-1232.

Jezler, C.N., Oliveira, A.R.M.F., Batista, R.S., Oliveira, R.A., Silva, D.C. & Costa, L.C.B. (2013). *Lippia alba* morphotypes cidreira and melissa exhibit significant differences in leaf characteristics and essential oil profile. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 23: 217-223.

Johnson, A.D. & Singh, A. (2017). Larvicidal activity and biochemical effects of apigenin against filarial vector *Culex quinquefasciatus*. *International Journal of Life Science Scientific Research*. 3: 1315-1321.

-K-

Kabir, K. E., Choudhary, M. I., Ahmed, S., & Tariq, R. M. (2013). Growth-disrupting, larvicidal and neurobehavioral toxicity effects of seed extract of *Seseli diffusum* against *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Ecotoxicology & environmental Safety*. 90: 52-60.

Kalachanis, D. & Psaras, G.K. (2005). Structure and development of the secretory cavities of *Myrtus communis* leaves. *Biologia Plantarum*. 49 (1): 105–110.

- Kaur, G., Ganjewala, D., Bist, V. & Verma, P.C. (2019).** Antifungal and larvicidal activities of two acyclic monoterpenes; citral and geraniol against phytopathogenic fungi and insects. *Archives of phytopathology and plant protection*. 52: 5-6.
- Keeley, L.L. (1985).** Physiology and biochemistry of fat body. In: Kerkut GA, Gilbert L (Eds.), *Comprehensive Insect Biochemistry, Physiology and Pharmacology*. Pergamon Press, Oxford. 3: 211-248.
- Kemassi, A., Bouziane, N., Boual, Z. & Ould El Hadj, M.D. (2014).** Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Phytothérapie*. 12 (6): 348-353.
- Kendir, G. & Köroğlu, A. (2017).** Morphological and anatomical investigation of drugs sold with the name of Yalancı Melisa (*Aloysia citriodora*) in Turkey. *Biological Diversity and Conservation*. 10 (2): 155-166.
- Khajeh, M., Yamini, Y., Bahramifar, N., Sefidkon, F. & Pirmoradei, M.R. (2005).** Comparison of essential oil composition of *Ferula assafoetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrosistillation methods. *Food Chemistry*. 91: 639-644.
- Khajeh, M., Yamini, Y., Sefidkon, F. & Bahramifar, N. (2004).** Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*. 86: 587-591.
- Khalil, A.F., Elkatry, H.O., Hanaa, F. & El Mehairy, H.F. (2015).** Protective effect of peppermint and parsley leaves oils against hepatotoxicity on experimental rats. *Annals of agricultural science*. 60: 353–359.
- Khani, A., Basavand, F. & Rakhshani, E. (2012).** Chemical composition and insecticide activity of lemon verbena essential oil. *Journal of Crop Protection*. 1 (4): 313-320.
- Khater, H.F. (2013).** Bioactivity of Essential Oils as Green Biopesticides: Recent Global Scenario. *Essential Oils II*. Studium Press LLC. 71 pages.
- Klowden, M.J. (2007).** Physiological systems in insects, Amsterdam: Elsevier, Academic Press. 688 pages.
- Klys, M. (2012).** An influence of herbs on the sex structure in populations of insect pests of stored products. *Journal of Plant Protection Research*. 52 (4): 463–466.
- Kouar, J., Lamsaddek, A., Benchekroun, R., El Amrani, A., Cherif, A., Bellahcen, T.O. & Kamil, N. (2018).** Comparison between electrocoagulation and solvent extraction method in the process of the dechlorophyllation of alcoholic extracts from Moroccan medicinal plants *Petroselinum crispum*, *Thymus satureioides* and microalgae *Spirulina platensis*. *SN Applied Sciences*. 1: 132

Lenoir, L. (2011). Effet protecteur des polyphénols de la verveine odorante dans un modèle d'inflammation colique chez le rat. Thèse de doctorat. Université d'Auvergne. 290 pages.

Louli, V., Folas, G., Voutsas, E. & Magoulas, K. (2004). Extraction of parsley seed oil by supercritical CO₂. Journal of supercritical fluids. 30 : 163–174.

-M-

Mappa, D. (2006). Les Productions légumières : Cahier d'activité .3ème Édition d'Educagri. 163 pages.

Macheix, J.J., Fleuriet, A. & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux, Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. 192 pages.

Mahanta, S., Sarma, R. & Khanikor, B. (2019). The essential oil of *Lippia alba* Mill (Lamiales:Verbenaceae) as mosquitocidal and repellent agent against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) and *Aedes aegypti* Linn (Diptera: Culicidae). The Journal of Basic and Applied Zoology. 80: 1-7.

Mahmoodi, L., Oroj Valizadegan, O., & Mahdavi, V., (2014). Fumigant toxicity of *Petroselinum crispum* L. (Apiaceae) essential oil on *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) adults under greenhouse conditions. Journal of plant protection research. 54: 294–299.

Mahyoub, J.A. 2018. Mosquito Larvicidal activity of seaweed extracts against *Anopheles d'thali* with reference to its side effects on aquatic on target organisms. International Journal of Mosquito Research. 5: 34–38.

Malik, F., Hussain, S., Sadiq, A., Parveen, G., Wajid, A., Shafat, S., Channa, R.A., Mahmood, R., Riaz, H., Ismail, M. & Yasin Raja, F. (2012). Phyto-chemical analysis, anti-allergic and anti-inflammatory activity of *Mentha arvensis* in animals. African Journal of Pharmacy and Pharmacology. 6 (9): 613-619.

Maliki, I., Almehdi, A.M., El Moussaoui, A., Abdel-Rahman, I. & Ouahbi, A. (2020). Phytochemical screening and the antioxidant, antibacterial and antifungal activities of aqueous extracts from the leaves of *Lippia triphylla* planted in Morocco. Moroccan Journal of Chemistry. 8 (4): 943-956.

Manh, H.D., Hue, D.T., Hieu, N.T.T., Tuyen, D.T.T & Tuyet, O.T. (2020).The mosquito larvicidal activity of essential oils from *Cymbopogon* and *Eucalyptus* species in Vietnam. Insects. 11 (128): 1-7.

Manimaran, A., Cruz, M.M.J.J., Muthu, C., Vincent, S. & Ignacimuthu, S. (2012). Larvicidal and knockdown effects of some essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say, *Aedes aegypti* (L.) and *Anopheles stephensi* (Liston). Advances in bioscience and biotechnology. 3: 855–862.

- Marco, C.A., Teixeira, E., Simplicio, A., Oliveira, C., Costa, J. & Feitosa, J. (2012).** Chemical composition and allelopathic activity of essential oil of *Lippia sidoides* Cham. Chilean journal of agricultural research 72(1): 157-160.
- Matoug, H. (2018).** Inventaire de la faune Culicidienne de la région de Skikda et étude du comportement sexuel et alimentaire des Culicidae. Thèse de doctorat. Université d'Annaba. 167 pages.
- Mert, A. & Timur, M. (2017).** Essential oil and fatty acid composition and antioxidant capacity and total phenolic content of parsley seeds (*Petroselinum crispum*) grown in Hatay region. Indian journal of pharmaceutical education and research. 51: 437–440.
- Mothana, R.A.A., Abdo, S.A.A., Hasson, S., Althawab, F.M.N., Alaghbari, S.A.Z. & Lindequist, U. (2010).** Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities and phytochemical screening of some yemeni medicinal plants. ECAM Scientific Journal. 7(3): 323–330.
- Mustafa, I.F. & Hussein, M.Z. (2020).** Synthesis and technology of nanoemulsion-based pesticide formulation. Nanomaterials. 10: 1608

-N-

- Nath, B.S., Suresh, A., Varma, B.M. & Kumar, R.P.S. (1997).** Changes in protein metabolism in hemolymph and fat body of the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) in response to organophosphorus insecticides toxicity. Ecotoxicology & Environmental Safety. 36 (2): 169 – 173.
- Nathan, S.S., Choi, M.Y., Seo, H.Y., Paik, C.H., Kalaivani, K. & Kim, J.D. (2008).** Effect of azadirachtin on acetylcholinesterase (AChE) activity and histology of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål). Ecotoxicology & Environmental Safety. 70(2) : 244-250.
- Nawel, O., Ahmed, H., & Donia zed, E. (2012).** Effect of the essential oils from parsley and fennel seeds on the growth of *Lactobacillus casei* Subsp *Rhamnosus*. Journal of biotechnology biomaterials. 2: 1–5.
- Nawel, O., Ahmed, H., & Donia zed, E. (2014).** Phytochemical analysis and antimicrobial bioactivity of the Algerian parsley essential oil (*Petroselinum crispum*). African Journal of Microbiology Research. 8(11): 1157-1169
- Nayar, J.K. & Van Handel, E. (1971).** The fuel for sustained mosquito flight. J. Insect. Physiol., 17: 471- 481. In: Reisen, W. K., Meyer, R. P. & Milby M. M. (1986) Patterns of fructose feeding by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology. 23: 366 – 373.
- Newton, M.E., Wood, R.J. & Southern, D.I. (1976).** A cytogenetic analysis of meiotic drive in the mosquito, *Aedes aegypti* (L.). Genetica, 46: 297–318.

-O-

- Okan, O.T., Pekközlü, A.K., Onaran, A., Öz, M. & Deniz, I. (2020).** Determination of chemical composition, antioxidant and antifungal properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) and Parsley (*Petroselinum crispum*) seed oil produced in industrial scale. *Journal of Forestry Faculty*. 21(2): 143-153.
- Olga, S., Fevizi, U. & Ekrem, E. (2006).** Effects of Cypermethrin on total body weight, glycogen, protein, and lipid contents of *Pimpla turionellae* L. (Hymenoptera: Ichneumonidae). *The Belgian Journal of Zoology*. 136 (1): 53-58.
- Oliva, M.M., Carezzano, E., Gallucci, N., Freytes, S., Zygodlo, J.A & Demo, M. (2018).** Growth inhibition and morphological alterations of *Staphylococcus aureus* caused by the essential oil of *Aloysia triphylla*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales Aromáticas*. 14 (2): 83 – 91.
- Osman K , AL-Emam A & Moustafa M. (2020).** Secondary plant products against *Culex pipiens* (Linn.), with reference to some changes detected by scanning electron microscope. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 30 (32): 1-7.
- Ozek, T., Kirimer, N., Baser, K.H.C. & Tumen, G. (1996).** Composition of the essential oil of *Alysia triphylla* (L'Hérit) britton grown in Turkey. *Journal of Essential Oil Research*. 8: 581-583

-P-

- Palanikumar, L., Jeena, M.T., Kim, K., Oh, J.Y., Kim, C., Park, M.H. & Ryu, J. (2017).** Spatiotemporally and Sequentially Controlled Drug Release from Polymer Gatekeeper–Hollow Silica Nanoparticles. *Scientific Reports*. 7: 1-9.
- Parodi, V.T., Vargas, A.P.C., Krewer, C., Flores, E.M.M., Baldisserotto, B., Heinzmann, B.M., de Oliveira, J.V., Popiolski, A.S. & Minozzo, M. (2019).** Chemical composition and antibacterial activity of *Aloysia triphylla* (l'hérit) britton extracts obtained by pressurized Co2 extraction. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 56 (2): 283-292.
- Pavela, R. (2014).** Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Bois. (Lep. Noctuidae) larvae. *Industrial Crops and Products*. 60: 247–258.
- Pavela, R. (2016).** History, presence and perspective of plant insecticides and farm products for protection against insects: a review. *Plant Protection Science*. 52: 229–241.
- Pavela, R., Maggi, F., Iannarelli, R. & Benelli, G. (2019).** Plant extracts for developing mosquito larvicides: from laboratory to the field, with insights on the modes of action. *Acta Tropica*. 193: 236–271.
- Pavela, R. (2008).** Larvicidal effects of various Euro-Asiatic plants against *Culex quinquefasciatus* Say larvae (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*. 102: 555–559.

- Pérez-Zamora, C.M., Torres, C.A., Aguado, M.I., Bela, A.J., Nuñez, M.B. & Bregni, C. (2016).** Antibacterial activity of essential oils of *Aloysia polystachya* and *Lippia turbinata* (Verbenaceae). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales Aromáticas. 15 (4): 199 – 205.
- Perumalsamy, H., Kim, N. & Ahn, Y. (2009).** Larvicidal activity of compounds isolated from *Asarum heterotropoides* against *Culex pipiens pallens*, *Aedes aegypti*, and *Ochlerotatus togoi* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology. 46: 1420–1423.
- Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G. & Passam, H.C. (2008).** The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia horticultrae. 115: 393–397.
- Pierre, M. & Lys, M. (2007).** Secrets des plantes pour se soigner naturellement .Edition d'Artemis. 448 pages.
- Pineda, R., Vizcaíno, S., García, C.M., Gil, J.H. & Durango, D. (2018).** Antifungal activity of extracts, essential oil and constituents from *Petroselinum crispum* against *Colletotrichum acutatum*. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 71(3): 8563-8572.
- R-
- Rashidian, A., Farhang, F., Vahedi, H., Dehpour, A.R., Mehr, S.E., Mehrzadi, S. & Rezayat, S.M. (2016).** Anticonvulsant effects of *Lippia citriodora* (Verbenaceae) leaves ethanolic extract in Mice: Role of GABAergic system. International Journal of Preventive Medicine. 7: 97.
- Rattan, R.S. (2010).** Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Protection. 29: 913–920.
- Rehimi, N. & Soltani, N. (1999).** Laboratory evaluation of alsystine. A chitin synthesis inhibitor agonist *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). Effects on development and cuticle secretion. Journal of Applied Entomology. 123: 437 - 441.
- Rehman, R., Hanif, M.A., Mushtaq, Z., Mochona, B. & Qi, X. (2016).** Biosynthetic Factories of Essential Oils: The Aromatic Plants. Natural Products Chemistry and Research. 4(4): 1-12.
- Resseguier, P. (2011).** Contribution à l'étude du repas sanguin de *Culex pipiens pipiens*. Thèse de Doctorat, Université Paul – Sabatier de Toulouse.80 pages.
- Rezig, L., Saada, M., Trabelsi, N., Tammar, S., Limam, H., Bettaieb Rebey, I., Smaoui, A., Sghaier, G., Del Re, G., Ksouri, R. & Msaada, K. (2019).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Aloysia triphylla* l. Essential Oils And Methanolic Extract. Ital. Journal of Food Science. 31: 556- 572,
- Ribeiro, S., Sousa, J.P., Nogueira, A.J.A. & Soares, A.M.V.M. (2001).** Effect of endosulfan and parathion on energy reserves and physiological parameters of the terrestrial isopod *Procellia dilatatus*. Ecotoxicology and Environmental Safety 49: 131- 138.

Rocha, D.K., Matos, O., Novo, M.T., Figueiredo, A.C., Delgado, M. & Moiteiro, C. (2015). Larvicidal Activity Against *Aedes aegypti* of *Foeniculum vulgare* Essential Oils from Portugal and Cape Verde. *Natural Product Communications*. 10 (4): 677-682.

-5-

Sachin, M.B., Mahalakshmi, S.N. & PrashithKekuda,T.R. (2018). Insecticidal efficacy of lichens and their metabolites—A mini review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 8 (10): 159-164.

Shazad, M., Gupta, K. K., Kayesth, S. & Kumar, S. (2018). Sublethal effects of ethanol extract of *Ocimum sanctum* on laboratory-bred population of dengue mosquito *Aedes aegypti* L. Diptera: Culicidae. *Journal of Biologic*. 3: 1-7.

Sak, O., Uckan, F. & Ergin, E. (2006). Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein and lipid contents of *Pimpla turionellae* L. (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Belgian Journal of Zoology*. 136: 53-58.

Sâmia, R.R., de Oliveira, R.L., Moscardini, V.F. & Carvalho, G.A. (2005). Effects of Aqueous Extracts of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) on the Growth and Reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*. 45(5): 1-9.

Sánchez Chopa, C. & Descamps, L.R. (2012). Composition and biological activity of essential oils against *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae) cereal crop pest. *Pest Management Science*. 68 (11): 1492-1500.

Sancho, E., Ferrando, M.D., Fernández, C. & Andreu, E. (1998). Liver energy metabolism of *Anguilla anguilla* after exposure to fenitrothion. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 41(2): 168–175.

Santos-Gomes, P.C., Fernandes-Ferreira, M. & Vicente, A.M.S. (2005). Composition of the essential oils from flowers and leaves of vervain (*Aloysia triphylla* (L'Herit. Britton) grown in Portugal. *Journal of Essential Oil Research*. 17: 73–78.

Sarkar, M., Bhattacharyya, S.I.K., Borkotoki, A., Baruah, I. & Srivastava, R.B. (2009). Development of physiological resistance and its stage specificity in *Culex quinquefasciatus* after selection with deltamethrin in Assam, India. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 104 (5): 673–677.

Sarma, R., Mahanta, S. & Khanikor, B. (2017). Insecticidal activities of the essential oil of *Aegle marmelos* (Linnaeus, 1800) against *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) and *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823). *Universal journal of agricultural research*. 5: 304–311.

Schmidt, D., Caron, B.O., Prochnow, D., Cocco, C., Elli, E.F., Stolzle, J., Altissimo, B. & Heinzmann, B.M. (2016). Effect of frost on yield and composition of *Aloysia triphylla* essential oil. *Journal of Medicinal Plants Research*. 10 (7): 88-92.

- Sefidkon, F., Abbasi, K. Jamzad, Z. & Ahmadi S. (2007).** The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri*. Food chemistry. 100: 1054-1058.
- Sette-de-Souza, P.H , Carneiro, S.E.R., Macedo-Costa, M.R., Borges, S.B., Medeiros, A.R., Fernandes, T.J.O., Amaro-da-Silva, Lopes, H.J.C. & Lima, K.C. (2014).** Antibacterial activity and phytochemical screening of extracts of *Lippia alba* (Mill) . ne brown. African journal of microbiology research. 8(29): 2783-2787.
- Shaalán, E.S., Canyon, D.V., Younes, M.W.F., Abdel-Wahab, H. & Mansour, A. (2005).** Effects of sub-lethal concentrations of synthetic insecticides and *Callitris glaucophylla* extracts on the development of *Aedes aegypti*. Journal of Vector Ecology. 30(2): 295-298.
- Sharma, P., Mohan, L., Dua, K.K. & Srivastava, C.N. (2011).** Status of carbohydrate, protein and lipid profile in the mosquito larvae treated with certain phytoextracts. Asian Pacific Journal of Tropical Medecine. 4: 301–304.
- Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratnyneck, C., New Hall, & Feidman, L. (1966).** A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. Analytical Biochemistry. 19: 415-528.
- Shoba, V. (2018).** Biochemical status and histological changes of *Catharanthus roseus* ethanolic leaves extract against mosquito larvae *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). International Journal of Zoology and Applied Biosciences. 3: 352-358.
- Singulani, J.L., Silva, P.S., Raposo, N.R.B., de Siqueira, E.P., Zani, C.L., Alves, T.M.A & Viccini, L.F. (2012).** Chemical composition and antioxidant activity of *Lippia* species. Journal of Medicinal Plants Research. 6 (27): 4416-4422.
- Siti, S.H., Syarifah, N.A.S.M., Noorshilawati, A.A., Marlina, M.M. & NurThabitah, S.N. (2018).** Phytochemical screening and larvicidal activity of *Murraya koenigii* leaves extracts against mosquito larvae. Malaysien Journal of Analytical Sciences. 22 (3): 471 – 476.
- Sliwinska, E. & Derek Bewley, J. (2014).** Overview of seed development, anatomy and morphology. CAB International 2014. Seeds: The ecology of regeneration in plant communities.
- Sneha, A. & Preet, S. (2016).** Impact of sublethal conventional and biorational larvicidal stress on fitness status in nutritionally challenged *Aedes aegypti* larvae. International Journal of Mosquito Research. 3 (1): 39-46.
- Soonwera, M. & Phasomkusolsil, S. (2016).** Effect of *Cymbopogon citratus* (lemongrass) and *Syzygium aromaticum* (clove) oils on the morphology and mortality of *Aedes aegypti* and *Anopheles dirus* larvae. Parasitology Research. 115: 1691–1703.
- Soonwera, M. & Phasomkusolsil, S. (2017).** Adulticidal, larvicidal, pupicidal and oviposition deterrent activities of essential oil from *Zanthoxylum limonella* Alston (Rutaceae) against *Aedes aegypti* (L.) and *Culex quinquefasciatus* (Say). Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 7: 967–978.

- Soper, F.L. (1963).** The elimination of urban yellow fever in the Americas through the eradication of *Aedes aegypti*. American Journal of Public Health. 53: 7–16.
- Spinozzi, E., Maggi, F., Bonacucina, G., Pavela, R., Boukouvala, M.C., Kavallieratos, N.G., Canale, A., Romano, D., Desneux, N., Wilke, A.B.B., Beieri, J.C. & Benelli, G. (2021).** Apiaceae essential oils and their constituents as insecticides against mosquitoes—A review. Industrial Crops and Products. 171: 1-19.
- Stankovic, M.Z., Nikolic, N., Stanojevic, L. & Cavic, M.D. (2004).** The effect of hydrodistillation technique on the yield and composition of essential oil from the seed of *Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. ex. A.W. Hill. Chemistry & Industry. 58: 409–412.
- Stankovic, M.Z., Nikolic, N., Stanojevic, L. & Cavic, M.D. (2005).** The effect of parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. ex. A.W. Hill) seeds milling and fermentation conditions on essential oil yield and composition. Chemistry Industry & Chemistry engineering quarterly. 11: 177–182.
- Steele, J.E. (1985).** Hormonal modulation of Carbohydrate and lipid metabolism in fat body. In: Locke M, Smith DS (ed). Insect Biology in future, Academic press, New York. 253-271.
- Sujana, P., Sridhar, T.M., Josthna, P. & Naidu, C.V. (2013).** Antibacterial activity and phytochemical analysis of *Mentha piperita* L. (Peppermint) – an important multipurpose medicinal plant. American Journal of Plant Sciences. 4: 77–83.
- Sun, H., Fu, X., Chen, X. & Shi, W.P. (2012).** Toxicity and influences of the alkaloids from *Cynanchum mongolicum* AL. Iljinski (Asclepiadaceae) on growth and cuticle components of *Spodoptera litura* Fabricius (Noctuidae) larvae. Natural Product Research. 26: 903–912.
- Suttthanont, N., Choochote, W., Tuetun, B., Junkum, A., Jitpakdi, A., Chaithong, U., Riyong, D. & Pitasawat, B. (2010).** Chemical composition and larvicidal activity of edible plant-derived essential oils against pyrethroid-susceptible and-resistant strains of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Journal of vector ecology. 35: 106–115.

-T-

- Tadros, L. K., El-Rafey, H.H., Elfadaly, H.A., Taher, M.A. & Elhafny, M.A. (2017).** Phenolic Profile, Essential oil Composition, Purification of Kaempferol 3-arabinofuranoside and Antimicrobial Activity of Parsley Cultivated in Dakhalia Governorate. Journal of Agricultural chemistry and Biotechnology. 8(7): 183 – 189.
- Talukder, F. (2006).** Plant products as potential stored- Product insect management agents - A mini review. Emirates Journal of Food and Agriculture. 17(1).
- Timmermann, S.E. & Briegel, H. (1999).** Larval growth and biosynthesis of reserves in mosquitoes. Journal of Insect Physiology. 45: 461–470.

Tine-Djebbar, F., Bouabida, H. & Soltani, N. (2016). Répartition spatio-temporelle des Culicidés dans la région de Tébessa. *Editions Universitaires Européennes*.

Toksoz, S. & Saruhan, I. (2018). Efficacy of entomopathogenic nematode isolates from Turkey and Kyrgyzstan against the larvae of the mosquito species *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 28:84.

Tozin, L.R.S., Carvalho, S.F., Machado, S.R. & Rodrigues, T.M. (2015). Glandular trichome diversity on leaves of *Lippia origanoides* and *Lippia stachyoides* (Verbenaceae): morphology, histochemistry, and ultrastructure. *Botany*. 93(5): 297-306.

-V-

Van Handel, E. (1972). Simple biological and biochemical methods to determine the caloric reserves of mosquitoes. *Mosquito News*. 32 (4): 589-591.

Velu, K., Elumalai, D., Hemalatha, P., Babu, M., Janaki, A. & Kaleena, P.K. (2015). Phytochemical screening and larvicidal activity of peel extracts of *Arachis hypogaea* against chikungunya and malarial vectors. *International Journal of Mosquito Research*. 2 (1): 01-08.

Vijayaraghavan, C., Sivakumar, C., Zadda Kavitha, M. & Sivasub ramanian, P. (2010). Effect of plant extracts on biochemical components of cabbage leaf webber, *Crociodomia binotalis* Zeller. *Journal of Biopesticides*. 3 (1): 275–277.

Viljoen, A.M., Denirci, B., Baser, K.H.C., Potgieter, C.J. & Edwards, T.J. (2006). Micro distillation and essential oil chemistry a useful tool for detecting hybridisation in *Plectranthus* (Lamiaceae). *South African Journal of Botany* 72: 99-104.

Villeneuve, F. & Désiré, C., H. (1965). Zoologie. Bordas, 1ère édition, 323 pages.

Vokk, R., Lõugas, T., Mets, K. & Kravets, M. (2011). Dill (*Anethum graveolens* L.) and Parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: Seasonal Differences in Essential Oil Composition. *Agronomy Research*. 9: 515–520.

-W-

War, A.R., Michael, G.P., Barkat, H., Tariq, A., Mohd, Y.W. & Savarimuthu, I. (2013). Efficacy of a combined treatment of Neem oil formulation and endosulfan against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Insect Science* 6: 1-7.

Wiens, A.W. & Gilbert, T. (1968). Regulation of carbohydrate mobilization and utilization in *Leucophaea maderae*. *Journal of Insect Physiology*. 13: 779-794.

Windbichler, N., Papathanos, P.A., Catteruccia, F., Ranson, H., Burt, A. & Crisanti, A. (2007). Homing endonuclease mediated gene targeting in *Anopheles gambiae* cells and embryos. *Nucleic Acids Research*. 35 (17): 5922–5933.

- Windbichler, N., Papathanos, P.A. & Crisanti, A. (2008).** Targeting the X Chromosome during Spermatogenesis Induces Y Chromosome Transmission Ratio Distortion and Early Dominant Embryo Lethality in *Anopheles gambiae*. *PLoS Genetics*. 4 (12): 1-9.
- Windley, M.J., Herzig, V., Dziemborowicz, S.A., Hardy, M.C., King, G.F. & Nicholson, G.M. (2012).** Spider-venom peptides as bioinsecticides. *Toxins*. 4: 191-227.
- Wyatt, G. R. (1967).** The biochemistry of insect haemolymph. *Annual Review of Entomology*. 6: 75 – 102.

-Y-

- Yazdani, E., Jalal Jalali, S. & Hajizadeh, J. (2014).** Effect of *Thymus vulgaris* L. and *Origanum vulgare* L. essential oils on toxicity, food consumption, and biochemical properties of lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research*. 54 (1): 53–61.
- Yazdani, E., Jalali Sendi, J., Aliakbar, A. & Senthil-Nathan S. (2013).** Effect of *Lavandula angustifolia* essential oil against lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) and identification of its major derivatives. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 107: 250 – 257.
- Yousefzadeh, N. & meshkatsadat, M.H. (2013).** Quantitative and qualitative study of bioactive compounds of essential oils of plant *Lippia citriodora* by use of GCMS technique. *Journal of Novel Applied Sciences*. 2(2): 964-968.

-Z-

- Zaffran, J. (1998).** Initiation à la biologie végétale. Ed. Ellipses, Paris. 160 pages.
- Zeghib, F., Tine-Djebbar, F., Zeghib, A., Bachari, K., Sifi, K., & Soltani, N. (2020).** Chemical composition and larvicidal activity of *Rosmarinus officinalis* essential oil against West Nile vector mosquito *Culex pipiens* (L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 23(6): 1463-1474.
- Zhou, G. & Miesfeld, R.L. (2009).** Energy metabolism during diapause in *Culex pipiens* mosquitoes. *Journal of Insect Physiology*. 55: 40-46.

ANNEXES

VIII. ANNEXES

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

PUBLICATIONS

1. **SEGHIER, H.**, TINE-DJEBBAR, F., AYAD-LOUCIF. W. & SOLTANI, N. (2020). Insecticidal activity of *Petroselinum crispum* essential oil on mosquitoes. Journal of Entomological Research. 44(4) : 613-620.
2. **SEGHIER, H.**, TINE-DJEBBAR, F., AYAD-LOUCIF. W. & SOLTANI, N. (2020). Larvicidal and Pupicidal Activities of *Petroselinum Crispum* Seed Essential Oil on *Culex Pipiens* and *Culiseta Longiareolata* Mosquitoes. Transylvanian Review. 27(47) : 14669-14677.

COMMUNICATIONS ORALES

1. **SEGHIER, H.** & TINE-DJEBBAR, F. Parsley seeds (*Petroselinum crispum*): Phytochemical screening and larvicidal activity of essential oil against *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae). Premier colloque international sur la lutte biologique et intégrée en Algérie. Université de Batna, 2019.
2. **SEGHIER, H.** & TINE-DJEBBAR, F. Potentiel larvicide de l'huile essentielle de *Petroselinum crispum* a l'égard d'une espèce de moustique *Culiseta longiareolata* (Diptera : Culicidae). The third international symposium medicinal plants and materials. Université de Tebessa, 2020.
3. **SEGHIER, H.** & TINE-DJEBBAR, F. Effect of *Petroselinum crispum* essential oil on the development of *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* (Diptera : Culicidae). La première journée scientifique sur la biologie des plantes médicinales. Université de Tebessa, 2020.

COMMUNICATIONS AFFICHEES

1. **SEGHIER, H.** & TINE-DJEBBAR, F. Pupicidal potential of *Petroselinum crispum* essential oil against two mosquito species. Le premier séminaire scientifique sur l'état de la biodiversité dans les parcours steppiques : inventaire et valorisation. Université de Tebessa, 2019.
2. **SEGHIER, H.** & TINE-DJEBBAR, F. *Lippia citriodora* leaves: phytochemical screening and larvicidal activity of essential oil against *Culex pipiens* (Diptera :

Culicidae). The third international symposium medicinal plants and materials.
Université de Tebessa, 2020.

PROJET DE RECHERCHE

Membre dans un projet de recherche PRFU, intitulé : « Etude des huiles essentielles de plantes aromatiques et médicinales algériennes : composition chimique et activité biologique ».

Code : " D01N01UN120120180004"

Sous la direction du Pr. TINE-DJEBAAR Fouzia.