

UNIVERSITÉ DE BLIDA 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologies

THÈSE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques

**ÉTUDE DE L'EFFICACITE GLOBALE DES BIOPESTICIDES
ET DE PESTICIDES DE SYNTHÈSE SUR LES
RAVAGEURS DES ESSENCES FORESTIÈRES ET DES
ARBRES FRUITIERS**

Par

Fatma Zohra TCHAKER

Devant le jury composé de :

A.GUENDOZ-BENRIMA	Professeur	U. Blida. 1	Président
Z.E. DJAZOULI	Professeur	U. Blida. 1	Directeur de thèse
F.BOUNACEUR	Professeur	U. Tiaret	Examineur
L. MESLI	Professeur	U. Tlemcen	Examineur
L. BENDIFALLAH	MCA	U. Boumerdes	Examinatrice
F.Z. KARA	MCA	U. Blida. 1	Examinatrice

Blida, Juin 2018

RESUME

ÉTUDE DE L'EFFICACITE GLOBALE DES BIOPESTICIDES ET DES PESTICIDES DE SYNTHÈSES SUR LES RAVAGEURS DES ESSENCES FORESTIÈRES ET DES ARBRES FRUITIERS

Les interventions phytosanitaires présentent des effets néfastes sur l'environnement et favorisent le développement des insectes nuisibles résistants aux matières actives utilisées. Face à cette situation, de copieux travaux se sont intéressés aux biopesticides. La présente recherche a pour but d'estimer le pouvoir insecticide de phytopréparations à base des extraits aqueux de deux plantes spontanés *Dittrichia viscosa* / *Silene fuscata*, comparé à un produit de synthèse Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. La structure populationnelle, les traits de vie biochimique et pondérale et les paramètres démographique de *Chaitophorus leucomelas* et d'*Euphyllura olivina* ont été évalué. Egalement, l'effet non intentionnel des produits a été estimée sur la qualité phytochimique de *Populus nigra* et d'*Olea europaea* et sur la biocénose circulante. Les résultats montrent, que les extraits aqueux exercent une action toxique sur la structure populationnelle de *Chaitophorus leucomelas* et d'*Euphyllura olivina*, avec une reprise cénotique retenue sous l'effet des extraits aqueux comparée à l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine ($p < 1\%$). Les résultats expriment une gradation positive de l'activité biocide allant de l'extrait aqueux des compartiments, de la plante entière puis les extraits aqueux ratios. Il est à noter que, les réserves énergétiques des femelles subissent un changement quantitatif important sous l'effet de la matière active comparé aux biomolécules ($p < 5\%$). Les mesures pondérales affichent une stabilité marquée sous l'effet des deux types de régies comparé au témoin. Les analyses déclarent que la fécondité de *C. leucomelas* et d'*E. olivina* accuse une perturbation remarquable sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine comparé aux extraits aqueux ($p < 1\%$). Les résultats confirment aussi que, les produits appliqués engendrent une perturbation à l'égard du taux d'accroissement (r_m) des femelles de *C. leucomelas* et d'*E. olivina*. Dans le même propos, une diminution importante

est enregistrée dans le taux de reproduction (R_0) des femelles exposées aux deux régies, avec la dominance de régie chimique. Une certaine stabilité est signalée pour le temps de génération moyen (T), le taux de multiplication (λ) et le temps de doublement (D_T) des femelles traités par rapport au témoin. L'examen de la qualité phytochimique des feuilles de l'essence forestière *Populus nigra* et de l'arabe fruitier *Olea europaea* a montré l'existence d'un effet perturbateur à l'égard de la proline et des sucres totaux suite à l'application des différentes régies, avec un effet perturbateur très important sous Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. De même, les résultats montrent une grande dissemblance de l'entomocénose sous les différents régimes de stress. La reprise biocénotique est très importante sous l'effet du stress biologique par rapport au stress chimique.

Mots clés:

Chaitophorus leucomelas, *Dittrichia viscosa*, entomocénose, *Euphyllura olivina*, extraits aqueux, mesure pondérale, *Olea europaea*, paramètre démographique, *Populus nigra*, qualité phytochimique, réserves énergétiques *Silene fuscata*.

ABSTRACT

STUDY OF THE GLOBAL EFFICIENCY OF BIOPESTICIDES AND PESTICIDES OF SYNTHESIS ON THE DEVASTATING OF FOREST ESSENCES AND FRUIT TREES

The phytosanitary interventions present harmful effects on the environment and favor the development of the resistant pests to active substance used. In the face of this situation, copious works were interested in biopesticides. The present search aims at esteeming the insecticidal power of phytopréparations based on aqueous extracts of two spontaneous plants *Dittrichia viscosa* / *Silene fuscata*, Compared with a synthetic product Thiamethoxam / Lambda-cyhalothrin. The populational structure, biochemical and weight life traits and the demographic parameters of *Chaitophorus leucomelas* and *Euphyllura olivina* were estimated. Also, the not deliberate effect of products was estimated on the phytochemical quality of *Populus nigra* and *Olea europaea* and on the circulating biocenosis. The results show, that the aqueous extracts exercise a toxic action on the populational structure of *Chaitophorus leucomelas* and *Euphyllura olivina*, with a cénotique resumption retained under the influence of the aqueous extracts compared with the effect of the active substance Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine ($p < 1\%$). The results express a positive gradation of the biocide activity going from the aqueous extract of compartments, whole plant then aqueous extracts ratios. It should be noted that, the energy reserves of females undergo an important quantitative change under the influence of the active substance compared with biomolecules ($p < 5\%$). The weight measures show a marked stability under the influence of both types of control rooms compared with the control. Analyses declare that the fertility of *C. leucomelas* and *E. olivine* Accuse a remarkable disturbance under the action of the active substance Thiamethoxam / Lambda-cyhalothrin Compared with the aqueous extracts ($p < 1\%$). Analyses also confirm that, the applied products engender a disturbance towards of the increasing female's rate (r_m) of *C. leucomelas* and *E. olivina*. In the same subject, an

important decrease is recorded in the females reproduction rate (R_0) exposed to both control rooms, with the dominance of chemical state control. A certain stability is indicated for the average time of generation (T), the multiplication rate and the time of doubling (Dt) of females treated compared with the control. The examination of the phytochemical quality of the leaves of the forest essence *Populus nigra* and of the fruit tree *Olea europaea* showed the existence of a disruptive effect towards the proline and the total sugars following the application of the various control rooms, with a very important disruptive effect under Thiamethoxam / Lambda-cyhalothrin. Also, the results show a big disparity of the entomocénose under the various regimes of stress. The resumption biocenotic is very important under the influence of the biological stress compared with chemical stress.

Keywords:

Chaitophorus leucomelas, *Dittrichia viscosa*, demographic parameters, energy reserves, *Euphyllura olivina*, entomocenose, *Olea europaea*, *Populus nigra*, phytochemical quality, *Silene fuscata*.

ملخص:

دراسة الفعالية الكلية للمبيدات البيولوجية و الاصطناعية على آفات الاشجار الغابية والأشجار المثمرة

يوجد للمعالجة الكيميائية أثر سلبي على البيئة كما تساعد على ظهور حشرات ضارة مقاومة للمواد النشطة المستعملة. وفي مقابل هذا الوضع عدة دراسات مهتمة بتطوير المبيدات البيولوجية. يهدف هذا البحث إلى تقدير سمية المبيدات النباتية على أساس المستخلصات المائية لكل من النبتتين العفويتين *Silene fuscata* و *Dittrichia viscosa* مقارنة مع المادة النشطة / Thiamethoxame و *Lambda- cyhalothrine*. وقد تم تقييم التركيبة السكانية و الصفات الحيوية البيوكيميائية و القياسات الوزنية والمعلمت الديموغرافية ل *Chaitophorus leucomelas* و *Euphyllura olivina*. أيضا , تم تقدير التأثير غير المقصود من العلاجات المستخدمة على النوعية الكيميائية لأوراق أشجار الصفصاف *Populus nigra* و الزيتون *Olea europaea* و كذا على الحركة العشائرية .

اظهرت النتائج ان المستخلصات المائية لها تأثير سمي فعال على التركيبة السكانية ل *Chaitophorus leucomelas* و *Euphyllura olivina*، مع رجوع ميزه الاعتدال تحت تأثير المستخلصات المائية مقارنة مع تأثير العنصر النشط / Thiamethoxame / *Lambda- cyhalothrine*. اكدت النتائج ان المستخلصات المائية غير المركبة اقل سمية مقارنة بالمستخلصات المائية المركبة.

وتجدر الإشارة إلى أن كمية المدخرات الطاقوية الانثوية اجتاحتها تغيرات كبيرة تحت تأثير العنصر النشط مقارنة مع الجزيئات البيولوجية. في ذات السياق تظهر القياسات الوزنية استقرارا ملحوظا تحت تأثير مختلف العلاجات المستعملة. كما تشير التحليلات إلى أن خصوبة الاناث *C. leucomelas* و *E. olivina* تعرضت الى اضطراب ملحوظ تحت تأثير العنصر النشط / Thiamethoxame / *Lambda-cyhalothrine* مقارنة بالمستخلصات المائية. وتؤكد النتائج أن المبيدات المستعملة تسبب اضطراب في معدل الزيادة (rm) للفصيلتين *C. leucomelas* و *E. olivina*. نسجل ايضا انخفاض كبير في معدل التكاثر (R0) للإناث تحت تأثير العلاج مع هيمنة المادة الكيميائية. كما تظهر نتائج

البحث استقرارا واضحا في معدل زمن التوليد (T) ، ومعدل التكاثر (λ) ومضاعفة الوقت (Dt) للفصيلتين *E. olivina* و *C. leucomelas* .

الدراسة الكيميائية لأوراق أشجار الصفصاف *Populus nigra* و الزيتون *Olea europaea* اكدت وجود اضطراب في كمية البرولين والسكريات الكلية بعد استعمال مختلف المبيدات ، مع اضطراب كبير تحت سيطرة المادة الكيميائية Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. زيادة على هذا من الهام جدا أن نشير إلى الاختلاف الواسع المتصل بهيكله المجموعات تحت تأثير مختلف أنواع الاضطرابات. كما نلاحظ رجوع كثيف للعشائر بعد استعمال المواد البيولوجية مقارنة باستعمال المواد الكيميائية.

كلمات المفتاح :

Chaitophorus leucomelas, Euphyllura olivina, Dittrichia viscosa, Silene fuscata, Populus nigra, Olea europaea , مدخرات الطاقة, النوعية الكيميائية, القياسات الوزنية, والمعلومات الديموغرافية, المستخلصات المائية, المجتمعات الوظيفية.

REMERCIEMENTS

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

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

Je tiens à exprimer ma gratitude, mes sincères remerciements, ma reconnaissance et mes respects à mon promoteur Professeur Z.E. DJAZOULI de m'avoir dirigée, orientée et aidée par ses précieux conseils tout le long de ce travail.

J'adresse toute ma gratitude et mon profond respect au Pr A. GUENDOUBENRIMA qui me fait l'honneur de présider le jury.

Mes respects et mes sincères remerciements vont au Pr F. MESLI d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury pour examiner ce travail et de l'enrichir.

Je remercie fortement Pr F.BOUNACEUR d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury et d'examiner ce travail.

Je voulais remercier amplement M^{me} F.Z. KARA et M^{me} L. BENDIFALLAH qui ont accepté de participer à ce jury et d'examiner cette thèse.

Mes remerciements vont sans doute à mes parents, mes sœurs et mes frères pour leurs soutiens incondtionnels.

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

Aux personnels du laboratoire de zoologie et de phytopharmacie pour leur disponibilité toute au long de ce travail.

Je tiens à remercier tout mes amis et tous ceux qui d'une manière ou d'autre ont contribué à la réalisation de ce travail.

Fatma zohra TCHAKER

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents ma mère et mon père que dieu les garde

A mes sœurs et mes frères.

A mes nièces et mes neveux.

A tous qui me sont chers.

FATMA ZOÛRA

TABLES DES MATIERES

RESUME	
OBSTRACT	
ملخص	
REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET DES TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	23

CHAPITRE I.: ÉVALUATION BIOLOGIQUE DE LA TOXICITÉ «ÉFFICACITÉ » DES PESTICIDES ET DES BIOPESTICIDES

Introduction.....	26
I.1. Notion de la toxicité et de Toxicologie.....	27
I.2. Facteur influençant la toxicité.....	29
I.2.1. Facteurs liés aux pesticides.....	29
I.2.2. Facteurs liés aux biopesticides.....	30
I.2.3. Les facteurs liés à l'organisme.....	30
I.2.3.1. Facteurs liés aux sexes et à l'âge.....	30
I.2.3.2. Facteurs liés aux poids.....	31
I.2.3.3. Facteurs liés à l'état nutritionnel.....	31
I.2.4. Facteurs liés à l'environnement.....	31
I.3. Eléments de base de l'évaluation biologique de la toxicité.....	32
I.3.1. Définition de l'efficacité globale.....	32
I.3.2. Evaluation de l'efficacité globale.....	33
I.3.3. Evaluation de l'efficacité directe (effet positif sur le ravageur).....	33
I.3.4. Evaluation des autres éléments de l'efficacité.....	34
I.3.4.1. Effet négatif sur le ravageur.....	35
I.3.4.2. Effet négatif sur la plante.....	38
I.3.4.3. Effet sur la biodiversité.....	39

I.4.	Notion de biodiversité	39
I.4.1.	Définition de la biodiversité fonctionnelle.....	39
I.4.2.	Les fonctions de la biodiversité.....	40
I.4.3.	Les fonctions agronomiques de la biodiversité.....	43
I.4.3.1.	Le contrôle des ravageurs.....	43
I.4.3.2.	Le contrôle des maladies et des nématodes.....	43
I.4.3.3.	La pollinisation.....	44
I.4.3.4.	Les productions animales et végétales.....	44
I.5.	Réaction de la biodiversité aux actions anthropiques.....	45
I.5.1.	Fertilisation.....	45
I.5.2.	Effet des pesticides et des biopesticides.....	46
I.6.	La diversité et les traits d'histoire de vie.....	47

CHAPITRE II.: STRESS CHEZ LES ÊTRES VIVANTS

II.1.	Les organismes et leur environnement.....	49
II.2.	Notion de stress.....	51
II. 2.1.	Définition.....	51
II.2.2.	Facteurs de stress.....	52
II.2.3.	Etat de stress.....	52
II.2.4.	Réponse au stress.....	53
II.2.4.1	Syndrome général d'adaptation (SGA).....	53
II.2.4.2	Syndrome local d'adaptation.....	55
II.2.5.	Stress chimique	55
II.2.5.1	Stress chimique chez les animaux.....	55
II.2.5.2	Stress chimique chez les plantes	57
II.3.	Evaluation de la perturbation chez les animaux	57
II.3.1.	Les marqueurs biologiques.....	58
II.3.2.	Notion des biomarqueurs.....	60
II.3.2.1	Définitions et types des biomarqueurs.....	61
II.3.2.2	Classification des biomarqueurs.....	64
II.3.2.2.1	Les biomarqueurs de défense.....	64
II.3.2.2.2	Biomarqueurs de dommage.....	65
II.3.2.2.3	Biomarqueurs comportementaux.....	65

IV.3	Méthodologie du travail.....	86
IV.4	Étude de l'efficacité globale des bioproduits à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur le puceron vert <i>Chaitophorus leucomelas</i> du peuplier noir <i>Populus nigra</i>	88
IV.4.1	Objectif.....	88
IV.4.2	Présentation du site d'étude.....	89
IV.4.3	Préparation des traitements.....	89
IV.4.3.1.	Préparation des extraits aqueux.....	89
IV.4.3.2	Produit phytosanitaire.....	91
IV.4.4	Matériel biologique cible (plante et ravageur).....	91
IV.4.4.1.	Matériel biologique végétal.....	91
IV.4.4.2.	Matériel biologique animal.....	92
IV.4.5	Dispositif expérimental, techniques de traitements et de prélèvements.....	93
IV.4.6	Extraction et dosages.....	94
IV.4.6.1.	Evaluation des traits de vie de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	94
IV.4.6.1.1	Mesure pondérales.....	94
IV.4.6.1.2	Extraction et dosage des lipides.....	96
IV.4.6.1.3	Extraction et dosage des glucides.....	97
IV.4.6.2.	Evaluation des traits biochimiques de <i>Populus nigra</i>	98
IV.4.6.2.1	Extraction et dosage des sucres totaux.....	98
IV.4.6.2.2	Extraction et dosage de la proline....	98
V.5.	Étude de l'efficacité globale des bioproduits à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> sur le psylle <i>Euphyllura olivina</i> de l'olivier <i>Olea europeae</i>	99
VI.5.1	Objectif.....	99
VI.5.2	présentation du site d'étude	99
IV.5.3	Préparation des traitements.....	99
IV.5.3.1.	Préparation des extraits aqueux.....	99

IV.5.3.2.	Produit phytosanitaire.....	100
IV.5.4	Matériel biologique cible (plante et ravageur).....	100
IV.5.4.1.	Matériel biologique végétal.....	100
IV.5.4.2.	Matériel biologique animal.....	101
IV.5.5	Dispositif expérimental, techniques de traitements et de prélèvements.....	101
IV.4.6	Extraction et dosages.....	103
IV.5.6.1.	Evaluation des traits de vie d' <i>Euphylluræ olivina</i>	103
IV.5.6.1.1	Mesure pondérales.....	103
IV.5.6.1.2	Extraction et dosage des lipides et des glucides.....	103
IV.5.6.2.	Evaluation des traits biochimiques d' <i>Olea europæe</i>	103
IV.6	Estimation de la toxicité des molécules appliquées.....	103
IV.6.1	Evaluation des populations résiduelles.....	103
IV.6.2	Estimation de l'abondance.....	104
IV.6.3	Estimation de la fécondité.....	104
IV.6.4	Estimation du conditionnement	104
IV.6.5	Estimation des paramètres de reproduction.....	106
IV.6.6	Disponibilité populationnelle.....	106
IV.7	Analyse statistique	106
IV.7.1	Distribution rangs/fréquence des populations entomofauniques de <i>Populus nigra</i>	106
IV.7.2	Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et <i>al.</i> , 2001)	107
IV.7.3	Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).....	107

CHAPITRE V: RÉSULTATS

V.1.	Évaluation de l'efficacité globale des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> sur le puceron vert du peuplier <i>Chaitophorus leucomelas</i>	108
V.1.1.	Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à	

base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> sur <i>Chaitophorus leucomelas</i>	108
V.1.1.1 Variation des abondances de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i>	108
V.1.1.2 Variation des populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i>	113
V.1.1.3 Réponses des traits de vies biochimiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> et de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.....	122
V.1.1.4 Réponses des paramètres démographiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> aux effets des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i>	137
V.1.2. Evaluation de l'induction du phénomène de trophobie par effet non intentionnel des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> sur l'essence <i>Populus nigra</i>	147
V.1.3. Evaluation du potentiel insecticide du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine et des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur la biocénose associé à <i>Chaitophorus leucomelas</i>	155
V.2. Evaluation de l'efficacité globale des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur le psylle de l'olivier <i>Euphyllura olivina</i>	162
V.2.1. Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur <i>Euphyllura olivina</i>	162
V.2.1.1 Variation des abondances et des populations	

	résiduelles d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i>	162
V.2.1.2	Réponses des traits de vies biochimiques d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i>	168
V.2.1.3	Réponses des paramètres démographiques d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i>	171
V.2.2.	Evaluation de l'induction du phénomène de trophobiose par effet non intentionnel des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur l'arbre fruitier <i>Olea europaea</i>	175
V.2.3.	Evaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur la biocénose associé à <i>Euphyllura olivina</i>	177

CHAPITRE VI: DISCUSSION

VI. 1.	Évaluation de l'effet des produits biologiques et chimiques sur <i>Chaitophorus leucomelas</i> et <i>Euphyllura olivina</i>	179
VI.1.1	Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> sur la structure populationnelle.....	179
VI.1.2	Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> sur les traits de vies biochimiques	189
VI.1.3	Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux <i>Dittrichia viscosa</i> sur les paramètres démographiques	193
VI.2.	Évaluation de l'effet non intentionnel des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur la biochimie des	

plantes hôtes <i>Populus nigra</i> et <i>Olea europaea</i>	196
IV.3. Evaluation de l'effet non intentionnel du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine et des phytopréparations à base d'extraits aqueux de <i>Dittrichia viscosa</i> sur la biocénose de <i>Populus nigra</i> et d' <i>Olea europaea</i>	198
CONCLUSION GENERALE	200
APPENDICE	203
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	213

LISTE DES ILLUSTRATION, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure I.1.	Représentation de l'ordre chronologique des différentes atteintes induites au sein de l'organisation des systèmes biologiques.....	26
Figure I.2.	Comparaison entre la toxicité aigüe et la toxicité chronique.....	28
Figure I.3.	Modèle de mécanisme d'effet pour l'écotoxicologie.....	29
Figure I.4.	Représentation schématique des différents mécanismes de résistance aux insecticides chez l'insecte (A) sensible et (B) résistant.....	36
Figure I.5.	Les composantes de la biodiversité fonctionnelle.....	40
Figure I.6.	Le schéma conceptuel des indicateurs de biodiversité.....	42
Figure I.7.	Effets potentiels de la végétation sur des niveaux trophiques supérieurs et les conséquences sur la gestion des nuisibles.....	43
Figure I.8.	Schéma conceptuel présentant les effets des facteurs du milieu sur la composition des communautés.....	48
Figure II. 1.	Relation existant entre l'activité biologique d'un individu, d'une population, espèce ou communauté, et l'intensité d'un facteur environnemental dont il ou elle est dépendant(e).....	49
Figure II. 2.	Représentation du phénomène d'acclimatation chez un organisme, une espèce ou une communauté, en fonction de la loi de tolérance.....	50
Figure II. 3.	Représentation des plages de stress potentielles pour un organisme, une espèce ou une communauté en fonction de la loi de tolérance.....	51
Figure II.4.	Syndrome Général d'Adaptation.....	53
Figure II.5.	Présentation de différents niveaux de l'état de santé d'un organisme en fonction de la charge en polluants.....	56

Figure II.6.	Représentation schématique des différents paramètres mesurables à différents niveaux d'organisation biologique pour évaluer l'état de santé des écosystèmes.....	58
Figure II.7.	Représentation des méthodologies permettant d'évaluer les risques écotoxicologiques.....	61
Figure II.8.	Evolution de l'effet des xénobiotiques de l'organisme à la communauté.....	62
Figure.III.1.	Système de sélection des stratégies.....	70
Figure III.2.	Modèle simple en Y.....	73
Figure III.3.	Régulation hormonale des traits d'histoire de vie.....	75
Figure III.4.	Principaux processus reliant ls effet des contaminants depuis le niveau moléculaire jusqu'au niveau populationnel au travers du succès de la reproduction.....	79
Figure IV.1.	Situation géographique de la plaine de la Mitidja.....	81
Figure IV.2.	Diagramme Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen de la station d'étude.....	85
Figure IV.3.	Place de la région d'étude dans le Climagramme d'Emberger.....	86
Figure IV.4.	Carte conceptuelle de la logique de thèse.....	87
Figure IV.5.	Localisation des peuplements retenus pour l'étude et dispositif expérimental des traitements.....	95
Figure IV.6.	Localisation des peuplements retenus pour l'étude et dispositif expérimental des traitements	105
Figure V.1.	Projection des abondances de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP.....	110
Figure V.2.	Variation temporelle des abondances de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des différentes phytopréparations.....	112
Figure V.3.	Variation temporelle des abondances de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambdacyhalothrine.....	113
Figure V. 4.	Projection des populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP.....	116
Figure V.5.	Estimation de l'efficacité des phytopréparations sur les	

	populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	117
Figure V.6.	Estimation de l'efficacité des régies biologique et chimique sur les populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	119
Figure V.7.	Etude comparée de l'effet des phytopréparations sur les populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	120
Figure V. 8.	Etude comparée de l'effet des phytopréparations des différentes régions sur les populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	121
Figure V.9.	Estimation de l'efficacité temporelle des différents traitements sur les populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	121
Figure V. 10.	Variation des réserves énergétiques glucidiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des phytopréparations.....	124
Figure V. 11.	Variation des réserves énergétiques lipidiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des phytopréparations.....	126
Figure V.12.	Variation des mesures pondérales de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des phytopréparations.....	128
Figure V.13.	Variation des réserves énergétiques glucidiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.....	130
Figure V.14.	Variation des réserves énergétiques lipidiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.....	132
Figure V.15.	Variation des mesures pondérales de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.....	134
Figure V.16.	Variation temporelle des traits de vie biochimique et pondérale de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des différentes régies.....	135
Figure V.17.	Distribution quantitative des réserves énergétiques et de conditionnement de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des différentes régies.....	136
Figure V.18.	Ratios des réserves énergétiques et de conditionnement de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des différentes régies.....	137
Figure V.19.	Variation de la fécondité de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action de phytopréparations.....	138
Figure V.20.	Variation de la fécondité de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action de la matière active Thiamethoxame /Lambdacyhalothrine.....	140
Figure V.21.	Évolution de taux d'accroissement de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	

	sous l'action de différentes régions.....	142
Figure V.22.	Variation du taux de reproduction net de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des différentes régions.....	143
Figure V.23.	Évolution du temps de génération moyenne de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des différentes régions.....	144
Figure V.24.	Évolution du taux de multiplication de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des différentes régions.....	145
Figure V.25.	Variation du temps de doublement de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'action des différentes régions.....	146
Figure. V.26.	Variation des taux des sucres totaux de <i>Populus nigra</i> sous l'effet des phytopréparations.....	148
Figure. V.27.	Variation des taux de proline de <i>Populus nigra</i> sous l'effet des phytopréparations.....	150
Figure V.28.	Variation des taux des sucres totaux de <i>Populus nigra</i> sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambdacyhalothrine.....	151
Figure. V.29.	Variation des taux des sucres totaux de <i>Populus nigra</i> sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.....	152
Figure V.30.	Variation temporelle de la qualité phytochimique de <i>Populus nigra</i> sous l'action des différentes régions.....	153
Figure V.31.	Distribution quantitative de la qualité phytochimique de peuplier noir <i>Populus nigra</i> sous l'effet des différentes régions.....	154
Figure V.32.	Ratios de la qualité phytochimique <i>Populus nigra</i> sous l'effet des différentes régions.....	154
Figure V.33.	Diagrammes rang/fréquence de l'installation des groupes fonctionnels sous l'effet résiduel des extraits aqueux.....	159
Figure V.34.	Diagrammes rang/fréquence de l'installation des groupes fonctionnels sous l'effet résiduel du produit de synthèse.....	160
Figure V.35.	Effet des différentes régions sur l'entomocénose de <i>Populus nigra</i>	161
FigureV.36.	Projection des abondances d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP.....	165
Figure V. 37.	Projection des populations résiduelles d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP.....	165
Figure V.38.	Estimation de l'efficacité des différentes régions a l'égard des populations d' <i>Euphyllura olivina</i>	167
Figure V.39.	Estimation de l'efficacité temporelle des différents traitements sur	

	les populations résiduelles d' <i>Euphyllura olivina</i>	168
Figure V.40.	Variation des traits de vies biochimiques d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'action des différentes régies.....	170
Figure V.41.	Ratios des réserves énergétiques et de conditionnement d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'effet des différentes régies.....	171
Figure V.42.	Variation de la fécondité d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'action de différents régimes de stress.....	172
Figure V.43.	Évolution des paramètres démographique d' <i>Euphyllura olivina</i> sous l'action de différentes régies.....	174
Figure. V.44.	Variation de la qualité phytochimique d' <i>Olea europeae</i> sous l'effet de différentes régies.....	176
Figure V. 45.	Ratios de la qualité phytochimique d' <i>Olea europeae</i> sous l'effet des différentes régies.....	177
Tableau IV.1.	Méthode suivie pour l'obtention de la courbe standard de cholestérol.....	97
Tableau V. 1.	Effet des phytopréparations sur l'abondance des sexupares de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	109
Tableau V.2.	Évaluation de la toxicité des régies biologique et chimique par recours aux populations résiduelles.....	114
Tableau V.3.	Effet des phytopréparations sur les mesures pondérales et les réserves lipido-glucidiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	122
Tableau V. 4.	Action des régies biologique et chimique sur les paramètres démographiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	141
Tableau. V.5.	Action de différents régimes de stress sur la phytochimie de l'essence forestière <i>Populus nigra</i>	147
Tableau V.6.	Test de l'homogénéité faunistique sous l'effet des traitements appliqués.....	156
Tableau V. 7.	Comparaisons de pente des taxons sous l'effet des différents régimes de stress dans le temps.....	157
Tableau V.8.	Effet des phytopréparations sur l'abondance de psylle de l'olivier <i>Euphyllura olivina</i>	162
Tableau V.9.	Évaluation de la toxicité des régies biologique et chimique par recours aux populations résiduelles.....	163
Tableau V.10.	Effet des phytopréparations sur les mesures pondérales et les réserves lipido-glucidiques d' <i>Euphyllura olivina</i>	169

Tableau V.11.	Action des régies biologique et chimique sur les paramètres démographiques d' <i>Euphyllura olivina</i>	173
Tableau.V.12.	Action des différents régimes de stress sur la phytochimie de l'arbre fruitier <i>Olea europaea</i>	175
Tableau.V.13.	Test d'homogénéité faunistique sous l'effet des traitements appliqués.....	178

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les plantes, sont associées à nombreux insectes, soit en tant que phytophages ou dans une relation symbiotique [1]. Toutefois, cette relation entraîne des pertes qualitatives et quantitatives de la matière végétale [2]. Face à la voracité des phytophages, le recours aux pesticides de synthèse est considéré comme l'arme la plus efficace et la plus fiable pour faire face à la nuisibilité des ravageurs des plantes. Auberto *et al.* [3] et Thakore [4], estiment que la pharmacopée de ces substances engendre des conséquences néfastes sur l'environnement comme l'accumulation de résidus de ces molécules chimiques, l'apparition des mécanismes de résistance chez les nuisibles, le déséquilibre écologique, dû au fait que beaucoup de ces composés ont un large spectre d'action, détruisant non seulement les agents nuisibles, mais également les autres populations de l'écosystème, crée également un déséquilibre entre les populations composant les agro-écosystèmes et pouvant générer en fine une altération des services écosystémiques [5, 6, 1].

D'après Thomas [5], la pollution de l'environnement qui dû aux produits chimique est une triste réalité. Qu'ils soient accidentels ou permanents, ces produits impactent plus ou moins directement les organismes vivants, que ce soient par des mécanismes de toxicité létale ou non ou par le biais de perturbation. Outre que la réduction de la disponibilité, la toxicité intrinsèque des matières actives peut affecter le bilan énergétique et les paramètres démographiques des nuisibles. Cette toxicité peut produire des perturbations biochimiques, histologiques ou morphologiques, se traduisant par des altérations spécifiques d'un organe, d'un système ou d'une fonction, ou d'un processus biochimique ou biologique. Selon Levins [7] et Molven & Goksoyr [8], face aux différentes régimes de stress, l'organisme cible met en place différents moyens susceptibles de rétablir l'homéostasie, et qu'il semble a priori que toutes réponses coûtent à l'organisme des ressources métaboliques et spécialement en sucres et en lipides. Par ailleurs, Lagadic *et al.* [9], confirment que l'évaluation des perturbations à l'échelle de

l'organisme passe par l'étude des biomarqueurs. Ces biomarqueurs sont des outils complémentaires dans le domaine de l'évaluation de la qualité des écosystèmes [10, 11]. Ils permettent de décrire, d'améliorer la précocité de la réponse biologique vis-à-vis d'un stress, de rechercher les modes d'actions impliqués, et ainsi contribuer à l'amélioration du diagnostic de risque environnemental, dans le but d'orienter les actions de remédiation [12].

Pour contrôler les ravageurs sans l'inconvénient des pesticides de synthèse, les opérateurs dans le domaine de la protection des végétaux se sont orientés vers la lutte biologique [13, 14].

Nombreux auteurs, définissent la lutte biologique comme une méthode de lutte contre un ravageur au moyen d'organismes naturels antagonistes, tels que des phytophages, des parasitoïdes, des prédateurs, des agents pathogènes ou l'utilisation des substances inertes et d'organes de plantes à propriétés insecticides ou insectifuges [15]. Parmi ces méthodes, les biopesticides occupent une place de choix [16]. Ces biopesticides peuvent être définis comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés. Ils peuvent donc être constitués d'organismes (plantes, insectes, nématodes) ou de micro-organismes (bactéries, levures, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopatogènes ou des ravageurs [4]. Dans cette optique, les biopesticides d'origines botaniques tels que les extraits aqueux de plantes dotées d'activités insecticides offre une certaine potentialité [17].

Les extraits aqueux de plusieurs plantes sont impliqués dans différents secteurs depuis longtemps, en effet le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agents de lutte contre les insectes ravageurs des cultures dans nombreux pays [18]. D'après Jacobson [19], plus de 2000 espèces végétales possédant une activité insecticide sont déjà identifiées. Des recherches scientifiques ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification et aussi l'amélioration de ces composés [20, 21].

Plusieurs auteurs, signalent que l'amélioration, le fonctionnement, la qualité, la stabilité, la pénétration d'une matière active et aussi son devenir au niveau de l'organisme cible est tributaire de l'adjuvant dont sa qualité est capable de modifier significativement les propriétés physiques et biologiques des produits phytopharmaceutiques [22].

Le contexte générale de l'étude, vise à rechercher les façons d'améliorer l'efficacité des biopesticides inertes, et d'estimer l'efficacité globale des molécules bioactives à travers des formulations prolongeant la rémanence au champ ou l'incorporant des produits synergistes qui, étant eux-mêmes non toxiques aux doses utilisées, améliorent les performances des principes actifs en permettant notamment une réduction des doses d'emploi, limitant ainsi leur impact sur la faune et la flore et en fin pallier aux problèmes de pertes lors de l'utilisation des bioproduits.

Dans ce travail, nous avons essayé de performer les potentialités bioinsecticides des extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* par comparaison à l'effet d'un insecticide de synthèse (Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine). La performance des deux régions, a été évalué sur le puceron vert du peuplier *Chaitophorus leucomelas* et le psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* par estimation de l'abondance, des populations résiduelles, du bilan énergétique, du conditionnement et de certains paramètres démographiques tels que la Fécondité, le Taux de reproduction net (R_0), le Taux d'accroissement (r_m), le Taux de multiplication (λ), le Temps de génération moyen (T) et le Temps de doublement (Dt). L'effet non intentionnel des deux régions a été également apprécié sur la qualité phytochimique des plantes hôtes et sur la biocénose circulante de la peupleraie et de l'oliveraie

CHAPITRE I.

ÉVALUATION BIOLOGIQUE DE LA TOXICITÉ

«ÉFFICACITÉ » DES PESTICIDES ET DES BIOPESTICIDES

Introduction

La lutte contre les ennemis des cultures est basée sur l'utilisation des pesticides de synthèse. L'usage de ces pesticides a souvent causé beaucoup de problèmes qu'on n'a pas résolu [23]. Parmi ces derniers (i) l'accroissement de la résistance des insectes, (ii) la disparition des populations d'insectes non cibles et (iii) la dégradation de l'environnement [16]. La présence de ces substances dans le milieu est considérée comme élément contaminant, si elles exercent des effets défavorables sur le plan biologique, elles agissent alors comme polluant [24] ou comme xénobiotique [25]. Selon Ramade [26], un xénobiotique, est une molécule étrangère à un organisme vivant et possédant pour ce dernier des caractéristiques toxiques même à de faibles concentrations. Les xénobiotiques présents dans l'environnement sont susceptibles d'altérer tous les niveaux d'organisation biologique (Figure. I.1). Ils instaurent des dégradations progressives des équilibres écologiques à une forte et même à une faible concentration [27, 28]. Les problèmes posés par la dispersion de xénobiotiques dans l'environnement ont suscité l'intérêt de la communauté scientifique depuis longtemps. La prise de conscience de la nécessité de préserver les écosystèmes a fait émerger certaines questions, notamment celles du devenir de ces polluants dans l'environnement ainsi que de leurs effets sur les communautés animales et ainsi que les communautés végétales.

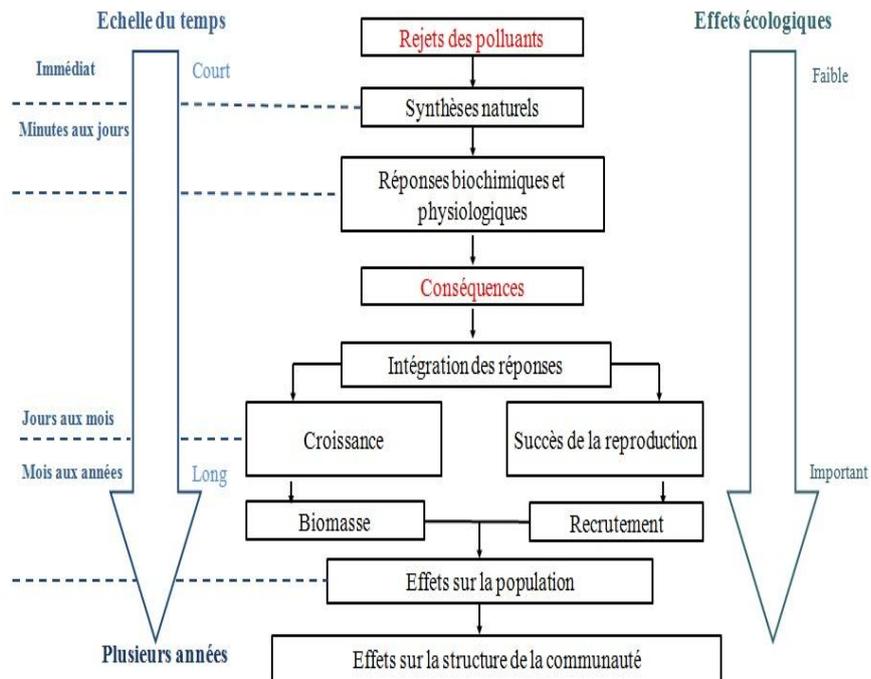


Figure I.1. Représentation de l'ordre chronologique des différentes atteintes induites au sein de l'organisation des systèmes biologiques [28].

I.1. Notion de la toxicité et de Toxicologie

La toxicité constitue la mesure des effets nocifs d'une substance chez un organisme exposé pendant une période de temps à cette dernière [29]. D'après Lemièrre et *al.* [30], la toxicité est la propriété d'une substance introduite dans un organisme, d'engendrer, temporellement ou non, des troubles de certaines fonctions vitales de façon passagère ou durable. La toxicité peut être la conséquence de divers phénomènes, par cumul de doses liées à des composés stables et durables (métaux lourds, pesticides...); par sommation des effets liés à des produits métabolisés par l'organisme ou toxicité liée à la stabilité propre au sujet, sans qu'il y ait une relation entre la dose et l'effet.

Une substance est dite toxique lorsque mise en contact avec un organisme vivant, elle peut entraîner chez lui une réaction spécifique ou un stress compromettant la réalisation de ses fonctions physiologiques au point d'avoir des effets néfastes sur lui-même et sur sa progéniture [31]. Selon Gilles, [32], il s'agit de la capacité inhérente à une substance chimique de produire des effets nocifs chez un organisme vivant et qui en font une substance dangereuse.

D'après Viau et Tardif [33], le toxique dans l'environnement, est généralement de trois types; il peut causer la mort (toxicité létale), altérer le comportement et la productivité biologique (toxicité sub-létale) ou troubler les fonctions génétiques d'un organisme (toxicité chronique). Un toxique est capable de donner, plus ou moins rapidement, une incapacité plus ou moins poussée, une maladie ou la mort. La Figure I.2., montre le mode d'intoxication aiguë dont les effets sont rapides et aussi chronique dont les effets apparaissent après une exposition prolongée à la substance, mais sont imperceptibles sur une courte durée [34].

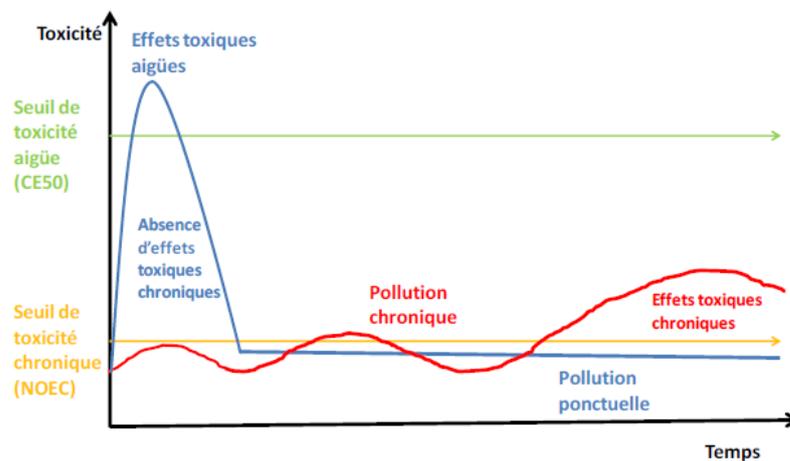


Figure I.2. Comparaison entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique [34].

L'étude des effets toxiques causés par les substances étrangères «xénobiotiques» sur la structure et le fonctionnement des communautés et des écosystèmes, se fait par la toxicologie [35, 36, 37]. D'après Sancey [38], la toxicologie est une discipline scientifique qui s'intéresse d'une part aux modalités par lesquelles des polluants exercent une action physio toxicologique sur les organismes cibles et d'autre part aux mécanismes de cette action.

La toxicologie nécessite d'appréhender la phase *toxicocinétique* qui s'intéresse aux mouvements dynamiques ou à la cinétique des xénobiotiques durant leur passage dans le corps (d'absorption, de distribution, de biotransformation et d'excrétion) [39, 40, 41, 42]. Les modèles toxicocinétique-toxicodynamique sont des concepts qui simulent les processus traitant la toxicité au niveau des organisations au fil du temps (Figure I.3) [43], ils fournissent également un cadre

conceptuel pour mieux comprendre les causes de la variabilité de sensibilité des différentes espèces au même composé [43].

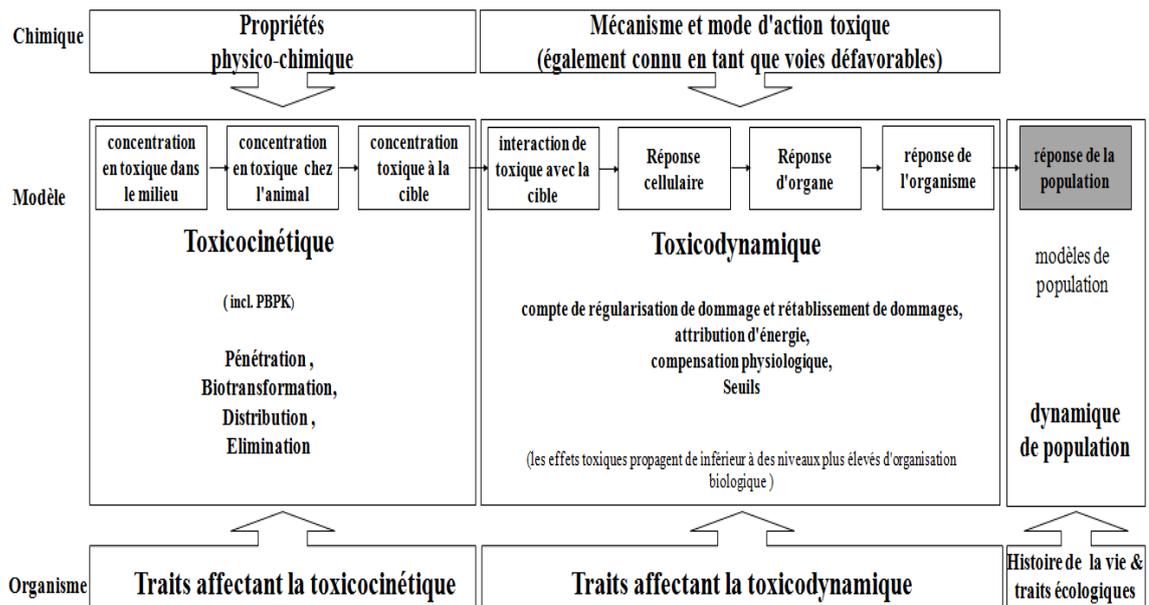


Figure I.3. Modèle de mécanisme d'effet pour l'écotoxicologie [43].

I.2. Facteur influençant la toxicité

Différents facteurs peuvent influencer l'effet toxique d'une substance étrangère et donc affecter la capacité de cette dernière à perturber le fonctionnement de l'organisme. Parmi ces facteurs, ceux liés au produit, à l'organisme et à l'environnement ...

I.2.1. Facteurs liés aux pesticides

La forme physico-chimique sous laquelle une substance entre en contact avec l'organisme, peut jouer un rôle déterminant dans la réponse au toxique. Les pesticides n'ont pas tous le même degré de toxicité. Ainsi, une forte exposition à un pesticide de très faible toxicité n'aura généralement que peu de conséquences nocives pour l'organisme. Par contre, une faible exposition à une substance très toxique pourra provoquer des effets nocifs importants pour la cible [44]. Chevallier et Pairain [45], montrent que l'action toxique est d'autant plus rapide que la concentration est plus forte. Certaines caractéristiques physicochimiques, comme

la grosseur des particules, la volatilité et la solubilité dans l'eau, peuvent influencer la réponse toxique [44].

I.2.2. Facteurs liés aux biopesticides

Les plantes produisent, une grande diversité de produits naturels ayant une fonction importante dans la protection contre les bioagresseurs [46]. Ces métabolites secondaires peuvent être synthétisés dans les divers organes de la plante, et souvent, produits seulement sur une durée spécifique du développement de la plante. Selon Huignard et *al.* [47], la synthèse du métabolisme secondaire de la plante n'est pas identique à tous les stades de son développement. La synthèse de ces métabolites (les phénols, les huiles essentielles, etc...), varie également, en nature et en intensité selon la saison [48]. Aussi même, les facteurs pédologiques et climatiques (acidité du sol, chaleur, photopériode, hygrométrie) influencent le métabolisme de la plante [47]. Ils sont souvent synthétisés en situation de stress biotique ou abiotique [46]. Il faut noter, le facteur humain qui, avec le choix de protocoles analytiques, interfère sur les constituants extraits des plantes choisies.

I.2.3. Les facteurs liés à l'organisme

Tous les organismes ne répondent pas de la même façon à une dose toxique de pesticides. Certains organismes peuvent effectivement être plus sensibles que d'autres lors de l'exposition à un produit toxique. Par ailleurs, une même cible peut réagir différemment d'une exposition à l'autre [44].

I.2.3.1. Facteurs liés aux sexes et à l'âge

Chez l'animal, on connaît de nombreux exemples de différences radicales entre les sexes dans les effets toxiques engendrés par l'exposition à certains xénobiotiques. Cette différence entre mâles et femelles est non seulement liée à l'existence de disparités physiologiques, mais elle est due aussi à des disparités dans les activités enzymatiques, les mécanismes de réparation génétique, les facteurs hormonaux, ou encore à la présence chez les femelles de réserves

lipidiques plus importantes, réserves responsables d'une plus grande accumulation de toxiques lipophiles [49]. Aussi même la sensibilité aux effets toxiques est habituellement plus grande chez les jeunes et les adultes. Autrement dit, la réponse d'une population à l'impact d'un polluant est aussi très dépendante de la condition physiologique et de la pyramide des âges au moment de l'exposition [36].

1.2.3.2. Facteurs liés aux poids

La toxicité d'une substance est différente selon le poids et la taille de sujet. Un gros animal a besoin d'une grande quantité de toxique pour extérioriser une réponse. La DL50 (mg/kg) (poids de la matière / poids vif) est inversement proportionnelle au poids, car le métabolisme et l'élimination d'un toxique sont d'autant plus important que le rapport entre la surface corporelle et le poids est grand (S/P plus élevé/individu petit) [50].

1.2.3.3. Facteurs liés à l'état nutritionnel

Selon Viau et Tardif [50], la présence des fibres dans les aliments peut contribuer à réduire l'absorption de certains xénobiotiques par suite de l'accélération du transit intestinal ou absorption des toxiques. Par contre une alimentation riche en matières grasses peut favoriser l'absorption de substances lipophiles. Une carence en fer et en calcium favorise l'absorption intestinale de cadmium. Un régime amaigrissant entraînant une perte trop rapide de lipide sur la remise en circulation de toxiques stockés dans les graisses de l'organisme. Une carence protéinique, réduira l'activité des mono-oxygénases les principaux enzymes de la biotransformation des toxiques. Cette diminution a différents effets sur la toxicité des produits chimiques (Toxification / Détoxification).

1.2.4. Facteurs liés à l'environnement

Certains facteurs environnementaux peuvent influencer la toxicité. La lumière et la température peuvent notamment modifier les effets d'un toxique [51]. La température régit tous les processus biologiques (croissance, activité

enzymatique, etc...). L'augmentation de la température, que ce soit du point de vue chimique ou physiologique, a pour effet d'intensifier l'action des substances toxiques, en facilitant le contact entre les organismes et les substances toxiques d'une part, et d'autre part en stimulant l'activité métabolique. Les organismes vont absorber ainsi, dans l'unité de temps, une plus forte quantité de substance toxique [52]. Selon Mackauer et Kambhampati [53], la lumière accroît aussi la sensibilité de nombreux prédateurs par accroissement de leurs activités. L'activité des parasites est affectée par la luminosité. Lorsque la durée de l'action du toxique entre en jeu certains composés ont le temps d'être éliminés si l'absorption est lente avant que la dose totale nécessaire atteigne le site sensible.

1.3. Eléments de base de l'évaluation biologique de la toxicité

L'utilisation de produits phytosanitaires présente souvent un risque, et il est donc nécessaire de décider si les bénéfices résultant de l'utilisation du produit dépasseraient ses inconvénients. La plupart des pays exigent donc que l'efficacité des produits phytosanitaires soit évaluée afin de vérifier que leur utilisation apporte réellement un bénéfice (en terme de contrôle des nuisibles et de leurs effets, et de l'amélioration du rendement qui en découle) [54].

1.3.1. Définition de l'efficacité globale

Un produit phytosanitaire est appliqué pour lutter contre un ou plusieurs organismes ou pour modifier la croissance des plantes. La quantification de cet effet peut être appelée "efficacité directe". Cependant, l'utilisation du produit doit apporter un bénéfice et il est donc clair que la mesure de l'efficacité nécessaire dans le cadre de l'homologation couvre plus que l'efficacité directe. L'efficacité globale d'un produit peut être définie comme la mesure des effets généraux résultant de son application dans le système agricole [54]. Elle peut ainsi être considérée comme un équilibre entre plusieurs aspects, notamment les effets positifs, les effets négatifs et la dimension économique [55].

L'efficacité est une équation dans laquelle les effets positifs du traitement lors de la réalisation de l'activité phytosanitaire désirée et tout autre effet utile, comme

lutter contre d'autres organismes nuisibles, sont contrebalancés par des effets négatifs, comme des dégâts directs à la culture (phytotoxicité) ou des effets sur les auxiliaires, ou le développement de résistance [56].

D'autres aspects de l'efficacité qui, selon le produit, peuvent être positifs ou négatifs; ces aspects comprennent les effets sur des organismes nuisibles non visés, la durée d'action du produit, sa facilité d'emploi, sa compatibilité avec d'autres pratiques culturales et mesures de lutte. Le résultat net des effets positifs et négatifs d'un produit phytosanitaire doit être un bénéfice agricole suffisant qui justifie son utilisation [54].

1.3.2. Evaluation de l'efficacité globale

L'efficacité globale est évaluée en tenant compte de données provenant de diverses sources. L'efficacité d'une substance active est déterminée lors d'un **essai biologique** réalisé dans des conditions contrôlées ou en plein champ, conduit selon une méthode définie dans un protocole, et ayant pour but d'évaluer l'efficacité du produit selon des conditions d'emploi précises [56, 57]. Les essais d'efficacité doivent permettre de quantifier et démontrer chaque effet revendiqué [57]. L'essai d'efficacité peut aussi permettre de définir les doses de produit recommandées pour la culture, d'évaluer les risques et la phytotoxicité du produit, de connaître la facilité d'emploi, de savoir si le produit peut être combiné à d'autres pratiques agricoles, etc. [56, 57]. L'ensemble des données obtenues, à savoir les effets positifs et négatifs du produit, permet de connaître l'efficacité globale du produit et de justifier sa mise en marché [57].

1.3.3. Evaluation de l'efficacité directe (effet positif sur le ravageur)

Selon les directives OEPP [54], l'efficacité directe est évaluée dans des conditions aussi proches que possible des conditions d'utilisation pratique du produit. L'évaluation biologique des produits phytosanitaires expliquent comment les essais de plein champ ou en serre doivent être conduits et tentent de définir les exigences minimales nécessaires à l'évaluation de l'efficacité directe d'un produit phytosanitaire pour un objectif particulier sur une culture donnée.

Les essais doivent établir que les recommandations d'usage proposées sont justifiées. Ceci comprend, la quantité du produit phytosanitaire utilisé, la quantité d'adjuvant ajouté, le nombre, la fréquence, la période des applications et la méthode d'application. Les résultats de l'essai principal peuvent être influencés, positivement ou négativement, par un certain nombre d'autres facteurs (culture, organisme à examiner, site d'essai; fiabilité du matériel; doses correctes ; influence des autres produits phytosanitaires appliqués ; climat et conditions édaphiques) [56].

Le mode d'action, la formulation, le développement de résistance peuvent influencer les résultats de l'essai comme influences éventuelles sur l'efficacité globale. L'étude de ces facteurs peut aussi lui permettre de mettre au point des conditions ou limitations d'emploi visant à améliorer l'efficacité globale, à éviter les effets négatifs, ou à permettre de lutter contre un organisme nuisible ou d'atteindre l'objectif recherché même dans des conditions défavorables [54, 56].

Presque tous les essais d'évaluation biologique comportent un produit de référence qui doit être un produit homologué. Le produit de référence permet de comparer le produit à étudier avec un produit ayant des caractéristiques connues en pratique [54].

Un témoin non traité est inclus dans l'essai pour vérifier que la population de l'organisme visé (ou la croissance de la plante) se comporte de la manière attendue pendant la période de l'essai. Il sert ainsi à détecter toute influence externe sur l'efficacité globale [54].

1.3.4. Evaluation des autres éléments de l'efficacité

Plusieurs éléments ayant un impact sur l'efficacité globale sont notés s'ils sont observés au cours d'un essai d'efficacité biologique au champ, mais ils ne sont pas spécifiquement étudiés dans l'essai. Des essais complémentaires peuvent toutefois être nécessaires si des effets autres que l'efficacité sont observés.

I.3.4.1. Effet négatif sur le ravageur

Parmi les effets négatifs du produit sur le ravageur entre autres, la *résistance*, qui a été définie par un comité d'expert OMS (Statistiques Sanitaires Mondiales) en 1957 comme « l'apparition dans une population de la faculté de tolérer des substances toxiques à des doses qui exerceraient un effet léthal sur la majorité des individus composant une population normale de la même espèce » [58].

Le terme résistance désigne la réaction atténuée d'un organisme animal ou végétal à un agent chimique [59].

Il existe plusieurs types de mécanismes impliqués dans la résistance aux insecticides. Ces mécanismes peuvent être comportementaux (comportement différent de l'insecte en présence de l'insecticide), physiologiques (modifications au niveau de la cuticule ou modifications du métabolisme) ou encore par modifications au niveau des cibles de l'insecticide.

- Résistance comportementale

Une modification du comportement en réponse à l'exposition aux insecticides peut conduire à une meilleure survie des insectes. L'insecte irrité par l'insecticide, s'envole plus ou moins rapidement des surfaces traitées. Même si l'hyper-irritabilité peut ralentir l'apparition de populations résistantes, elle diminue néanmoins l'efficacité des traitements insecticides [60]. Les résistances comportementales décrivent toutes modifications dans le comportement de l'insecte qui lui permettent de se soustraire à l'insecticide [61].

- Résistance cuticulaire

Elle désigne toute modification chimique de la cuticule de l'insecte entraînant une réduction de la pénétration de l'insecticide dans l'organisme aboutissant à une meilleure survie des individus. La cuticule est un milieu biologique complexe ayant des propriétés physico-chimiques particulières, notamment une très forte lipophilie. Ces caractéristiques en font un acteur potentiellement important de la

résistance aux insecticides chimiques, car les molécules utilisées sont souvent très hydrophobes et agissent par contact [62].

- Résistance métabolique ou enzymatique

Les résistances métaboliques constituent le mécanisme le plus important développé par les insectes. Il est basé sur le système enzymatique présent chez tous les insectes pour diminuer la toxicité et/ou éliminer les substances. Trois catégories d'enzymes remplissent cette fonction : les monooxygénases à cytochromes P-450, les estérases et les glutathion-Stransférases [61].

L'augmentation de l'expression des gènes codant pour ces trois principaux enzymes, est la cause la plus fréquente de la résistance aux insecticides chez les insectes [63]. Chez les insectes résistants, ces systèmes enzymatiques sont plus performants, soit par une quantité d'enzymes plus importante soit par une meilleure activité des enzymes [61]. En dégradant et en excréant mieux les insecticides, les insectes résistants maintiennent la quantité d'insecticides qui peut atteindre sa cible à des doses non-létales (Figure I. 4) [63].

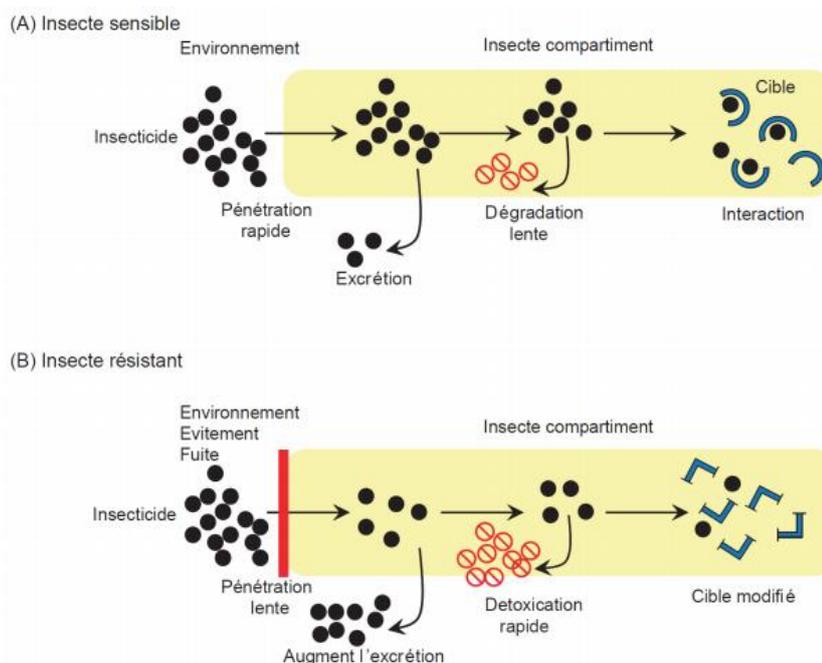


Figure I.4. Représentation schématique des différents mécanismes de résistance aux insecticides chez l'insecte (A) sensible et (B) résistant [63].

- Résistance par modification de la cible

La plupart des insecticides agissent sur une cible bien spécifique. En modifiant cette cible, les insectes empêchent l'insecticide de se fixer correctement sur son site d'action. Les insectes deviennent alors peu ou pas sensibles à l'insecticide [61]. Si la cible est la même, des résistances croisées à plusieurs insecticides peuvent être la résultante d'une seule mutation. Dans ce cas, ce sont les cibles principales des insecticides qui sont affectées par ces modifications, à savoir les canaux sodium dépendants du potentiel et les différentes isoformes de l'AChE. Des mutations ponctuelles au niveau des gènes codant pour ces protéines cibles entraînent des modifications structurales ayant pour conséquence de diminuer leur affinité pour les insecticides. Ce mécanisme peut être également à l'origine des phénomènes de résistance croisée à certains insecticides.

Les résistances métaboliques et les résistances par mutation de cible sont celles qui induisent les niveaux de résistance les plus élevés vis-à-vis de la plupart des insecticides chimiques. Les résistances métaboliques et par mutations de cibles sont héréditaires, donc transmises de génération en génération [61].

- Facteurs cellulaires et moléculaires qui modifient la sensibilité aux insecticides

Des données récentes indiquent que des facteurs cellulaires, voire moléculaires, influencent l'efficacité des insecticides sur la cible. Il ne s'agit pas de mécanismes de résistance car ils ne sont pas d'origine génétique et ne se transmettent pas de générations en générations. Ces mécanismes sont en général transitoires et dépendent de l'activité métabolique de l'insecte à un instant. Parmi ces mécanismes, on distingue : l'édition d'ARN messager : ce mécanisme peut être à l'origine d'une diminution de la sensibilité aux insecticides [64]; les mécanismes de phosphorylation/déphosphorylation: le métabolisme cellulaire *via* l'activation et/ou l'inhibition de protéines phosphatases et/ou kinases joue un rôle important dans le maintien de la configuration moléculaire de la cible et donc dans l'affinité des insecticides pour leurs cibles [65].

I.3.4.2. Effet négatif sur la plante

L'effet négatif sur la plante se traduit par l'évitement de la phytotoxicité qui se définit par la capacité pour une substance d'altérer passagèrement ou durablement les végétaux allant même jusqu'à leur mort [66]. Selon Gupta et *al.*[67], la phytotoxicité est l'accumulation d'une substance à de fortes concentrations dans la plante.

D'après Vila et *al.* [66], les effets phytotoxiques peuvent être observés à la levée de la culture, durant son développement ou à la récolte. Les symptômes peuvent affecter la plante entière ou une partie seulement. Certains paramètres peuvent faire l'objet de mesures (hauteur des parties aériennes, longueur des racines, poids des parties aériennes ou des racines, intensité de la déformation ou de la décoloration).

La phytotoxicité peut apparaître peu de temps après le traitement sous forme de Nécroses qui entraînent éventuellement la chute des feuilles, des fleurs, des fruits ou des racines ou de Rugosité, c'est une réaction épidermique de certaines variétés de plantes cultivées à des pesticides phytotoxiques [68].

La phytotoxicité peut avoir un aspect moins spectaculaire mais insidieux, lorsqu'elle apparaît plus tard, en entraînant une diminution générale de l'activité de la plante (Inhibition de la germination, réduction de la taille, de la surface foliaire, du nombre des bourgeons et des fleurs, de la nouaison, du nombre et de l'activité des chloroplastes «jaunissement », développement limité de radicule) qui au bout du compte on assiste à une chute de la valeur de la récolte [68, 69].

La phytotoxicité des polluants est une donnée indispensable pour la mise en place d'un processus de phyto-dépollution [66]. Les preuves soumises doivent permettre l'évaluation de l'apparition possible de phytotoxicité après l'application du produit phytosanitaire. Les informations précisément demandées dépendent du type de produit et de la culture traitée. Si des effets phytotoxiques sont observés dans la culture pendant l'essai d'évaluation biologique, les symptômes doivent être décrits exactement [54].

L'évaluation doit établir une marge de sécurité pour la culture, en utilisant des données d'essais spécialement élaborés à ce sujet. Il ne doit pas y avoir d'effets phytotoxiques négatifs inacceptables à moins qu'il soit possible d'imposer des limitations d'utilisation appropriées qui évitent ou réduisent l'effet à des niveaux acceptables (par ex. l'utilisation du produit peut être limitée à certains stades de développement de la culture ou éviter certaines conditions climatiques définies). Quand les recommandations faites sur l'étiquette comprennent l'utilisation du produit phytosanitaire en mélange avec d'autres produits phytosanitaires et/ou des adjuvants, une évaluation doit être faite sur l'acceptabilité des mélanges proposés [56].

1.3.4.3.Effet sur la biodiversité

Les animaux sont victimes des pesticides, ils peuvent être intoxiqués de façon directe ou indirecte. Les effets sur la faune sont plus ou moins graves selon le degré d'intoxication : de la mort à la simple intoxication en passant par des troubles de la reproduction, une baisse des défenses immunitaires, des malformations [70]. Les animaux les plus touchés sont les insectes, notamment les butineurs et les auxiliaires des cultures, et les animaux à sang froid (reptiles et amphibiens). Les effets sont surtout visibles chez les espèces au sommet de la chaîne alimentaire qui concentrent les pesticides dans leur organisme. C'est ce que l'on appelle la bioaccumulation [70].

1.4. Notion de biodiversité

1.4.1.Définition de la biodiversité fonctionnelle

Selon Sarthou [71], la connaissance du rôle fonctionnel de la biodiversité permet de mieux gérer les agro-systèmes. Ces derniers temps, la science est de plus en plus intéressée aux corrélations entre la biodiversité et les fonctions écosystémiques [72]. Cette partie utile à l'agriculture est appelée « biodiversité fonctionnelle ». La biodiversité fonctionnelle en agriculture est celle des cultures et des élevages, mais aussi celle qui s'invite au milieu de l'agrosystème. La biodiversité fonctionnelle peut être représentée par un schéma (Figure 1.5).

Deguine et al. [73], la définissent comme la fraction de la biodiversité totale composée de clusters d'éléments (aux niveaux génétique, spécifique ou de l'habitat) fournissant le même service (agro)écosystème, qui est déterminée par la diversité intra-cluster. La biodiversité fonctionnelle est par conséquent une composante clé de l'agro-écosystème. Elle est en effet à la base des services éco-systémiques de type «intrants» (aidant au fonctionnement des agro-écosystèmes) et plus précisément de types «intrants - régulation biologique» (contrôle biologique des bioagresseurs, pollinisation, etc) et «intrants - fourniture de ressources» (stabilité structurale et fertilité du sol, microclimat, etc) [74]. Cette fraction bénéfique de la biodiversité fonctionnelle des agro-écosystèmes est appelée **biodiversité ressource**, alors que la fraction nuisible constitue la **biodiversité destructrice**; quant aux espèces végétales et animales choisies et respectivement cultivées et élevées par l'agriculteur, elles constituent la **biodiversité productive**. La connaissance des relations entre ces différentes composantes est importante pour comprendre comment la biodiversité est un élément de stabilité [75].

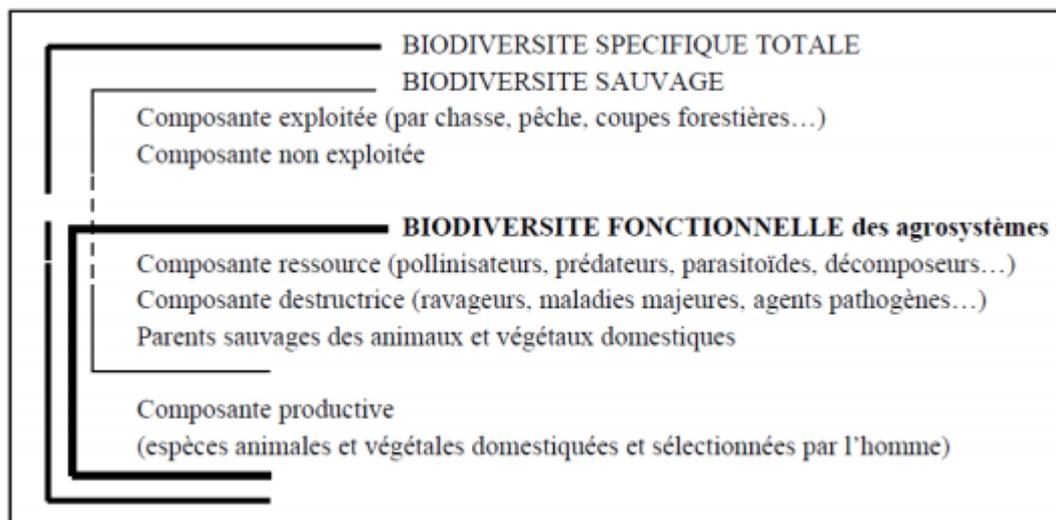


Figure I.5. Les composantes de la biodiversité fonctionnelle [71]

I.4.2. Les fonctions de la biodiversité

La biodiversité est une entité complexe qui peut être répartie sur plusieurs niveaux. Noss [76], a proposé une approche hiérarchique impliquant le concept de "fonction" de la biodiversité. Il l'utilise pour définir tous les processus qui se

produisent à différentes échelles: gène, espèce-population, communauté-écosystème et paysage régional (Figure I.6.).

Peeters et al. [77], ont exprimé les fonctions de biodiversité essentiellement en rapport avec les activités agricoles. La biodiversité est répartie en trois parties : *i*) la **biodiversité agricole**, *ii*) la **biodiversité para-agricole**, *iii*) la **biodiversité extra agricole**. La "**biodiversité agricole**" représente la diversité du vivant directement utilisée pour la production agricole. Elle implique des espèces d'animaux et végétales, des races et des variétés. La "**biodiversité para-agricole**" (également appelée "la biodiversité fonctionnelle") est la diversité du vivant indirectement utilisée par la production agricole, telle que la flore et la faune de sol, la faune auxiliaire, les pollinisateurs, la diversité végétale d'une prairie et plus généralement les services des écosystèmes. La "**biodiversité extra-agricole**" représente la biodiversité dans les zones de production agricole qui ne contribue pas à la production. Ce sont principalement des espèces particulières comme par exemple les espèces menacées (orchidées, papillons, grands mammifères...).

Duelli et Obrist [78], ont définis trois axes majeurs qui motivaient la conservation et l'étude de la biodiversité : *(i)* conservation (protection des espèces menacées), *(ii)* lutte biologique (diversité des espèces d'antagonistes), et *(iii)* résilience (processus des écosystèmes). Ces approches présentent un concept de la biodiversité qui recouvre plusieurs fonctions ou services écologiques. Les trois axes correspondent à trois fonctions principales : les fonctions patrimoniales, les fonctions agronomiques et les fonctions écologiques, de la biodiversité (Figure I.6.).

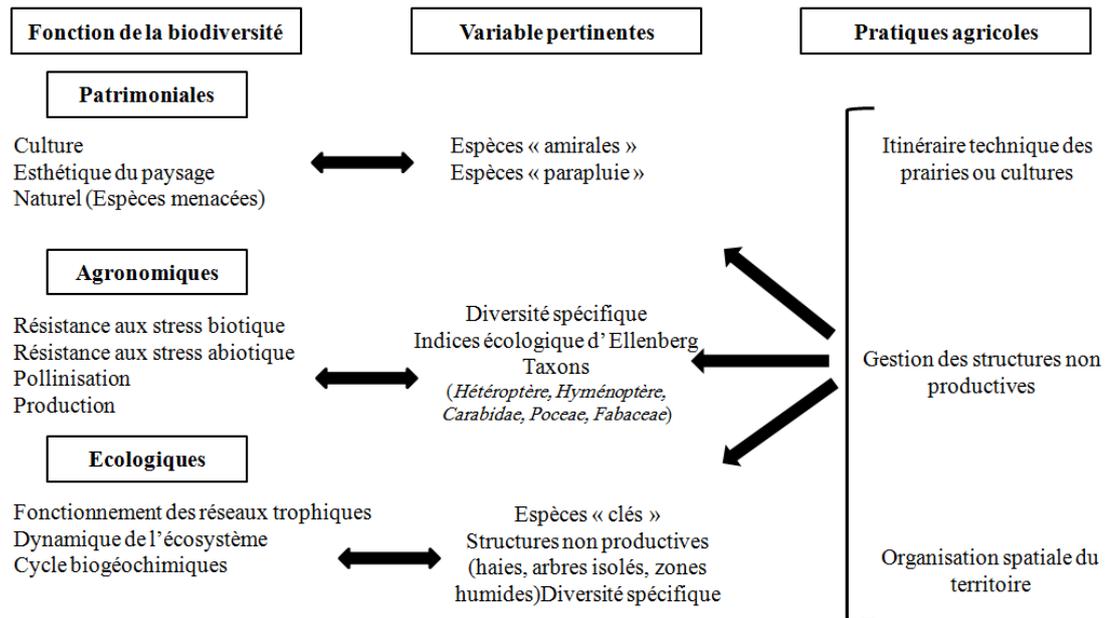


Figure I.6. Le schéma conceptuel des indicateurs de biodiversité [79].

Les fonctions patrimoniales, sont présentes à différentes échelles : à l'échelle du paysage, la biodiversité contribue à la valeur esthétique et à des échelles inférieures, la biodiversité correspond à des habitats, des espèces ou à un patrimoine génétique [78].

Les fonctions agronomiques, agissent sur les paramètres agronomiques à différentes échelles : à l'échelle locale, à l'échelle de la parcelle qui inclut des bordures semi-naturelles (talus, fossés, haies), et à l'échelle du paysage avec les réseaux de haies (connectivité et fragmentation) ou des zones boisées. Elle peut contrôler les stress biotiques et abiotiques des cultures et des prairies (les ravageurs, les maladies, la sécheresse, les carences...), contribuer aux fonctions essentielles de la plante tel que la reproduction par l'intermédiaire des pollinisateurs et jouer un rôle dans la qualité des productions animales et végétales [78].

Selon Duelli et Obrist [78], la biodiversité qui est impliquée dans **le fonctionnement écologique** est utilisée en partie pour l'activité agricole, mais la diversité est également reliée à plusieurs aspects écologiques. La biodiversité crée des habitats typiques, inclut des espèces particulières, et est relié au fonctionnement d'écosystèmes.

I.4.3. Les fonctions agronomiques de la biodiversité

La biodiversité assure des fonctions importantes dans les productions agricoles.

I.4.3.1. Le contrôle des ravageurs

La biodiversité peut contrôler la population en ravageurs par deux mécanismes : d'une part, la diversité floristique implique une diminution des espèces-hôtes (effet bottom-up), d'autre part, une plus grande diversité de prédateurs contrôle la population des ravageurs (effet top-down) [80] (Figure I.7.).

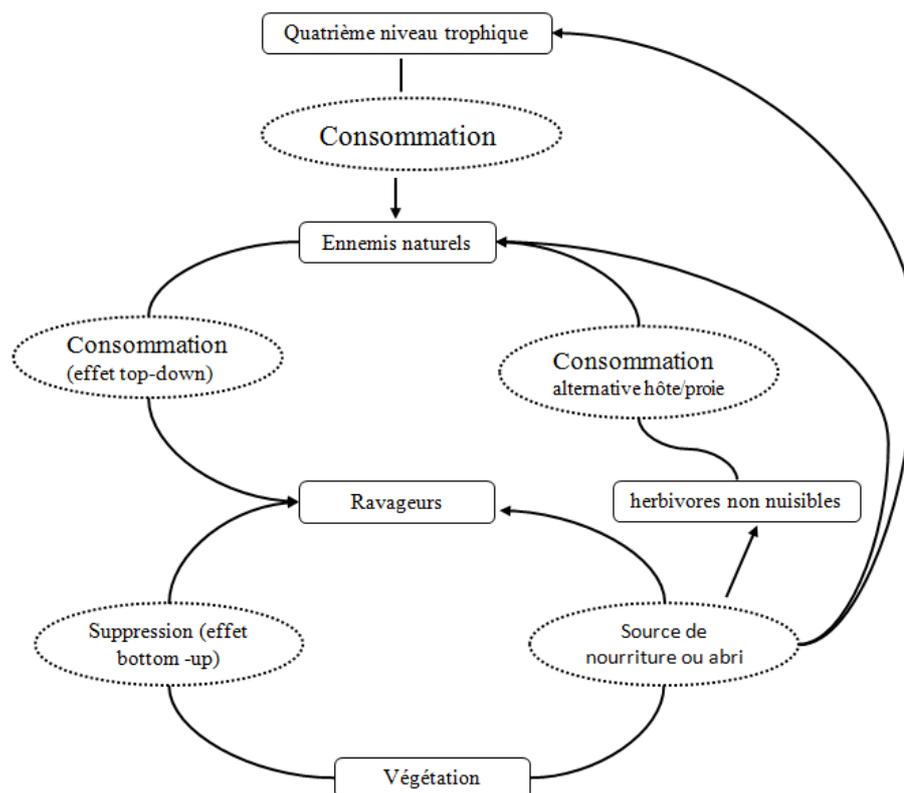


Figure I.7. Effets potentiels de la végétation sur des niveaux trophiques supérieurs et les conséquences sur la gestion des nuisibles [80].

I.4.3.2. Le contrôle des maladies et des nématodes

La diversité floristique et faunistique du sol peuvent aider à contrôler les agents pathogènes, notamment les champignons [81] et les nématodes phyto-parasites

[82]. La rotation des cultures et la diversité des espèces végétales sont des procédures de gestion qui augmentent l'activité biologique de sol. D'après Jackson et Wennig [83], les maladies du blé peuvent être réduites par un mélange de cultivars.

1.4.3.3. La pollinisation

La fonction de pollinisation est à la fois une fonction agronomique et une fonction écologique de la biodiversité car elle joue un rôle capital pour le fonctionnement de la plupart des écosystèmes terrestres à travers la reproduction des plantes [84].

Dans le cas de la fonction agronomique, la pollinisation entomophile (insecte) pourrait être limitée aux plantes cultivées, le cas de la pollinisation entomophile des plantes sauvages pouvant être dans le cadre de la fonction écologique. La pollinisation entomophile doit donc être abordée pour l'ensemble des plantes [85].

La pollinisation permet la reproduction sexuée et maintient la diversité génétique. La reproduction végétative ne produisant que des clones, ne peut pas être le mode de reproduction exclusif. La diversité génétique des plantes augmente leurs capacités d'adaptation aux stress de l'environnement. La pollinisation entomophile permet le maintien des espèces constitutives de ces habitats, et donc du maintien des fonctions qu'ils assurent dans les territoires agricoles (lutte contre l'érosion, maintien d'auxiliaires naturels,...)[85].

1.4.3.4. Les productions animales et végétales

Parmi les fonctions agronomiques de la biodiversité, la régulation des stress biotiques, abiotiques, et la pollinisation. L'association de ces fonctions montre l'effet de la biodiversité sur la production végétale [85].

La richesse spécifique et l'abondance de certaines espèces d'une prairie sont corrélées à sa production fourragère. Chaque espèce prairiale a une valeur fourragère estimée selon différents critères les caractérisant, notamment la

production de matière sèche ou la valeur nutritive (animaux: bovins) [86]. De même, la diversité en espèces des prairies influence également la qualité des produits laitiers (lait et fromage) qui en sont issus.

L'impact de la diversité végétale sur la qualité des productions animales est également observé pour la viande [85].

I.5. Réaction de la biodiversité aux actions anthropiques

La diversité est toutefois influencée par de nombreux facteurs et subit toutes sortes de limitations. Celles-ci peuvent résulter d'un manque de nourriture ou d'espace, encore être dues à des maladies ou à des prédateurs, ou à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques [87].

I.5.1. Fertilisation

La fertilisation en générale influence positivement l'abondance et la croissance des organismes vivants dans le sol et dans la végétation, à condition de ne pas atteindre des seuils de toxicité [88]. Les effets des engrais sur la biodiversité ont majoritairement été étudiés sur la fertilisation azotée minérale et sur la fertilisation organique. La fertilisation azotée (sulfate d'ammonium) peut avoir un effet indirect en induisant une diminution du pH qui a un effet négatif important sur les organismes du sol [89].

Composts, fumiers, substances humiques sont des sources de carbone organique pour les organismes du sol, ainsi qu'une source de carbone indirecte à travers la production végétale. De ce fait, ces apports sont favorables à l'augmentation de la densité des organismes du sol [90]. La diversité est le plus souvent modifiée et des changements d'espèces découlent souvent d'une application régulière d'engrais organiques, ces effets du fertilisant organique dépend de sa nature; sa dose et selon les éléments toxiques qu'il contient [91].

Chu et al. [92], révèlent une augmentation réelle de la biomasse microbienne dans les sols fertilisés (fertilisation minérale et organique). Alors, selon d'autres

chercheurs, la fertilisation minérale réduit la biomasse microbienne et les activités microbiennes dans le sol et provoque un déséquilibre au détriment de la communauté fongique dont le développement est limité [93]. La communauté bactérienne est également affectée globalement par la fertilisation minérale [90]. La fertilisation minérale est considérée comme un des principaux facteurs de la baisse de la richesse spécifique floristique dans les parcelles [94].

1.5.2. Effet des pesticides et des biopesticides

L'usage de produits phytosanitaires de synthèse serait responsable du déclin de la biodiversité. En effet, ils peuvent avoir des effets directs sur les organismes cibles (mortalité, baisse de la fécondité) ou sur les organismes non cibles; mais également des effets indirects sur les mêmes groupes soit par intoxication, soit par réduction des ressources disponibles dans le milieu [95]. Ces effets dépendent aussi de l'hétérogénéité des agro-écosystèmes et de la mobilité des organismes, et donc de leurs capacités de recolonisation à partir des zones refuges non traitées [96].

Plusieurs auteurs montrent, que les insecticides ont des effets négatifs sur les vers de terre [97], sur les Collemboles [98], sur les acariens et les nématodes [99]. Ainsi que, les insecticides perturbent de façon critique les protozoaires [100].

Les effets des produits phytosanitaires sur les arthropodes, et particulièrement les auxiliaires et les ravageurs des cultures, dépendent des traits de vie, des paramètres démographiques et du stade de développement au moment de l'application. Selon Burel et Garnier [88], les insecticides peu ou pas toxiques pour les auxiliaires sont très peu nombreux.

L'utilisation des produits de synthèse, a permis un contrôle efficace des communautés d'adventices. La réduction du nombre d'espèces à des conséquences sur l'ensemble de la faune qui s'alimente sur ces végétaux [101].

Les extraits insecticides de plantes comme le neem, la roténone, l'azadirachtine, sont dits mieux respecter l'environnement car leurs molécules sont rapidement

biodégradables, mais leurs effets sur les arthropodes et notamment les auxiliaires des cultures ne sont pas nuls [102].

I.6. La diversité et les traits d'histoire de vie

L'histoire de vie d'un organisme correspond à la succession de différentes périodes au cours de la vie incluant la croissance, le développement, la reproduction et la vie après la reproduction. Le temps et la quantité d'énergie alloués à chaque période définissent des traits d'histoire de vie (*e.g.* âge de maturité sexuelle, âge de première reproduction) qui varient entre les espèces mais aussi au sein des espèces [103]. Cette variation d'après la théorie des traits d'histoires de vie résulte de l'action de différentes pressions de sélection (*e.g.* Prédation) sur les individus [104, 105]. Cela permet de comprendre que la présence d'une période et sa durée ne sont pas indépendantes de la mise en place d'adaptations spécifiques, liées *par exemples* à la locomotion, au métabolisme ou à la reproduction. A cet égard, un événement de spéciation peut être réalisé en modifiant les taux de croissance des périodes existantes ou en insérant ou en enlevant une période [103].

Un principe clé pour comprendre l'évolution des traits d'histoire de vie est celui de la limitation des ressources disponibles pour un organisme. Il s'ensuit une relation négative (ou compromis) pour la quantité de ressources allouées aux différents traits. Un investissement plus grand dans la période de reproduction est associé à un investissement moindre dans la croissance, et cette corrélation négative est observée au niveau inter et intraspécifique [103]. Le cycle de vie est ainsi jalonné de tels compromis, entre la croissance et la reproduction, entre la reproduction et la longévité, entre la fertilité et l'investissement parental et ces compromis sont régulés par des hormones reproductives et métaboliques qui interagissent. Une notion majeure de la théorie des traits d'histoire de vie est donc qu'un organisme n'est pas une machine parfaite, mais le résultat de la sélection naturelle qui agit dans un contexte de compromis. Le niveau de contraintes (ou la force de ces compromis) varie cependant suivant la quantité de ressources disponibles [103].

Les traits d'histoire de vie nécessitent la combinaison d'informations provenant de l'écologie, qui détermine les pressions de sélection, de la génétique quantitative (héritabilité) et des compensations entre traits d'histoire de vie, dont les composantes sont à la fois physiologiques et génétiques [106].

La spécialisation écologique induit donc une évolution des traits d'histoire de vie des organismes. Ces adaptations dans leurs traits d'histoire de vie permettent aux individus de mieux répondre en termes de valeur sélective aux pressions de sélection qu'ils subissent dans leur habitat, que ces pressions proviennent des ressources utilisées ou des interactions interspécifiques existant au sein de leur communauté [104, 107].

L'idée centrale est que ces filtres opèrent non pas sur les espèces, mais sur les traits que portent ces espèces. Chaque filtre spécifique (régime de perturbation, fertilisation, interactions entre organismes, etc.) porte sur certains traits appelés "traits de réponse" (Figure I.10.). Selon ce modèle, la composition des communautés doit pouvoir être prédite à partir des informations sur la nature et la force des filtres d'une part, et de la nature et de la valeur des traits de réponse filtrés d'autre part [108].

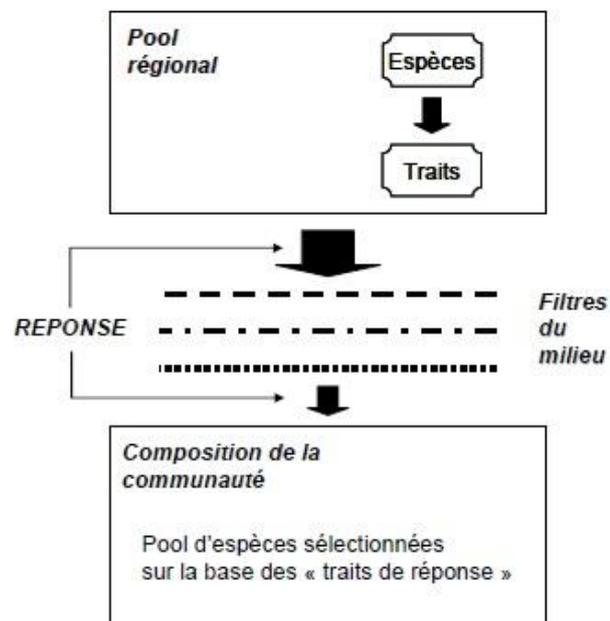


Figure I.8. Schéma conceptuel présentant les effets des facteurs du milieu sur la composition des communautés [108].

CHAPITRE II

STRESS CHEZ LES ÊTRES VIVANTS

II.1. Les organismes et leur environnement

Durant la vie de tout individu, les paramètres environnementaux engendrent des modifications plus ou moins rapides mais importantes dans le temps et dans l'espace. Il existe, pour chacun de ces facteurs, un gradient; dans lequel chaque individu, population ou communauté qui peut vivre en fonction de ce paramètre, (loi de tolérance de Shelford [109]) (Figure II. 1). Cet intervalle de tolérance définit la valence écologique d'une espèce [110].

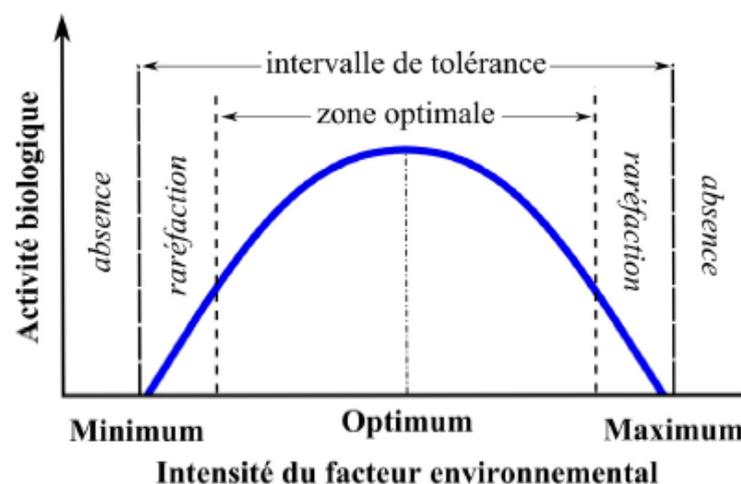


Figure II. 1. Relation existant entre l'activité biologique d'un individu, d'une population, espèce ou communauté, et l'intensité d'un facteur environnemental dont ils sont dépendants [109].

Les réponses physiologiques des organismes, face aux variations environnementales, sont, selon l'échelle de temps considérée, de trois types :

(i) Si les changements environnementaux ont orienté l'évolution des populations par la sélection, on parle d'adaptation des organismes à leur environnement [111]. Ce processus est généralement irréversible, et il est qualifié par le fait que la physiologie d'un individu soit appropriée à son milieu.

L'adaptation d'individus à un environnement peut être traduite par le fait qu'ils possèdent un matériel génétique en adéquation avec les paramètres biotiques et abiotiques.

(ii) Si des modifications environnementales se déroulent à l'échelle temporelle de l'individu, l'organisme peut subir un processus d'acclimatation. Ce phénomène est réversible et intervient sur une durée de plusieurs jours ou semaines [111]. L'individu va subir des changements physiologiques afin que son fonctionnement biologique soit en accord avec les nouvelles caractéristiques du milieu. Dans ce cas, l'intervalle de tolérance d'un organisme ou d'un groupe d'individus se déplace d'une valence écologique 1 vers une valence écologique 2 (Figure II. 2).

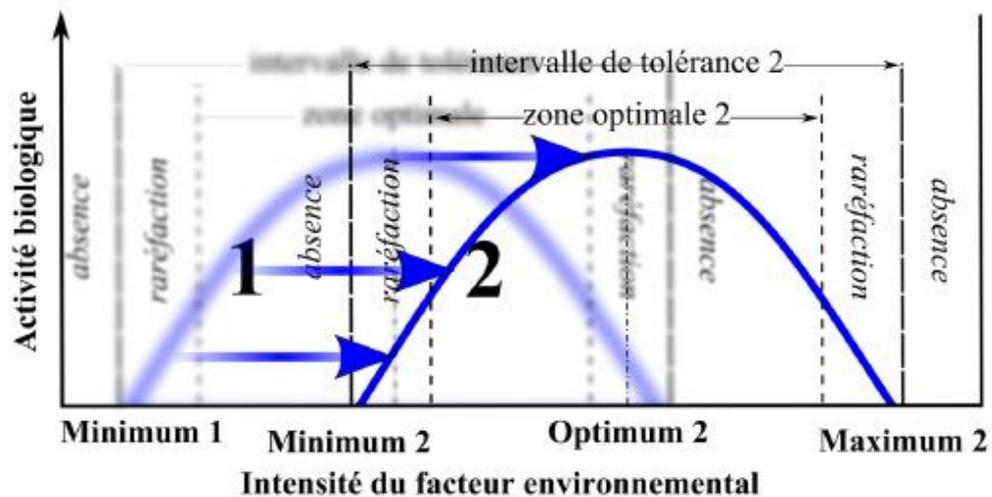


Figure II. 2. Représentation du phénomène d'acclimatation chez un organisme, une espèce ou une communauté, en fonction de la loi de tolérance [109].

(iii) Les organismes peuvent être stressés et toute déviation significative des conditions de vie menaçant l'équilibre physiologique d'un individu est considéré comme stressante [112] (Figure II. 3). Cette étape de stress peut être suivie d'une phase d'acclimatation [110].

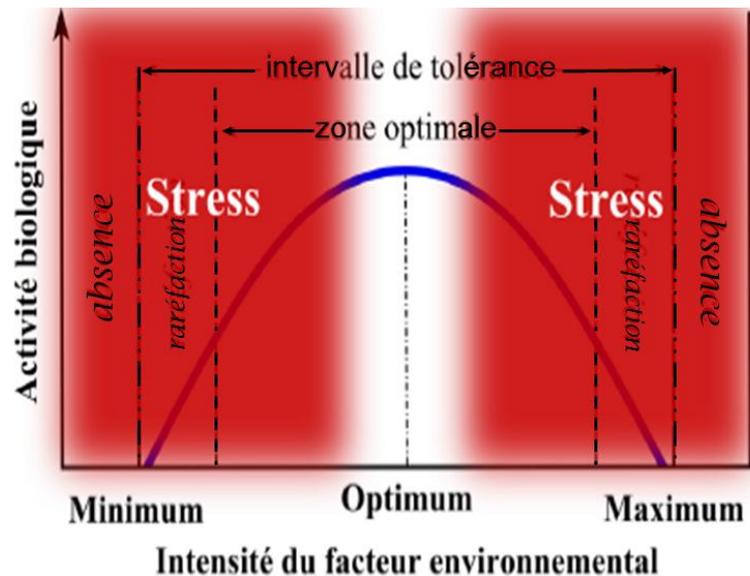


Figure II. 3. Représentation des plages de stress potentielles pour un organisme, une espèce ou une communauté en fonction de la loi de tolérance [109].

II.2. Notion de stress

II. 2.1. Définition

Un stress biologique n'est pas facile à définir. Selye [112], signale que le terme «stress» désigne l'état dans lequel se trouve un organisme lorsqu'il fait face à des forces menaçant son intégrité. Ce terme s'avéra cependant ambigu puisqu'il peut désigner à la fois les stimuli s'appliquant à un organisme et la réponse de l'organisme à ces stimuli. Selon Mechanic [113], le stress est l'écart entre les demandes d'adaptation et les ressources personnelles et environnementales disponibles. En 1975, Selye [114] proposât la notion «stressor = facteur de stress» qui désigne les perturbations appliquées à un organisme, et il introduisait la notion de réponse au stress «stress reponse», qui désigne un vaste ensemble de réactions comportementales ou physiologiques visant à maintenir l'homéostasie. Le stress est donc considéré comme un état de déséquilibre physiologique provoqué par un facteur de stress et déclenchant une réponse au stress.

D'après Hoffmann [115], le stress est inévitable ; c'est une réaction de défense dont la fonction principale est de protéger l'organisme et de l'aider à s'adapter pour survivre ; cette réaction survient suite à n'importe quelle pression exercée sur lui

qui exige une réaction. Depuis, le stress est considéré comme un processus interactif global comprenant la totalité des facteurs intervenants : le stimulus, la réponse au stimulus, le processus de perception et d'évaluation de la situation par le sujet [116].

En 1993, Cnockaert et Mouzé-Amady [117], définissent le stress comme un état qui se manifeste par un ensemble de réactions de l'organisme à l'action non spécifique des agents stressants physiques, chimiques ou biologiques. Le stress est l'interaction entre une force et la résistance de l'organisme à cette force, le complexe agression- réaction [118].

II.2.2. Facteurs de stress

Les facteurs de stress se répartissent en deux groupes, le groupe des *stimuli cognitifs* et celui des *stimuli non cognitifs* [119]. Les stimuli cognitifs, sont des facteurs de stress perceptibles par les organes des sens. Ils sont de nature abiotique (température, salinité, pollution, pratiques agricoles ou aquacoles) ou biotique (qualité ou quantité de nourriture, compétition, présence de prédateurs, surpopulation). Quant aux stimuli non cognitifs, ils désignent les réponses du système immunitaire et du système neuroendocrine contre un ensemble de facteurs de stress qui menacent l'intégrité de l'organisme qui ne sont pas détectés par les organes des sens [119].

II.2.3. Etat de stress

L'état de stress recouvre le syndrome d'adaptation au stress, les réactions de stress. Elles sont considérées comme les conséquences d'une réaction de défense de l'individu face à une situation nouvelle qui vient perturber ou rompre la stabilité et l'équilibre intérieur (physiologique et/ou psychologique). Les réactions de stress regroupent un ensemble de manifestations biologiques, physiologiques et comportementales mises en œuvre dans des circonstances bien particulières. Elles visent au maintien actif et au rétablissement de cet équilibre [120].

II.2.4. Réponse au stress

II.2.4.1. Syndrome général d'adaptation (SGA)

Le stress est le complexe action-réaction, le SGA est l'aspect physiologique, hormonal, endocrinien de la réaction. Le Syndrome général d'adaptation est le modèle d'adaptations physiologiques qu'effectue l'organisme pour s'adapter à son environnement. Il est donc la réponse de l'organisme aux agressions auxquelles il est exposé, nonobstant les réactions spécifiques propres aux agents stressants. Ce Syndrome comprend trois phases qui se manifestent surtout quand l'organisme est soumis à un stress continu (Figure. II. 4) [121, 118].

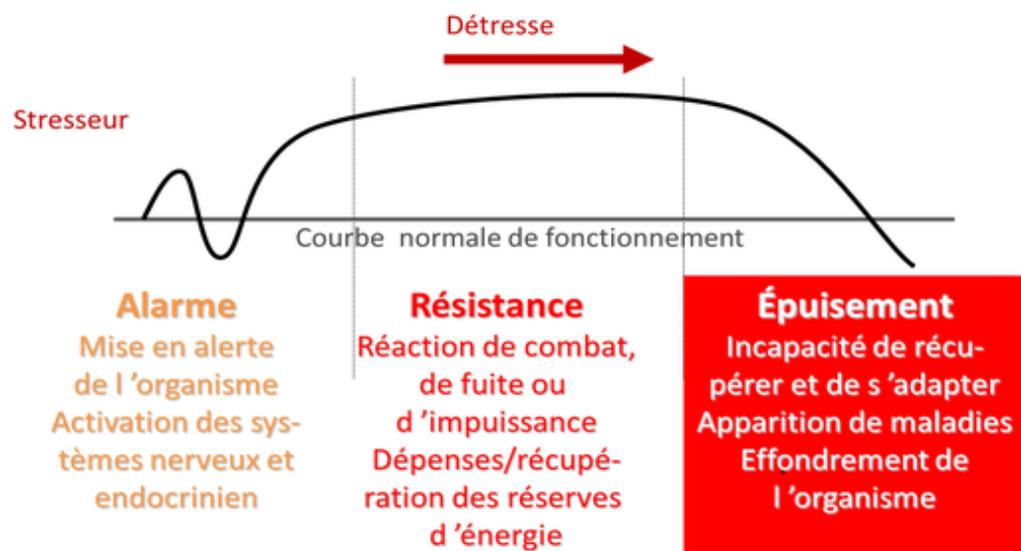


Figure II.4. Syndrome Général d'Adaptation [114].

(i) Phase d'alarme

Selon Altmann [122], cette phase ne dure pas longtemps, de quelques minutes à quelques heures tout au plus. C'est la réaction de stress proprement dite, elle s'installe quel que soit l'agent agresseur. Elle s'exprime de la même façon chez toutes les espèces avec une intensité variable.

D'après Léo et al. [118], Cette phase est l'ensemble des phénomènes généraux non spécifiques provoqués par l'exposition soudaine de l'organisme à un agent

nocif, à un stimulus-ou à un stress, auquel cet organisme n'est pas adapté, ni quantitativement, ni qualitativement. La réaction d'alarme, est la mobilisation générale des ressources défensives du corps [121]. L'ôo et al. [118], divisent la réaction d'alarme en choc et contre-choc. Le choc représente l'état de surprise à l'agression soudaine et il formé de symptômes d'altération passive de l'équilibre fonctionnel, phénomène passif et traduisant un état de souffrance générale intense. Si la réaction au choc n'est pas mortelle, elle est suivie de la phase contre choc. L'organisme se ressaisit, et met en jeu ses moyens de défense active [118].

Souvent, la phase du choc et celle du contre-choc sont intimement mêlées. Si les stimuli qui ont provoqué la réaction d'alarme se prolongent, l'organisme entre dans la phase de résistance.

(ii) Phase de résistance

C'est l'état de stress qui correspond à une intensification de la mobilisation énergétique de l'organisme qui doit soutenir l'effort pour s'adapter à la situation nouvelle. Le niveau de fonctionnement y est plus élevé. C'est «l'hétérostasie», terme employé par Selye pour quantifier cet état par opposition avec le concept d'homéostasie. Le stade de résistance varie en intensité, en modalité d'expression et en durée selon les situations et les individus [122]. Cette phase constitue l'ensemble des réactions non spécifiques provoquées par l'exposition prolongée de l'organisme à des stimuli nocifs, auxquels il s'est adapté au cours de la réaction d'alarme. La résistance vis-à-vis de l'agent particulier qui a éveillé la réaction d'alarme, s'accroît mais, simultanément, l'organisme devient plus sensible à l'influence d'autres alarmants ; par exemple, un animal qui a résisté victorieusement à l'administration d'un toxique devient plus sensible à l'influence du froid [118]. Si l'individu continue à être exposé plus ou moins longtemps à des agents nocifs, il dérive vers une 3^{ème} étape ; la phase d'épuisement [121].

(iii) Phase d'épuisement

Elle marque la fin de la période de résistance avec épuisement des ressources et abandon de l'effort. Dans les situations les plus graves le risque vital est présent

[122]. La phase d'épuisement constitue l'ensemble des réactions non spécifiques qui caractérisent le moment où l'organisme cesse de pouvoir s'adapter au stimulus auquel il est soumis [118]. Un stress très grave peut aboutir à l'épuisement et à la mort [122].

II.2.4.2. Syndrome local d'adaptation

Ce syndrome correspond notamment à la réaction inflammatoire et aux processus de réparation qui ont lieu au siège des lésions tissulaires. Le syndrome local d'adaptation survient lorsque l'individu souffre de petites lésions topiques telles que la dermatite de contact [118].

II.2.5. Stress chimique

Les stress chimiques sont induits par des facteurs chimiques de nature variée (salinité, pH, métaux lourds, polluants organiques) qui sont responsables de perturbations au sein de l'organisme.

II.2.5.1. Stress chimique chez les animaux

L'évaluation du stress subi par des organismes vivants permet de détecter une réponse biologique globale face à de multiples facteurs d'agressions physiologiques. Ces facteurs qui peuvent être naturels ou d'origine anthropique comme la contamination chimique. Le stress chimique est caractérisé par différents niveaux physiologiques qui évoluent en fonction de la charge en polluant (Figure II.5). Quand la charge en polluants est modérée, l'exposition entraîne un ajustement biologique suivi d'un retour à la normale. Si la charge est plus importante, des mécanismes physiologiques ou biochimiques interviennent pour une détoxification ou une excrétion des polluants ; c'est la compensation. Lorsque la charge en polluants dépasse les capacités de résistance de l'organisme, c'est la phase de non-compensation. Dans ce cas, peuvent apparaître des pathologies et la mort [123].

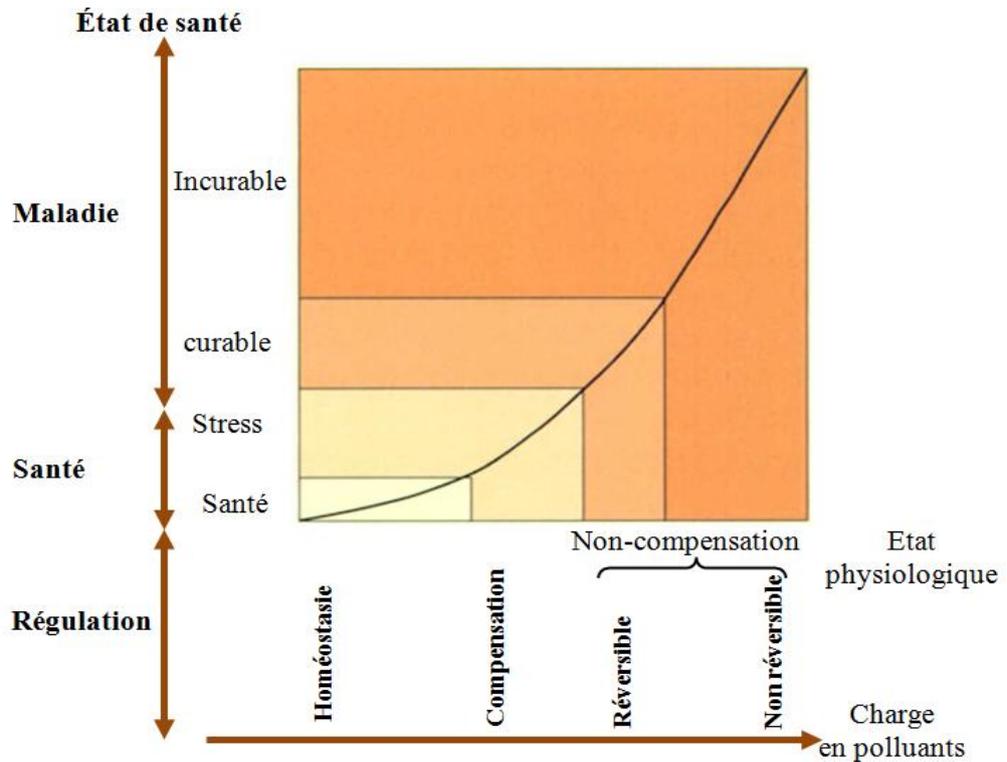


Figure II.5. Présentation de différents niveaux de l'état de santé d'un organisme en fonction de la charge en polluants [124].

Quand le niveau de stress augmente, la réponse évolue d'un état normal vers les phases réversibles, puis irréversibles, qui précèdent la mort. Les approches biochimiques de l'évaluation du stress ont pour but d'identifier la gamme des réponses réversibles avant l'apparition de dommages physiologiques permanents [36].

Le stress chimique peut exercer un effet immunosuppresseur qui pourrait fragiliser à termes les populations très polluées, en les rendant moins résistantes aux agressions [125]. Selon Dunier [126], la présence de xénobiotiques peut affaiblir le système immunitaire d'un organisme. Face à un xénobiotique, un organisme peut modifier l'expression de ses gènes pour s'acclimater à cette nouvelle situation. Cette modification est souvent considérée comme une réponse précoce de l'organisme soumis à un stress chimique [125]. Parmi les différents gènes dont l'expression est modifiée lors d'une contamination, le cytochrome P450. Il intervient dans la transformation des xénobiotiques hydrophobes en métabolites hydrosolubles, participant ainsi au processus de biotransformation de certains polluants organiques toxiques [127].

II.2.5.2. Stress chimique chez les plantes

Les plantes ont depuis toujours été confrontées à différents stress abiotiques et biotiques dans leur environnement. Par conséquent, la survie des plantes dépend de leur capacité à adapter leur physiologie, et notamment leur développement et leur croissance, afin d'atténuer ou même de supprimer les effets du stress [128]. Les pollutions par les xénobiotiques, qu'elles soient ponctuelles ou persistantes, font partie intégrante des contraintes auxquelles sont confrontées les espèces végétales. Les xénobiotiques, induisent des effets variés chez les plantes, dépendant entre autres de la nature chimique du composé et également en fonction des doses auxquelles les plantes sont exposées [129,130].

Les xénobiotiques peuvent affecter fortement la survie, le développement et la reproduction des plantes, et induire, ainsi, à plus grande échelle des changements dans les communautés végétales pouvant entraîner des impacts écologiques et agronomiques importants [131]. Autrement dit, ces perturbations associées au stress influencent généralement de façon défavorable le fonctionnement de la plante [132]. Selon Calvet [133], les xénobiotiques agissent sur le métabolisme des tissus, en inhibant la division cellulaire, en modifiant les dynamiques cellulaires par des effets sur le cytosquelette, en désorganisant les parois et les membranes cellulaires par inhibition de la synthèse des composés structuraux (polysaccharides, phospholipides), ou enfin en affectant la signalisation cellulaire par interférence avec les phytohormones. Les substances chimiques de synthèse perturbent les métabolismes cellulaires en inhibant respectivement la synthèse d'acides aminés aromatiques, la synthèse d'acides foliques, et le fonctionnement photosynthétique [131].

II.3. Evaluation de la perturbation chez les animaux

Dans le milieu naturel, les effets biologiques peuvent être évalués à l'aide de marqueurs biologiques [123].

II.3.1. Les marqueurs biologiques

Malgré que la surveillance chimique fournisse des informations sur la pollution des milieux par les xénobiotiques, elle ne permet d'étudier les effets biologiques et les conséquences écologiques qui en découlent [133, 134]. Dans la majorité des cas les techniques analytiques chimiques sont, incapables de détecter et quantifier les xénobiotiques présents dans les écosystèmes. L'approche biologique a été développée dans le but de pallier les insuffisances des analyses chimiques et pour déterminer l'effet des polluants chimiques sur le milieu. En complémentarité avec la surveillance chimique, la biosurveillance (biomonitoring) a été proposé et développé dans le but de permettre une meilleure évaluation de l'état de santé des écosystèmes naturels (Figure II.6.) [135].

La biosurveillance est définie comme «l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution» [137]. La biosurveillance se base sur l'étude de la réponse biologique des xénobiotiques qui peut être assimilée à des indicateurs biologiques [138]. Elle contient quatre concepts : bio-indicateur, bio-intégrateur, bio-accumulateur et biomarqueurs (Figure II.6.).

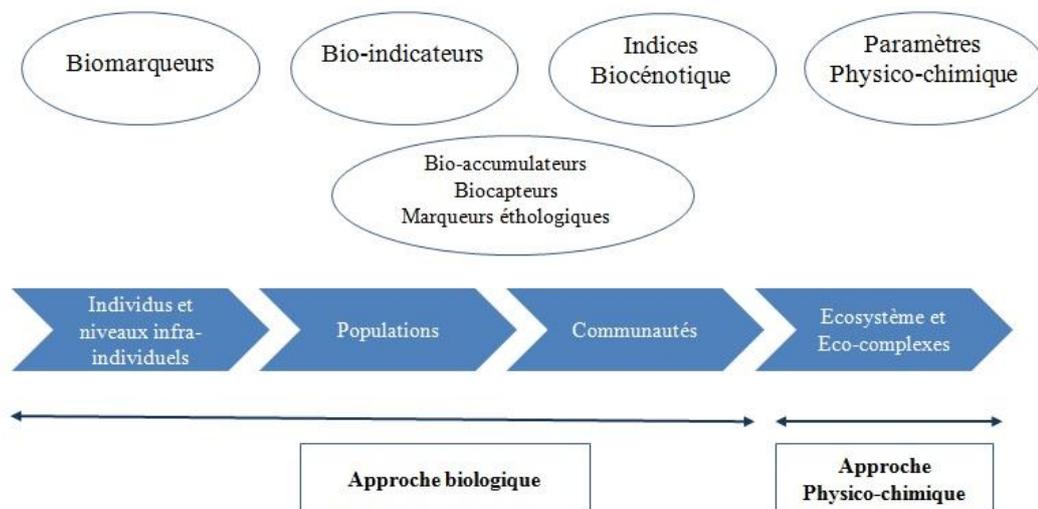


Figure II.6. Représentation schématique des différents paramètres mesurables à différents niveaux d'organisation biologique pour évaluer l'état de santé des écosystèmes [9].

i. Bio-indicateurs

Un indicateur biologique est un organisme ou un ensemble d'organismes qui permet de façon pratique et sûre de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées [139]. Plus précisément, les bio-indicateurs sont des organismes vivants utilisés de façon complémentaire aux mesures physico-chimiques pour indiquer la présence de polluants et/ou en mesurer leurs effets dans l'environnement.

Le bio-indicateur est défini comme un simple relais ne faisant référence qu'à des effets observables au niveau de l'individu se traduisant par des altérations morphologiques, tissulaires ou physiologiques [137]. Les bio-indicateurs sont des organismes qui peuvent être utilisés afin d'obtenir des informations sur les variations spatiales et temporelles des concentrations de polluants bio-disponibles. Les principaux avantages associés à leur utilisation sont les coûts d'investissement et de suivi qui sont relativement faibles ainsi que la possibilité de mesurer un effet relativement rapide. Cependant, l'utilisation de bio-indicateurs présente certaines limites telles que la disponibilité non permanente de certaines espèces ou encore la possibilité d'interférence avec d'autres sources de stress et donc la difficulté d'interprétation des résultats [140].

ii. Bio-intégrateur

Le bio-intégrateur se situe au niveau populationnel et/ou communautaire, en appréciant la variation densitaire et/ou spécifique dans des populations ou des écosystèmes. Il prend toute sa valeur et sa fonction dans des études diachroniques ou synchroniques. Autour de certaines sources de pollution, il est parfois difficile de mettre en évidence des polluants à partir de leurs seuls effets morphologiques ou tissulaires, voire même de leur accumulation. D'autre part, les modifications biologiques provoquées par des polluants peu concentrés se distinguent difficilement des fluctuations naturelles. Il est donc important de mesurer les effets au niveau des communautés, de manière à infirmer ou à confirmer les observations faites au niveau infra-individuel et individuel [137].

iii. Bio-accumulateur

Le concept de bio-accumulateur se distingue totalement des autres (Biomarqueurs, bio-intégrateurs et bio-indicateurs) en ce sens, il n'est pas considéré comme un indicateur de réaction. Dans ce cas, l'organisme utilisé sert principalement de matrice pour le dosage de différents polluants suite à des mécanismes de transfert et d'accumulation. C'est une méthode qui permet d'étudier l'imprégnation de l'environnement par les polluants et de suivre l'évolution (spatiale et temporelle) de cette imprégnation. Contrairement aux concepts précédents pour lesquels il est indispensable de choisir les espèces « sensibles », en bio-accumulation on aura recours aux organismes les plus résistants possible afin de ne pas perturber les phénomènes d'accumulation [137].

iv. Biomarqueur

Les biomarqueurs, sont utilisables pour étudier la biodisponibilité des contaminants. Ils indiquent que l'individu est soumis à un stress mais celui-ci est moins facilement extrapolable à l'ensemble des individus d'une communauté [141]. Les biomarqueurs ont été proposés par plusieurs auteurs comme un outil fiable dans les études de biosurveillance qualitative et quantitative de l'exposition a différents agents agresseurs de l'environnement (142, 28, 143).

II.3.2. Notion de biomarqueurs

Les biomarqueurs ont fait leur apparition en écotoxicologie au cours des années quatre-vingts. Initialement décrit comme la réponse d'une structure ou d'une fonction biochimique ou physiologique « normale » à la présence d'un xénobiotique [9]. La notion de biomarqueur est donc relativement récente et le développement de son utilisation comme outil de surveillance et d'évaluation de l'environnement est étroitement liée à la connaissance des mécanismes moléculaires des processus toxiques chez différentes espèces animales ou végétales appartenant aux différents écosystèmes (Figure II.7.).

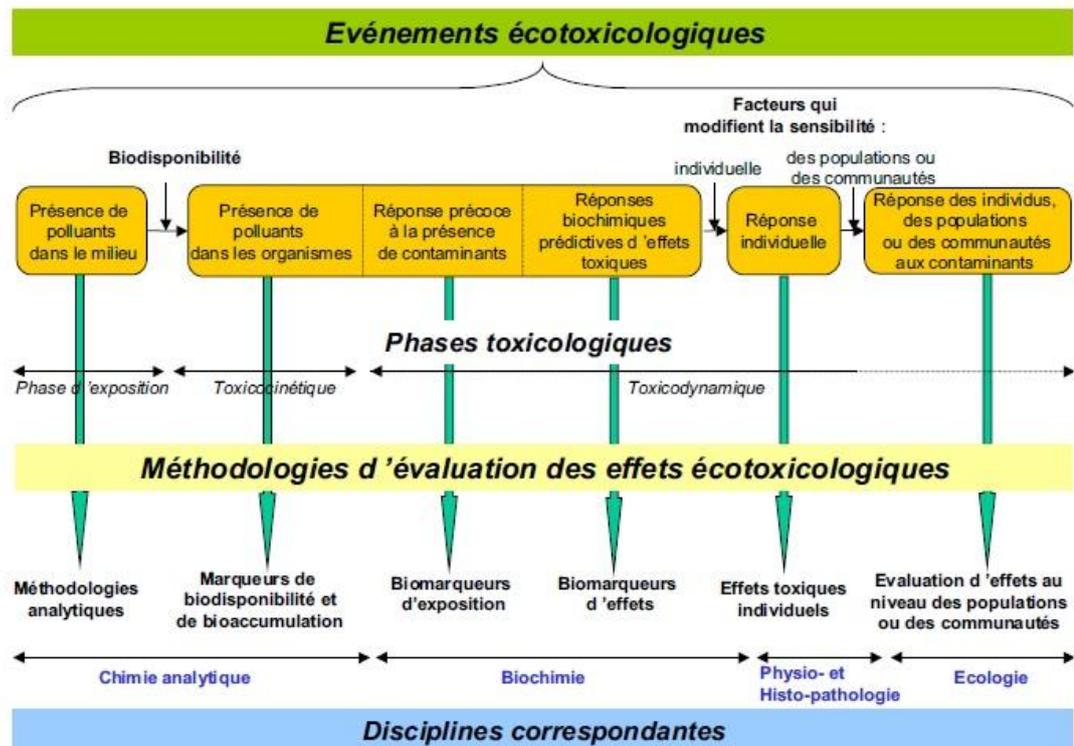


Figure II.7. Représentation des méthodologies permettant d'évaluer les risques écotoxicologiques [9].

II.3.2.1. Définitions et types des biomarqueurs

L'évaluation des impacts écotoxicologiques des polluants repose sur l'étude de marqueurs biologiques à différents niveaux d'organisation. Plusieurs travaux scientifiques autour de cette thématique ont engendré de nombreuses définitions de biomarqueur [144, 145]. Koeman et al. [146], parlent de biomarqueurs en tant que « modifications d'une réponse biologique pouvant être mise en relation avec une exposition et/ou un effet toxique d'un polluant ». Selon Weeks [147], un « biomarqueur » est une réponse biologique à un produit chimique qui induit un stress et peut donner une estimation de l'exposition ou une mesure des effets toxiques potentiels. Un biomarqueur peut être défini comme « un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental qui peut être mesuré dans des tissus ou des fluides corporels ou au niveau de l'organisme entier, et qui met en évidence l'exposition à un ou plusieurs polluants chimiques » (Figure. II. 8) [9, 138]. Ce changement peut alors être associé à l'exposition en elle-même, aux effets toxiques ou à la sensibilité vis-à-vis du contaminant environnemental [28].

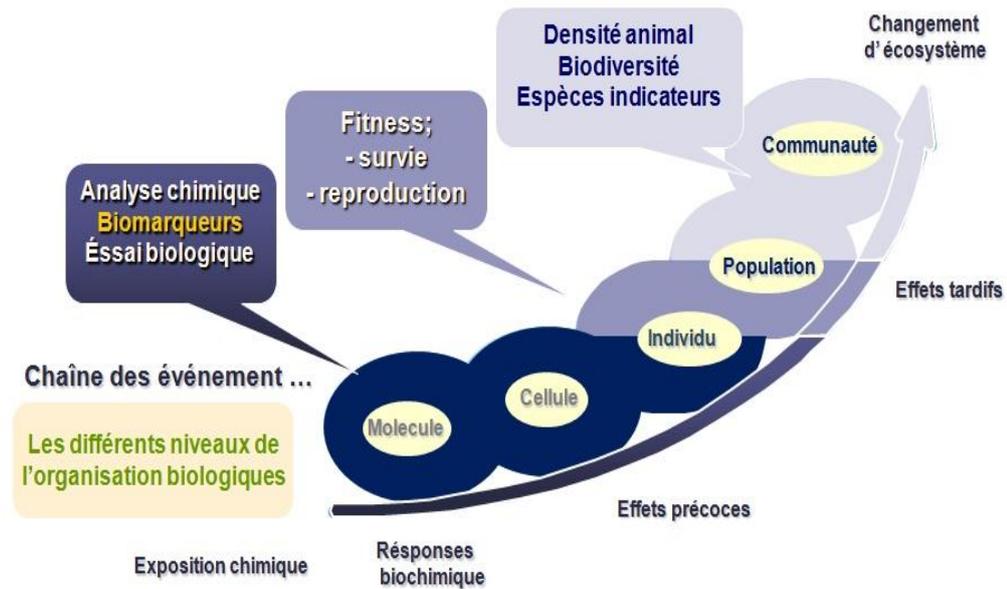


Figure II.8. Evolution de l'effet des xénobiotiques de l'organisme à la communauté [37]

Les biomarqueurs correspondent donc à des paramètres biologiques (caractéristiques génétiques, protéines, métabolites...) qui permettent de caractériser un état physiologique, un état pathologique, l'évolution d'une maladie ou la réponse à un traitement [148].

Un biomarqueur mesuré au niveau individuel ne trouve sa signification écotoxicologiques que lorsqu'il permet de décrire, d'expliquer, voire même de prédire, les effets des polluants sur les populations et communautés évoluant dans leur environnement naturel" [9].

Les biomarqueurs, utilisés à l'échelle sub-individuelle, peuvent fournir des informations sur les stratégies / les mécanismes moléculaires et cellulaires qu'un organisme développe pour faire face aux effets néfastes de l'exposition à des xénobiotiques. Cet aspect préventif leur permet donc de diagnostiquer de façon précoce des dysfonctionnements physiologiques de l'individu, c'est-à-dire avant que des dommages tissulaires ou des effets néfastes sur les principales fonctions biologiques ne soient détectables [28].

Selon Amiard et al. [136], le principal intérêt des biomarqueurs est qu'ils permettent une évaluation intégrée dans le temps des polluants bio-disponibles, tant en terme de présence qu'en terme des effets qu'ils sont susceptibles d'exercer sur les êtres vivants. Selon les organismes explorés, les biomarqueurs peuvent aussi rendre compte de la distribution des contaminants dans le milieu.

Les biomarqueurs peuvent être classés en fonction de la spécificité relative de leur réponse à un type de contamination ou selon le type de réponse.

Les biomarqueurs écotoxicologiques classés selon nombreux auteurs en plusieurs catégories [149, 124, 28]:

-Les *Biomarqueurs d'exposition*, ils reflètent l'exposition d'un organisme, d'une population, d'une communauté a un contaminant ou un groupe de contaminants. Ils sont des changements moléculaires ou cellulaires intervenant à un moment précoce pour atténuer ou inhiber les effets des xénobiotiques. Ces biomarqueurs qui rendent compte de la nature et de l'intensité des entités toxiques bio-disponibles dans le milieu.

-Les *biomarqueurs d'effet*, sont des changements moléculaires ou cellulaires résultant des effets des xénobiotiques et utilisés pour évaluer les dommages cellulaires. Les biomarqueurs d'effet qui correspondent à des cibles moléculaires qui, lorsqu'elles sont atteintes, signifient que les mécanismes de défense ou de détoxification de l'organisme n'ont pas été suffisamment efficaces pour contrer l'action néfaste d'un xénobiotique. Les conséquences peuvent être parfois irréversibles, entraînant à terme la mort de l'animal ou bien une incapacité à se reproduire. De tels effets peuvent par la suite altérer la structure même des populations et donc des écosystèmes. Ils rendent compte de la gravité des atteintes fonctionnelles des organismes et sont prédictifs d'effets sur les communautés et les populations. Les biomarqueurs d'effets, révèlent l'action des contaminants par la mesure de modification de paramètres biologiques, ces derniers sont très nombreux et variés suivant le niveau biologique considéré (biochimique, cellulaire, physiologique,...).

-Les *biomarqueurs de susceptibilité*, incluent les capacités naturelles ou acquises qui permettent à un organisme de s'adapter et de répondre à une exposition spécifique à un polluant, incluant les facteurs génétiques et moléculaires qui altèrent la susceptibilité d'un organisme à la pollution.

II.3.2.2. Classification des biomarqueurs

II.3.2.2.1. Les biomarqueurs de défense

-L'*activité Ca^{2+} -ATPase* au niveau de la membrane plasmique joue un rôle important dans la régulation et l'homéostasie de la concentration du Ca^{2+} cytosolique libre. L'inhibition de l'activité Ca^{2+} -ATPase, souvent associée d'une façon directe ou indirecte à l'effet de certains polluants [150] entraîne ainsi une augmentation du Ca^{2+} cytosolique libre montrant un état de cytotoxicité [151], ainsi qu'une altération des fonctions lysosomales [152].

-Les *protéines métallothionéines* jouent un rôle principal dans le métabolisme cellulaire des métaux essentiels [153]. Les MTs sont des protéines cytosoliques de faibles poids moléculaire (6-10 kDa) (61 à 62 acides aminés) qui se caractérisent par leur structure et leur haute affinité pour les ions métalliques. Plusieurs auteurs signalent que, les MTs ont trois principaux rôles physiologiques [151]: L'Homéostasie et la répartition intracellulaire des métaux essentiels comme par exemple le Zn et le Cu, qui jouent un rôle clé dans le développement, le fonctionnement, la prolifération et la différenciation cellulaire. D'après Maret [154], le Zn et le Cu entraîne la coordination dynamique de protéines, dont les MTs, interagissent avec le métal pour son transport et son maintien sous la forme d'un "pool" instable dans le cytoplasme, mais aussi dans les organites des cellules. Les MTs protègent la cellule à l'égard de la toxicité des éléments métalliques, en limitant leur accessibilité à d'autres sites cellulaires et en participant à leur détoxification [151]. Egalement, les protéines Métallothionéines MTs jouent un rôle crucial dans la protection contre le stress oxydant [151].

II.3.2.2.2. Biomarqueurs de dommage

Les lysosomes intervenant dans plusieurs processus physiologiques et immunologiques peuvent entre autres enfermer divers contaminants. La fragilité de la membrane lysosomale est considérée comme une réponse des êtres vivants aux facteurs de stress [155]. Ce marqueur est considéré comme hautement sensible à la pollution et l'un des principaux marqueurs de stress général à appliquer dans la biosurveillance [143]. L'action toxique sur la stabilité de la membrane des lysosomes (SML) est due en partie à l'action directe des polluants sur la membrane mais aussi à l'activation (ou l'inhibition) des voies calcium dépendantes [152].

L'action des xénobiotiques est souvent associée au métabolisme des acides gras et à l'accumulation des lipides dans les vacuoles des lysosomes [151]. Le niveau de stockage des lipides dans les lysosomes est ainsi considéré comme un indicateur utile pour l'évaluation de l'état physiologique des cellules [156].

Les cholinestérases (ChE) sont divisés en deux groupes, l'acétylcholinestérase ou AChE et la butyrylcholinestérase ou pseudo-cholinestérase. L'acétylcholinestérase est une enzyme fait partie cholinestérases (ChE). Cet enzyme est impliqué dans les mécanismes de transmission de l'influx nerveux à travers l'organisme. Une fois l'information transmise, l'acétylcholine est rapidement inactivée par l'acétylcholinestérase (AChE), ce qui permet au système de revenir à l'état de repos. L'inhibition de l'activité enzymatique AChE par de nombreux neurotoxiques a été utilisée largement dans les études de biosurveillance comme étant un indicateur de neurotoxicité, caractéristique de l'exposition à des substances à caractère neurotoxique telles que les pesticides [157].

II.3.2.2.3. Biomarqueurs comportementaux

Les biomarqueurs comportementaux sont indicatifs des réponses au niveau individuel qui peuvent être reliées à des effets au niveau populationnel. En effet, suite à une exposition à la pollution chimique, des phénomènes de

dysfonctionnements des activités locomotrices, du système nerveux ou de comportement sexuel peuvent affecter des processus physiologiques vitaux des animaux exposés. Les effets indirects peuvent être des perturbations dans le succès de la reproduction en raison des modifications de l'alimentation et donc du métabolisme énergétique [151]. Ces biomarqueurs sont des outils sensibles qui contribuent à évaluer l'impact des contaminants.

II.3.2.2.4. Biomarqueurs du métabolisme énergétique

L'exposition des organismes vivants à des polluants est susceptible d'engendrer une perturbation de leur métabolisme énergétique. Ces mécanismes de défense face au stress sont considérés comme métaboliquement coûteux [158], impliquant une diminution de l'énergie disponible en faveur d'autres processus : le métabolisme basal, la croissance et la reproduction [159]. Parmi les biomarqueurs du métabolisme énergétique couramment utilisés on peut citer: les réserves énergétiques (Glycogène, lipides et protéines), l'allocation énergétique à la reproduction et la croissance et l'activité des enzymes clés du métabolisme énergétique [160].

La mesure de l'allocation cellulaire énergétique chez des organismes subissant un stress chimique révèle des altérations au niveau cellulaire qui peuvent être liées à d'autres niveaux d'organisation biologique [161]. Des études montrent que, les biomarqueurs énergétiques servent à modéliser l'extrapolation des effets du niveau individuel (croissance, fertilité, survie) au niveau populationnel, permettant ainsi d'observer les éventuels changements dans la structure de la population suite à un stress chimique [151].

II.3.3. Utilisation des biomarqueurs

Les biomarqueurs permettent de surveiller la présence et les effets sur l'organisme des substances chimiques, notamment des polluants environnementaux [162]. Les biomarqueurs, utilisés à l'échelle sub-individuelle, peuvent fournir des informations sur les stratégies / les mécanismes moléculaires et cellulaires qu'un organisme développe pour faire face à la pollution. Cet aspect

préventif leur permet donc de diagnostiquer de façon précoce des dysfonctionnements physiologiques de l'individu, c'est-à-dire avant que des dommages tissulaires ou des effets néfastes sur les principales fonctions biologiques ne soient détectables. Les biomarqueurs ont été proposés par plusieurs auteurs comme un outil fiable dans les études de biosurveillance qualitative et quantitative de l'exposition à différents agents agresseurs de l'environnement [28].

II.4. Evaluation de la perturbation chez les végétaux

Les plantes sont connues pour percevoir et réagir aux signaux de stress biotique et abiotique [163]. Plusieurs études montrent que, selon le degré, l'intensité et la durée d'exposition du stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique [164], anatomique [165] et biochimique [166]. Certains procédés biochimiques sont communs à toutes les réponses des plantes au stress, y compris la production de certaines protéines de stress et de métabolites [167]. Nombreux auteurs signalent que la stabilisation et la protection des protéines contre les effets déstabilisants des stress et l'atténuation de l'effet de stress se fait grâce à l'accumulation contrôlée de composés organiques appelés osmolytes ou osmoprotecteurs (osmorégulateurs) [168]. L'accumulation de ces solutés compatibles (les osmoprotectants) tels que les acides aminés comme la proline [167, 169], les sucres totaux solubles [170], les ammoniums quaternaires comme la glycine bétaine [171] et hormones [172], est un facteur important qui aide la plante à s'adapter au stress environnemental [173, 174, 169].

II.4.1. Proline

La proline joue un rôle primordial dans l'osmorégulation et l'osmotolérance, elle est considérée comme l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales et joue une fonction importante dans la tolérance des plantes au stress [175]. L'accumulation de la proline chez diverses espèces de plantes stressées a été corrélée à leur capacité de tolérance, et sa concentration est généralement plus élevée chez les plantes

tolérantes que les plantes sensibles [176]. Chez certaines plantes, l'accumulation de proline semble être une réaction simple de la plante qu'un comportement d'adaptation et de tolérance au stress [177]. La concentration élevée de cet osmolyte peut être nocive pour certaines plantes et provoquer des effets inhibiteurs et délétères sur les métabolismes cellulaires [178]. Les concentrations optimales de la proline sont donc dépendantes de l'espèce ou du génotype.

II.4.2.Sucres totaux solubles

Les sucres sont les éléments carbonés primaires synthétisés et exportés dans toute la plante lors de la photosynthèse, ils ont également un rôle non énergétique d'osmorégulateur et d'osmoprotecteur [179]. Les sucres pourraient agir en tant qu'osmoticum, protéger des macromolécules spécifiques comme les enzymes et contribuer à la stabilité des structures membranaires [180,181]. L'apport de ces composés osmoprotecteurs dans le milieu ne modifie pas le comportement des plantes soumises à un stress abiotique.

CHAPITRE III

TRAITS D'HISTOIRE DE VIE

Introduction

Selon Stearns [182], tout organisme est caractérisé par un ensemble de traits étroitement liés à sa reproduction et sa survie, appelés traits d'histoire de vie (taux de croissance, taux de mortalité, longévité...). L'évolution de ces traits est sous sélection de facteurs intrinsèques (génétique, physiologie, morphologie) et extrinsèques aux organismes, qui leur imposent ainsi des contraintes. Face à ces contraintes imposées par l'environnement, l'organisme va immédiatement tenter de s'adapter en utilisant la plasticité de son comportement et son potentiel adaptatif physiologique, et/ou en recherchant un habitat moins contraignant au sein d'un environnement le plus souvent hétérogène [183]. Ces réponses individuelles conduisent à l'établissement d'une stratégie comportementale adaptative en modifiant certains traits.

La notion de stratégie d'histoire de vie fait généralement référence aux stratégies mises en place au cours de l'évolution par sélection naturelle. Ces stratégies peuvent varier entre espèces, mais également au sein d'une même espèce [105]. Danchin *et al.*, [184], parlent alors de tactiques de reproduction ou de variation des composantes biodémographiques individuelles. La diversité des tactiques de reproduction au sein d'une population peut en effet s'expliquer par l'hétérogénéité spatiale et/ou temporelle des conditions environnementales, l'hétérogénéité de la qualité des individus, etc. Ces tactiques ne représentent donc pas forcément des stratégies au sens adaptatif du terme.

D'après Stearns [185] et Southwood [186], les tactiques sont des ensembles de traits alors que les stratégies regroupent un ensemble de tactiques. Une tactique est une réponse aux facteurs proximaux (biotiques et abiotiques) alors que la stratégie répond au facteur ultime : la sélection naturelle (Figure III.1.).

III.1. Théorie des traits d'histoire de vie et les tardes-offs

III.1.1. Notion d'histoire de vie

L'histoire de vie fut définie par Stearns en 1976 comme un ensemble de traits co-adaptés conçus, par la sélection naturelle, afin de résoudre des problèmes écologiques particuliers. En 1992 le même auteur, stipule que la théorie d'histoire de vie se base directement sur les notions de sélection naturelle et d'adaptation et vise à comprendre les associations entre les traits d'histoire de vie (les traits reliés à la survie et à la reproduction), les pressions évolutives à l'origine de ces associations, et ainsi la diversité des patrons observés dans ces associations.

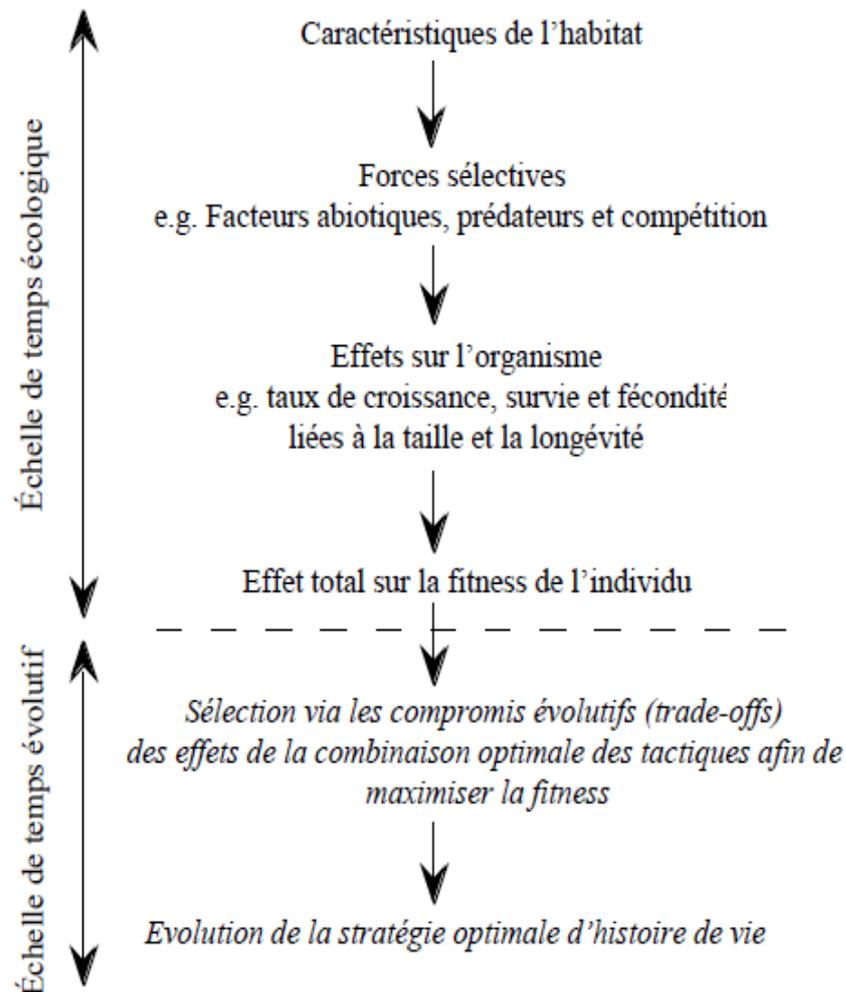


Figure.III.1. Système de sélection des stratégies [186].

Les traits d'histoire de vie désignent l'ensemble des caractères mesurables relatifs aux événements importants de la vie d'un individu et qui contribuent directement à la production et la survie de ses descendants [187, 104]. Les traits d'histoire de vie correspondent aux caractéristiques des individus et aux événements majeurs au cours de leur vie qui contribuent à la production et la survie des descendants. Le système de reproduction, la masse à l'état adulte et la longévité [187, 104]. La théorie des traits d'histoire de vie cherche donc à fournir une explication évolutive pour interpréter la diversité et la complexité du cycle de vie d'une espèce, à élucider le mécanisme d'allocation des ressources destinées à la croissance et la maintenance des fonctions somatiques avec les performances reproductrices, ou "effort de reproduction" [187, 188].

Selon Roff [105], l'étude des traits permet de définir les caractères ayant un lien direct avec la reproduction ou la survie, tels que la taille à la naissance, la taille et l'âge à la maturité sexuelle, le nombre de descendants produits, leur capacité à survivre, etc. Cette théorie pose le cadre théorique permettant d'étudier et de comprendre «quelles circonstances dans l'environnement font qu'il est plus ou moins avantageux pour un organisme d'augmenter ou non son investissement dans la reproduction » [189], et donc finalement de comprendre comment les organismes vont répondre à un changement dans cet environnement [189].

Ces traits appelés également les traits biologiques et écologiques, rassemblent l'ensemble des informations qualitatives et quantitatives associées à la biologie des organismes et à leurs relations avec l'environnement. Les traits biologiques sont décrits comme caractérisant le cycle de vie, les potentialités de résistance, ou de résilience, mais aussi la morphologie, la physiologie ou le comportement d'un taxon. Alors que les traits écologiques sont décrits par des variables caractérisant les affinités d'un taxon (sensibilité/tolérance) pour certaines caractéristiques de l'habitat, comme sa distribution spatiale (à plusieurs échelles d'observation), ses préférences en matière d'habitat ou encore aux principaux paramètres physico-chimiques [190].

III.1.2. Evolution des histoires de vie

Selon Roff [187] cité par Moiroux [191], il existe deux approches majeures pour comprendre l'évolution des histoires de vie. La première est une approche génétique qui s'intéresse à la transmission génétique au cours des générations, élément essentiel pour qu'une évolution soit possible. Alors que la seconde approche dite d'optimisation estime que la sélection naturelle conduit les organismes à la combinaison optimale des traits pour laquelle la fitness est maximisée dans un environnement donné. La procédure de cette approche consiste à établir un ensemble de règles hypothétiques ou réelles, intégrant les contraintes écologiques, phylogénétiques et les trade-offs connus, qui décrivent l'histoire de vie de l'organisme étudié. Ces règles vont permettre de déterminer les combinaisons possibles, et de faire émerger celle(s) qui procure(nt) à l'organisme la fitness maximale dans un environnement donné.

Les trade-offs ou les compromis évolutifs sont définis comme des liens entre les traits phénotypiques qui contraignent l'évolution simultanée de deux ou plusieurs de ces traits [104]. Cette évolution simultanée résulte de la compétition pour l'allocation énergétique entre deux ou plusieurs fonctions au sein des individus (investissement reproducteur et la survie, investissement reproducteur et leur croissance) [192, 104]. Un compromis est réalisé lorsque que deux traits sont liés et limités par la même ressource : temps, énergie, ou toute autre ressource présente en quantité limitée [193]. Les mécanismes à l'origine des trade-offs peuvent être de deux types, soit d'origine génétique [194] ou d'origine physiologique (énergétique) [195]. De Jong & van Noordwijk [196] ont établi leur modèle en Y en fonction de ces contraintes (Figure III.2.). Dans ce modèle, l'acquisition et l'allocation de ressources sont chacune gouvernées par un seul et même locus et il existe une réserve commune de ressources à allouer à deux traits en compétition.

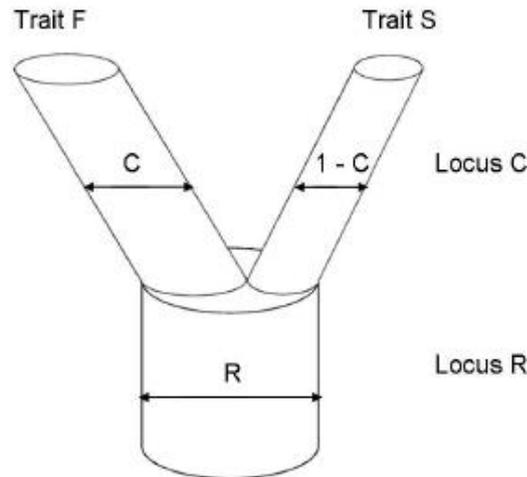


Figure III.2. Modèle simple en Y [196]

La quantité limitée de ressources R , dont l'acquisition est contrôlée par le locus R , est allouée par le locus C aux deux traits F et S .

III.2. Plasticité des traits d'histoires de vie

III.2.1. Plasticité phénotypique

La plasticité phénotypique est considérée comme la capacité d'un génotype à exprimer différents phénotypes en fonction des conditions environnementales [197, 198]. Elle peut être divisée en deux sous-catégories selon le stade où elle est exprimée et son caractère plus ou moins labile : (i) la flexibilité phénotypique qui consiste en une variation réversible d'un trait phénotypique durant la phase adulte sous l'action du milieu [199], (ii) la plasticité développementale qui résulte d'une orientation, généralement irréversible, d'un trait phénotypique lors du développement embryonnaire, de la croissance juvénile.

III.2.2. Plasticité morpho-physiologiques et comportementaux

Les traits morphologiques, physiologiques et même comportementaux, sont impliqués dans l'acquisition des ressources énergétiques [200]. En effet, l'adaptation des caractéristiques morphologiques des organismes leur permet d'être plus efficaces dans l'accès à leur ressource. Ces adaptations morphologiques sont souvent corrélées avec des adaptations comportementales qui participent également à l'optimisation du gain énergétique en diminuant le

temps de recherche ou en augmentant l'efficacité de la reconnaissance de la ressource et de la prise de décision de capture [200].

Les adaptations physiologiques interviennent, elles, majoritairement au niveau métabolique en permettant une optimisation de la digestion et donc de la quantité d'énergie extraite de la ressource [201]. La spécialisation va donc favoriser l'évolution des traits phénotypiques des individus spécialisés vers des formes leur assurant une meilleure fitness dans leur environnement particulier.

III.2.3. Age et plasticité des traits de vie

L'un des principes majeurs de la sélection naturelle en tant que force motrice de l'évolution est que ses effets diminuent avec l'âge de l'individu [189]. La théorie d'histoire, et l'évolution des stratégies démographiques, sont intimement liées à la variation des traits en fonction de l'âge. Cette diminution des effets de la sélection avec un âge croissant est à la base des hypothèses permettant d'expliquer l'existence de sénescence au sein des populations d'êtres vivants. La sénescence se définit par une détérioration des capacités physiologiques d'un organisme au fur et à mesure qu'il vieillit, conduisant à une diminution de sa performance démographique [202]. Selon Cole [203], l'âge de première reproduction devrait maximiser la *fitness* de l'individu et son effort reproducteur devrait augmenter au fur et à mesure que sa valeur reproductrice résiduelle ou diminue au fur et à mesure d'après Charlesworth et Leòn [204]. Il est essentiel de prendre en compte l'âge pour comprendre l'évolution des stratégies démographiques et la dynamique des populations [205].

III.2.4. Plasticité et coûts de la reproduction

Les traits et trade-offs liés à la reproduction ont reçu plus d'attention comparé aux autres traits. L'effort reproducteur est couteux en énergie pour l'individu, peut avoir des conséquences sur d'autres traits, ainsi la reproduction courante pouvait avoir un impact sur la reproduction future [206].

L'investissement de ressources dans la reproduction peut induire d'autres modifications de traits comme une réduction du stock des réserves énergétiques [207] et des capacités de vol [208], ou une limitation de la croissance du reproducteur [209]. Les coûts de la reproduction sont associés à des contraintes physiologiques entre traits, via une quantité limitée de ressources [210]. Ces coûts peuvent être contrôlés par une régulation hormonale [211].

La figure (III.3) montre qu'une défaillance dans la production d'insuline entraîne une diminution de la quantité d'hormone juvénile, qui entraîne à son tour une diminution de la production d'œufs ce qu'induit une augmentation de la longévité et ce, par les contraintes génétiques et physiologiques existant entre ce trait et la fécondité. Dans le cas contraire, une augmentation de la concentration en hormone juvénile et donc de la production d'œufs peut affecter le système immunitaire [191] et la résistance aux stress [191].

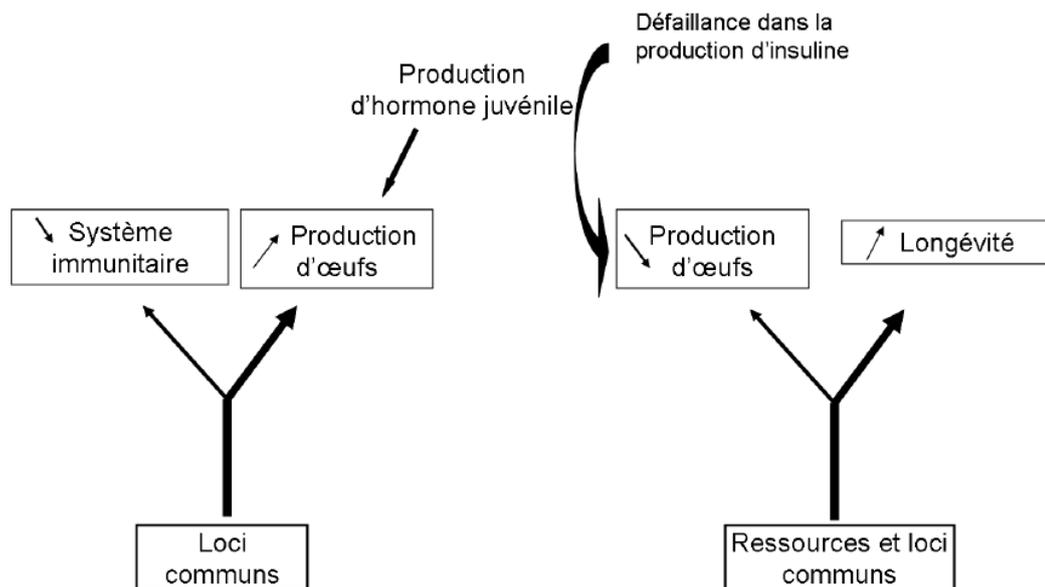


Figure III.3. Régulation hormonale des traits d'histoire de vie [191].

III.3. Stratégie d'histoire de vie ou notion de stratégie biodémographique

La notion de stratégie d'histoire de vie se base sur l'idée que, au cours de l'évolution, se sont mises en place différentes tactiques optimisant la répartition de l'énergie, en fonction de différentes contraintes [212], les tactiques non optimales

étant éliminées via la sélection naturelle. La théorie d'histoire de vie fait référence aux associations entre les paramètres démographiques. Ces combinaisons ou co-adaptations entre les traits correspondent à la notion de stratégie, ou tactique, biodémographique [185 ; 189]. Cette notion est souvent présentée dans le contexte de la sélection r - K .

Les termes r et K faisant référence au modèle logistique de croissance des populations [189]. Les génotypes à fort r vont être sélectionnés dans un environnement non saturé, alors que dans un environnement saturé ceux avec une forte valeur de K ont l'avantage. C'est-à-dire, à faible densité, les génotypes permettant une croissance rapide de la population sont sélectionnés, alors qu'à forte densité, la sélection se fait en faveur d'une plus grande capacité de compétition. En terme de traits, les associations suivantes sont donc supposées : une reproduction précoce, une petite taille, une vie courte sont associées à une sélection r (invertébrés), et les traits opposés pour une sélection K (vertébrés).

III.4. Paramètre démographique

Parmi les processus démographiques, on distingue les processus stochastiques à savoir : la stochasticité démographique et la stochasticité environnementale déterminant un processus déterministe (effet Allee). Les populations sont caractérisées par des paramètres démographiques comme le nombre moyen de descendants par individu ou le sex ratio [213].

La stochasticité démographique désigne les fluctuations aléatoires des paramètres démographiques dues à la taille finie des populations. Les valeurs des paramètres démographiques sont les moyennes de variables qui n'ont pas exactement la même valeur pour tous les individus dans la population. De plus, ces valeurs fluctuent aléatoirement suivant les individus. Une valeur extrême chez un individu aura un plus fort impact sur la valeur moyenne dans une petite population que dans une grande, où cette valeur extrême sera atténuée par celles des autres individus. La stochasticité démographique augmente donc la probabilité d'extinction des petites populations, en augmentant la variance des paramètres démographiques quand la taille de la population diminue [213]. Il est

ainsi plus probable qu'une petite population ne produise aucun descendant ou seulement des descendants du même sexe, ce qui entraînera son extinction. La stochasticité démographique peut être mesurée par le coefficient de variation de paramètres démographiques. L'impact de la stochasticité démographique sur les populations peut être renforcé par la stochasticité environnementale.

La stochasticité environnementale correspond à des fluctuations imprédictibles de la valeur moyenne des paramètres démographiques au cours du temps. Ces fluctuations peuvent avoir des causes abiotiques ou biotiques. L'impact de la stochasticité environnementale sur les valeurs moyennes des paramètres démographiques est indépendant de la taille de la population. Cependant, dans les petites populations, il augmente la probabilité que la population s'éteigne à cause de la stochasticité démographique, puisque les paramètres démographiques varient autour d'une moyenne plus faible [214]. La stochasticité environnementale semble avoir joué un rôle dans l'extinction de petites populations introduites d'une chrysomèle auxiliaire de lutte biologique car la variance du taux d'accroissement des populations était indépendante de la taille de la population [215].

Les composantes de la fitness influencent les paramètres démographiques affectés par la stochasticité démographique et environnementale [213]. La combinaison des différentes composantes de la fitness détermine la fitness individuelle, dont la valeur moyenne dans une population peut être mesurée par le taux d'accroissement *per capita*.

La démographie étudie l'état et la dynamique des populations à travers différents paramètres tels que la densité, la fécondité, la natalité, la mortalité, la croissance, les migrations etc. Concernant la densité, il existe différents types d'estimations, certaines sont basées sur la densité des sites archéologiques [216], d'autres sur la capacité de soutien de l'environnement [217], d'autres encore sur les études génétiques [218], certaines résultent même d'équations basées sur le poids des individus [219].

III.4.1. La croissance

Le taux de croissance, r_m est définie comme le taux intrinsèque d'accroissement naturel [220] ou encore la capacité innée d'accroissement [220]. La croissance est souvent représentée en modélisation par un taux de croissance qui correspond traditionnellement à la variation du nombre d'individus dans la population par unité de temps. Très souvent, il s'agit de l'accroissement naturel (taux de natalité – taux de mortalité) car les phénomènes migratoires sont généralement modélisés à part. Ce dernier est un paramètre important de la dynamique des populations, il s'agit même sans doute du plus influent. En effet, si la croissance est négative au cours du temps, et qu'il n'y a pas d'apport extérieur, la population finit inexorablement par disparaître et ce même si le taux de croissance n'est pas très en dessous de 0. Il n'existe pas d'autres paramètres qui puissent, à eux seuls ou presque, engendrer une telle issue. Il semble aujourd'hui acquis que ce taux joue un rôle fondamental dans la réponse des populations face aux stochasticités environnementales et démographiques, et aux catastrophes [221].

III.4.2. La taille des populations

A la base de la plupart des modèles démographiques, la taille est un paramètre important en écologie des populations et en génétique des populations. C'est une grandeur mesurable qui, dans ce sens, permet d'étudier un système naturel. Le paramètre taille de la population a par nature un rôle important dans l'issue des modélisations. Ceci dit, de façon plus générale, il est attesté que la taille des populations et notamment sa manifestation en tant que capacité de soutien joue un rôle très important dans la résistance des populations face à la stochastocité environnementale, la stochastocité démographique et les catastrophes [221]. Elle peut même dans certains cas être un facteur déterminant de l'extinction ou non d'une population. Elle possède également un rôle primordial dans les interactions de type compétition et peut permettre à un mauvais compétiteur de persister dans un environnement s'il y est majoritaire en nombre d'individus [222].

III.4.3. Le taux de reproduction

Le taux de reproduction brut ou taux brut de reproduction (R_0 , nombre moyen des progénitures femelles produites par une seule femelle au cours de sa durée de vie moyenne) est un indicateur démographique destiné à mesurer le degré de remplacement d'une génération par la suivante. Le taux de reproduction R_0 est lié à la possibilité d'existence d'une population entièrement constituée d'individus susceptibles. Le processus de reproduction, donnant lieu à toute une série de réponse biologique (des macromolécules biologiques jusqu'aux conséquences du succès reproducteurs sur le maintien des populations) a été désigné comme processus clé à étudier pour l'évaluation du risque (Figure III.4.) [138].

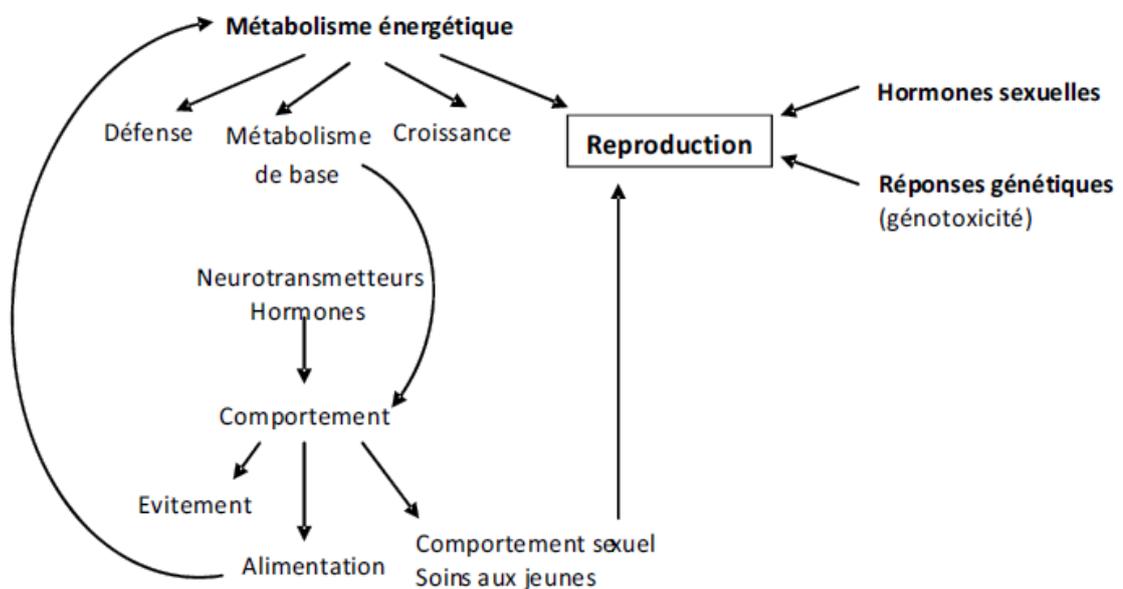


Figure III.4. Principaux processus reliant les effets des contaminants depuis le niveau moléculaire jusqu'au niveau populationnel au travers du succès de la reproduction [138].

CHAPITRE IV

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Introduction

Les productions agricoles destinées à la consommation humaine ou animale ont besoin d'être protégées contre des ravageurs, qui sont susceptibles de provoquer des dégâts souvent irréversibles [223]. Afin de lutter contre ces ravageurs, le moyen de lutte le plus utilisé est le recours à des pesticides de synthèse. Ces pesticides étaient facilement disponibles et utilisables et leur efficacité a été pour plusieurs années fulgurante. Cependant, si l'utilisation de ces substances actives apporte des bénéfices pour les systèmes de production agricole, elle est également à l'origine d'effets négatifs sur l'environnement. Depuis plusieurs années gestionnaires, chercheurs, conseillers agricoles, consommateurs environnementalistes et producteurs se sont préoccupés par les problèmes d'impacts négatifs sur les organismes utiles, des risques de bioaccumulation dans les chaînes trophiques, d'accumulation de résidus de pesticides dans l'environnement et par les effets de tous ces produits sur la santé humaine [224]. La recherche de solutions alternatives qui s'inscrivent dans une démarche de régie intégrée des cultures a permis d'exploiter le monde végétal. Ces phytopréparations sont utilisés pour, d'une part, assurer une protection efficace de la production agricole, et d'autre part, contribuer à une gestion durable de l'environnement [225]. Selon Gomez *et al.* [225], les substances d'origine végétale ont toujours constitué une source majeure pour l'élaboration de nouvelles substances aux propriétés biocides. Plusieurs auteurs avancent que les huiles essentielles ou les extraits de plantes sont prometteuses pour lutter contre les insectes ravageurs [226]. Le contexte général du travail, vise à valoriser l'utilisation des bio-préparations via l'amélioration de leurs efficacités. Il est également intéressant et utile d'améliorer la sécurité et la commodité d'emploi de ces produits, leur stabilité et éventuellement leur capacité à pénétrer dans le bioagresseur grâce à la formulation.

IV.1. Présentation de la région d'étude

IV.1.1. Situation géographique de la région d'étude

L'étude a été réalisée dans la plaine de la Mitidja (Soumaa), la plus vaste plaine sub-littorale du Nord Algérien qui s'étend sur une longueur de 100 km et une largeur de 5 à 20 km, elle couvre une superficie de 150.000 ha. La Mitidja s'étire entre l'Atlas Blidéen au Sud et la mer méditerranée (le Sahel) au Nord, elle est largement ouverte sur la mer, sur une trentaine de kilomètres. Dans sa partie Ouest, elle est limitée par l'Oued Nador et à l'Est par l'Oued Boudouaou. L'altitude moyenne de la plaine varie de 50 à 100 mètres. La pente dans la plaine douce du Sud au Nord tend vers zéro ce qui favorise l'infiltration là où les conditions géologiques le permettent [227, 228].

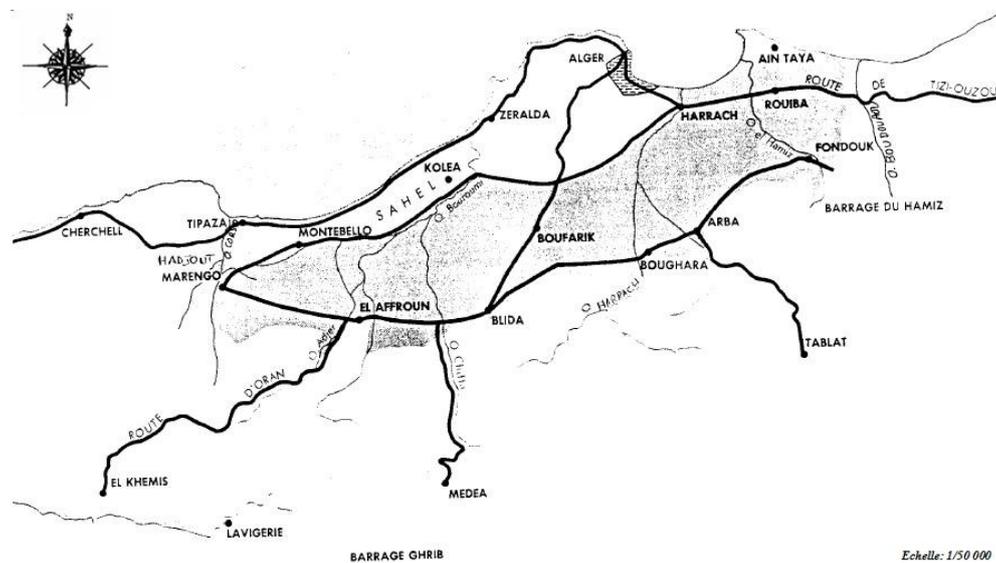


Figure IV.1. Situation géographique de la plaine de la Mitidja [229]

IV.1.2. Bioclimat de la région d'étude

Le climat de la Mitidja est de type méditerranéen subhumide à deux saisons : une saison froide et humide située, généralement, entre Septembre et Mai et une saison chaude et sèche qui va de Juin à Août [230].

Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle [231], attribuée à l'existence d'un gradient longitudinal et un gradient latitudinal. En effet, la pluviosité augmente d'Ouest en Est en raison de deux phénomènes. A l'Ouest, la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain agissent comme un écran et éliminent ainsi l'influence de l'Océan Atlantique. A l'Est, les précipitations sont plus fortes à cause des perturbations pluvieuses au nord de la Tunisie.

Les différents paramètres étudiés montrent que la plaine de la Mitidja est assez homogène sur le plan climatique [230]. Les valeurs thermique sont représentées par les températures moyennes minimales (m), maximales (M) et moyennes mensuelles $[(M+m)/2]$ [232]. La moyenne des températures minimales (m) du mois le plus froid est comprise entre 0 et 9 °C dans les régions littorales et entre - 2 et + 4°C dans les régions semi-arides et arides. En hiver, les Hauts Plateaux steppiques sont plus froids que l'Atlas Tellien, le littoral et le Sahara. Le mois de janvier est le plus froid de l'année. Il est à noter la grande amplitude de variation de la température (8,7°C) en allant du nord au sud. En été, les températures restent assez voisines. La moyenne des températures maximales (M) du mois le plus chaud varie avec la continentalité. Elle est de 28°C à 31°C sur le littoral, de 33°C à 38°C dans les Hautes Plaines steppiques, et supérieure à 40°C dans les régions sahariennes. On peut dire qu'en été le climat de l'Atlas Tellien ne se différencie pas fortement de celui des Hauts Plateaux. En été et en hiver, le littoral jouit de l'effet adoucissant de la mer, mais cet effet s'estompe dès que l'on pénètre de quelques kilomètres à l'intérieur des terres.

Le vent a un effet très important sur la vie agricole ils soufflent toute la saison, avec cependant une légère prédominance printanière et estivale, il dur rarement plusieurs jours de suite, ce qui ne l'empêche pas d'être très contraignant. C'est un facteur de réduction des récoltes qui est très important, notamment lorsque il souffle au moment de la floraison des arbres fruitiers ou à la nouaison de fruit [228].

Les grêles sont hivernales particulièrement au mois de novembre, janvier, mars avec une durée variable, l'abaissement de la température au dessous de 0°C à la suite duquel, l'eau se prend en glace. Elles sont fréquemment signalées en hiver,

elles causent de graves dommages sur les feuilles des jeunes rameaux et les pousse donnant un aspect de brûlures [228].

IV.2. Synthèse climatique

IV.2.1. Collecte des données climatiques

Les données climatiques de la région d'étude nous ont été fournies par l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Soumâa (Blida). La disponibilité des données de températures a permis l'étude de l'évolution temporelle de certains indices tels que : Le quotient pluviothermique d'Emberger Q_2 [232, 233] et l'indice Ombrothermique [234, 235].

IV.2. 3. Diagrammes Ombrothermiques

Nous avons établi les diagrammes Ombrothermiques pour la région d'étude pendant les années 1984-2013, 2011 et 2013. Les diagrammes (Figure IV.2.) représentent pour les douze mois les courbes des températures et des précipitations. L'ordonnée doit être graduée de telle sorte que $P=2T$. Cela permet de représenter le déroulement annuel des précipitations, des températures et laisser apprécier le rapport entre les deux, puisque la sécheresse apparaît quand la courbe de température passe au-dessus de la courbe des précipitations [234, 235].

Les courbes de (1984 à 2013), montrent deux périodes fondamentales : l'une humide de sept mois s'étalant de janvier à avril puis d'octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à septembre (Figure IV.2.a). Sur le plan thermique, le mois le plus froid est janvier avec des températures moyennes de 5,03°C et 6,04°C, et une température moyenne maximale de 13,74°C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures maximales respectives de 32,95°C et 33,88°C et de 20,85°C suivie de 21,59°C comme température moyenne minimales. Les précipitations sont caractérisées par une grande variabilité en fonction des années, et aussi en fonction des mois de la même année. Ainsi avec 93,96 mm, le mois de novembre est le plus humide alors

que, le mois de juillet s'érige comme étant le plus sec avec seulement 2,37 mm en moyenne.

Pour les années d'études 2011 et 2013 les diagrammes marquent l'installation d'une saison sèche de cinq mois et une autre saison froide et humide caractérisée par une pluviosité très élevée. Une précipitation irrégulière est enregistrée au cours des années d'étude 2011 et 2013, avec un volume des précipitations annuelles de 756 mm et 905 mm respectivement. Par ailleurs les mois les plus froids sont décembre et février avec une température moyenne de 14,4°C et 10,8°C, alors que les températures les plus chaudes sont celles des mois de juillet et d'aout avec respectivement 26,45°C et 33,2°C (Figure IV.2.b et c).

IV.2.2. Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER)

Les indices bioclimatiques utilisés de façon traditionnelle en Afrique du Nord et en Méditerranée [236, 237, 238] on distingue l'indice bioclimatique d'Emberger. L'indice permet la caractérisation des climats et leur classification dans les différents étages bioclimatiques. Ce dernier prend en compte les précipitations annuelles, la moyenne des températures Maximales du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m) [232]. Cet indice est donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

- **P**: pluviométrie annuelle (mm) ;
- **M** : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud (K°);
- **m** : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid (K°).

$$1K=T^{\circ}C+273$$

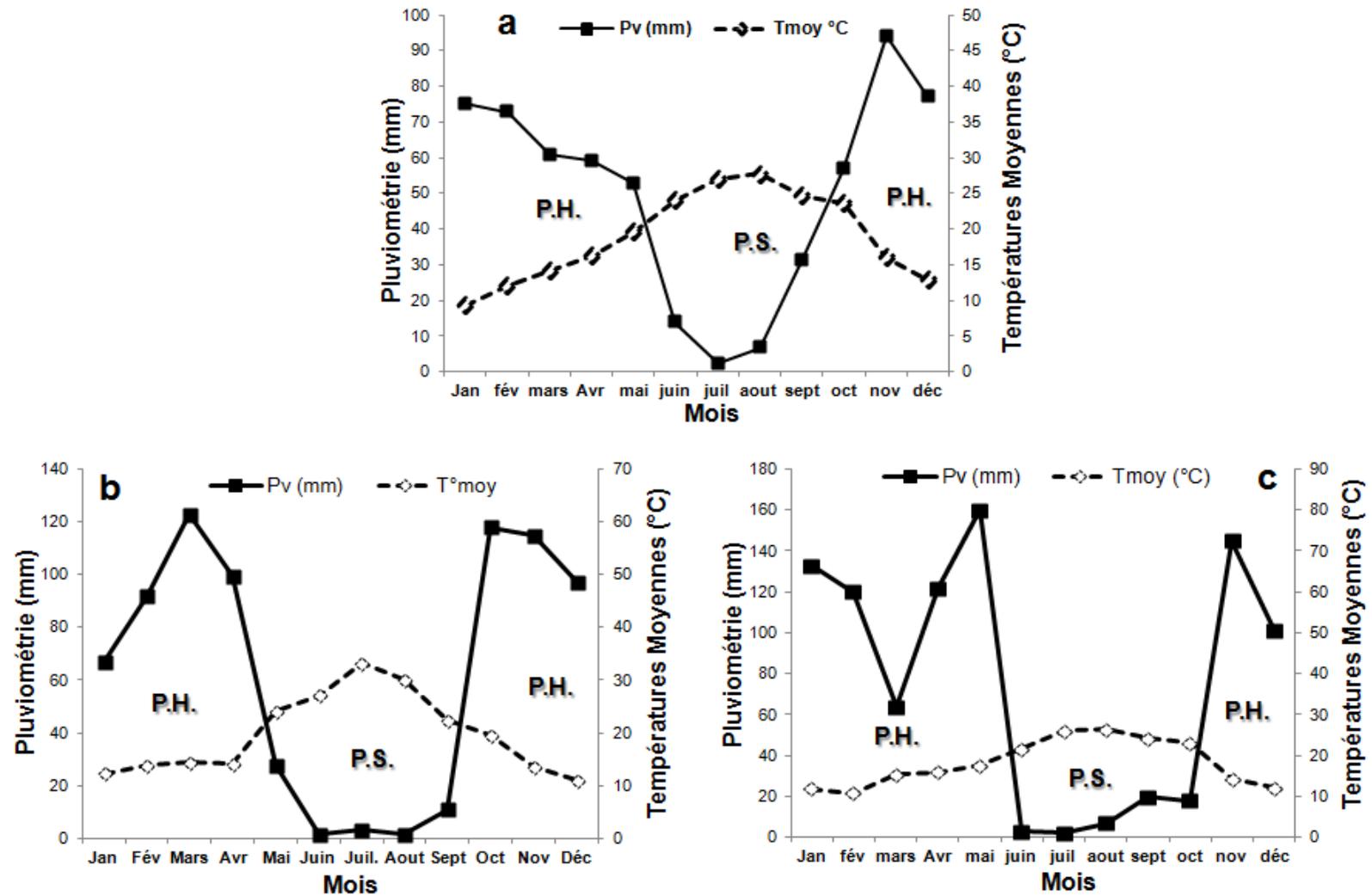


Figure IV.2. Diagramme Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson de la station d'étude

a : De 30ans (1984 à 2013) ; b : année 2011 ; c : année 2013.

P.S. : Période Sèche; P.H. : Période Humide ; T moy : Températures moyennes(en Celsius) ; Pv : Pluviométrie (en millimètre)

En utilisant la formule donnée précédemment, nous remarquons que le quotient pluviométrique de la zone d'étude est égal à $71,42(Q_2)$. En rapportant cette valeur sur le diagramme d'Emberger. Nous avons défini l'étage bioclimatique pour notre région d'étude qui se situerait dans l'étage semi-aride à hiver doux pour les trente ans de 1984 à 2013 (Figure IV.3).

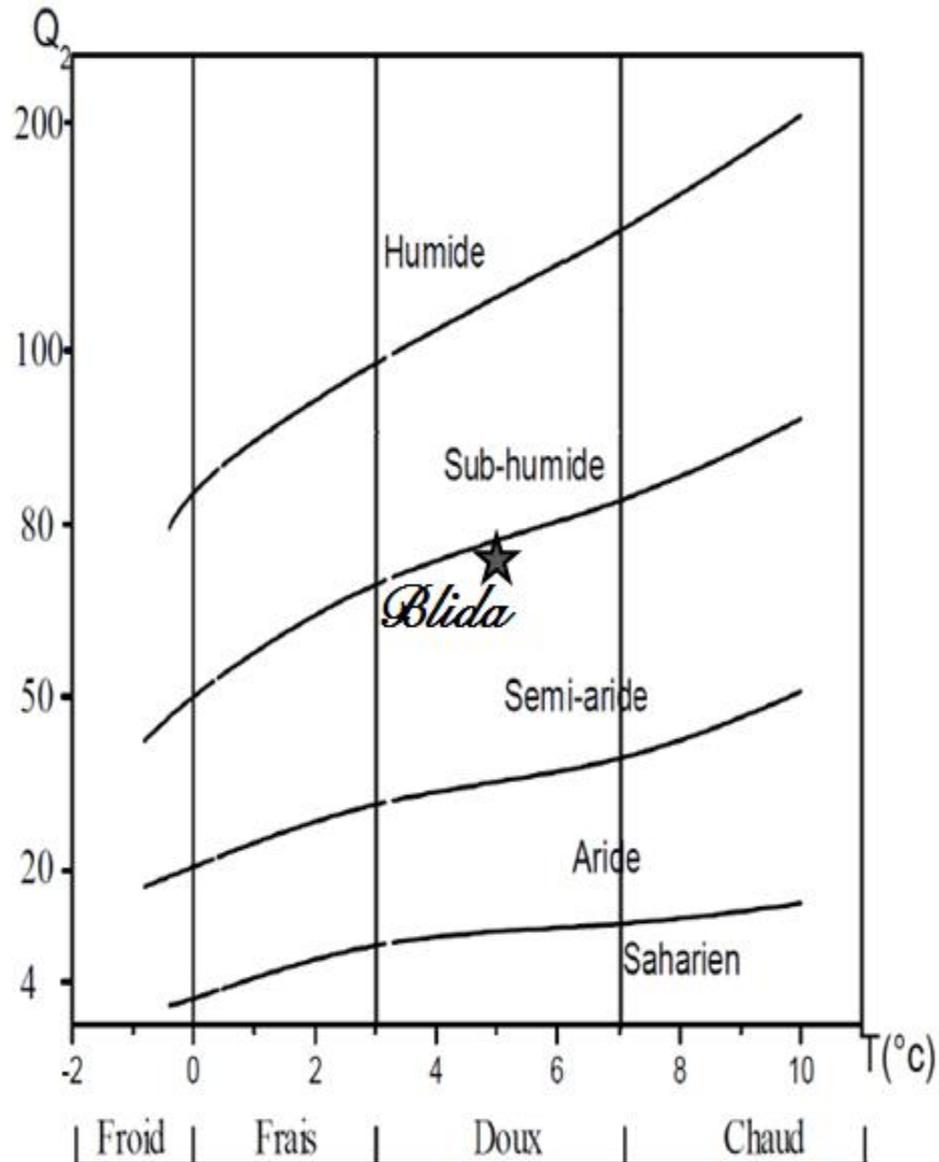


Figure IV.3. Place de la région d'étude dans le Climatogramme d'Emberger

IV.3. Méthodologie du travail

Par la carte conceptuelle nous avons essayé de simplifier et d'expliquer le déroulement du travail expérimental réalisé (Figure IV.4).

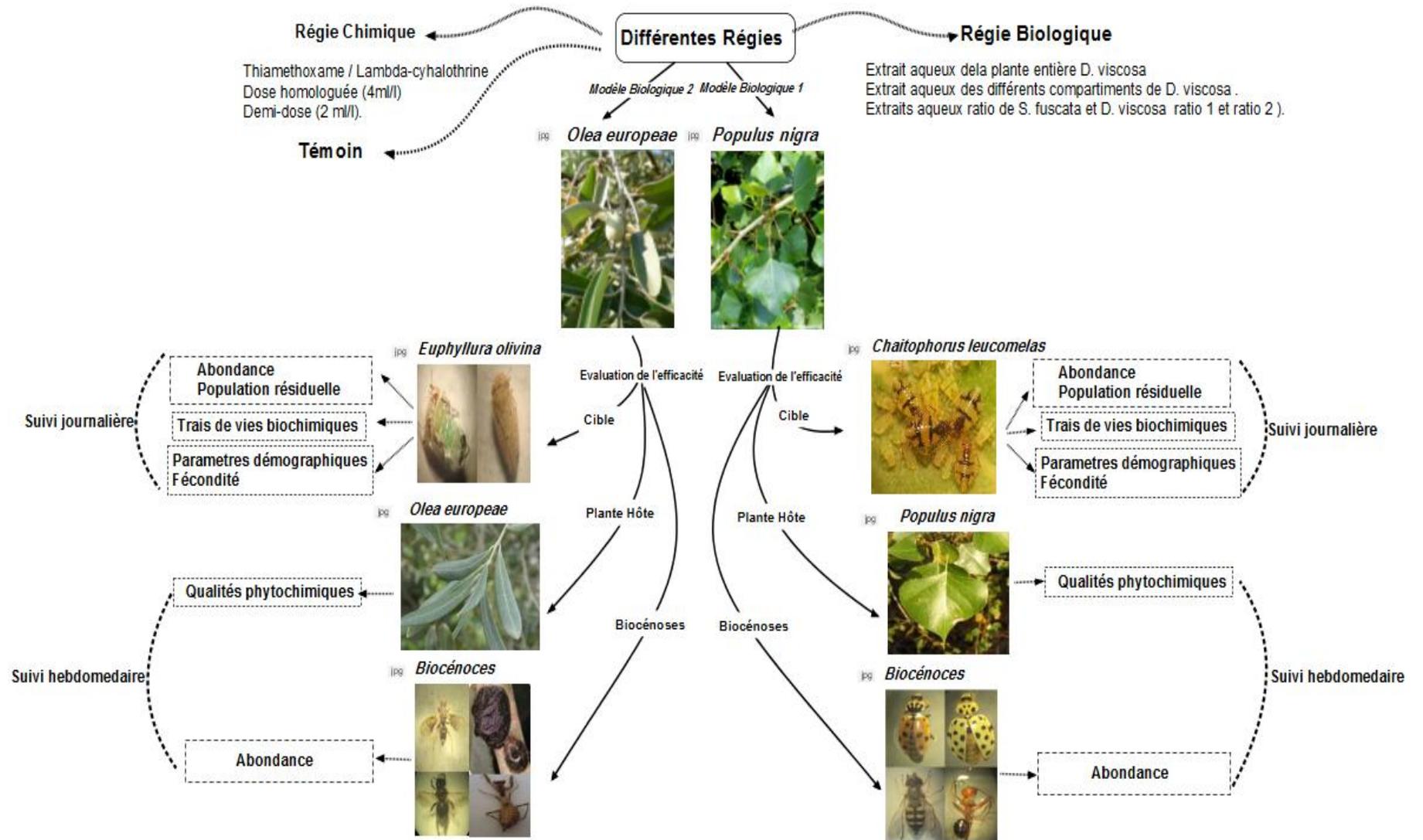


Figure IV.4. Carte conceptuelle de la logique de thèse

A partir du matériel biologique, nous avons essayé de vérifier et d'estimer l'efficacité globale de différentes régies : la régie biologique [Extrait aqueux de la plante entière de *Dittrichia viscosa*, l'extrait aqueux des différents compartiments de *D. viscosa* et l'extraits aqueux ratio de *D. viscosa* / *Silene fuscata* (**Ratio 1:*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%** et **Ratio 2:*D. viscosa* 50% / *S.fuscata* 50%**)] et la régie chimique Thiamethoxame /Lambda-cyhalothrine (dose homologuée (4ml/l) et la demi-dose(2ml/l)) sur la cible. La qualité phytochimie et biocénose de deux modèles biologiques *Populus nigra* et *Olea europaea* est estimée.

IV.4. Étude de l'efficacité globale des bioproduits à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur le puceron vert *Chaitophorus leucomelas* du peuplier noir *Populus nigra*

IV.4.1. Objectif

Le contexte générale de la présente étude, vise à rechercher les façons d'améliorer et d'estimer l'efficacité globale des molécules bioactives à travers des formulations prolongeant la rémanence au champ ou l'incorporant des produits synergistes qui, étant eux-mêmes non toxiques aux doses utilisées, améliorent les performances des principes actifs en permettant notamment une réduction des doses d'emploi, limitant ainsi leur impact sur la faune et la flore et en fin pallier aux problèmes de pertes lors de l'utilisation des bioproduits. Les bio-adjuvants cherchent à modifier les propriétés physico-chimiques des biomolécules à activité insecticide. Il est également intéressant et utile d'améliorer la sécurité et la commodité d'emploi de ces produits, leur stabilité et éventuellement leur capacité à pénétrer dans le bioagresseur.

Pendant notre travail, nous nous sommes proposés de comparer l'action des extraits aqueux ratio (*Silene fuscata* / *Dittrichia viscosa*) avec d'extraits aqueux de la plante entière et des compartiments de *D.viscosa* obtenus de différentes zones (Littorale, sub-littorale et montagneuse) d'une part et avec un produit synthèse Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (néonicotinoïdes / pyréthriinoïdes). L'abondance, la fécondité, les paramètres démographiques ainsi que le bilan énergétique (biomarqueurs lipido-glucidiques) de *C. leucomelas* sont considérés

comme des variables d'estimation des différentes régions. Dans un contexte de l'efficacité globale des différentes régions, les effets des principes actifs sur le contenu phytochimique des feuilles de *Populus nigra*, et sur la reprise biocénotique ont été quantifiés.

IV.4.2. Présentation du site d'étude

L'étude a été réalisée dans les conditions naturelles au niveau d'une peupleraie artificielle âgée de 5 à 8 ans dans la Mitidja central plus précisément dans la région de Soumâa (Algérie). Cette dernière est située au piémont de l'Atlas Blidien, à une altitude de 80 à 100 m, d'une longitude de 2°45' et une latitude de 36°35' [227]. La station choisie est située à environ 0,78 Km du campus Agronomique de l'Université de Blida1 (Figure IV.5.a).

IV. 4. 3. Préparation des traitements

IV. 4. 3.1. Préparation des extraits aqueux

Le matériel végétal qui a été retenu pour la préparation des extraits aqueux s'est limité à deux plantes spontanées fréquentes en région méditerranéenne *Dittrichia viscosa* (Asteraceae) et *Silene fuscata* (Caryophyllacées).

La première espèce *D. viscosa* a été utilisée comme principe actif, l'espèce a été récoltée au stade de floraison durant la période automnale au niveau de trois régions dont les conditions géo-stationnelles sont différentes a savoir :

La **région littorale** (Bouismail), est située à une altitude de 30 m, une longitude 2°41'24" E et une latitude 36°38'33" N; la température moyenne annuelle est de 17.7 °C, et les précipitations sont en moyenne de 647 mm.

La **région sub-littorale** (Soumâa), est située au centre de la wilaya de Blida, à environ 20 km de la mer (**voir section V.2. 3.**).

La **région Montagneuse** (Chr a), située a une altitude de 980 m, une longitude 2°52' 36" E et une latitude 36°25 'N ; les précipitations, majoritairement hivernales et printanières, varient entre 360,83mm et 1225,38mm. Pour la température, on enregistre que le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne minimale de 1,01 C , alors que le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une température moyennes maximale de 31,37C .

Alors que la deuxième espèce *S. fuscata* a été utilisée comme bio-adjuvant pour la première fois. Cette dernière a été collectée au stade de floraison durant la période estivale au niveau de la région montagneuse de Chr a. Le premier rôle des bio-adjuvants étant la nécessité d'en modifier les propriétés physico-chimiques des biomolécules   activité insecticide. Il est également intéressant et utile d'améliorer la sécurité et la commodité d'emploi des ces produits, leur stabilité et éventuellement leur capacité à pénétrer dans le bioagresseur.

Les plantes récoltées sont séparées par organe (feuilles, tiges et racines), nettoyées, séchées à l'air libre à l'abri de la lumière et de l'humidité. La matière végétale est broyée en poudre par un mixeur   hélice (MOLINEX). Une macération aqueuse a été effectuée où 20g de poudre de végétal a été additionné à 250ml d'eau distillé stérile, disposée dans des flacons hermétiques et stériles, et soumise à une agitation horizontale pendant 72h à la température ambiante. Les homogénats ont été filtrés d'abord à l'aide de compresses stériles, puis par le biais du papier wattman (N 1). Les extraits bruts obtenus ont été ensuite préservés aseptiquement dans des bouteilles de Roux stériles de 25cm³, entourées par du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des molécules par la lumière puis conservées dans le réfrigérateur pour une utilisation ultérieure [239].

A partir des extraits aqueux obtenus, nous avons choisi de tester la capacité insecticide de *Dittrichia viscosa* en application seule (plante entière et par compartiments) et en mélange avec le bio-adjuvant à base de *Silene fuscata* selon les ratios suivants :

-Extrait aqueux pur de *D. viscosa* de différentes régions.

-Extrait aqueux pur des différents compartiments de *D. viscosa* de différentes régions.

-Extraits aqueux ratio de *S. fuscata* et *D. viscosa* (*formulation*), le ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%) et le ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S.fuscata* 50%).

IV.4.3.2. Produit phytosanitaire

Les individus de *Chaitophorus leucomelas* ont été soumis à un pesticide de synthèse à base de deux matières actives (Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine).

Le Thiamethoxame, de formule brut chimique $C_8H_{10}ClN_5O_3$, fait partie de la famille des néonicotinoïdes une famille d'insecticides neurotoxique pour les invertébrés; sa solubilité dans l'eau est de $4,1 \text{ g. L}^{-1}$ à 20°C et sa température de fusion est de $139,1^\circ \text{C}$. La deuxième matière active Lambda-cyhalothrine, est de formule brute chimique $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$, fait partie de la famille des pyréthriinoïdes neurotoxique non soluble dans l'eau et sa température de fusion est de 49.2°C . Le mélange Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine est doté de trois modes d'action (contact, ingestion et systémie), en bloquant la perméabilité membranaire et l'ouverture des canaux sodiques [240]. Deux doses d'application ont été arrêtées à savoir la dose homologuée (4ml/l) et la demi-dose (2 ml/l).

IV.4.4. Matériel biologique cible (plante et ravageur)

IV.4.4.1. Matériel biologique végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de notre expérimentation appartient à une essence forestière arbustive le peuplier noir *Populus nigra* var. *italica* (Salicaceae: Salicales). Le Peuplier noir est l'essence arborescente, dominante, longévive, se caractérise par une rapidité croissance et héliophile [241]. Le peuplier noir atteint 20 à 25 mètres de hauteur. L'écorce du peuplier noir est profondément fissurée verticalement. Les bourgeons sont petits, glabres, pointus, poisseux et proches du rameau. Les feuilles sont simples, alternes, de forme triangulaire à losangique. Elle est brillante sur le dessus. Certaines feuilles se terminent par une pointe. Les

graines sont duveteuses. Les fleurs sont groupées en chatons de 5 à 7 cm quelque soit mâle ou femelle. C'est une espèce dioïque (sexes séparés) et à pollinisation anémophile [242].

Cette espèce a été choisie comme modèle biologique dont nous nous sommes intéressés au feuillage. Les feuilles prélevées sont utilisées pour quantifier les possibles modifications qui peuvent s'opérer sur le contenu phytochimique (proline et sucres totaux) suite aux applications des bioproduits (Figure IV.5.f).

IV.4.4.2. Matériel biologique animal

Le matériel biologique animal, est limité aux individus du phénotype sexupare de *Chaitophorus leucomelas* Koch, 1854 (Aphididae, Homoptera) évoluant sur les feuilles sénescents de *Populus nigra* (Figure IV.5.b; c; d et e). Ce dernier est un insecte monoécique hivernent sous la forme d'œufs fécondés pondus à l'automne par des individus sexués sur la plante hôte, à cycle évolutif hétérogonique, caractérisé par l'alternance entre une génération amphisexuelle et une ou généralement plusieurs générations ne comportant que des femelles parthénogénétiques [243].

Les prélèvements ont été réalisés durant la période automno-hivernale (Octobre, novembre et décembre). Le matériel animal échantillonné, après estimation des populations vivantes. Les femelles vivantes sont pesées et déposées dans des tubes d'Eppendorf de 1,5 ml, puis conservé à -20°C pour un éventuel dosage des réserves énergétiques.

Dans l'esprit d'estimer la dynamique des communautés entomofauniques et la réaction de la biocénose aux différents régimes de stress, nous avons utilisé des pièges jaunes à eau [244]. Les insectes piégés sont collectés durant les quatre semaines qui ont suivi les applications des traitements. Trois pièges sont disposés à hauteur d'homme au niveau de chaque micro-parcelle. Les observations et l'identification des spécimens sont effectuées au laboratoire par examen sous la loupe binoculaire (voir appendice N°A).

IV.4.5. Dispositif expérimental, techniques de traitements et de prélèvements

Au niveau de la peupleraie artificielle, nous avons installé des transects linéaire qui seront considérés comme des blocs expérimentaux [245]. Les molécules sont pulvérisées sur la fronde de *Populus nigra* infestées par *C. leucomelas*.

Deux modes d'apport ont été appliqués à savoir la régie biologique et chimique. Pour la régie biologique, nous avons utilisé les extraits de plante entière de *Dittrichia viscosa*, des extraits aqueux à base des différents compartiments (feuille, tige et racine) de *Dittrichia viscosa* et des extraits aqueux ratio de *Dittrichia viscosa* et *Silene fuscata* à différentes dilutions (**Ratio 1**: 50% de *D. viscosa* / 50% *S. fuscata* et **Ratio 2** : 25% de *D. viscosa* / 75% *S. fuscata*) des différentes régions (Littorale ; sub-littorale et montagneuse). Concernant la régie chimique (Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine) nous avons utilisé la dose prescrite (4ml/l) et la demi-dose (2ml/l).

L'expérimentation a été menée en bloc aléatoire complet à trois répétition. Au niveau du bloc traité chaque transects a subit un apport pareille, extraits aqueux ou matière active. Tandis qu'au bloc témoin ; une pulvérisation à l'eau courante a été appliquée (Figure IV.5.).

L'estimation de la toxicité de différentes régies sur les individus de *C. leucomelas* a été évaluée durant 11 jours à partir de la période d'application. A partir des microparcelles obtenues, nous avons prélevés cinq feuilles des points cardinaux sur cinq arbres pris au hasard. Les feuilles sont placées dans un sac en plastique portant toutes les informations nécessaires aux différents traitements. Les stades biologiques de *C. leucomelas* ont été identifiés sur la base des caractéristiques morphologiques externes à l'aide d'une loupe binoculaire au grossissement (8×10). Les femelles vivantes sont pesées et déposées dans des tubes Eppendorf de 1,5 ml, puis conservées à -20°C pour une éventuelle quantification du bilan énergétique. Après avoir prélevé les pucerons, les feuilles de *Populus nigra* échantillonnées sont conservées pour l'extraction de la phytochimie de la plante (proline et sucre totaux).

Afin d'estimer les paramètres démographiques, 20 feuilles prises au hasard avant application des molécules actives, dont nous avons gardé une nymphe et un adulte par feuille [246]. Après 24 heures du traitement, la nymphe et l'adulte sur chaque feuille ont été vérifiés quotidiennement et leur survie a été enregistrée au niveau des différentes unités expérimentales. La présence des exuvies a été adoptée pour déterminer la période de la mue. Quant les nymphes se transforment en adultes, un suivi quotidien a été mené pour estimer la survie et la reproduction. Nous avons pris la précaution d'enlever toutes les larves néonates des feuilles après les avoir comptabilisées [246]. Ces observations se sont maintenues jusqu'au 10^{ème} jour après application des traitements (Figure IV.5.).

Dans l'esprit d'estimer la réaction des différents groupes fonctionnels aux différents régimes de stress, nous avons utilisé des pièges jaunes à eau [244]. Trois pièges sont disposés à hauteur d'homme au niveau de chaque bloc expérimental. Les insectes piégés sont collectés et identifiés avant et après l'application des traitements sur une période de deux mois. Les spécimens ainsi collectés sont mis dans des flacons contenant du formol à 33%, sont ensuite transférés au laboratoire pour être déterminés et dénombrés. Les insectes ont été identifiés sur la base des caractéristiques morphologiques externes à l'aide d'une loupe binoculaire au grossissement (8x10) [247].

IV.4. 6. Extraction et dosage

IV.4.6.1. Evaluation des traits de vie de *Chaitophorus leucomelas*

IV.4.6.1.1. Mesures pondérales

Nous avons identifié et sélectionné les femelles de *Chaitophorus leucomelas* imposé par la période de prélèvement à partir des feuilles échantillonnées de *Populus nigra*. Les femelles discernées sont pesées et déposées dans des Eppendorf de 1,5 ml, ensuite conservées à -20°C pour d'éventuel traitement ultérieur.

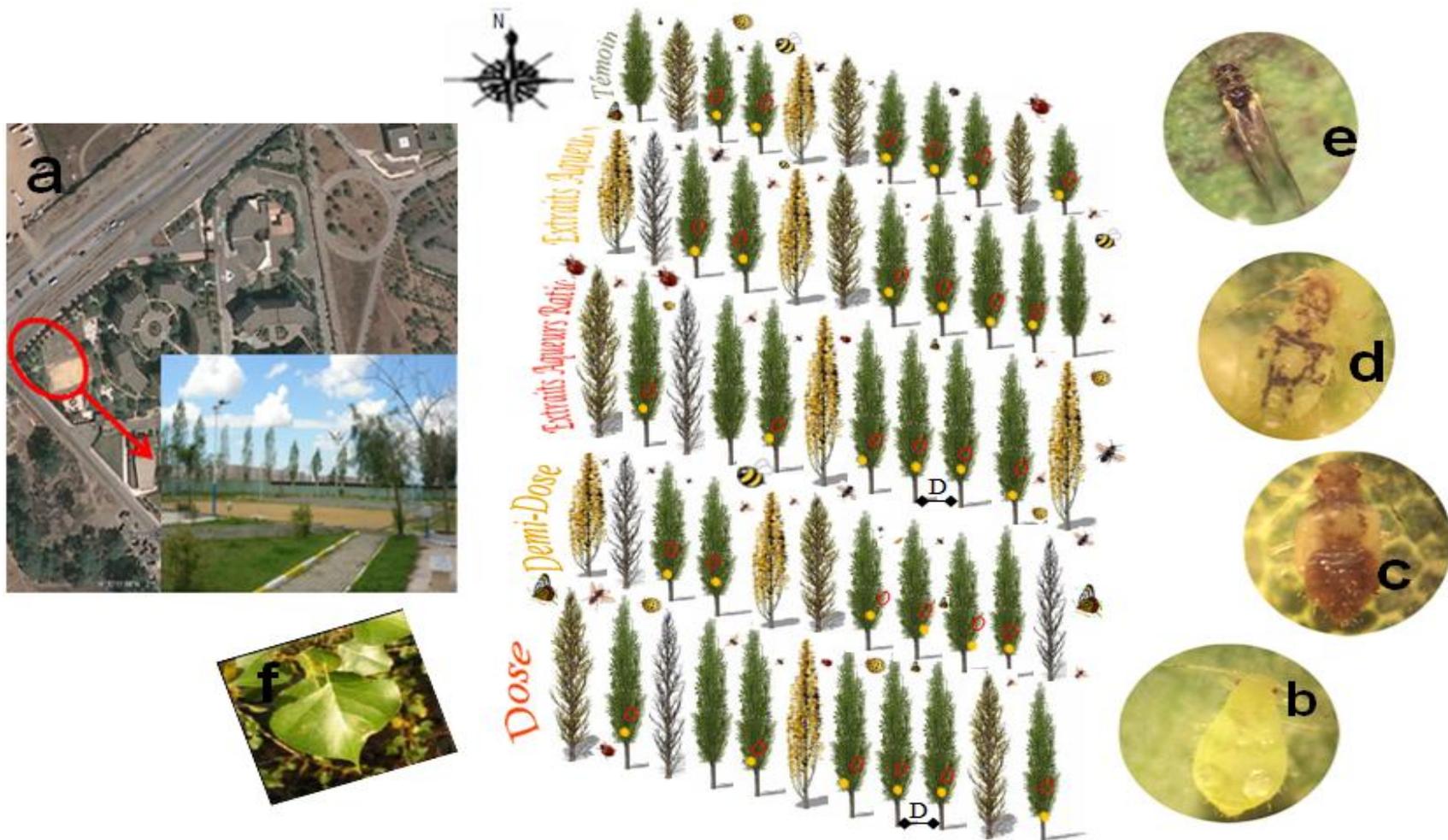


Figure IV.5. Localisation des peuplements retenus pour l'étude et dispositif expérimental des traitements

● : Piège jeune à eau; ○ : rameau pour l'estimation démographique.

a: Présentation des sites d'études (Source support : Google Earth, 2013), b: Larve, c: nymphe, d: femelle, d: mal; f: feuille
D ; distance entre chaque arbre traités : 3 m

IV.4.6.1.2. Extraction et dosage des lipides

A partir des pucerons échantillonnés, nous avons quantifié les biomarqueurs lipidiques. L'extraction et la quantification des réserves lipidiques ont été réalisées selon la méthode de Van Brummelen et Suijzand [248].

Selon ces auteurs, les lipides étant les macromolécules les plus hydrophobes (caractéristique chimique unique des lipides), ils peuvent être extraits sélectivement au moyen de solvants organiques. Un mélange monophasique 1:2:0,8 (chloroforme : méthanol : eau bidistillée) est versé dans les tubes contenant les pucerons et est utilisé comme solution d'extraction.

Les tubes sont ensuite mis à centrifuger pendant 5 minutes à (14772 tours/min) pour agiter le tout, ensuite nous rajoutons du chloroforme dans chaque tube, ce qui induit la séparation du mélange en deux phases. L'opération de séparation des lipides est répétée à nouveau deux fois avec du chloroforme et ces solutions de chloroforme contenant les lipides sont récupérées et mises en commun, puis séchées sur sulfate de sodium. Les lipides sont récupérés après rinçage du sulfate de sodium avec du chloroforme.

Chaque tube en verre est alors mis à évaporer à sec sous flux d'azote. On rajoute ensuite de l'acide sulfurique dans chaque tube que l'on met à chauffer pendant 10 min à 100°C. On laisse refroidir les échantillons jusqu'à ce qu'ils atteignent la température ambiante, et on rajoute la réactive vanilline dans chaque échantillon. La solution prend alors une couleur rose, et on lit la densité optique à 540nm au bout de 10 minutes. Le blanc est obtenu à partir d'une série de concentrations du cholestérol mélangé à l'acide sulfurique et au réactif de vanilline (tableau IV.1.).

Tableau IV.1. Méthode suivie pour l'obtention de la courbe standard de cholestérol

Solution mère (ml)	µg de cholestérol dans le volume pris et mis dans le tube en verre	Concentration du cholestérol (µg/ml) dans la solution finale de 2.8 ml (l'acide sulfurique et la réactive vanilline)	Densité optique moins le blanc, à 540 nm au bout de 10 minutes
5,60	280	100	2,4993
2,80	140	50	1,3265
1,40	70	25	0,7262
0,70	35	12,50	0,3484
0,35	17,50	6,25	0,2106
0,17	8,75	3,12	0,1221

IV.4.6.1.3. Extraction et dosage des glucides

Pour l'extraction et la quantification des réserves glucidiques, nous avons eu recours à la méthode de Win Decoen [249]. L'auteur signale que l'extraction et le dosage des sucres chez les insectes se font généralement à partir de l'hémolymphe. Dans notre dosage, du fait de la petite taille des pucerons, les sucres sont extraits à partir des insectes dans leur totalité.

Les échantillons sont homogénéisés dans de l'eau bidistillée avec un broyeur, puis de l'acide trichloroacétique (T.C.A. 15%) est ajouté afin de faire précipiter les protéines. La précipitation est facilitée par une centrifugation pendant 10 minutes à 3000 r.p.m. à 4°C. Le surnageant contenant les sucres est récupéré dans un autre tube Eppendorf et le culot est redissous dans une solution de T.C.A. 5%. Les échantillons sont à nouveau centrifugés pour précipiter les protéines restantes et le surnageant en résultant est ajouté au surnageant précédent. 250 µl de solution contenant les surnageants sont versés dans un tube Eppendorf; auquel sont ajoutés rapidement 250 µl de phénol 5% et 1 ml de H₂SO₄. Le mélange est déposé dans un puits d'une microplaque à la lumière et la température ambiante. L'adsorption des échantillons est mesurée après 30 minutes à 490 nm. Le blanc est obtenu à partir d'une solution mère de glucose à 0,5mg/ml (5 mg de glucose dans 10 ml d'eau distillée), dont on effectue une série de dilutions afin d'obtenir les concentrations suivantes de glucose : 0.5, 0.25, 0.12, 0.062, 0.031, 0.016 et 0.0078 mg/ml.

IV.4.6.2. Evaluation des traits biochimiques de *Populus nigra*

IV.4.6.2.1. Extraction et dosage des sucres totaux

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode de Dubois *et al.* [250]. La matière végétale est mise en contact avec de l'éthanol à 80% durant 48 heures à une température ambiante. Le dispositif est mis à l'étuve à 80°C afin d'évaporer l'alcool, puis on ajoute 20 ml d'eau distillée au résidu. Une fraction de 2 ml de la solution obtenue est additionnée au phénol à 5%, l'acide sulfurique concentré 96 %, puis homogénéisé au vortex, après 10 min; on les place au bain- marie à une température de 30°C pendant 20 min; la lecture de la densité optique se fera à 485 nm au bout de 10mn.

Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation suivante :

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

IV.4.6.2.2. Extraction et dosage de la proline

La méthode suivie est celle de Troll et Lindsley [251], simplifiée et mise au point par Dreir et Goring [252], qui à partir de matière végétale fraîche mélangée au méthanol est chauffée à 85°C pendant 60 min. Après refroidissement, on ajoute à l'extrait de l'acide acétique, de la ninhydrine et un mélange d'eau distillée, d'acide acétique et d'acide orthophosphorique (0,4 : 1 : 0,26) ; l'ensemble est porté à ébullition pendant 30 min au bout desquelles la couleur vire au rouge. Après refroidissement, l'addition du toluène induit la séparation de la solution en deux phases: la phase supérieure contenant la proline est récupérée, à laquelle on ajoute du Na₂SO₄ et on lit la densité optique à 528 nm. Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de courbe étalon dont la relation est la suivante :

$$Y= 0,1043 X$$

IV.5. Étude de l'efficacité globale des bioproduits à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* sur le psylle *Euphyllura olivina* de l'olivier *Olea europaea*

IV.5.1. Objectif

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'effet des extraits aqueux de *D. viscosa* et de *Silene fuscata* obtenus de la zone montagneuse (chréa) par comparaison à un principe actif le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, sur l'abondance, le conditionnement, le bilan énergétique et sur certains paramètres démographiques d'*Euphyllura olivina* d'une part, et d'autre part leur effet sur les modifications phytochimiques des feuilles de la plante hôte *Olea europaea*. La réaction de la biocénose est éventuellement estimée.

IV.5.2. Présentation du site d'étude

L'étude a été conduite au niveau de l'oliveraie de la station expérimentale de l'université de Blida¹ (Figure IV.6.a). Cette dernière est limitée au Nord par Halouia et Guerrouaou, au Sud par le piémont de Blida, à l'Ouest par Oued Beni Mered et à l'Est par Oued khremis. La station occupe une superficie de 5 hectares exploités par l'arboriculture fruitière et l'agrumiculture. Le verger oléicole comprend une plantation de Rougette de Mitidja de 3 ha menée en culture extensive (distance arbre est de 10 m). La Rougette de Mitidja est une variété à l'huile, la couleur du fruit est assez caractéristique, rougeâtre à maturité, d'où son nom de « rougette », le fruit pèse environ 1 à 2 g et possède une maturité précoce (fin novembre). L'arbre est d'une vigueur moyenne au port étalé, sa production peut aller jusqu'à 35 kg/an/arbre.

IV.5.3. Préparation des traitements

IV.5.3.1. Préparation des extraits aqueux

Le matériel biologique végétal qui a été utilisé pour l'élaboration des extraits aqueux s'est limité à deux plantes spontanées *Dittrichia viscosa* (Principe actif) et

Silene fuscata (Bio-adjuvant) récoltées en stade de floraison pendant la saison automnale de la région montagneuse Chréa (**Voir section IV.4.3.1**).

IV.5.3.2. Produit phytosanitaire

Les individus d'*Euphyllura olivina* ont été soumis à un produit phytosanitaire Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (néonicotinoïdes / pyréthriinoïdes) (**Voir section IV.4.3.2**). Le produit de synthèse utilisé avec deux doses, la dose prescrite (4ml/l) et la demi-dose (2 ml/l).

IV.5.4. Matériel biologique cible (plante et ravageur)

IV.5.4.1. Matériel biologique végétal

Le matériel végétal destiné à l'évaluation de la toxicité de différentes régies appartient à l'arbre fruitier *Olea europaea* (*Scrophulariales, Oleaceae*). L'olivier est un arbre vivace aux feuilles persistantes, dur, gris-vert à forme allongée [253]. Les fleurs sont déposées en grappes sur une longue tige [254]. Le tronc est gris-vert et lisse jusqu'à sa dixième année, puis il prend un teint gris foncé [255]. Pour le système racinaire forment une souche ligneuse très importante, il s'adapte à la structure des sols, et se localise principalement sous le tronc [256].

Après le repos hivernal de Novembre à Février, la végétation démarre à partir de Mars-Avril, les pousses terminales s'allongent, les bourgeons axillaires se développent après s'être différenciés en boutons floraux ou en yeux à bois, les bourgeons végétatifs débourent vers la fin du mois de Mars un peu après les bourgeons floraux, la floraison se déroule entre Mai et Juin, l'endocarpe (noyau) se sclérifie en Juillet-Août. Une deuxième pousse peut avoir lieu entre Septembre et mi-octobre, si les conditions le permettent (Figure IV.6.d).

Les feuilles prélevées sont utilisées pour quantifier les possibles modifications qui peuvent s'opérer sur le contenu phytochimique (proline et sucres totaux) suite aux applications des bioproduits

IV.5.4.2. Matériel biologique animal

Pour notre étude, nous avons utilisé comme modèle biologique les individus de psylle *Euphyllura olivina* (Hémiptères, Psyllidae) évoluant sur l'olivier *Olea europaea* (Figure IV.6.b et c). Le psylle de l'olivier, est un ravageur piqueur-suceur, aussi bien au stade larvaire qu'imaginal, qui cause des dégâts considérables aux organes en croissance (jeunes pousses et grappes florales) [257] L'insecte se développe en passant par sept écophases: l'œuf, 5 stades larvaires et l'adulte, comme il y'a généralement trois générations par an [258]. L'arbre infesté est facilement reconnaissable par les sécrétions cireuses, d'aspect floconneux et de couleur blanche, qui entourent les larves [259]. Les adultes sont omniprésents et les femelles entrent en diapause ovarienne hivernale et estivale durant les mois les plus chauds (température $\geq 35^{\circ}\text{C}$) [260].

IV.5.5. Dispositif expérimental, techniques de traitements et de prélèvements

Au niveau de station oléicole, nous avons adopté la procédure expérimentale comme celle décrite dans la **section (IV.4.5)**. Les traitements se sont focalisés sur l'ensemble des stades d'*Euphyllura olivina* (Hémiptères, Psyllidae) évoluant sur *Olea europaea* durant la période printano-estivale.

Pour avoir une collection ordonnée et assez complète dans le temps de l'effet de ces molécule, nous avons choisie 27 Microparcelle dont chacune comporte dix sujets. Chaque Microparcelle à subit une molécule soit biologique ou chimique, alors que la dernière a subit une pulvérisation à l'eau courante. Cinq arbres pris au hasard dans chaque Microparcelle dans lesquels nous avons prélevés trois rameaux des différents points cardinaux de chaque arbre [245]. Les rameaux sont placés dans un sac en plastique portant toutes les informations nécessaires aux différents traitements. Les stades biologiques des espèces ont été identifiés sur la base des caractéristiques morphologiques externes à l'aide d'une loupe binoculaire au grossissement (8×10). L'estimation de la toxicité des produits biologiques et chimiques a été évaluée durant 11 jours à partir de la période d'application.

Les femelles vivantes sont pesées et déposées dans des tubes d'Eppendorf de 1,5 ml, puis conservées à -20°C pour une éventuelle quantification du bilan énergétique.

Après avoir enlevé les psylles, les feuilles d'*Olea europaea* (*Scrophulariales*, *Oleaceae*) échantillonnées sont conservées pour l'extraction des molécules biochimiques (proline et sucre totaux).

Afin d'estimer les paramètres démographiques, 5 rameaux pris au hasard avant application des molécules actives, dont nous avons gardé un adulte par rameaux. Après 24 heures du traitement, les adultes étaient vérifiés quotidiennement et leur survie a été enregistrée au niveau des différentes Micro-parcelles [246] (**Voir section IV.4.5.1.**) (Figure IV.6.).

A l'intérieur des parcelles élémentaires, l'entomofaune a été suivie par les méthodes de capture: les pièges jaunes à eau [244] et parapluie japonais [261].

Trois pièges jaunes à eau sont disposés à hauteur d'homme au niveau de chaque microparcelle. Concernant le parapluie japonais, il suffit de maintenir d'une main sous le feuillage des arbres pendant que l'on secoue brutalement les végétaux avec l'autre main (battage). Les insectes se laissent tomber sur la nappe où ils sont facilement collectés. Les collectes se sont effectuées à deux phases à savoir: avant l'application du traitement, puis après l'application du traitement. Les spécimens ainsi collectés sont mis dans des flacons contenant du formol à 33%, sont ensuite transférés au laboratoire pour être déterminés et dénombrés. Les insectes capturés sont récupérés au bout de 7 jours après le dépôt de pièges tout au long de la période d'expérimentation.

Les insectes ont été identifiés sur la base des caractéristiques morphologiques externes à l'aide d'une loupe binoculaire au grossissement (8x10) [247].

IV.4.6. Extraction et dosage

IV.5.6.1. Evaluation des traits de vie d'*Euphyllurae olivina*

IV.5.6.1.1. Mesures pondérales

Nous avons identifié et sélectionné les femelles d'*Euphyllura olivina* imposé par la période de prélèvement à partir des parties échantillonnée d'*Olea europaea*. Les femelles sont pesées et stockées dans des Eppendorf de 1,5 ml, ensuite conservées à -20°C pour un dosage ultérieur.

IV.5.6.1.2. Extraction et dosage des lipides et des glucides

L'extraction et le dosage des réserves énergétiques (lipides et sucres) ont été réalisés selon les méthodes de Win Decoen [249] et de Van Brummelen et Suijzand [248] décrites plus haut (**voir section IV. 4. 6.1.**).

IV.5.6.2. Evaluation des traits biochimiques d'*Olea europaea*

L'extraction et le dosage des molécules biochimiques (proline et sucres totaux) ont été réalisés selon les méthodes de Dreir et Goring [252] et de Dubois *et al.* [250]. décrites plus haut (**voir section IV. 4. 6.2.**).

IV.6. Estimation de la toxicité des molécules appliquées

Pour évaluer la toxicité et l'efficacité globale des molécules chimiques et biologiques appliquées sur le peuplier noir *Populus nigra*, nous somme basés sur plusieurs paramètres tels que l'abondance, la population résiduelle, et la fécondité.

IV.6.1. Evaluation des populations résiduelles

L'évaluation de la toxicité des extraits aqueux et de l'insecticide de synthèse a été réalisée par l'estimation des populations résiduelles (P.R.) selon le TEST de DUNNETT [262].

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

Le Test estime la toxicité des matières active selon les valeurs des P.R. P.R. < 30% molécule toxique, 30% <P.R. < 60% molécule moyennement toxique et P.R.> 60% molécule faiblement toxique ou neutre.

IV.6.2. Estimation de l'abondance

La technique de dénombrement effectuée sur les individus du puceron obtenus par le biais des transects végétal consiste à prélever des feuilles de chaque point cardinal durant la période d'investigation qui s'est étalée sur un mois. Les différents stades biologiques (larves et adultes) ont été observés sous une loupe binoculaire.

IV.6.3. Estimation de la fécondité

La fécondité est évalué par le rapport du nombre de larve au nombre d'adultes, suivant la formule

$$F = \frac{NL}{NF}$$

NL : nombre de larves

NF : nombre de femelles

IV.6. 4. Estimation du conditionnement

A partir des populations résiduelles, nous nous sommes intéressés à l'estimation de poids des femelles. Chaque dizaine de femelles sont déposées dans un Eppendorf de 1,5 ml (préalablement tarée), puis pesées. Les mesures pondérales des femelles ont été réalisées par une balance d'exactitude (Princeton Instruments, Model YP402N).

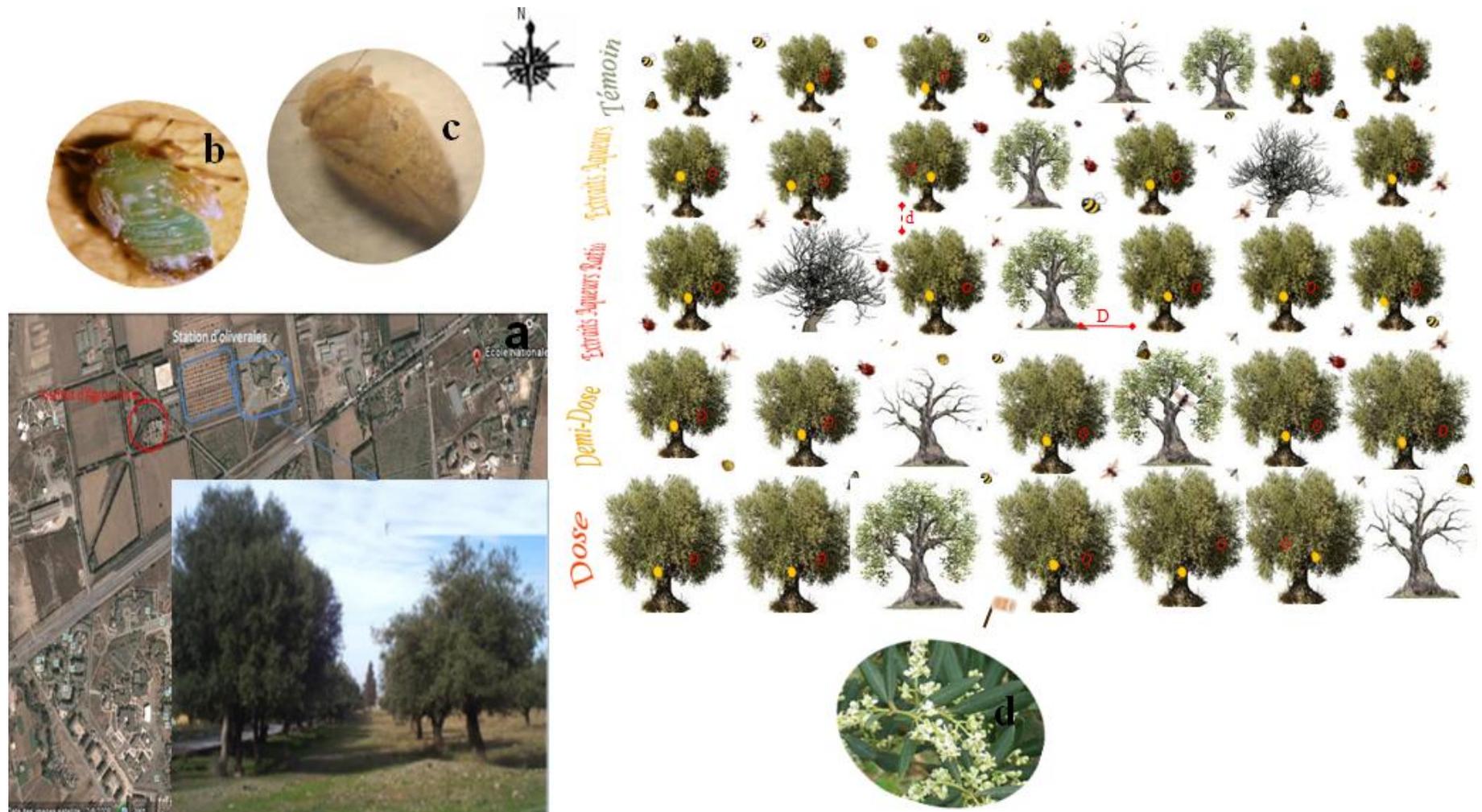


Figure IV.6. Localisation des peuplements retenus pour l'étude et dispositif expérimental des traitements

- : Piège jeune à eau ; ☂ : Parapluies japonais ; ○ : rameau pour l'estimation démographique.
- a: Présentation des sites d'études (Source support : Google Earth, 2013), b:Larve, c: Adulte, e:feuille
- D ; distance entre chaque arbre traités : 5 m ; d : distance entre chaque ligne d'arbre 10 m.

IV.6.5. Estimation des paramètres de reproduction

Les paramètres démographiques tels que le Taux de reproduction net (R_0), le Taux d'accroissement (r_m), le Taux de multiplication (λ), le Temps de génération moyen (T) et le Temps de doublement (D_T) ont été calculés selon les formules standards [263, 264].

IV.6.6. Disponibilité populationnelle

La disponibilité populationnelle est un paramètre important pour la description de la structure d'un peuplement. Le nombre d'individus représente une estimation plus précise de l'abondance de peuplements faunistique, qui peuvent être étudiés en évaluant l'abondance des diverses espèces à l'aide des différents pièges comme le piège jaune [247].

IV.7. Analyse statistique

L'analyse statistique a concerné l'évaluation des effets des phytopréparations sur les deux modèles biologiques *Populus nigra* et *Olea europaea* infestés respectivement par deux redoutables ravageurs *Chaitophorus leucomelas* et *Euphyllura olivina*

L'ensemble des tentatives ont été répétées au minimum trois fois. Les résultats, présentés sous forme de courbes, d'histogrammes ou de radar ont été réalisés par le logiciel Microsoft Excel.

Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%).

IV.7.1. Distribution rangs/fréquence des populations entomofauniques de *Populus nigra*

Pour explorer la structure des taxons sous l'effet des différents traitements, des rang-fréquence ont été tracées et comparées au modèle de la série géométrique

de MOTOMURA: $\log(N) = aR + b$, là où N est l'abondance pour un taxon et un R la pente [265]. La comparaison des pentes entre les taxons ont été effectuées à l'aide du logiciel PAST vers. 1.81 [266]. L'analyse de la covariance a été conduite en considérant les pentes en tant que des moyennes et les écarts type de x comme des variances. La probabilité a été calculée par le test de BARLETT.

IV.7.2. Analyses multivariée (PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001)

Dans le cas de variables de type présence-absence, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances en composantes principales (A.C.P.) [267]. Dans cette analyse, les espèces sont groupées selon leur sensibilité aux produits appliqués.

IV.7.3. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).

Les comparaisons des moyennes été réalisées par analyses de la variance (one-way ANOVA) et à l'aide du test F pour les variables suivant la loi normale. Dans les cas où aucune transformation ne parvient à normaliser la distribution, une analyse de variance en condition non paramétrique a été effectuée (test de Kruskal-Wallis). Parmi les variables participant le plus souvent à la variance totale, celles dont la contribution est significative au seuil de 0,05 ont été retenues. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

La description statistique des tendances de la variation temporelle des abondances et du trait de vie biochimique sous l'effet des différents extraits aqueux ont été établies par une présentation en BoxPlot.

CHAPITRE V

RÉSULTATS

V.1. Évaluation de l'efficacité globale des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* sur le puceron vert du peuplier *Chaitophorus leucomelas*

V.1.1. Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* sur *Chaitophorus leucomelas*

V.1.1.1. Variation des abondances de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des phytopréparations a base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa*

Le Tableau V. 1, montre l'abondance des sexupares de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des différentes régies appliquées, la régie biologique (Extraits aqueux ratio *Dittrichia viscosa* / *Silena fuscata*, Extrait aqueux de la plante entière *D. viscosa* et Extraits aqueux des différents compartiments *D. viscosa* des diverses régions) et la régie chimique (Dose homologue et la demi-dose de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine). En reference aux abondances, les résultats indiquent que les différents traitements appliqués affichent une toxicité distincte en termes de réduction des individus de *C. leucomelas* par rapport au témoin.

Les valeurs des abondances les plus basses sont enregistrées sous l'effet des phytopréparations ratios, dont l'abondance la plus faible est signalée sous l'effet du ratio 1(*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) de la région montagneuse (Abondance globale= 485 ; Abondance moyenne =44,18±2,47). De même, l'extrait aqueux de la plante entière (*D. viscosa*) de la région montagneuse, donne un effet similaire à celle des ratios sur les abondances globale et moyenne de *C. leucomelas* (552 ; 50,18±2,81). Les extraits aqueux des différents compartiments (*D. viscosa*) conduisent a des effets moyennement faibles en comparaison aux extraits aqueux ratios et de la plante entière. Sur le plan, activité des

compartiments, les résultats signalent que les extraits aqueux des feuilles provoquent une réduction importante à l'égard des abondances suivie par les extraits aqueux des tiges puis des racines. De plus, les extraits aqueux des feuilles (571 ; 51,9±1,38), des tiges (621 ; 56,45±1,18) et des racines (745 ; 67,72±1,16) de la région montagneuse produisent une action toxique drastique sur les individus de *C. leucomelas* par rapport aux autres régions (Tableau V.1.).

Tableau V. 1. Effet des phytopréparations sur l'abondance des sexupares de *Chaitophorus leucomelas*

	Nbr jours	Région littorale		Région Sub-littorale		Région Montagneuse		
		Abd. g	Moy± E.S.	Abd. g	Moy± E.S.	Abd. g	Moy± E.S.	
Témoin		3790,5	344,59±46,07	3790,5	344,59±26,07	3790,5	344,59±46,07	
R.B.	E.A.R. 1	648	58,90±5,25	509	46,27±2,25	485	44,18±2,47	
	E.A.R. 2	499	45,36±2,55	529	48,09±2,58	530	48,09±1,15	
	E.A.P.	629	57,18±4,15	603	54,81±7,29	552	50,18±2,81	
	E.A.F.	11	741	67,36±8,85	593	53,90±2,69	571	51,9±1,38
	E.A.T.		799	72,63±4,62	714	64,90±2,58	621	56,45±1,18
	E.A.R.		795	72,27±4,71	874	79,45±2,56	745	67,72±1,16
R.C.	D. d.		529	48,09±2,47				
	D.		470	42,72±1,70				

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; D. d: Demi-dose; D: Dose; Abd. g: Abondance globale; Moy± E.S.: Moyenne± standard erreur; Nbr: Nombre; R.C.: Régie chimique; R.B.: Régie biologique.

L'activité insecticide de la dose prescrite (470; 42,72±1,70) et de la demi-dose (529; 48,09±2,47) de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine est très distinctive en termes de réduction des abondances des sexupares de *C. leucomelas* par comparaison au témoin (3790,5 ; 344,59±46,07) où l'abondance reste très élevé (Tableau V.1.).

L'analyse en Composantes Principales est satisfaisante dans la mesure où plus de 90 % de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Figure V.1.).

Suite aux projections des variables sur les deux axes de l'ACP, nous constatons que les vecteurs de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, des extraits aqueux ratios (*D. viscosa* / *S. fuscata*) et de la plante entière (*D. viscosa*)

se rapprochent et s'orientent dans la même direction, ce qui confirme un effet analogue des traitements sur les individus de *C. leucomelas* (Figure V.1.).

De plus, l'analyse en Composantes Principales (ACP) montre que les vecteurs correspondant aux extraits aqueux des différents compartiments sont très proches l'un de l'autre, ce qui prouve que l'action toxique est similaire sur les abondances de *C. leucomelas*.

En revanche, la projection des variables montre que la régie biologique et chimique se distingue nettement du témoin (Figure V.1.). La même projection démontre dès le 1^{er} jour d'application une grande disparité des abondances de *C. leucomelas*, alors que dès le 2^{ème} jour d'exposition aux traitements, les abondances ce se raréfient sous l'effet des différentes régies (Figure V.1.).

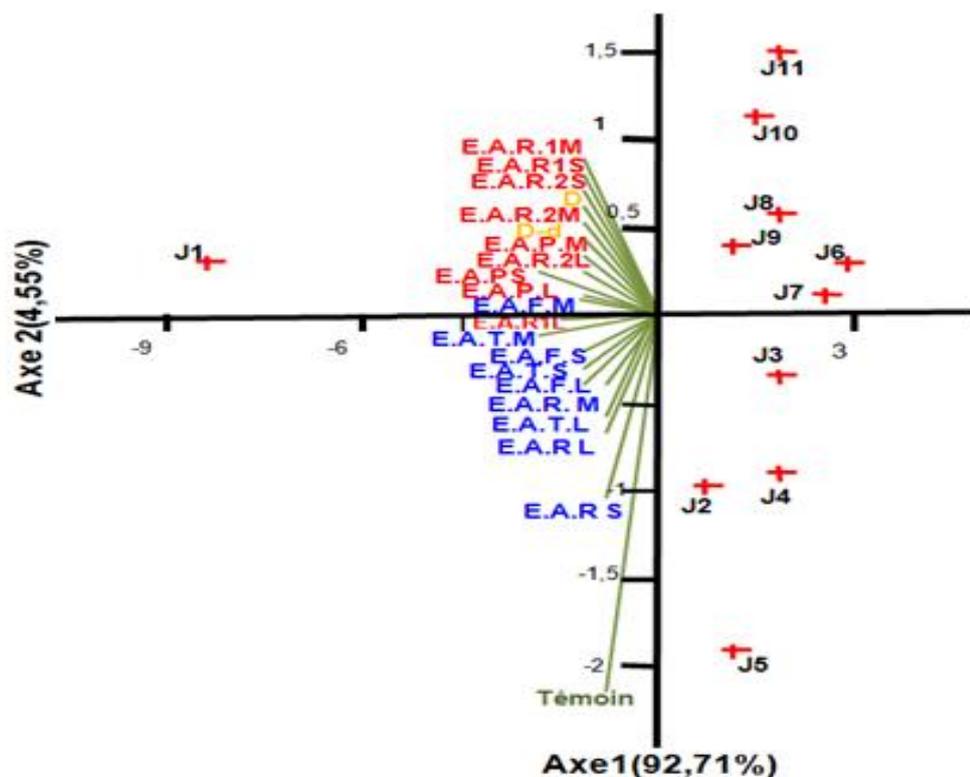


Figure V.1. Projection des abondances de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; L: Zone littorale; M: Zone Montagneuse; S: Zone Sub-littorale; J: Jours

Le Test ANOVA est avancé dans le but de signaler la performance des différents traitements en termes d'activité insecticide. La représentation graphique, fait apparaître une perturbation temporelle très importante de l'abondance de *C. leucomelas* sous l'effet des phytopréparations de différentes régions (Figure V.2. a, c et e).

Nous constatons que les extraits aqueux ratios [R1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) et R2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50 %)] et l'extrait aqueux de la plante entière *D. viscosa* étalent une meilleure réduction d'abondances, avec une précocité d'effet remarquable par comparaison aux extraits aqueux des différents compartiments *D. viscosa* qui accusent un certain retard dans l'expression de l'activité insecticide (Figure V.2.a, b et c). En outre, les résultats indiquent que la durée d'efficacité des phytopréparations s'étale globalement jusqu'au 11^{ème} jour du suivi, où les accroissements populationnels demeurent très réduites par rapport aux fluctuations signalées au niveau du témoin (Figure V.2.a, b et c).

Les boîtes à moustaches exposent ici la variation des valeurs expérimentales des essais. Elles ont été consolidées par le test Post Hoc Newman-Keuls dans le but de confirmer les traitements qui ont participé à la signalisation des différences significatives.

Les figures V.2.b, d et f, montrent que les extraits aqueux ratios et de la plante entière expriment une réduction significativement importante ($p < 1\%$) des abondances de *C. leucomelas* en comparaison aux extraits aqueux des différents compartiments. Cependant, les extraits aqueux des feuilles présentent un effet répressif très marqué par rapport aux extraits des tiges et des racines. Également, la position géostationnaire des plantes à la base d'obtention des extraits aqueux, démontrent une diversité d'action avec une toxicité distincte des extraits aqueux obtenus des plantes de la région montagneuse.

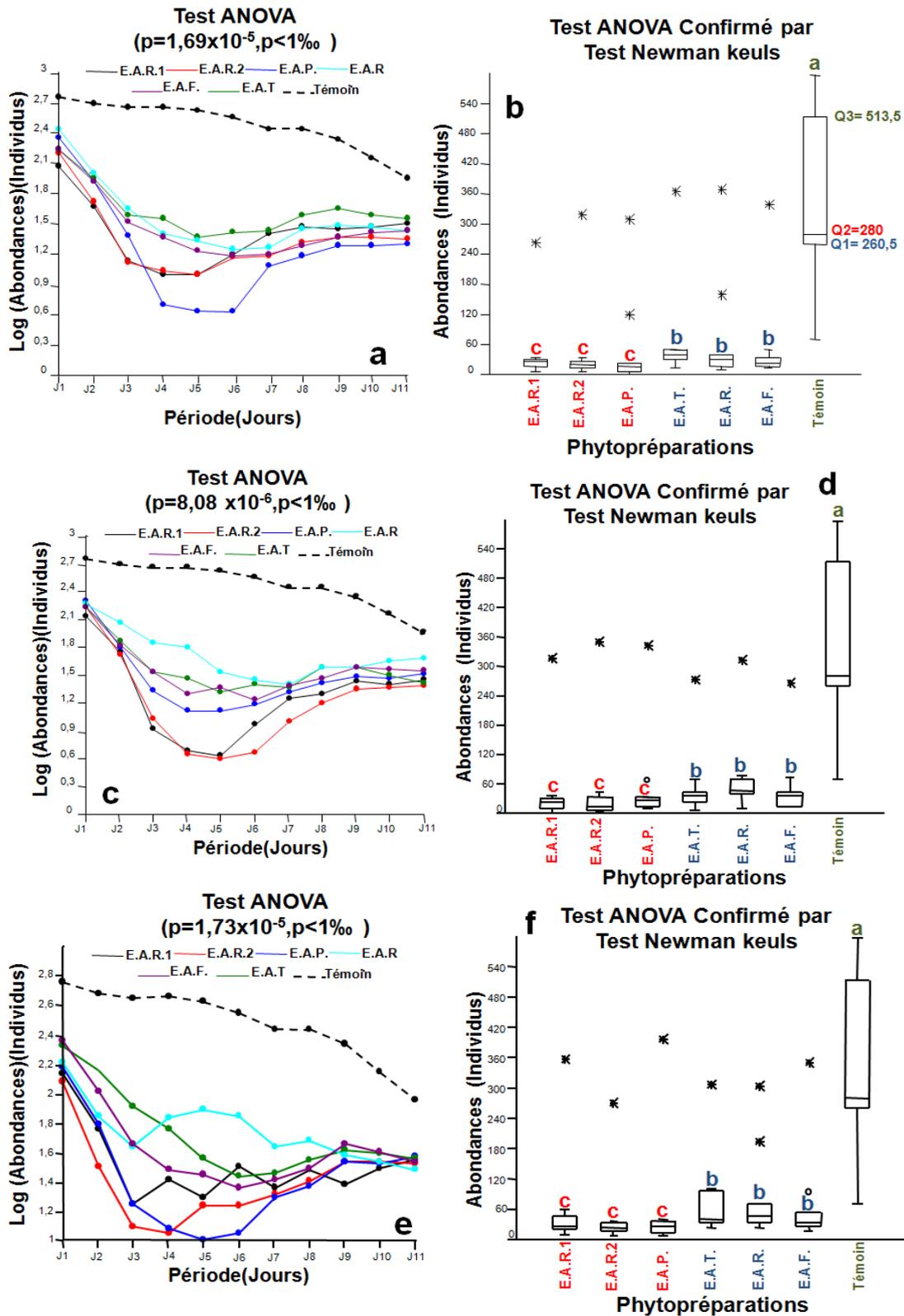


Figure V.2. Variation temporelle des abondances de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des différentes phytopréparations

(a, b): Zone Montagnaise; (c, d): Zone sub-littorale ; (e, f): Zone littorale

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) ; E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%) ; E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*) ; E.A.F: Extraits aqueux des feuilles ; E.A.T: Extraits aqueux des tiges ; E.A.R: Extraits aqueux des Racines

Graphiquement, on peut observer une tendance à la diminution de l'abondance de *C. leucomelas* sous l'effet des deux doses de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine avec une forte action biocide de la dose par rapport à la demi-dose. Les profils temporels nous indiquent une différence d'action de choc dès les premières heures d'exposition des populations à la dose proscrite du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (Figure V.3. a). Le test Newman-Keuls affirme la dissemblance qui existe entre les différents traitements. Les résultats exposent une chute importante d'abondance sous l'effet de la matière active avec un effet de choc très significatif de la dose que la demi-dose. Pour le témoin l'abondance reste à un taux assez élevé (Figure V.3. b).

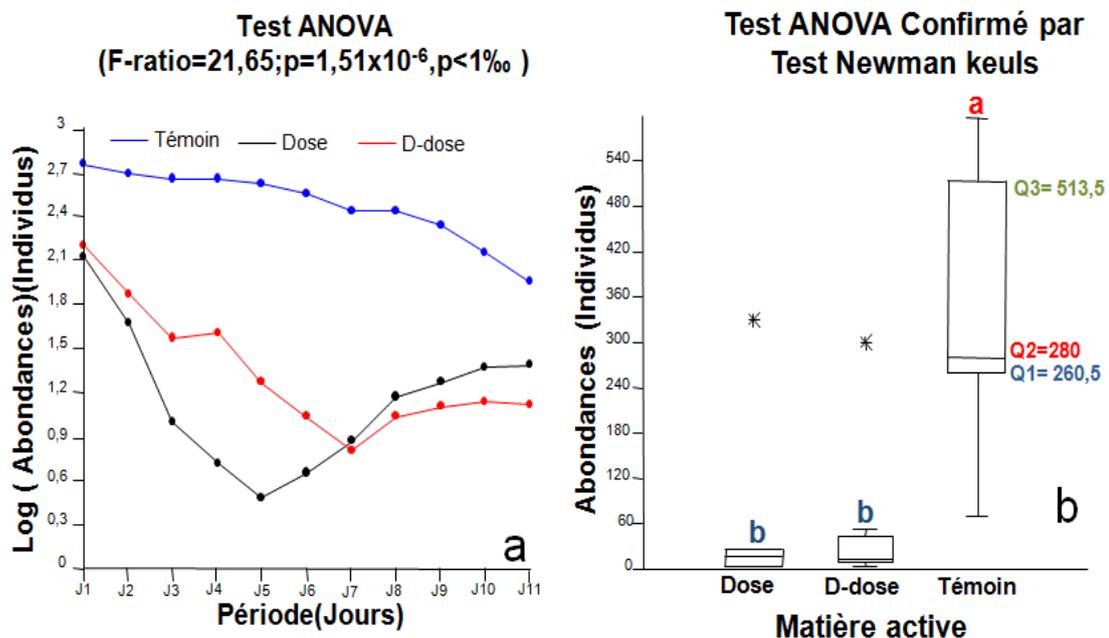


Figure V.3. Variation temporelle des abondances de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambdacyhalothrine

V.1.1.2. Variation des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa*

Les résultats de la toxicité des phytopréparations comparés à l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine sur la population résiduelles de *C. leucomelas* sont exposés dans le tableau V.2.

Tableau V.2. Évaluation de la toxicité des régies biologique et chimique par recours aux populations résiduelles

	Régies Biologiques																		Régie Chimique	
	Extrait aqueux ratio (Moy ± E.S)						Extrait aqueux plante (Moy ± E.S)			Extraits aqueux compartiments (Moy ± E.S)									Dose	D-Dose
	Ratio1			Ratio 2			Plante entière (<i>D. viscosa</i>)			Feuilles (<i>D. viscosa</i>)			Tiges (<i>D. viscosa</i>)			Racines (<i>D. viscosa</i>)				
	E.A.R.1 M	E.A.R.1 S	E.A.R.1 L	E.A.R.2 M	E.A.R.2 S	E.A.R.2 L	E.A.P. M	E.A.P. S	E.A.P. L	E.A.F. M	E.A.F. S	E.A.F. L	E.A.T. M	E.A.T. S	E.A.T. L	E.A.R. M	E.A.R. S	E.A.R. L		
J1	14,3±2,1	10,7±1,1	6,9±0,9	11,6±1,4	25,2±2,5	23,9±0,2	47,8±6,2	26,8±5,4	9,8±1,0	39,5±5,9	35,2±5,4	59,4±7,7	25,7±3,9	38,0±3,6	45,4±4,0	73,5±7,4	29,0±0,8	37,6±3,7	4,7±0,6	19,2±1,9
J2	3,4±0,5	5,5±1,1	3,0±0,4	1,8±0,2	2,5±0,2	5,2±0,4	8,0±1,5	12,4±2,5	7,7±0,8	14,3±1,1	14,7±1,9	24,1±3,1	33,4±4,1	17,1±1,0	46,9±4,2	21,9±3,3	18,5±0,5	42,2±4,2	3,7±0,4	0,2±0,2
J3	5,4±0,8	0,7±0,1	7,3±2,1	3,5±0,4	3,5±0,3	7,3±0,6	7,7±0,3	8,0±0,2	6,8±0,3	11,6±1,7	10,2±1,3	12,8±1,6	11,7±1,1	9,0±0,9	19,0±1,7	11,6±0,9	30,0±0,9	26,9±2,6	0,0±0,0	8,6±0,8
J4	8,1±1,2	0,0±0,0	13,0±1,8	6,8±0,8	5,7±0,5	8,2±1,9	5,7±0,1	1,5±0,1	3,1±0,3	12,0±1,1	12,6±1,6	12,3±1,6	13,3±1,6	19,2±1,8	11,9±1,0	11,1±0,8	47,4±1,4	13,1±1,3	0,0±0,0	8,9±0,9
J5	10,2±5,5	5,6±1,21	12,3±3,4	7,4±2,5	8,3±2,1	9,9±2,9	10,1±1,3	12,1±3,2	19,0±2,0	22,2±1,7	20,3±2,0	37,3±4,8	46,9±5,3	25,9±0,3	76,2±6,8	32,6±4,9	58,1±1,7	37,6±3,7	0,4±0,6	12,1±1,2
J6	34,4±5,2	15,8±2,9	28,1±3,9	22,8±2,5	30,3±2,9	37,0±3,3	19,7±2,5	29,8±3,2	44,2±4,8	30,1±2,2	37,0±4,8	40,3±5,2	46,3±5,7	78,9±0,7	50,0±4,5	41,5±6,2	82,6±2,4	44,8±4,4	9,3±1,2	12,8±1,2
J7	41,2±6,1	32,2±4,6	48,0±6,7	24,3±2,9	37,1±0,3	40,0±3,6	27,2±3,5	46,7±6,3	53,8±5,9	36,1±2,8	45,4±5,9	97,7±12	50,2±6,3	43,4±2,4	49,5±4,4	44,4±6,6	124,5±10	71,8±7,1	10,4±1,3	23,2±2,3
J8	45,7±6,7	31,5±3,5	47,7±6,6	46,9±5,3	38,9±3,8	46,0±4,1	33,4±4,3	45,7±6,4	57,2±6,2	40,1±2,9	73,6±9,6	84,9±11	54,4±6,3	63,5±5,5	73,2±6,5	61,7±9,2	91,0±2,7	76,6±7,6	19,3±2,5	24,7±2,4
J9	65,7±9,8	49,3±4,7	66,2±9,2	43,6±5,2	52,0±5,1	63,5±5,7	39,2±5,1	60,6±12	66,6±7,3	44,9±3,6	69,4±9,0	47,6±6,1	57,7±6,4	45,4±3,1	41,9±3,7	62,5±9,3	34,5±1,0	45,8±4,5	105,7±13,4	66,2±6,6
J10	51,1±7,6	41,5±4,2	57,4±8,0	43,3±5,2	45,2±4,1	61,8±5,5	40,3±5,2	50,1±10	45,8±5,0	69,6±5,5	52±6,8	51,8±6,7	75,2±9,2	38,2±0,4	68,4±6,1	84,1±12, 6	52,7±1,5	68,7±6,8	138,8±18,4	87,8±8,7

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines; M :Région Montagneuse; S :Région Sub-littorale; L :Région Littorale; Moy± E.S. : Moyenne ± Erreur standard.

Les valeurs des populations résiduelles indiquent que les extraits aqueux ratios représentés par le ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25%/ *Silena fuscata* 75%) et le ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50%/ *Silena fuscata* 50%) des différentes régions, affichent des taux de populations résiduelles (PR) faibles par rapport aux extraits aqueux de la plante entière et des compartiments avec un effet précoce et une durée d'action plus longue. L'examen de la fluctuation des populations résiduelles sous l'effet des extraits aqueux de la plante entière de *Dittrichia viscosa*, bien qu'ils accusent un léger retard dans l'expression de leur toxicité, ils restent plus efficace comparés aux extraits aqueux des différents compartiments (feuille, tige et racine). En revanche, l'extrait aqueux des feuilles signale une toxicité accentuée par rapport aux extraits aqueux des racines et des tiges (tableau V.2.). Globalement, les traitements de la régie biologique montrent une gradation positive de toxicité selon le gradient : extraits aqueux de la région littorale < extraits aqueux de la région sub-littorale < extraits aqueux de la région montagnaise. Sous régie chimique, le tableau (V.2.), montre que le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine sous la dose prescrite (4ml/l) s'avère la plus toxique si elle est comparée à la demi-dose (D-Dose) (2ml/l), avec une reprise des populations résiduelles très marquées.

Dans l'esprit de mieux visualiser les rapprochements de l'effet biocide entre les traitements de la régie biologique et de la régie chimique, nous avons projeté l'ensemble des valeurs des populations résiduelles issues des essais d'efficacité des extraits aqueux et du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine sur les axes de l'ACP ($F_1 \times F_2 = 84,23\%$) (Figure V.4).

L'axe 1 (72,97%) montre une certaine distinction d'efficacité entre les extraits aqueux ratios et de la plante entière par rapport aux extraits aqueux des différents compartiments sur les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas*, il est à noter aussi qu'il y a une similitude d'effet avec une corrélation positive entre les phytopréparations ratios, de la plante et le différentes dose de la régie chimique Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (Figure V.4).

Cependant le deuxième axe 2 (11,26%) désigne l'effet temporel des traitements où l'aboutissement des traitements se fait remarquer précocement pour voir faire décroître d'efficience vers la fin du suivie.

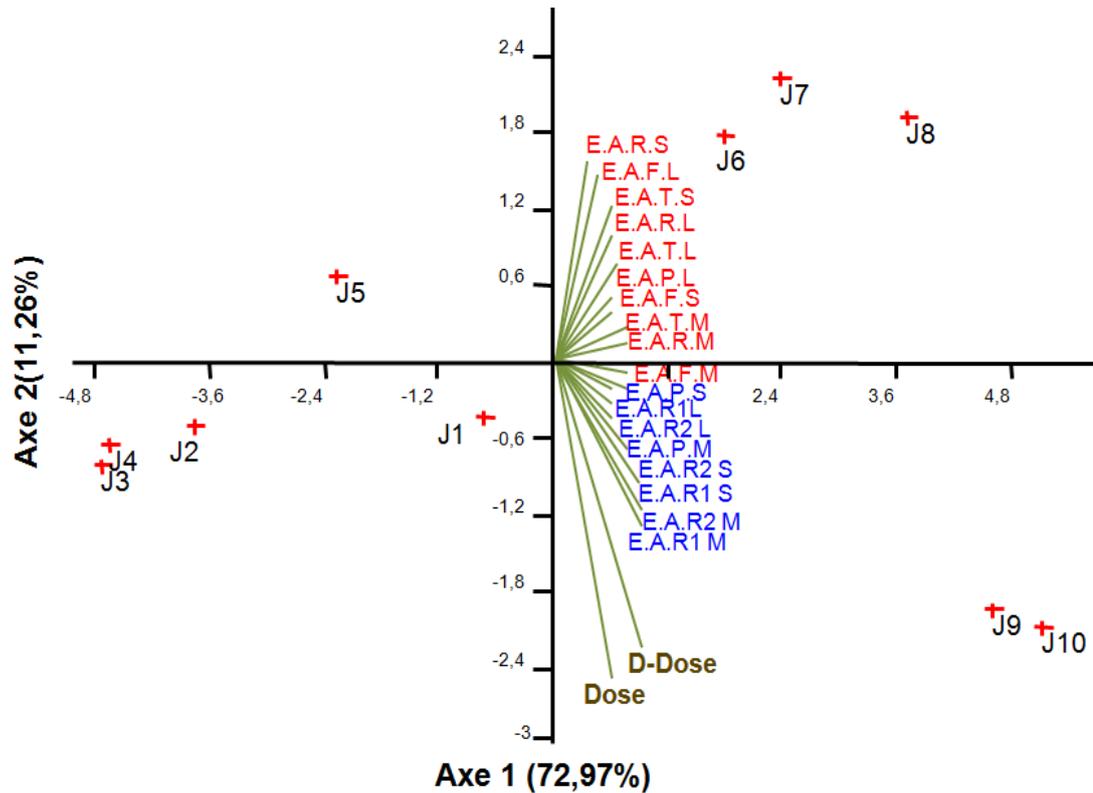


Figure V. 4. Projection des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) ; E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%) ; E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*) ; E.A.F : Extraits aqueux des feuilles ; E.A.T : Extraits aqueux des tiges ; E.A.R : Extraits aqueux des Racines ; M : Région Montagneuse ; S : Région Sub-littorale ; L : Région Littorale

Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), aux individus des sexupares de manière à étudier l'influence des différentes régions sur les populations résiduelles.

Les populations résiduelles de *C. leucomelas* montrent une différence très hautement significative durant toute la période d'exposition ($p=0,000$; $p<0,001$) (Figure V.5. a, c, e). La figure V.5.a, montre que les extraits aqueux de différents compartiments extériorisent une activité toxique éphémère avec une phase d'effet de quatre jours et demie à l'égard de la population résiduelle. Les bioproduits, perdent leur activité insecticide pour atteindre le rang des produits moyennement toxique appuyé par une reprise cénotique moyenne.

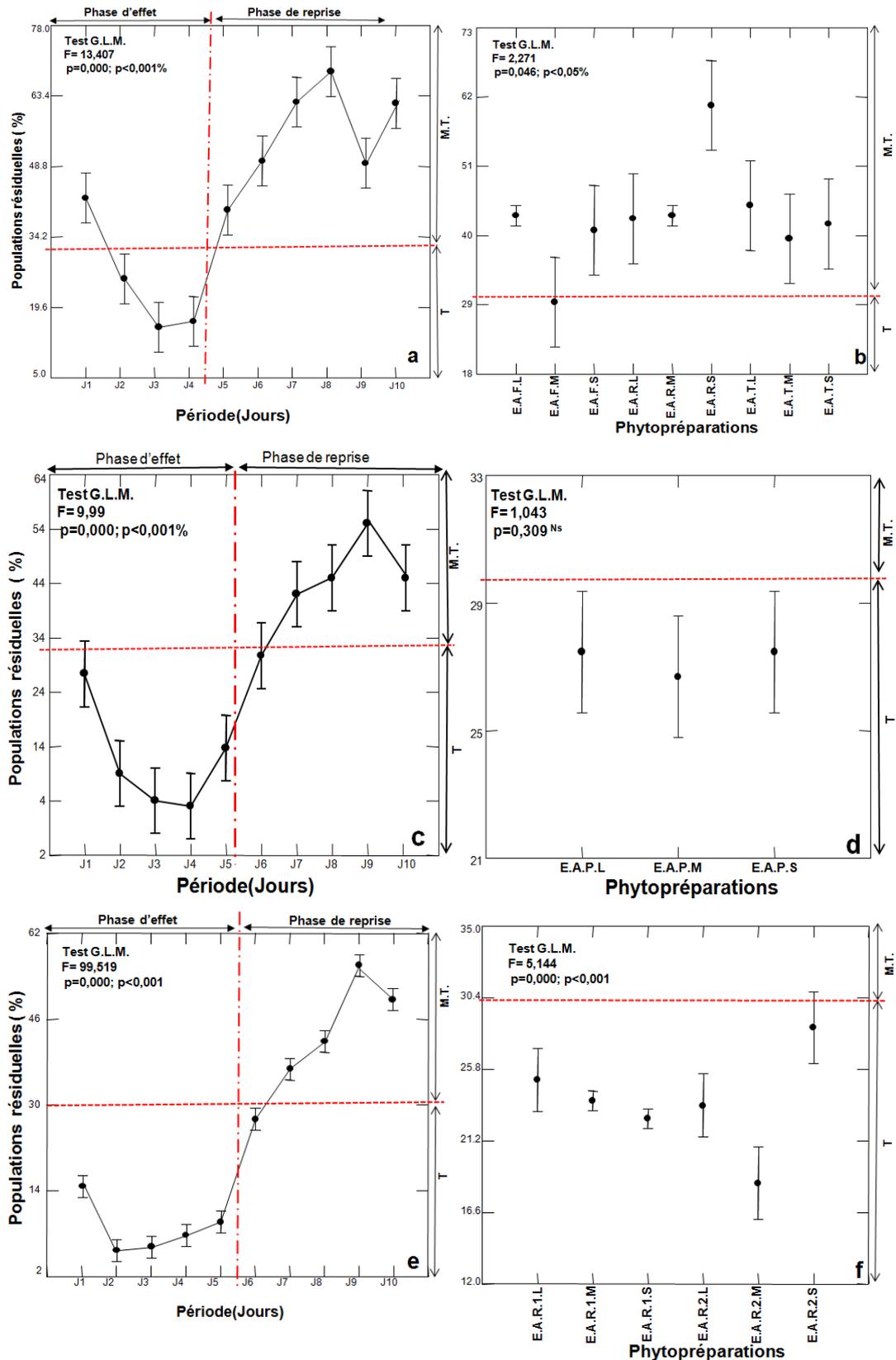


Figure V.5. Estimation de l'efficacité des phytopréparations sur les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas*

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; D: Demi-dose; D: Dose; L: Zone littorale; M: Zone Montagneuse; S: Zone Sub-littorale; J: Jours; T: Toxique; M.T.: Moyennement toxique

L'effet des extraits aqueux des différents compartiments affichent une différence significative ($p=0,046$; $p < 0,05$) avec un effet moyenne toxique à l'égard des populations résiduelles. Les analyses étalent que l'efficacité la plus marquée est enregistrée chez l'extrait aqueux des feuilles de la région montagneuse tandis que la faible toxicité est signalée chez l'extrait aqueux des racines de la région sub-littorale (Figure V.5 b).

L'évaluation des populations résiduelles sous l'effet des extraits aqueux montre que l'extrait aqueux de la plante entière *D. viscosa* bien qu'il accuse un certain retard dans l'expression de son efficacité, il reste le plus toxique quant à la durée d'efficacité (plus de cinq jours) s'il est comparé aux extraits aqueux des différents compartiments. Au-delà de cette période les extraits rejoignent le rang des produits moyennement toxiques avec une reprise cénotique remarquable (Figure V.5.c).

L'analyse de la variance par le modèle G.L.M. désigne que les extraits aqueux de la plante entière des différentes régions excitent un effet toxique sur populations résiduelles *C. leucomelas* avec une différence non significative ($p=309$; $p > 0,05$) (Figure V.5.d).

La figure V.5.e, indique que les extraits aqueux ratio (*D. viscosa* / *S. fuscata*) présentent l'efficacité la plus importante avec une action précoce et une phase d'effet très longue atteignant les six jours. Suite à cette période, les extraits ratios perdent leur action toxique et rentrent dans le rang des produits moyennement toxiques avec une reprise importante des populations.

La figure V.5 f, montre que tous les extraits aqueux ratios exercent une action toxique sur les populations résiduelles de *C. leucomelas*, avec une dissemblance très hautement significative ($p=0,000$; $p < 0,001$). Le modèle linéaire expose que l'extrait aqueux ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%) de la région montagneuse donne la meilleure toxicité, tandis que l'extrait aqueux ratio 2 de la région sub-littorale provoque la plus faible toxicité à l'égard des populations de *C. leucomelas*, cependant le reste des ratios donnent un effet presque similaire.

Afin de comparer la toxicité des régies adoptées sur la population résiduelle de *C. leucomelas*, nous avons appliqué le G.L.M. Les populations résiduelles de *C. leucomelas* montrant une différence très hautement significative durant toute la période d'exposition ($p=0,000$; $p<0,001$) (Figure V.6.a). Globalement les régies appliquées expriment une toxicité qui se maintien jusqu'au cinquième jour. Au-delà de cette période, les traitements perdent leurs efficacités pour se rapprocher au rang des produits moyennement toxique où nous marquons l'installation d'une reprise cénotique modérée (FigureV.6.a).

Par rapprochement de la toxicité des produits utilisés, il en ressort la dominance des extrais aqueux ratios, de la plante entière, des feuilles et deux doses de la matière active Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine par rapport aux extrais aqueux des compartiments (tiges et racines) dont l'effet reste moyennement toxique sur la cible *C. leucomelas* (Figure V.6.b). Selon le test de DUNNETT, la figure V.6. b, montre que l'extrait aqueux ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%) de la région montagneuse exerce la plus forte toxicité, tandis que l'extrait aqueux racinaire de la région sub-littorale entraine la plus faible toxicité sur *C. leucomelas*.

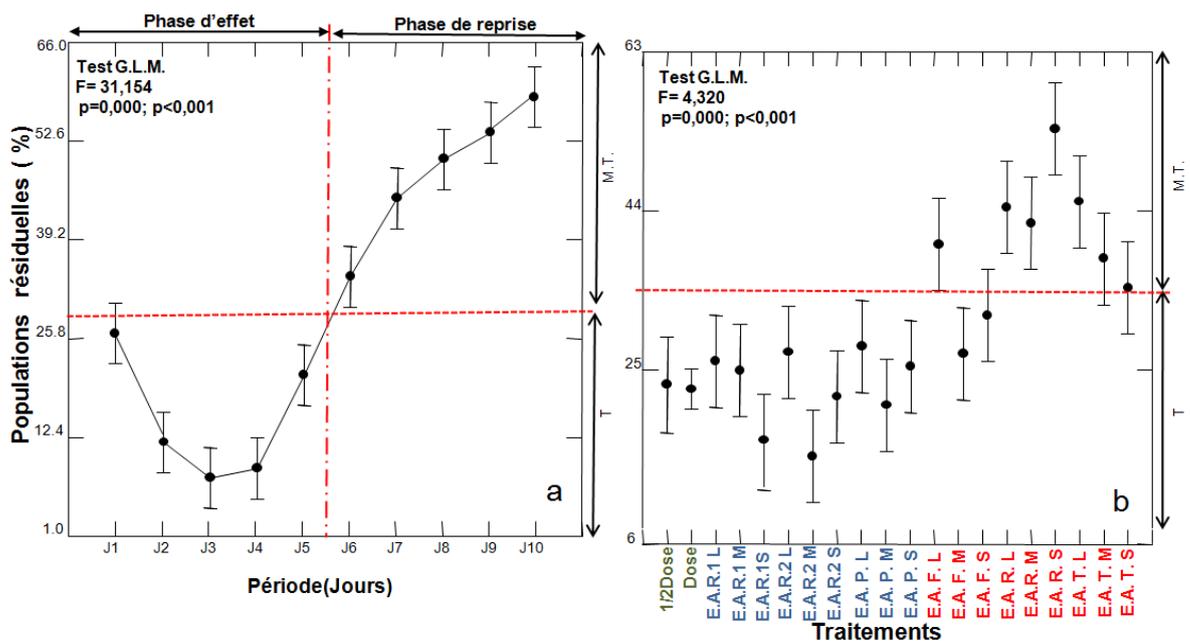


Figure V.6. Estimation de l'efficacité des régies biologique et chimique sur les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas*

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; D: Dose; L: Zone littorale; M: Zone Montagneuse; S: Zone Sub-littorale; J: Jours; T: Toxique; M.T.: Moyennement toxique

En ce qui concerne l'action des phytopréparations sur la population résiduelle des sexupares, le test ANOVA montre nettement une différence d'effet importante avec une probabilité significative de 0,036 ($p < 0,05$), cette différence est confirmée par le test NEWMAN KEULS qui indique la présence de deux groupe homogènes. Ajouté à cela, les résultats exposent une gradation d'effet positive allant de l'extrait aqueux des racines, des tiges, des feuilles, de la plante entière puis les deux ratios en dernier lieu à l'égard de la population résiduelle (Figure V.7). Pareillement, l'analyse montre que la probabilité non significative du test Levene ($p = 0,993$; $p > 0,05$) affirme l'homogénéité des populations utilisées pour comparer l'effet toxique qui suit les différentes applications (Figure V.7).

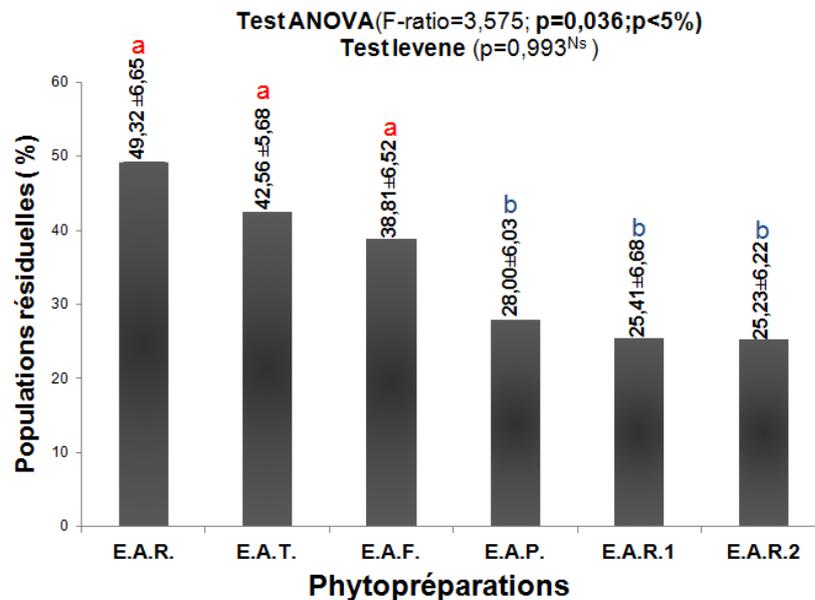


Figure V.7. Etude comparée de l'effet des phytopréparations sur les populations résiduelles de *Chaetophorus leucomelas*

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines.

L'effet origine géopositionnel des plantes productrices des extraits aqueux montre la présence d'une différence non significative (Test ANOVA: $p = 0,73$; $p > 0,05$) sur les populations résiduelles de *C. leucomelas* avec une toxicité assez importante des extraits aqueux obtenu des plantes d'origine montagnaise (Figure V.8).

L'homogénéité des populations utilisées est confirmées par le Test Levene où la probabilité est non significative ($p = 0,731$; $p > 0,05$) (Figure V.8).

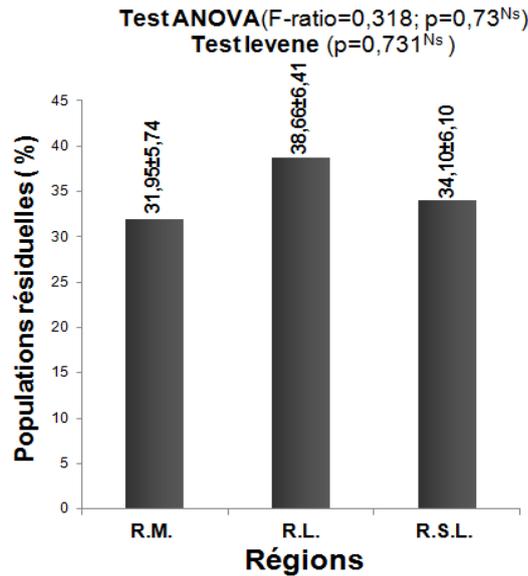


Figure V. 8. Etude comparée de l'effet des phytopréparations des différentes régions sur les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas*

Z.M. : Zone montagneuse ; Z.L. : Zone littoral ; Z.S.L. : Zone Sub-littorale

L'évolution temporelle des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* simultanément sous l'effet de l'activité insecticide des différentes régions (biologique et chimiques) a été confrontée au test ANOVA (Figure V.9.).

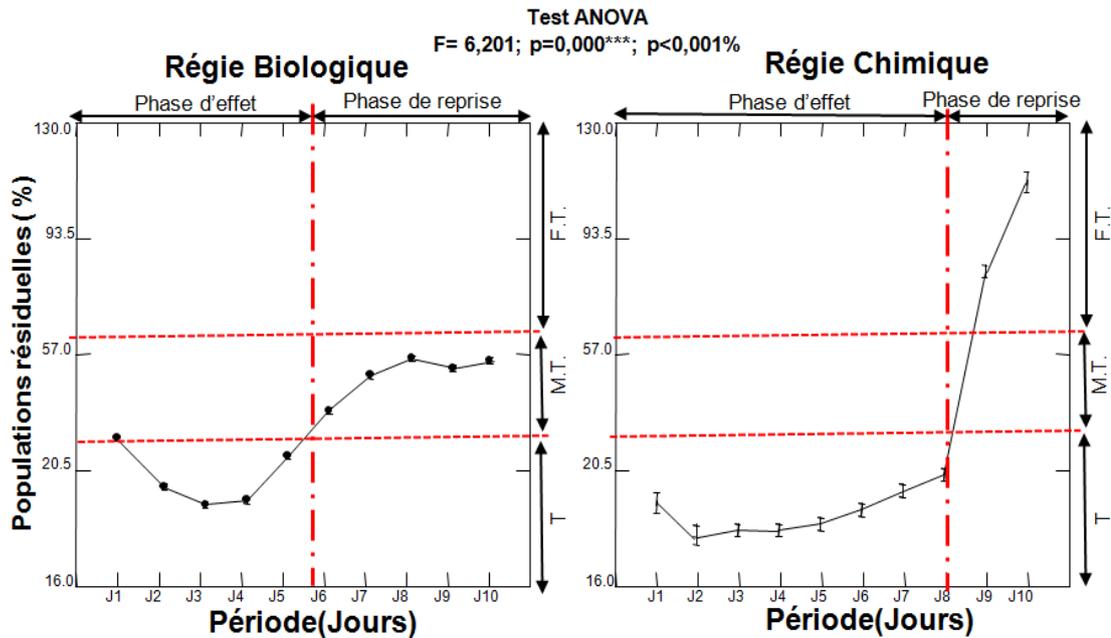


Figure V.9. Estimation de l'efficacité temporelle des différents traitements sur les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas*

J : Jours ; T : Toxique ; M.T. : Moyennement toxique ; F.T. : Faiblement toxique

Nous constatons que la régie chimique montre une toxicité progressive (PR<30%) jusqu'au huitième jour, au-delà de cette période une reprise d'activité biocénotique caractérisée par une augmentation remarquable des effectifs, en comparaison la régie biologique qui exprime une toxicité tardive qui se maintient jusqu'au cinquième jour. Dès le sixième jour la régie biologique extériorise une activité moyennement toxique à l'égard de la population résiduelle avec une reprise modérée (Figure V.9.).

V.1.1.3. Réponses des traits de vies biochimiques de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* et de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.

Le tableau V. 3, montre les traits de vies biochimiques et pondéraux de *C. leucomelas* suite aux applications des phytopréparations et de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. Les résultats démontrent clairement la perturbation des réserves lipidiques des femelles de *C. leucomelas* exposées aux doses du produit de synthèse Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine par rapport au témoin.

Tableau V.3. Effet des phytopréparations sur les mesures pondérales et les réserves lipido-glucidiques de *Chaitophorus leucomelas*

		Réserve énergétique lipidiques (µg/MF) Moy ±S.E	Réserve énergétique Glucidiques (µg/MF) Moy ±S.E.	Mesures pondérales (mg) Moy ±S.E.
R.B.	Témoin	9,041±0,223	0,202±0,004	3,69±0,07
	E.A.R.1	11,405±0,595	0,200±0,009	3,13±0,12
	E.A.R.2	11,974±0,560	0,212±0,007	3,29±0,10
	E.A.P.	9,153±0,510	0,166±0,007	3,05±0,10
	E.A.F.	8,32±0,240	0,169±0,005	3,05±0,141
	E.A.T.	7,76±0,325	0,154±0,003	2,74±0,10
	E.A.R.	7,741±0,280	0,141±0,003	2,57±0,131
R.C.	D- dose	38,390±6,89	0,223±0,006	3,289±0,240
	Dose	39,688±7,26	0,240±0,006	3,779±0,204

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; D- dose: Demi-dose; Moy± E.S.: Moyenne ± Erreur standard; R.B.: Régie Biologique; R.C.: Régie Chimique.

Concernant les phytopréparations, nous remarquons une augmentation des biomarqueurs lipidiques sous l'effet des ratios en comparaison aux phytopréparations de la plante entière qui reste homogène au témoin, par contre suite aux applications des extraits aqueux des compartiments une réduction importante est signalée dans ces réserves énergétiques (tableau V.3). Cependant, les réserves glucidiques des femelles sont sévèrement touchées par l'effet de l'extrait aqueux de la plante entière *D.viscosa* et les deux doses du produit de synthèse (tableau V.3). En revanche, les mesures pondérales signalent une certaine stabilité suite à l'application des différentes régions par rapport au témoin. De même nous remarquons une diminution moyenne sous l'action des extraits aqueux des tiges et des racines (tableau V.3).

La figure V.10, présente la variation des réserves énergétiques glucidique des femelles de *C. leucomelas* sous l'action des phytopréparations de la région montagneuse (Extraits aqueux ratio *Dittrichia viscosa/Silena fuscata*, l'extrait aqueux de la plante entière *D. viscosa* et l'extraits aqueux des différents compartiments *D. viscosa*). Nous observons une augmentation modérée des biomarqueurs glucidiques sous l'effet des extraits aqueux ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%) par rapport au témoin. Cette augmentation positive graduelle se maintient jusqu'au 8^{ème} jour de l'investigation. Cependant le niveau des biomarqueurs glucidique des femelles sous l'effet des autres phytopréparations reste au-dessous de celles enregistrées chez les femelles témoins (Figure V.10.a).

Le test Kruskal-Wallis, révèle une quantité glucidique significativement importante sous l'effet de l'extraits aqueux ratio 2 comparée à l'extrait aqueux ratio 1 et de la plante entière ($p < 0,05$). Le même test expose une distinction hautement significative ($p < 0,001$) sous l'action des extraits aqueux de différents compartiments, avec un gain en réserves glucidiques enregistré chez les femelles sexupares exposées aux extraits aqueux des feuilles, tiges et des racines sur des (Figure V.10.b). La quantité des réserves glucidiques varie significativement (Test ANOVA, $p < 0,001$) suite aux applications des différentes phytopréparations. À l'exception des extraits aqueux ratio, le reste des phytopréparations cause la perturbation la plus importante à l'égard des femelles (Figure V.10.c).

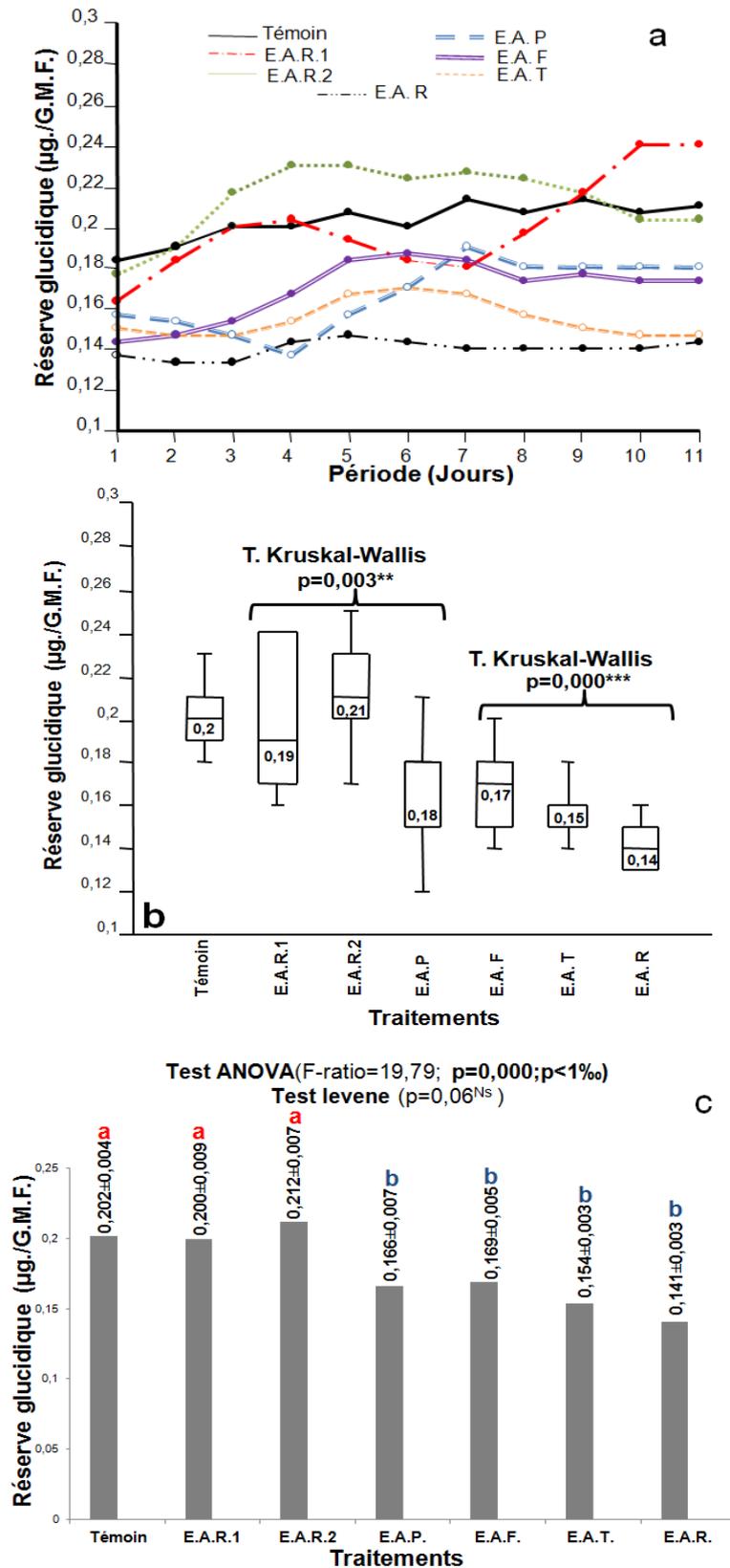


Figure V. 10. Variation des réserves énergétiques glucidiques de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des phytopréparations

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines

Le remaniement des métabolites lipidiques des femelles de *Chaitophorus leucomelas*, a été estimé sous l'action des bioproduits de deux plantes *D. viscosa* et *S. fuscata* récoltés de la région montagneuse.

Les variations temporelles des réserves lipidiques (FigureV.11 a) des femelles sexupares signalent une divergence au cours de toute la période du suivi. Il est intéressant de constater une importante augmentation des quantités lipidiques durant les sept jours d'exposition aux extraits aqueux ratio et de la plante entière par rapport aux extraits aqueux des différents compartiments dont les quantités restent proches à celles de témoin.

Une dénivellation très importante est enregistrée dans les quantités lipidiques sous l'effet des extraits aqueux ratio et de la plante entière avec un avantage à l'extraits aqueux ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%) (Test Kruskal-Wallis; $p < 0,01$). Aucune variation significative n'est enregistrée sous l'effet des extraits aqueux des compartiments à l'égard des quantités lipidiques des femelles des sexupares, mais nous notons que la forte quantité est enregistrée suite à l'application de l'extrait aqueux des feuilles (Test Kruskal-Wallis; $p > 0,05$) (FigureV.11 b).

Les réserves lipidiques varient significativement en fonction des phytopréparations sélectionnées. Or, la comparaison entre les effets des bioproduits appliqués fait ressortir que les extraits aqueux ratios ont exercé un effet de choc très remarquable comparé à l'extrait aqueux de la plante entière et aux extraits des compartiments où le plus faible taux lipidique a été enregistré. Enfin, le test nous indique que la quantité des réserves lipidiques des populations exposées aux extraits ratios est importante comparée aux populations de témoin (Test ANOVA ; $p < 0,001$) (Figure V.11. c).

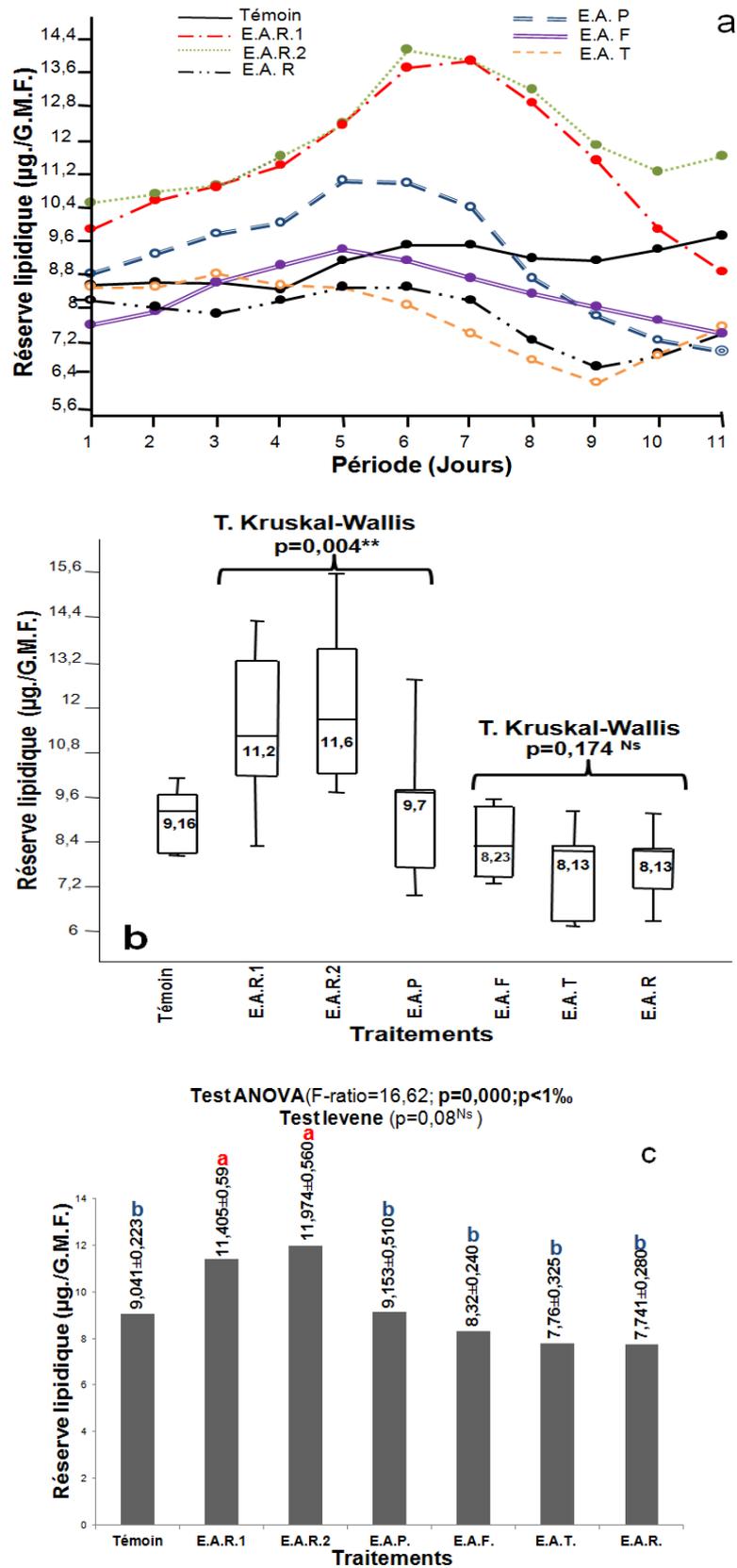


Figure V. 11. Variation des réserves énergétiques lipidiques de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des phytopréparations

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines

Le changement des mesures pondérales de *Chaitophorus leucomelas*, ont été évaluées sous l'action des extraits aqueux obtenus de la région montagneuse.

La figure V.12.a, montre que les mesures pondérales enregistrent une faible réduction sous l'effet des différents extraits aqueux par rapport au témoin. Nous observons que le profil pondéral le plus faible est signalé sous l'effet des extraits des tiges et des racines, tandis que le profil pondéral le plus important est enregistré sous l'effet du ratio 2. En outre, le poids reste moyen et comparable sous l'action des extraits aqueux ratio 1, de la plante entière et des feuilles.

Les boîtes à moustaches relative aux mesures pondérales des femelles de *C. leucomelas* et à l'aide du test Kruskal-Wallis montre la présence d'une différence entre les ratios et la plante entière avec un gain du poids de ratio 2 suivi par le ratio 1 puis la plante entière *D. viscosa* (Figure V.12.b).

Les analyses montrent que les extraits des feuilles enregistrent l'effet le plus important à l'égard du poids comparé aux extraits des tiges et des racines. Globalement, les résultats indiquent que les mesures pondérales des femelles traitées restent homogènes au témoin (Figure V.12.b).

Dans la même optique, le poids des femelles sexupares de *C. leucomelas* par le biais du test ANOVA, exhibe une modification importante sous l'effet des phytopréparations. Les résultats montrent que le poids le plus important est signalé chez le témoin, le ratio 2, le ratio 1, la plante entière et les extraits des feuilles puis les extraits aqueux des tiges et des racines en dernier lieu. Cette variation est confirmée par le test Newman Keuls, qui montre la présence de deux groupes homogènes (Figure V.12.c).

Cependant le test Levene par sa probabilité non significative prouve l'homogénéité des femelles pesées, pour montrer l'effet des phytopréparations sur les mesures pondérales (Figure V.12.c).

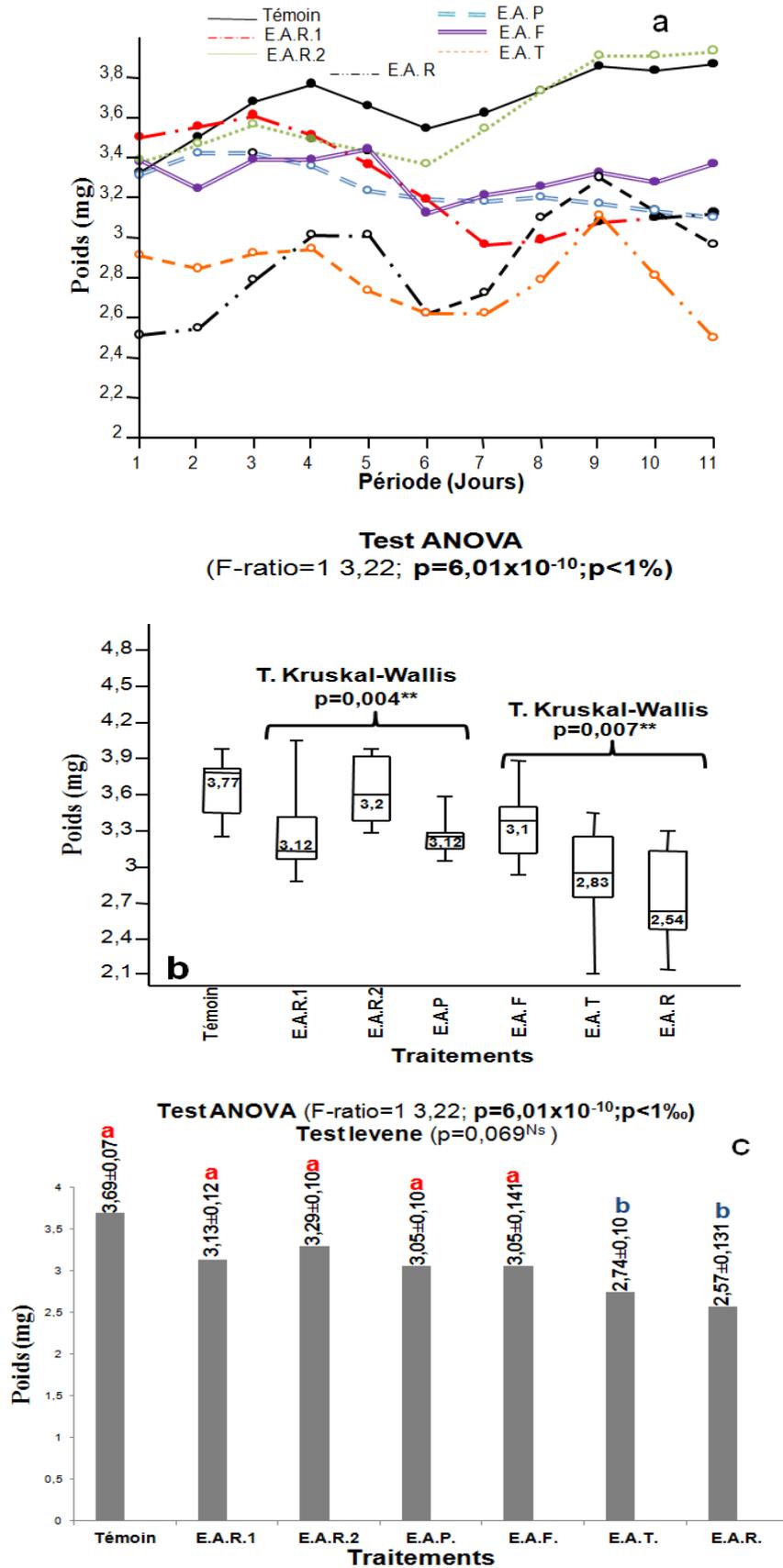


Figure V.12. Variation des mesures pondérales de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des phytopréparations

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines

La variation des biomarqueurs glucidiques des femelles sexupares de *Chaitophorus leucomelas*, a été appréciée sous l'effet de deux doses de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.

La lecture de l'évolution temporelle des réserves glucidiques des femelles sexupares de *Chaitophorus leucomelas* en fonction de deux doses appliquée du Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine laisse prétendre que la dose homologuée est très excitatrice dès les premières 24h et cela en comparaison avec la demi dose dont la perturbation reste moins importante à l'égard d'expression des glucides (Figure V.13 a). Dès le 5^{ème} jour après traitement, les doses de Thiamethoxame /Lambda-cyhalothrine perdent sensiblement leurs facultés toxiques et deviennent moins excitatrices. En outre, la quantité des réserves énergétiques glucidiques reste moins importante chez le témoin par comparaison aux traitées.

Le test Kruskal-Willis n'affiche aucune différence significative sous l'effet de deux doses de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine envers les biomarqueurs glucidique. Il est à signaler que la dose et la demi-dose s'avèrent les plus perturbatrices si elles sont comparées au témoin où la quantité glucidique reste faible (Figure V.13.b).

La figure V.13.c, indique le bilan énergétique glucidique de *C. leucomelas* suite aux applications des doses de Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. Les résultats démontrent clairement la perturbation des réserves glucidiques des femelles de *C. leucomelas* exposées aux doses du produit de synthèse Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine par rapport au témoin (Test ANOVA $p=0,000$; $p<1\%$). Cependant, les réserves glucidiques sont sévèrement touchées pareillement par l'effet de la dose homologuée et de la demi-dose du produit de synthèse (groupe homogène a) (Figure V.13 c). Les différents tests concluent que le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine opère des perturbations importantes sur le bilan énergétique glucidique des populations exposées par comparaison au témoin (groupe homogène b). Les analyses obtenues par test Levene, prouvent l'homogénéité entre les populations étudiées (Figure V.13.c).

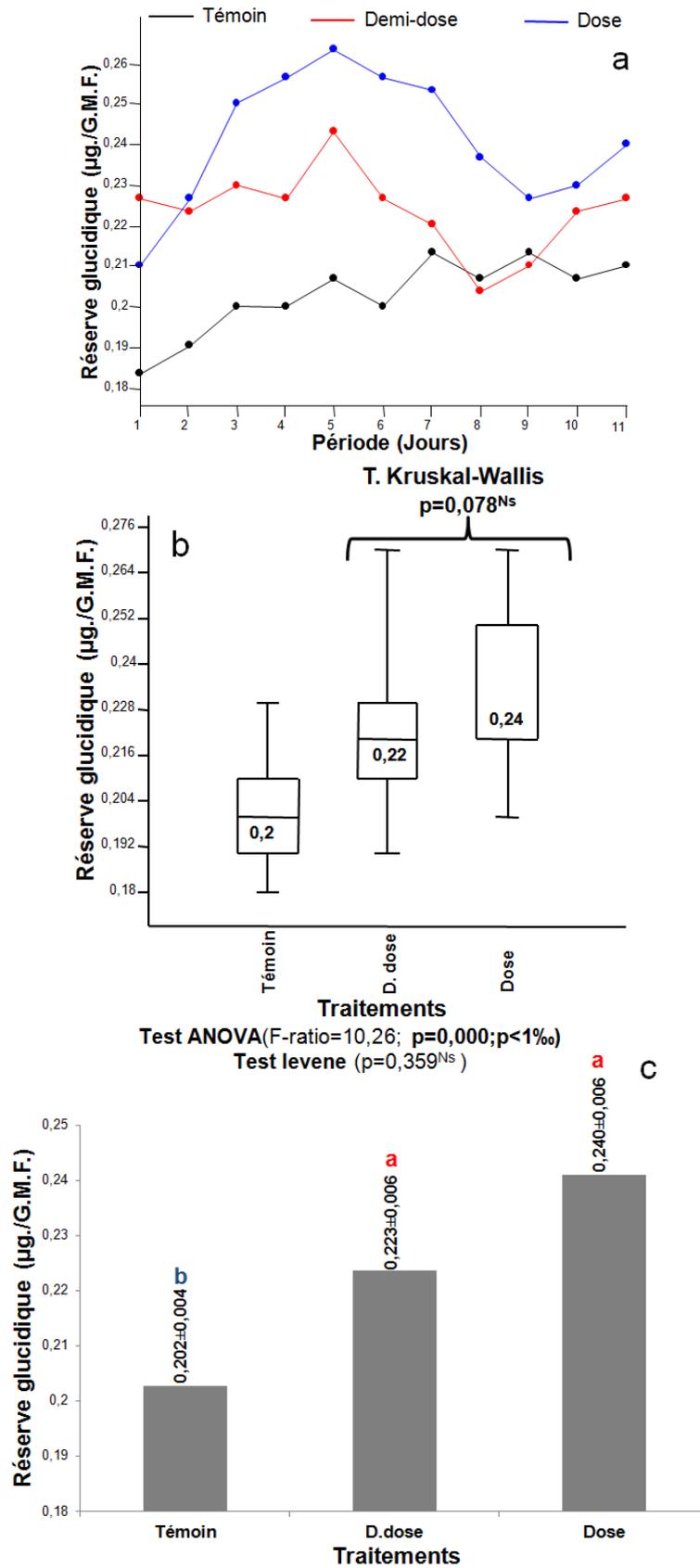


Figure V.13. Variation des réserves énergétiques glucidiques de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine

La variation des réserves énergétiques lipidiques des femelles de *Chaitophorus leucomelas*, a été évaluée sous l'action de deux doses de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.

La quantité des réserves énergétiques lipidiques a tendance à augmenter au courant des premières 24h de traitement, mais à partir du quatrième jour, nous constatons une réduction des quantités. L'évolution temporelle des taux lipidiques montre la dominance des réserves lipidiques chez les traités par les deux doses de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine en comparaison avec les quantités signalées chez le témoin (Figure V.14 a).

Selon le test Kruskal-Wallis aucune différence significative n'a été enregistrée dans les quantités des biomarqueurs lipidiques de *C. leucomelas* sous l'effet de deux doses de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (Figure V.14 b).

La quantité des biomarqueurs lipidiques des femelles sexupares de *Chaitophorus leucomelas* varie significativement durant la période de notre étude. Les variations sont très marquées (test ANOVA, $p = 0,000$; $p < 0,001$ et Test Newman Keuls), entre les deux populations traitée et témoin.

L'examen des résultats révèle que la concentration des réserves lipidiques est importante sous l'effet de la dose proscrite de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine et la demi-dose par rapport au témoin où la concentration des lipidiques enregistrée est très faible (Figure V.14 c).

A travers l'application de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine l'analyse statistique montre que les deux doses présentent une action perturbatrice remarquable à l'égard des biomarqueurs lipidiques des femelles sexupares de *Chaitophorus leucomelas*.

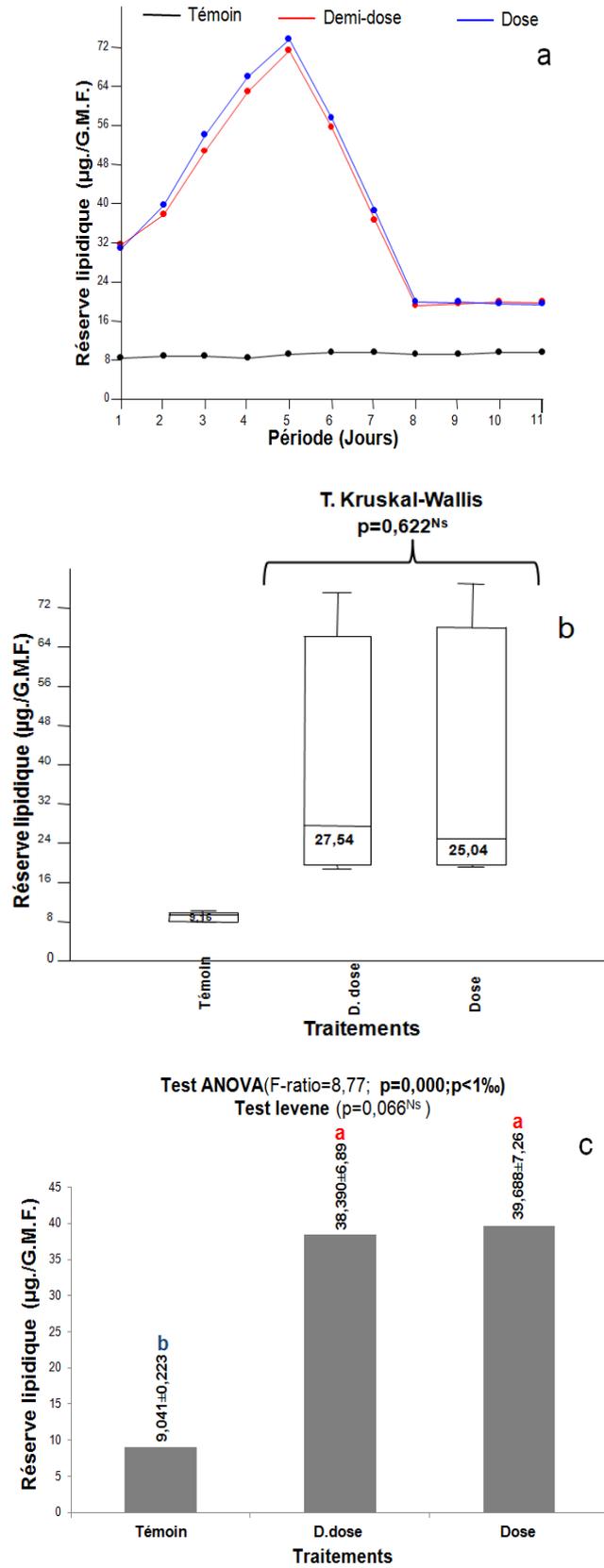


Figure V.14. Variation des réserves énergétiques lipidiques de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine

Le changement et la variation temporelle des mesures pondérales des femelles sexupares de *Chaitophorus leucomelas*, a été estimé sous l'effet de la dose proscrite et la demi-dose de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (Figure V.15.).

Les mesures pondérales ont tendance à augmenter dans les premières 24h de traitement. Cette augmentation continue jusqu'à la fin de suivi sous l'effet de la dose proscrite de la matière active, tandis qu'une diminution est observée après le septième jour sous l'effet de la demi-dose. La fluctuation temporelle des mesures pondérales chez les femelles traitées reste équilibrée durant toute la période de l'essai (Figure V.15.a).

Le test Kruskal-Wallis n'affiche aucune différence entre les deux doses de la matière active (Figure V.15.b). Dans la même optique, le test ANOVA n'affiche aucune dissemblance pondérale des femelles de *C. leucomelas* entre les traitées par la matière active et le témoin (Figure V.15.c).

En outre, les résultats montrent une gradation négative du poids allant de la dose proscrite, du témoin et en fin la demi-dose de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine

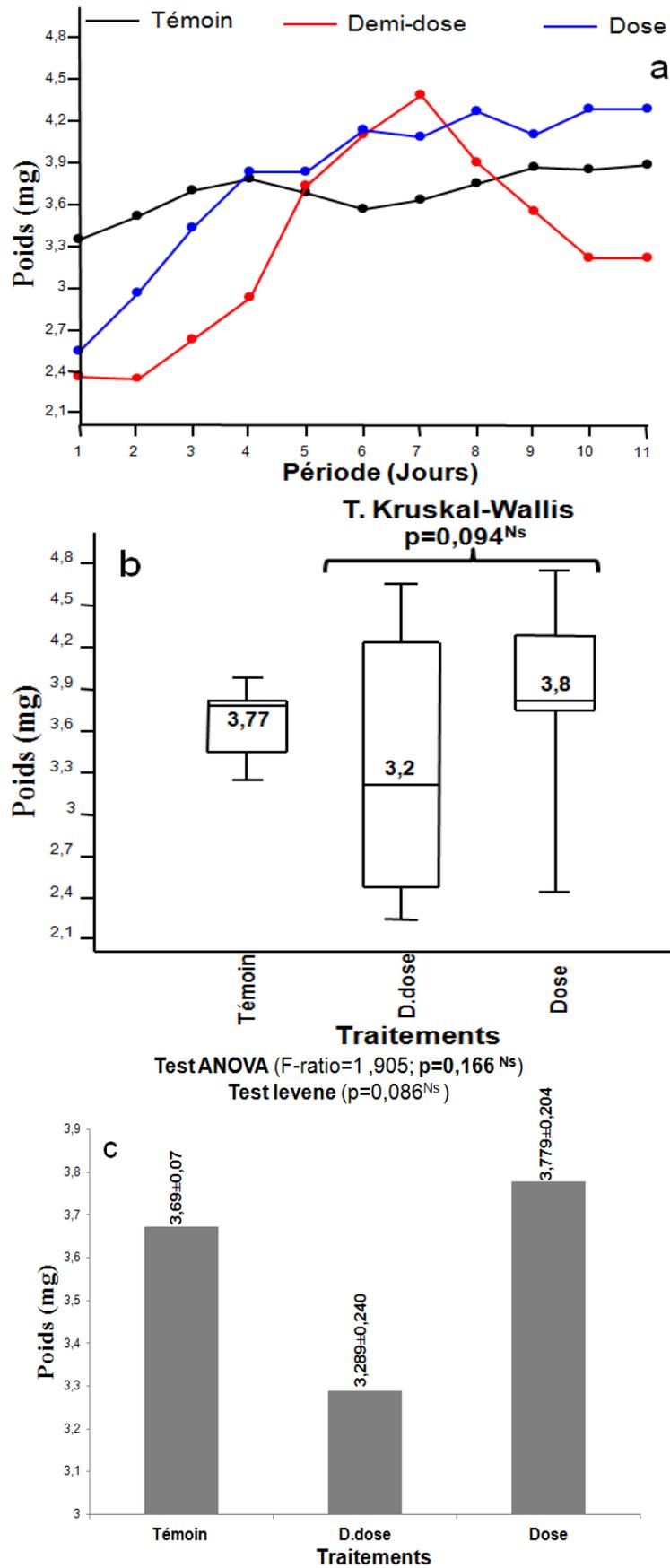


Figure V.15. Variation des mesures pondérales de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine

La présentation graphique permet de distinguer les traits de vies biochimiques et pondérale des femelles de *C. leucomelas* sous l'effet de différentes régies appliquées par rapport au témoin (Figure V.16).

La figure V. 16.a, montre la dominance des biomarqueurs lipidiques sous l'effet de la régie chimique durant toute la période du suivi comparé à la régie biologique et au témoin. Nous remarquons une augmentation importante des quantités lipidiques sous l'action de la régie chimique après les premières 24 heures, cette augmentation se maintient jusqu'au 6^{ème} jour, au-delà de cette période une chute remarquable est installée. Les biomarqueurs glucidiques et les mesures pondérales des femelles de *C. leucomelas* demeurent homogène durant toute la période de l'investigation, avec une action perturbatrice importante sous l'effet de la régie chimique (Figure V. 16. b; c).

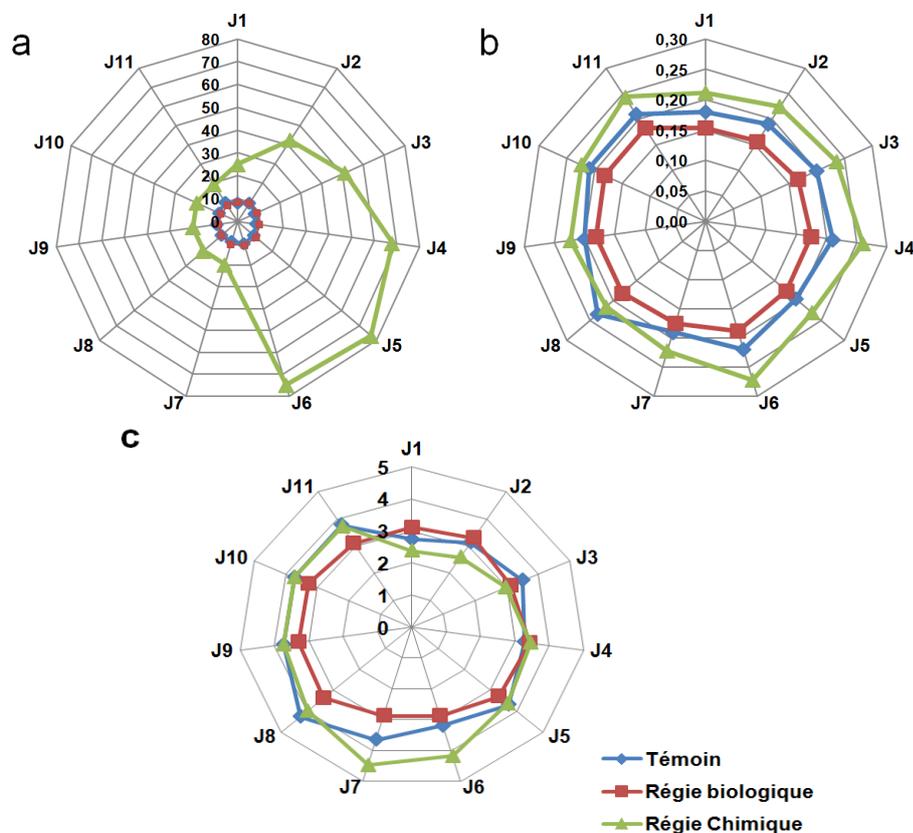


Figure V.16. Variation temporelle des traits de vie biochimique et pondérale de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des différentes régies

a: Réserve énergétiques lipidiques ; b: Réserve énergétiques glucidique ; c: Mesures pondérale

Par comparaison des perturbations biochimiques signalées sous l'effet des produits utilisés, il en ressort la prédominance du produit chimique par rapport au produit biologique (test ANOVA) (Figure V.17.a, b).

En ce qui concerne, les mesures pondérales nous observons que le poids est important chez le témoin (groupe homogène a) par rapport à la régée chimique (groupe homogène b) et la régée biologique (groupe homogène c) (Figure V.17.c).

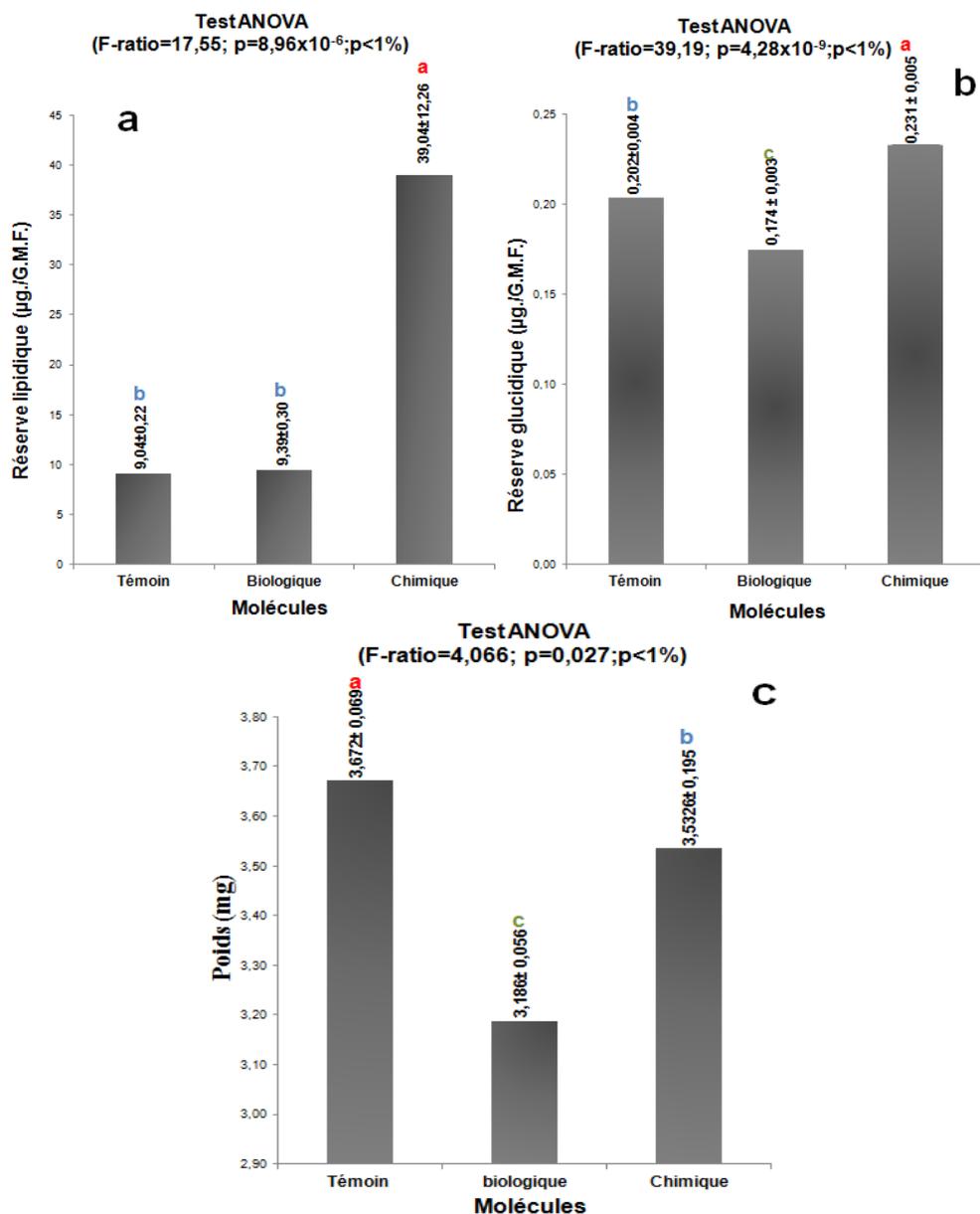


Figure V.17. Distribution quantitative des réserves énergétiques et de conditionnement de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des différentes régies

Le diagramme ternaire, montre clairement l'influence de la régie chimique sur les réserves énergétiques lipidiques des femelles de *C. leucomelas* par rapport à la régie biologique et au témoin (Figure V.18.). Concernant les mesures pondérales et les réserves glucidiques; nous signalons la présence d'une certaine homogénéité des effets des différentes molécules appliquées (Figure V.18).

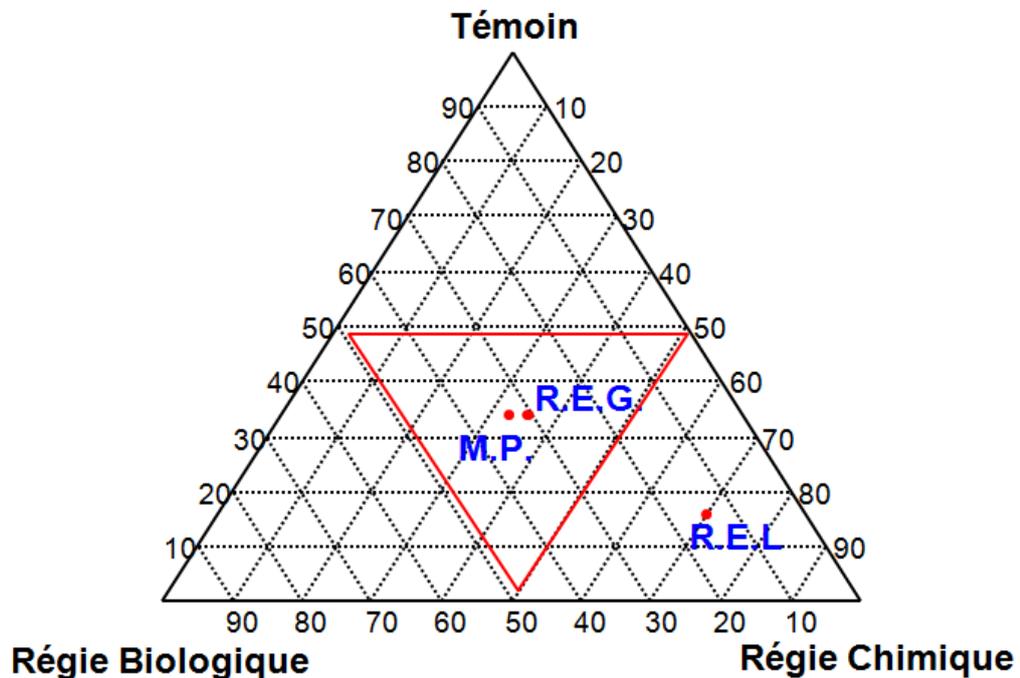


Figure V.18. Ratios des réserves énergétiques et de conditionnement de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des différentes régies.

M.P. : Mesures pondérales ; R.E.G. : Réserves énergétiques glucidiques ; R.E.L. : Réserves énergétiques lipidiques

V.1.1.4. Réponses des paramètres démographiques de *Chaitophorus leucomelas* aux effets des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa*

Nous avons estimé la fécondité des sexupare de *Chaitophorus leucomelas* sous l'influence des différents phytopréparations (Extraits aqueux ratio *Dittrichia viscosa* /*Silene fuscata*, l'extrait aqueux de la plante entière *D. viscosa* et l'extraits aqueux des différents compartiments *D. viscosa* de la région montagneuse). Les résultats sont consignés dans la Figure V.19.

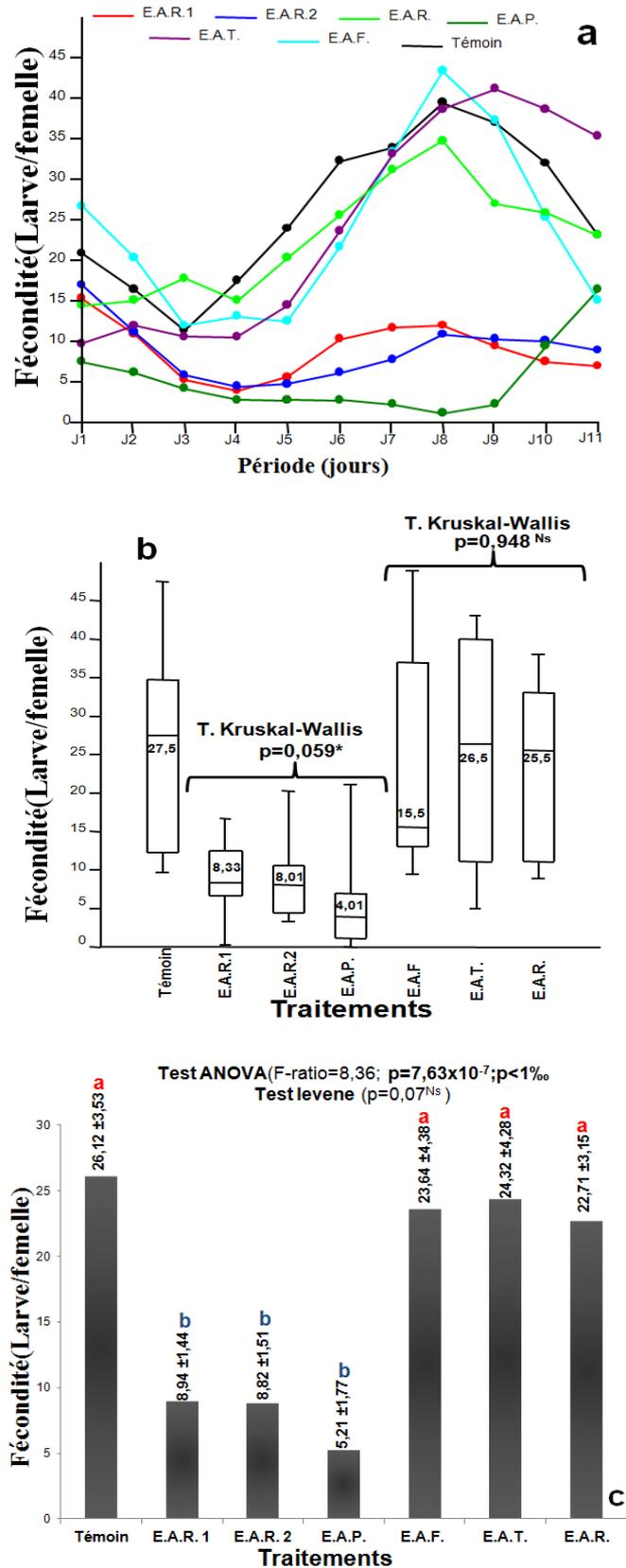


Figure V.19. Variation de la fécondité de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action de phytopréparations

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines

La fécondité accuse une réduction temporelle graduelle sous l'action des extraits aqueux ratios [**R1** (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) et **R2** (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50 %)] et l'extrait aqueux de la plante entière par rapport aux extraits aqueux des différents compartiments, qui expriment une fécondité relativement importante et comparable à celle du témoin (Figure V.19.a). Les boîtes à moustaches relative à la fécondité de *C. leucomelas* illustrent la capacité de perturbatrice des différents traitements biologiques. Le test Kruskal-Wallis, montre que la fécondité des femelles s'exprime pareillement selon deux paliers, le premier palier regroupe les phytopréparations ratios et de la plante entière, alors que le deuxième palier regroupe les phytopréparations des compartiments de *D. viscosa* (Figure V.19.b). En revanche, le test ANOVA désigne une distinction significative de l'effet des phytopréparations ratios et celui de la plante entière par rapport aux phytopréparations des compartiments et du témoin à l'égard de la fécondité de *C. leucomelas*, (groupe homogène b) (Figure V.19. c).

La représentation graphique de la fluctuation temporelle de la fécondité des femelles de *C. leucomelas* fait apparaître une chute remarquable du potentiel biotique des femelles exposées à la dose prescrite et à la demi-dose de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine par comparaison au témoin. La réduction du potentiel biotique se poursuit graduellement jusqu'au cinquième jour, au-delà de cette période, un rétablissement timide et graduel du potentiel biotique est signalé (Figure V.20.a). Les valeurs de fécondité enregistrées par les quartiles pour les différentes cohortes à savoir : Témoin ($Q_1=12,11$, $Q_3=34,66$), Dose du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine ($Q_1=00$, $Q_3=5,16$) et demi dose du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine ($Q_1=2,33$, $Q_3=4,89$) signalent que le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine affecte considérablement le potentiel biotique même à la faible dose (Test Kruskal-Wallis, $p=0,718$, $p>0,05$) (Figure V.20.b). Le test ANOVA, signale que la dose et la demi-dose de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine affectent significativement la fécondité des femelles de *C. leucomelas* (Figure V.20. c).

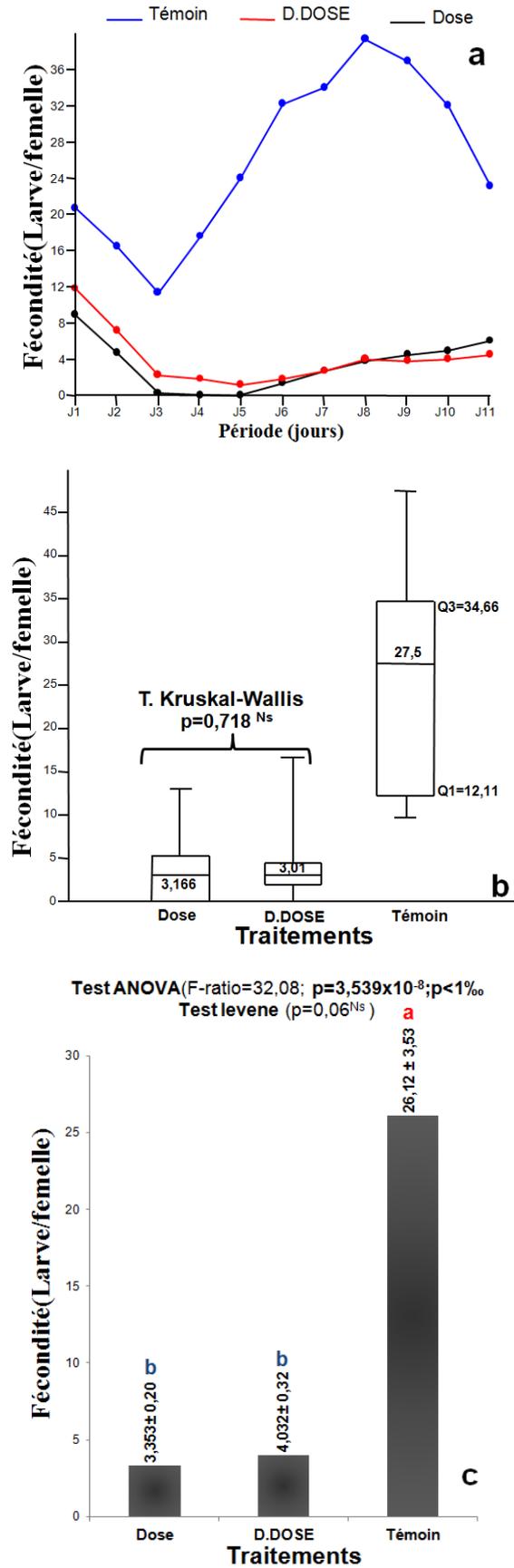


Figure V.20. Variation de la fécondité de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action de la matière active Thiamethoxame /Lambda-cyhalothrine

La fluctuation des paramètres démographiques de *C. leucomelas* sous l'effet de la régie chimique et la régie biologique est présentée dans le tableau V. 4. Les résultats démontrent que le taux d'accroissement (r_m) de la cohorte exposée au produit de synthèse indique des valeurs plus importantes que celle enregistrées chez la cohorte témoin. En revanche, le taux d'accroissement de la cohorte exposée des extraits aqueux demeure proche au témoin. Le taux de reproduction (R_0) des femelles exposées aux phytopréparations et au Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine subi une décadence marquée par rapport au témoin, cette décadence est très accusée sous Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, l'extrait ratio 2 et la plante entière. Un amoindrissement accentué du temps de génération moyen (T) est signalée suite à l'utilisation de la dose homologue de la matière active comparée aux autres traitements qui restent proche du témoin. Le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine engendre une élévation moyenne du taux de multiplication (λ) par rapport aux autres applications qui demeurent comparable au témoin. En fin, les différents types de traitements affectent légèrement le temps de doublement des populations (Dt), où nous remarquons un faible accroissement selon le gradient Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, les extraits aqueux des compartiments, les extraits aqueux ratios, les extraits aqueux de la plante entière.

Tableau V. 4. Action des régies biologique et chimique sur les paramètres démographiques de *Chaitophorus leucomelas*

Trts	P.D.	LN(Moyennes) \pm Erreur standard				
		T.A. (r_m)	T. R.N. (R_0)	T.G.M. (T)	T. M. (λ)	T.D. (Dt)
R.B.	Témoin	0,022 \pm 0,012	5,330 \pm 0,567	9,626 \pm 1,213	0,705 \pm 0,006	6,981 \pm 1,215
	E.A.R.1	0,018 \pm 0,017	3,088 \pm 0,435	10,379 \pm 1,102	0,703 \pm 0,010	9,061 \pm 1,128
	E.A.R.2	0,011 \pm 0,011	2,914 \pm 0,376	10,563 \pm 1,057	0,699 \pm 0,006	9,341 \pm 1,083
	E.A.P.	0,018 \pm 0,017	2,724 \pm 0,470	9,914 \pm 1,251	0,703 \pm 0,010	9,123 \pm 1,180
	E.A.F.	0,028 \pm 0,028	3,384 \pm 0,397	10,210 \pm 1,098	0,711 \pm 0,018	8,739 \pm 1,115
	E.A.T.	0,018 \pm 0,017	3,371 \pm 0,383	10,203 \pm 1,078	0,703 \pm 0,010	8,751 \pm 1,096
	R E.A.	0,021 \pm 0,019	3,641 \pm 0,353	10,310 \pm 1,116	0,705 \pm 0,011	8,745 \pm 1,174
R.C.	Dose	0,116 \pm 0,116	1,213 \pm 0,287	7,578 \pm 1,353	0,872 \pm 0,178	8,655 \pm 1,204
	D-Dose	0,139 \pm 0,129	2,417 \pm 0,622	9,396 \pm 1,419	0,930 \pm 0,231	8,110 \pm 1,411

T.A.(r_m):taux d'accroissement; T. R.N.(R_0): taux de reproduction net; T.G.M.(T): temps de génération moyenne ; T. M.(λ): taux de multiplication ; T.D.(TD): temps de doublement; E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines ; D. d: Demi-dose ; D : Dose; Abd. g : Abondance globale ; Moy \pm E.S. ;Moyenne \pm standard erreur ; Nbr :Nombre; R.C. :Régie chimique; R.B. :Régie biologique.

La Figure (V. 21. a, b) fait apparaître sans distinction une gradation négative du taux d'accroissement des cohortes de *C. leucomelas* exposées aux deux régies. Le taux d'accroissement des femelles ne diffère pas significativement sous l'effet des phytopréparations par rapport au témoin (Figure V. 21. c). Dans le même contexte, le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine n'affiche aucune significativité d'effet sur le taux d'accroissement par rapport au témoin (Figure V.21. d).

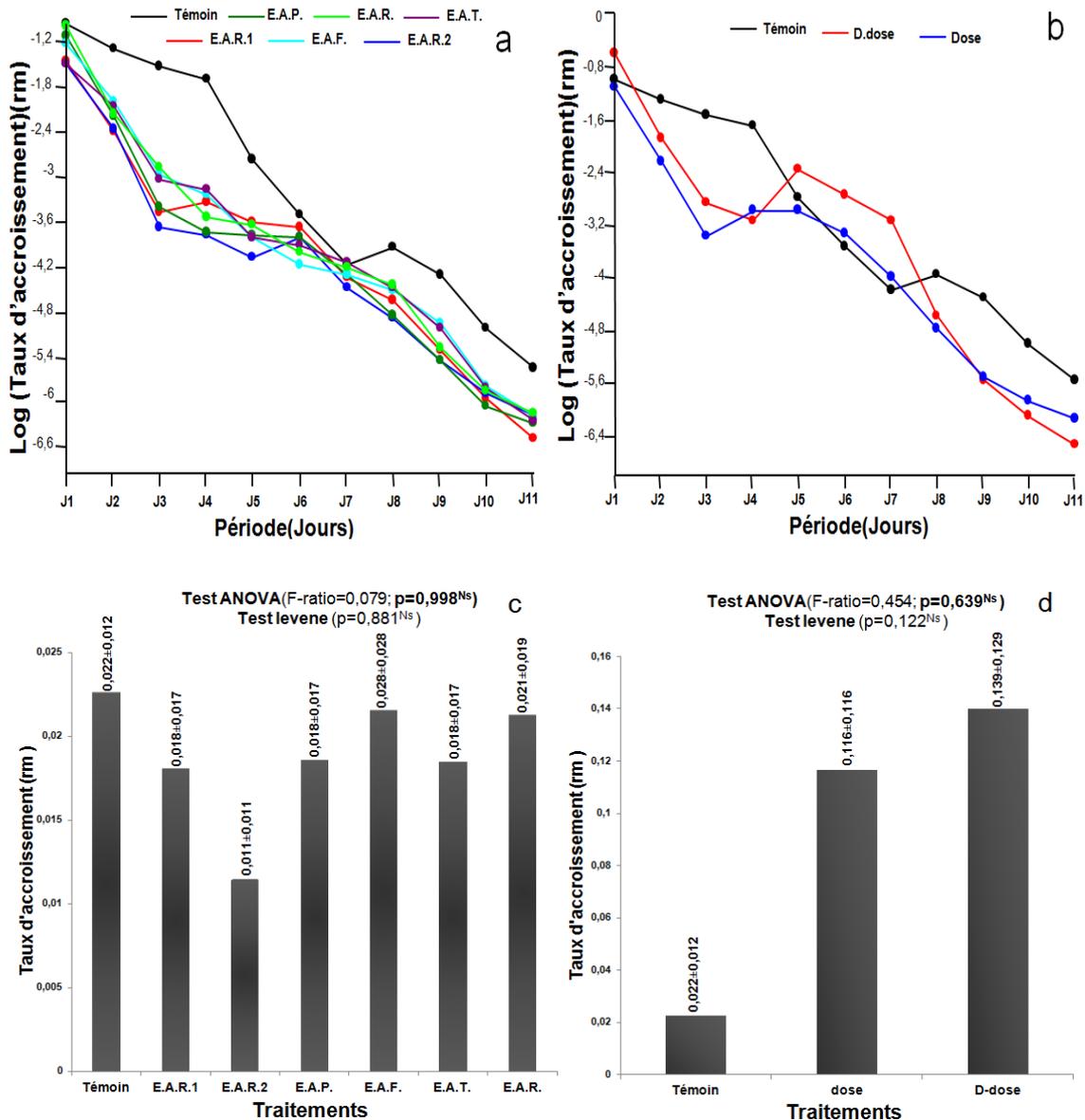


Figure V.21. Évolution de taux d'accroissement de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action de différentes régies

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines.

La lecture des variations du taux de reproduction (R_0) de *C. leucomelas* montre une réduction graduelle tardive sous l'effet des phytopréparations (Figure V.22. a). L'analyse de la variance confirmée par le test post-hoc de Tukey confirme que les phytopréparations affectent pareillement le taux de reproduction net (groupe homogène b) par comparaison au témoin (groupe homogène a) (Figure V.22. c). En revanche, sous l'action du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, le taux de reproduction net (R_0) laisse prétendre que la dose homologuée et de la demi dose sont très perturbatrices dès les premières 24h où on observe un affaiblissement graduel par comparaison au témoin (Figure V.22. b). Le test ANOVA, étale une dissemblance significative entre les différentes doses de la matière active, avec une perturbation très prononcée du taux de reproduction sous dose homologue (groupe homogène c) (Figure V.22. d).

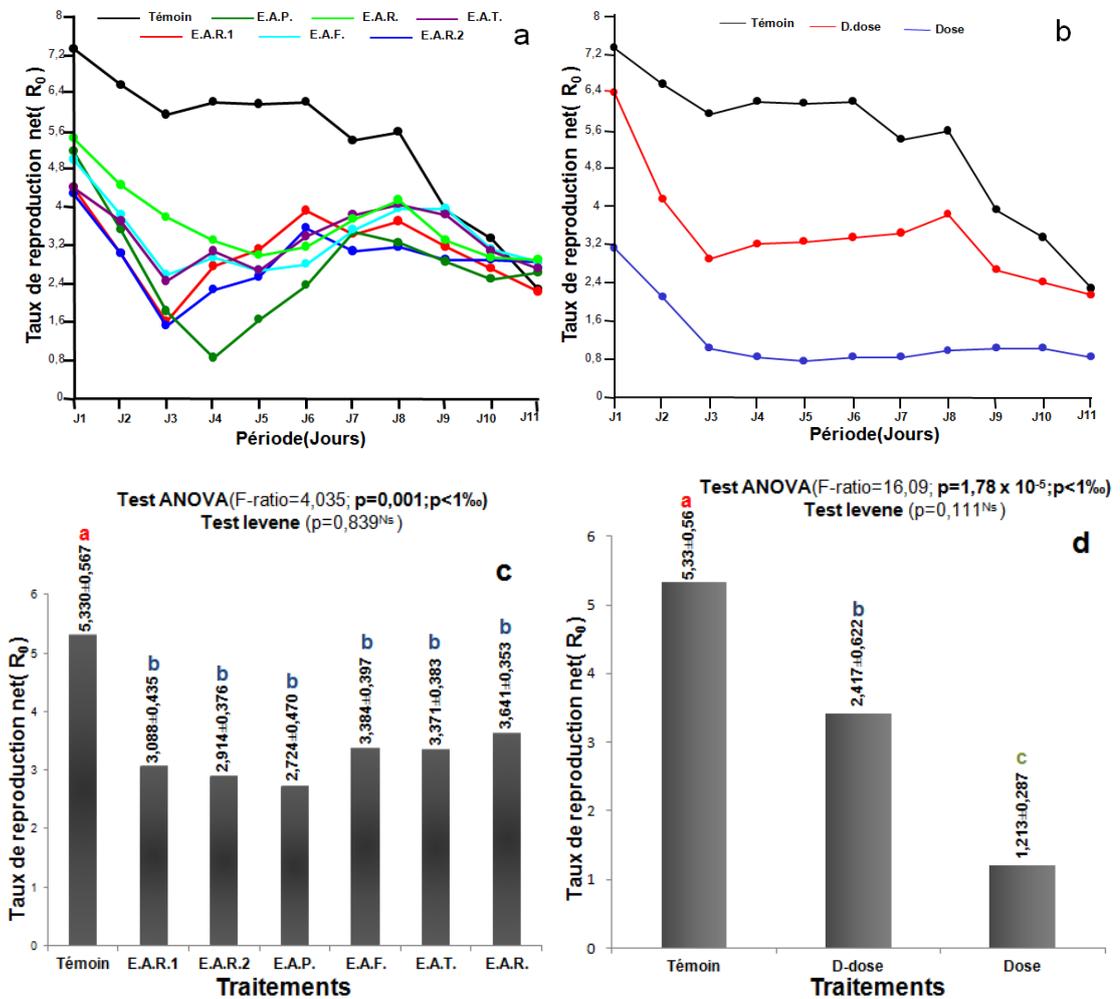


Figure V.22. Variation du taux de reproduction net de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des différentes régies

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines.

Le temps de génération moyen (T) effectué par population de *C. leucomelas* sous l'effet de la régie chimique et la régie biologique a tendance à augmenter graduellement durant le laps temporel de 10 jours (Figure V.23. a, b). Le temps de génération moyen des sexupares de *Chaitophorus leucomelas* n'affiche aucune différence entre les traitées et le témoin. En revanche, l'analyse de la variance indique que le temps de génération moyen n'est pas influencé par les applications sollicitées par les deux régies (Figure V. 23 c, d).

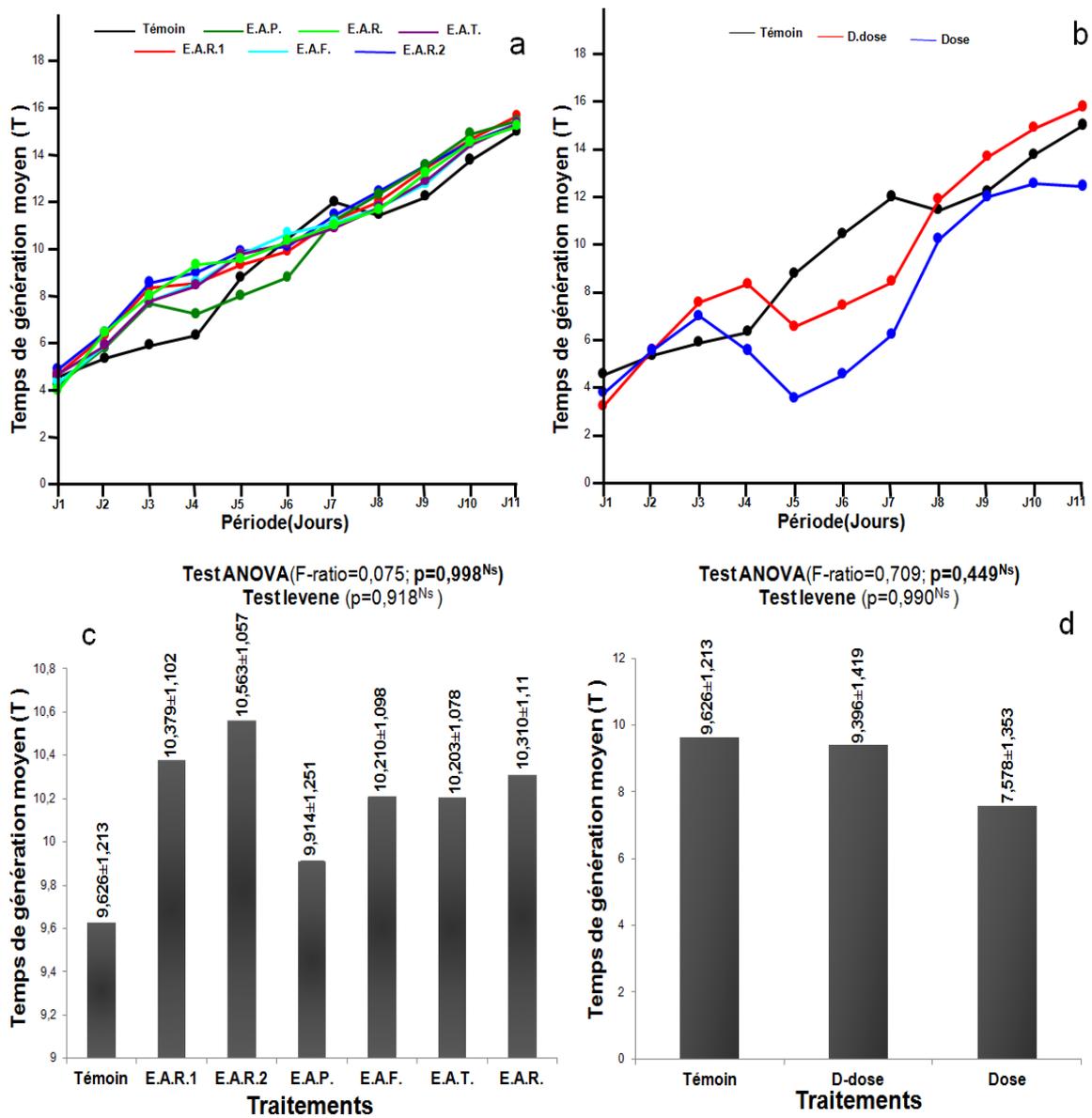


Figure V.23. Évolution du temps de génération moyenne de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des différentes régies

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines.

La variation de taux de multiplication (λ) des sexupares de *Chaitophorus leucomelas*, sous l'action des régies biologique et chimique fait remarquer que le nombre de femelle / jour accuse une réduction dès les premiers 24 heures d'exposition aux traitements (Figure V.24 a, b). Les taux de multiplication ou les taux limite d'accroissement (λ) de *Chaitophorus leucomelas* n'enregistrent aucune différence significativement en termes de production de femelle/ jour sous n'importe quelle régie (Test One-way ANOVA $p > 5\%$) (Figure V.24 c, d).

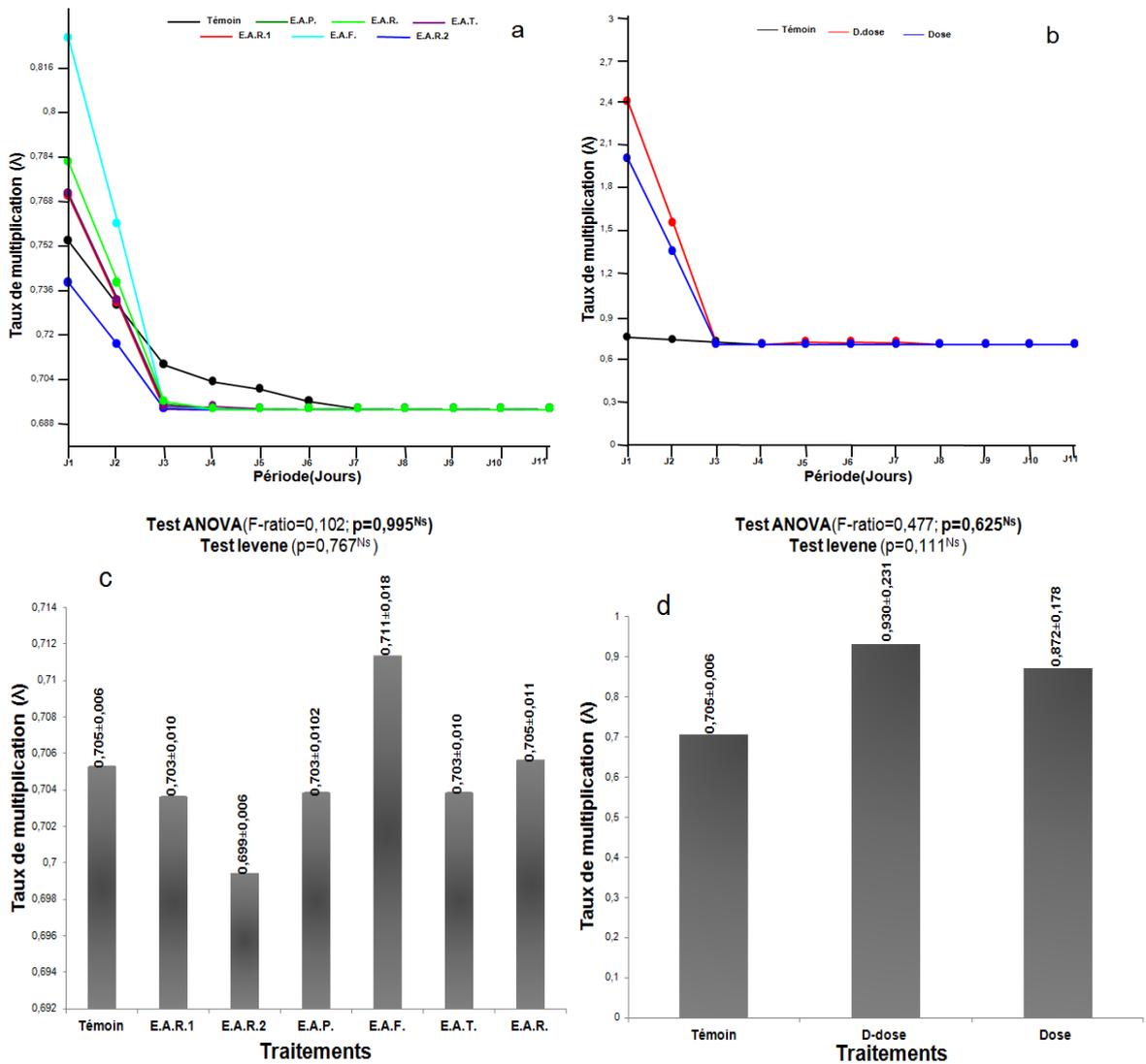


Figure V.24. Évolution du taux de multiplication de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des différentes régies

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines.

Le temps de dédoublement de la population (Dt) de *C. leucomelas* est statistiquement semblable chez les cohortes soumises aux régies biologique et chimique par comparaison aux cohortes témoins (Figure V.25.a, b, c et d).

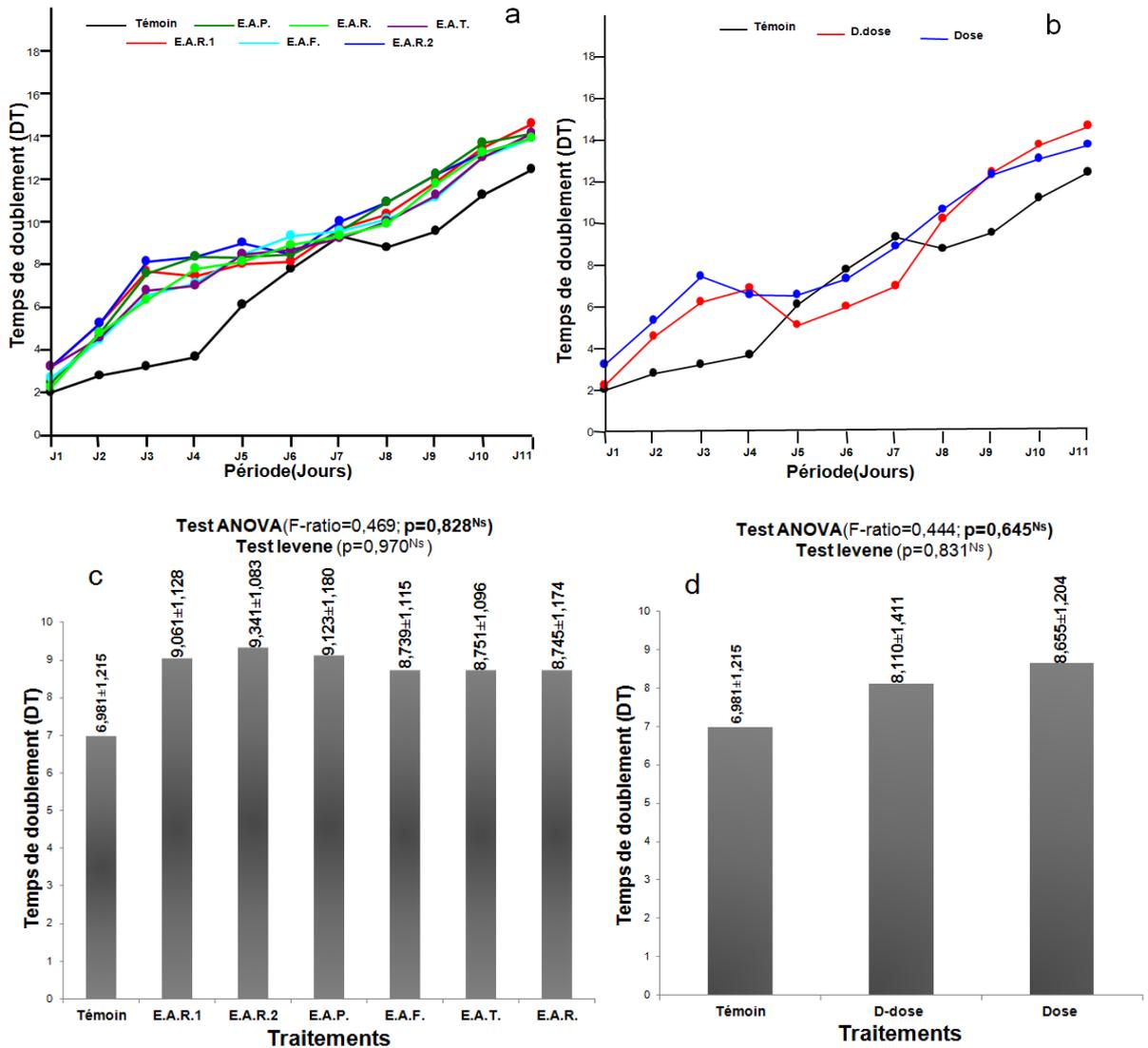


Figure V.25. Variation du temps de doublement de *Chaitophorus leucomelas* sous l'action des différentes régies

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines.

V.1.2. Evaluation de l'induction du phénomène de trophobiose par effet non intentionnel des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* sur l'essence *Populus nigra*

L'évolution de la qualité phytochimique de *Populus nigra* sous l'effet des différentes applications sont présentées dans le tableau V.5. En référence aux quantités de la proline, les résultats indiquent que les extraits aqueux ratios et de la plante entière affichent une perturbation avérée sur les essences *P. nigra* par

rapport aux extraits des compartiments dont la perturbation reste modérée. Une action excitatrice très importante a été observée sous l'effet de la dose homologue de la matière active par rapport à la demi-dose. Chez le témoin, les quantités en proline restent moyennement faibles comparées aux plantes traitées. Cependant, les réserves en carbohydrates (sucres totaux), semblent avoir la même disponibilité entre témoin et régie biologique, à l'exception de la régie chimique dont les quantités sont plus abondantes.

Tableau. V.5. Action de différents régimes de stress sur la phytochimie de l'essence forestière *Populus nigra*

		Proline	Sucres totaux
		Moy±S.E.	Moy±S.E.
Régie Biologique	Témoin	7,074±0,757	0,152±0,012
	E.A.R.1	13,421±2,641	0,212±0,015
	E.A.R.2	14,225±2,389	0,208±0,014
	E.A.P.	13,438±1,637	0,191±0,014
	E.A.F.	10,923±1,471	0,172±0,007
	E.A.T.	10,608±0,961	0,174±0,005
	E.A.R.	10,555±1,235	0,169±0,005
Régie Chimique	D-dose	15,874±2,931	0,235±0,021
	Dose	17,182±2,420	0,326±0,041

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines.

La variation de la quantité des sucres totaux et de la proline de *Populus nigra*, a été évaluée sous l'action des extraits aqueux de la région montagneuse (Figure V.26 et V.27). La variabilité des quantités des sucres totaux montre un accroissement des taux jusqu'à la quatrième semaine sous l'effet des ratios et de la plante entière, au-delà de cette période les quantités diminuent progressivement. Dans le cas des extraits aqueux des différents compartiments, les quantités restent stables mais plus importantes comparées au témoin (Figure V.26.a). Aucune variation significative (n'est enregistrée sous l'effet des extraits aqueux ratios et de la plante entière à l'égard des quantités des sucres totaux de l'essence *P. nigra*, Test Kruskal-Wallis, $p>0,05$). Toutefois, nous notons que la forte quantité est enregistrée suite à l'application de l'extrait aqueux ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %). Dans le même plan, l'effet des extraits aqueux des compartiments n'est pas significativement différent envers le taux des sucres (Figure V.26. b).

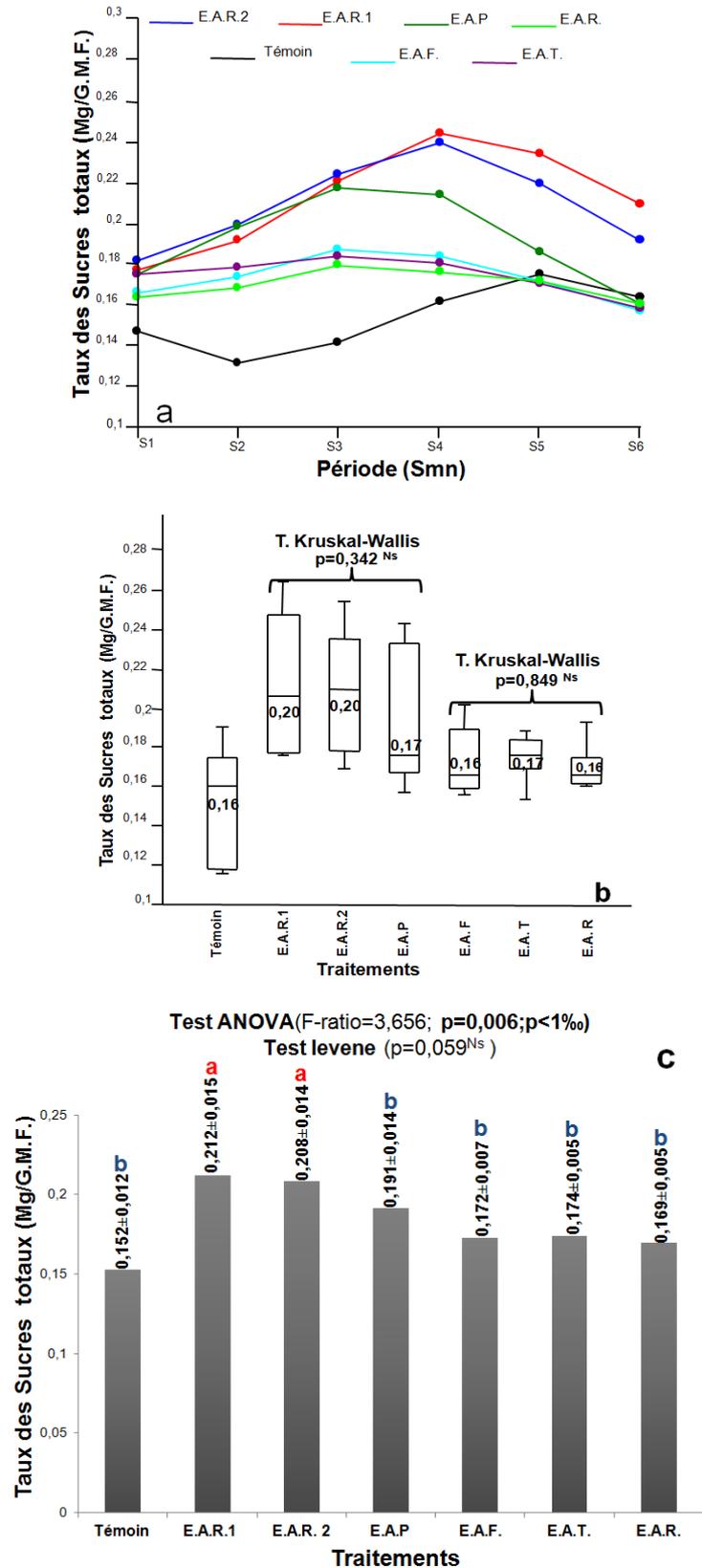


Figure. V.26. Variation des taux des sucres totaux de *Populus nigra* sous l'effet des phytopréparations

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines

Le test ANOVA, illustre les importantes variations opérées en termes d'accumulations des sucres totaux suite à l'application des extraits aqueux ratios (groupe homogène a). Les extraits aqueux autres que le ratio accumulent similairement les réserves en carbohydrates par comparaison au témoin (groupe homogène b) (Figure V.26.c). L'évolution temporelle des taux de la proline fait apparaitre de fortes accumulations sous l'effet des traités par rapport au témoin (Figure V.27.a). Selon le test Kruskal-Wallis aucune différence significative n'a été enregistrée dans les quantités de la proline de *P. nigra* sous l'effet des extraits aqueux ration et de la plante entière d'une part et d'autre part entre les extraits aqueux de différents compartiments ($p>5\%$) (Figure V.27.b, c).

La fluctuation des quantités des sucres totaux et de la proline sous l'effet de différentes doses du produit de synthèse Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, désigne un accroissement remarquable jusqu'à la troisième semaine d'exposition. L'accumulation parait importante chez les essences traitées par la dose homologue en comparaison avec les taux accumulés chez les traités par la demi-dose. Dans le cas de témoin les quantités sont à un niveau assez bas (Figure V.28. a) (Figure V.29. a).

Les boites a moustache indiquent que les médianes respectivement relatives aux quantités des sucres totaux et de la proline accumulées sont très proches sous la dose ($Q_2=0,30$; $Q_2=17,50$) et de la demi dose ($Q_2=0,25$; $Q_2=19,03$) du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (Test Kruskal-Wallis, $p>5\%$) (Figure V.28. b) (Figure V.29. b).

Il ressort de la figure (V. 28. c) et la figure (V. 29. c), que le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine emporte le *Populus nigra* à accumuler plus de sucres totaux selon la concentration de la matière active (dose homologuée, groupe homogène a ; demi dose, groupe homogène b) (Test ANOVA, $p<0,05$). Alors que l'accumulation de la proline n'est pas conditionnée par la variation de la concentration du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (dose homologuée et demi dose, groupe homogène a) (Test ANOVA, $p<0,05$).

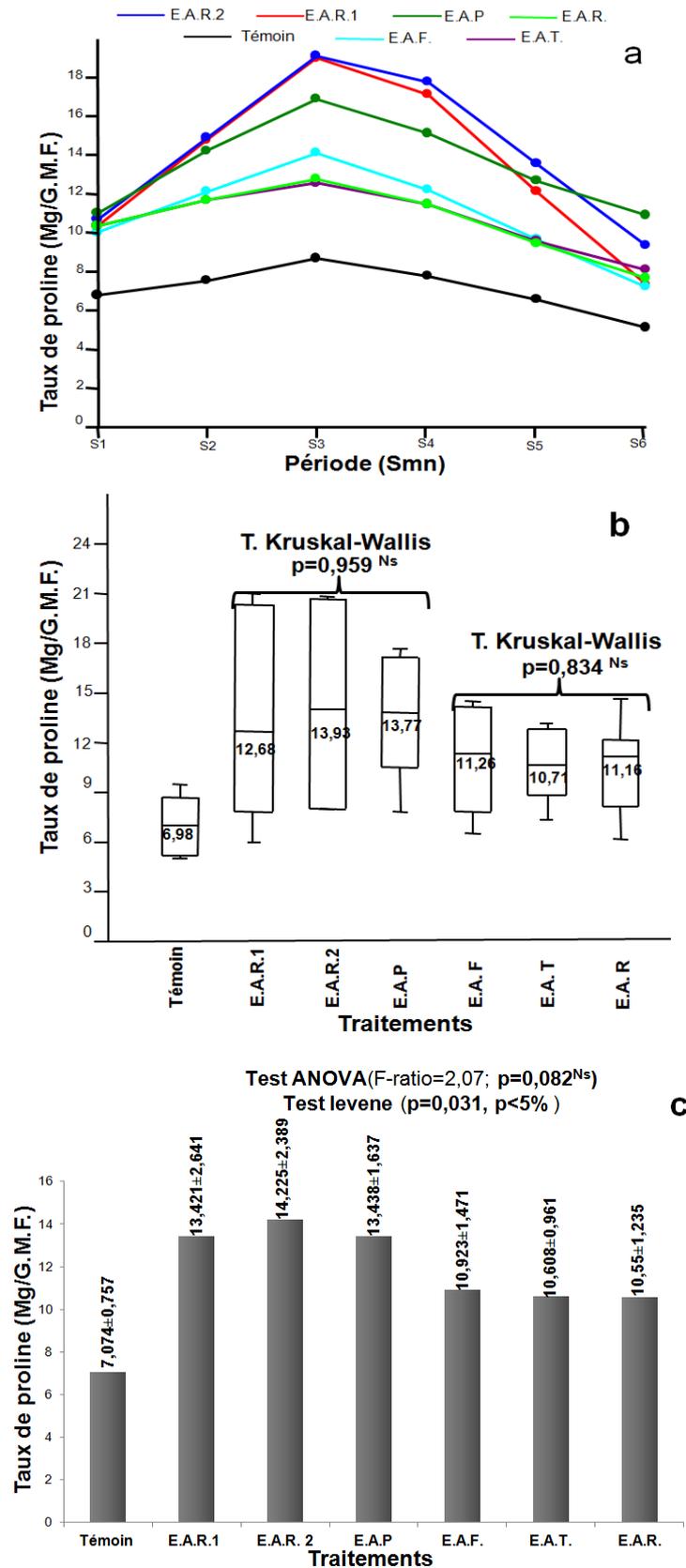


Figure. V.27. Variation des taux de proline de *Populus nigra* sous l'effet des phytopréparations
 E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines; G.M.F. : Gramme de la matière fraîche.

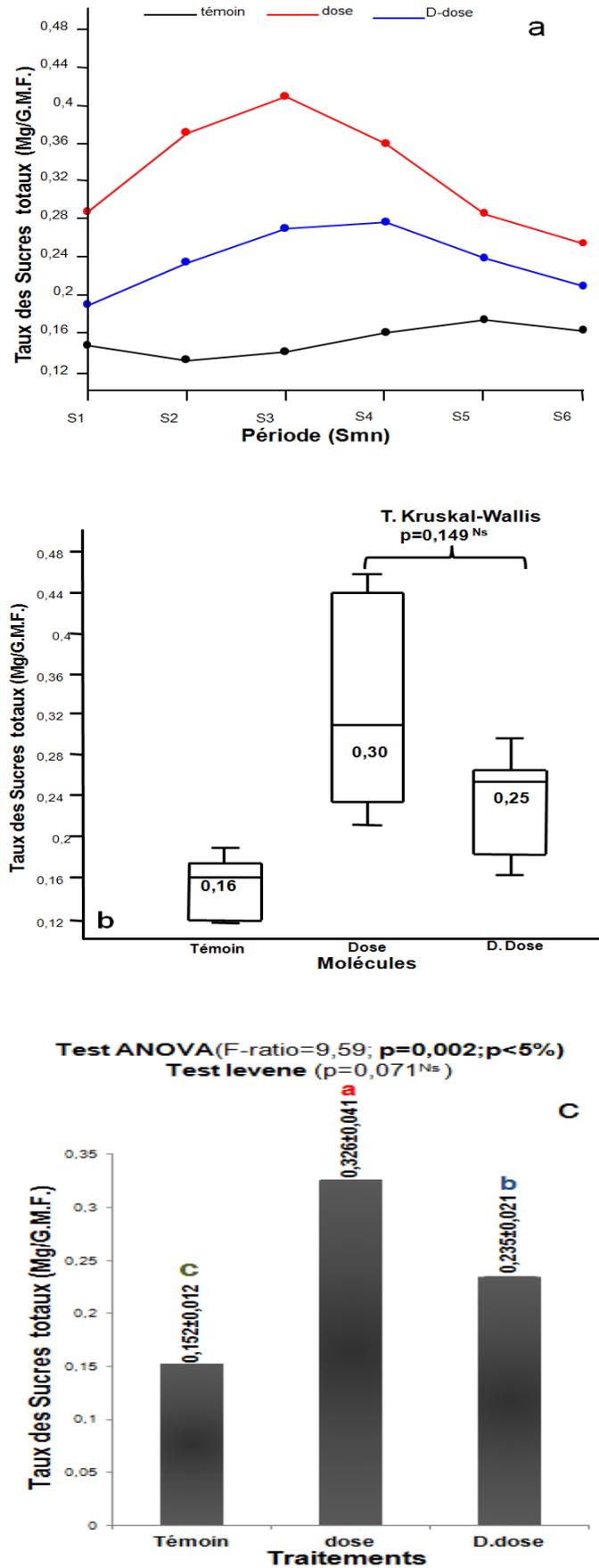


Figure V.28. Variation des taux des sucres totaux de *Populus nigra* sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine

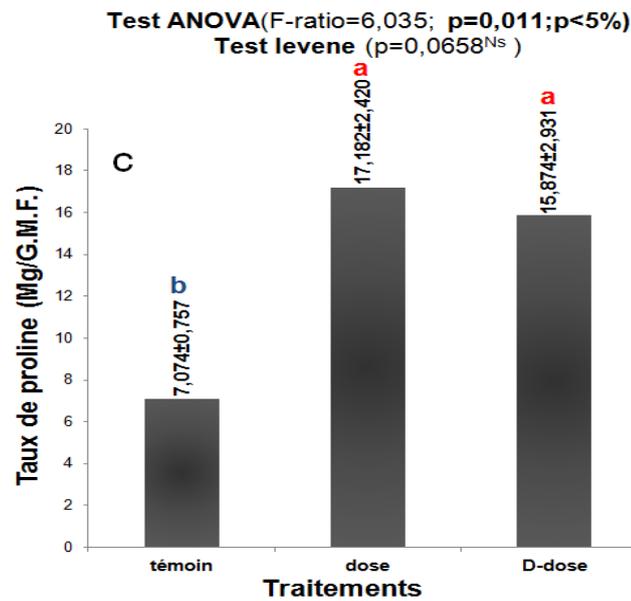
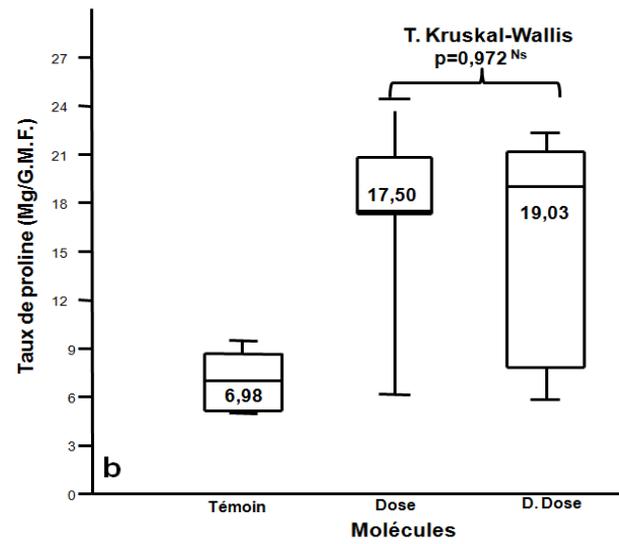
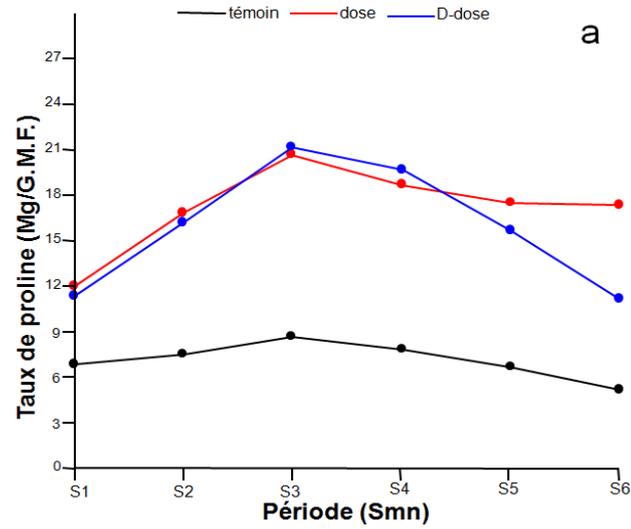


Figure. V.29. Variation des taux des sucres totaux de *Populus nigra* sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine

La présentation graphique permet de visualiser la fluctuation temporelle de la qualité phytochimique des feuilles de peuplier noir *P. nigra* sous l'effet de différentes régies appliquées par rapport au témoin (Figure V.30). La figure (V. 30.a), expose la dominance du taux des sucres totaux sous l'effet de la régie chimique durant toute la période de suivi comparé à la régie biologique et au témoin où le taux reste moins important. Aussi, nous notons un accroissement apparent des quantités des sucres sous l'action chimique durant la deuxième et la troisième semaine. Une perturbation très prononcée a été signalé sur le taux de proline suite au stress chimique durant toute la période de suivi comparé au stress biologique qui provoque une perturbation moins grave. Toutefois le taux de proline demeure faible dans le témoin par rapport aux traités (Figure V. 30. b).

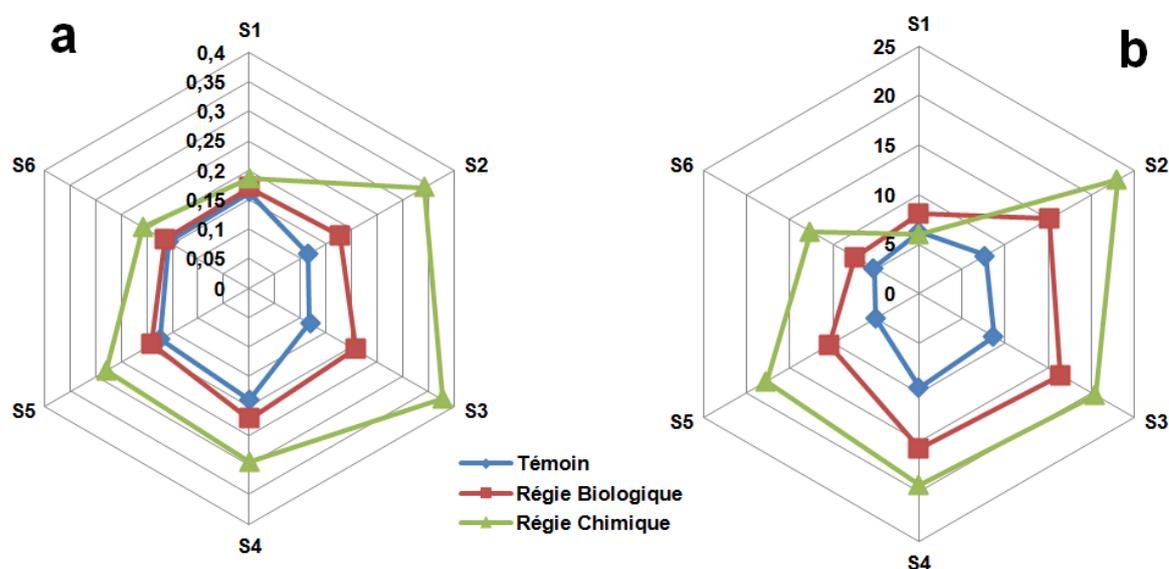


Figure V.30. Variation temporelle de la qualité phytochimique de *Populus nigra* sous l'action des différentes régies

a : Taux des sucres totaux ; b : Taux de proline

Par comparaison de la capacité perturbatrice du métabolisme primaire (sucres totaux) et secondaire (proline) de la régie chimique et de la régie biologiques, il en ressort la suprématie du produit de synthèse Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (groupe homogène a) par rapport aux extraits aqueux (groupe homogène b) et au témoin (groupe homogène c) (test ANOVA et test Newman Keuls) (Figure V.31. a, b).

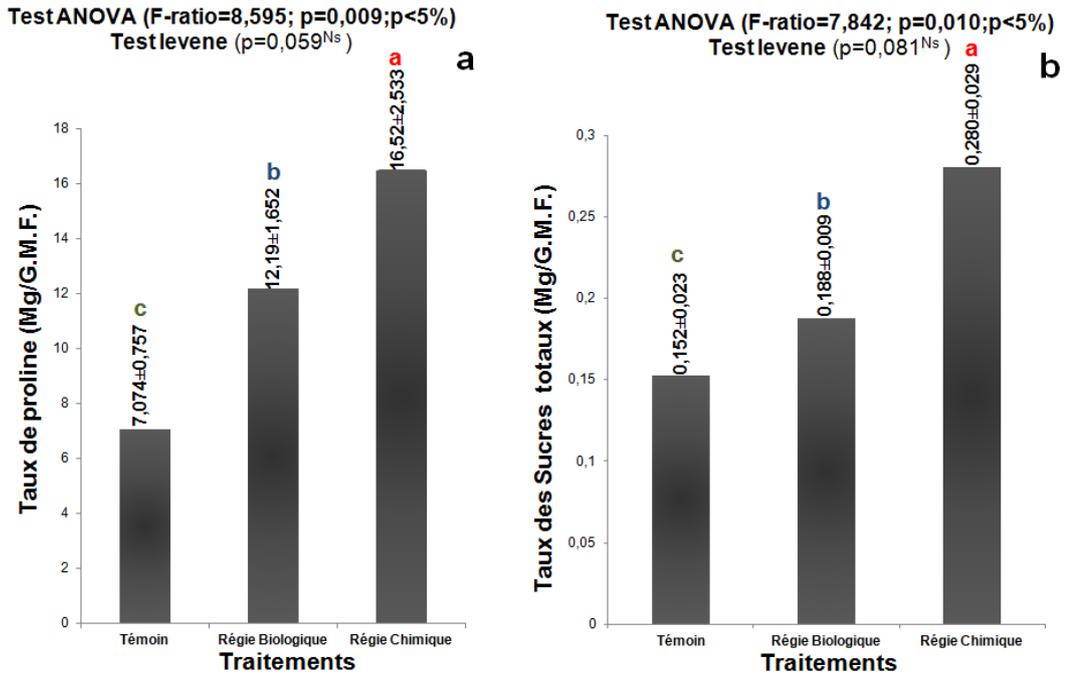


Figure V.31. Distribution quantitative de la qualité phytochimique de peuplier noir *Populus nigra* sous l'effet des différentes régies

Le diagramme ternaire, montre une réaction comparable entre la régie chimique et biologique vis-à-vis de la proline et des sucres totaux de peuplier noir *Populus nigra* comparé à celle du témoin (Figure V.32.).

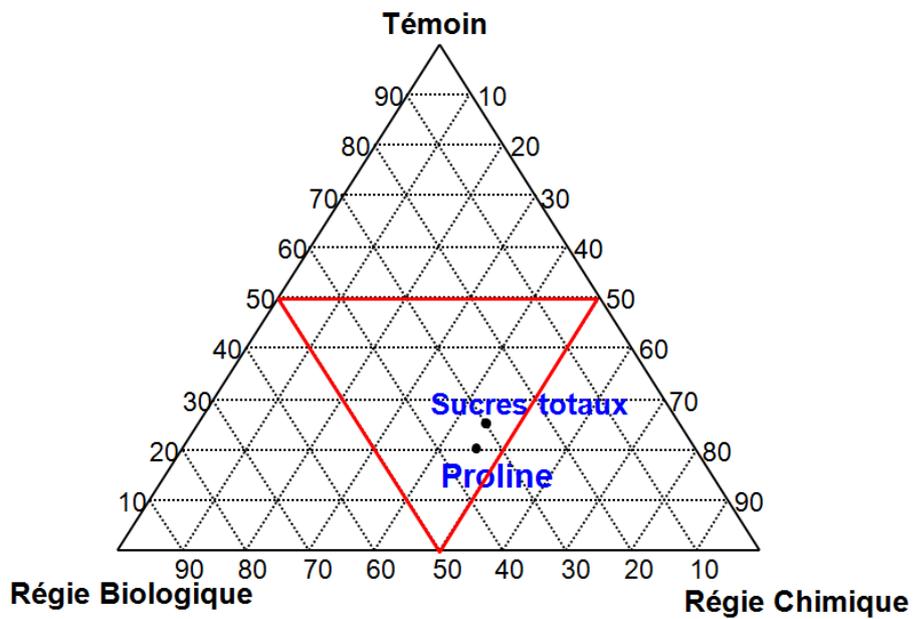


Figure V.32. Ratios de la qualité phytochimique *Populus nigra* sous l'effet des différentes régies.

V.1.3. Evaluation du potentiel insecticide du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine et des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur la biocénose associée à *Chaitophorus leucomelas*

Afin de contrôler l'homogénéité des observations pour chaque taxon, des tests appariés ont été réalisés sur tous les prélèvements relatifs à la période avant et après les traitements au niveau de chaque microparcelle (Tableau. V.6). Les analyses ne montrent aucune discordance d'abondance avant traitements concernant les différents taxons recensés (test, Wilcoxon, test Monte Carlo, $p > 5\%$). Après traitement et jusqu'à la troisième semaine d'exposition aux deux régimes biologiques et chimiques, le test Wilcoxon et le test de Monte Carlo, ont confirmé la présence d'une différence des abondances des taxons soutenue par une probabilité significative ($p < 5\%$). Néanmoins, durant la quatrième semaine d'exposition aucune différence significative a été enregistrée dans les d'abondance des communautés traitées (test Wilcoxon, test Monte Carlo, $p > 5\%$) (Tableau V.6.).

Dans l'esprit de visualiser l'effet des molécules appliquées sur l'abondance des taxons, nous avons eu recours au modèle de la série géométrique du modèle MOTOMURA exprimé par les diagrammes rang-fréquence, en considérant les valeurs logarithmiques des abondances. L'ajustement à la série géométrique du modèle MOTOMURA, calculé par les coefficients de Pearson, est statistiquement significatif sous l'action des différents régimes de stress pendant toute la période d'investigation (Tableau.7.). Les résultats du test de BARLETT montrent l'absence d'une différence significative au niveau des profils rang/fréquence, ce qui est confirmé par une stabilité d'abondance sous l'effet des extraits aqueux durant toute la période d'étude. Le même type d'analyse montre que le Thiamethoxame et Lambda-cyhalothrine provoque des perturbations significatives sur les profils rang/fréquence induisant une réduction d'abondance de la biocénose. Dans la micro-parcelle témoin aucune dissimilitude n'a été observée entre les différents prélèvements.

Tableau V.6. Test de l'homogénéité faunistique sous l'effet des traitements appliqués

Taxons	Avant traitement		J 0+7jours		J 0+14jours		J 0+21jours		J 0+28jours	
	R.C.	R.B.	R.C.	R.B.	R.C.	R.B.	R.C.	R.B.	R.C.	R.B.
Coléoptère	6,3±0,6	13,1±1,9	7,5±0,91	7,3±0,8	7,5±0,9	8,2±0,9	2,1±0,25	8,1±0,89	3,12±0,343	8,1±0,89
Hyménoptère	98,8±9,8	64,2±9,6	30,9±3,72	39,2±4,7	3,2±0,3	28,1±3,1	1,33±0,15	45,1±4,9	1,33±0,146	45,1±4,9
Névroptère	0,6±0,07	1,6±0,25	0,6±0,08	0,3±0,04	0,1±0,02	0,3±0,04	0,18±0,02	1,33±0,14	0,3±0,02	1,33±0,14
Diptère	112,6±11,2	115,2±17,2	25,4±3,05	54,3±6,5	21,2±2,5	33,2±3,6	5,1±0,61	41,22±4,53	6,18±0,679	41,22±4,53
Hétéroptère	1,5±0,16	6,2±0,94	0,3±0,04	6,2±0,7	0,3±0,04	3,1±0,3	0,12±0,01	6,12±0,67	0,22±0,01	6,12±0,67
Isoptère	6,3±0,63	1,2±0,18	1,1±0,1	0,1±0,02	0,4±0,05	0,2±0,03	0,22±0,02	0±0	0,22±0,02	0,1±0,01
Homoptère	0,9±0,10	3,3±0,50	1,3±0,1	2,2±0,2	1,6±0,20	1,6±0,1	0,15±0,01	2,66±0,29	1,12±0,123	2,66±0,29
Lépidoptère	1,4±0,15	0,3±0,05	0,3±0,04	0,1±0,01	0,2±0,03	0,2±0,03	0,1±0,01	0±0	0,1±0,01	0±0
Monoptère	0,3±0,03	1,2±0,18	0,2±0,03	0,1±0,01	0,15±0,02	4,3±0,4	0,33±0,03	0,33±0,03	0,1±0,01	0,33±0,03
Cloptide	0,6±0,07	4,1±0,62	0,1±0,02	0,3±0,04	0,27±0,03	0,2±0,02	0,66±0,07	1±0,1	0,17±0,01	1,12±0,1
Blattoptère	0,6±0,08	1,1±0,17	0,0±0,0	1,1±0,1	0,15±0,02	0,6±0,07	0,12±0,01	0,33±0,03	0,33±0,02	0,33±0,03
Araignée	0,6±0,10	2,1±0,33	0,2±0,03	3,3±0,4	0,18±0,02	2,1±0,2	0,2±0,02	0,1±0,01	0,2±0,01	0,1±0,01
Gastéropode	0,6±0,26	2,6±0,40	0,1±0,01	1,1±0,1	0,12±0,01	1,1±0,1	0,1±0,01	3,22±0,35	0,1±0,01	3,22±0,35

Test Wilcoxon p=0,248^{NS}
Test Monte Carlo p=0,273^{NS}

Test Wilcoxon p=0,014^{**}
Test Monte Carlo p=0,010^{**}

Test Wilcoxon p=0,015^{**}
Test Monte Carlo p=0,013^{**}

Test Wilcoxon p=0,014^{**}
Test Monte Carlo p=0,010^{**}

Test Wilcoxon p= 0,222^{NS}
Test Monte Carlo p=0,312^{NS}

Tableau V. 7. Comparaisons de pente des taxons sous l'effet des différents régimes de stress dans le temps

	Régie biologique					Régie chimique					Témoin				
	Avant trts	J 0+7js	J0+14js	J0+21js	J 0+28js	Avant trts	J0+7js	J0+14js	J0+21js	J0+28js	Avant trts	J0+7js	J0+14js	J0+21js	J 0+28js
Pentes	-0,305	-0,313	-0,275	-0,313	-0,248	-0,322	-0,263	-0,102	-0,198	-0,135	-0,395	-0,344	-0,359	-0,363	-0,328
A. m. M. (p)	$4,2 \times 10^{-5^*}$	$6,90 \times 10^{-6^{**}}$	$3,50 \times 10^{-6^{**}}$	$7,34 \times 10^{-6^{**}}$	$4,87 \times 10^{-4^{**}}$	$3,30 \times 10^{-4^{**}}$	$2,73 \times 10^{-4^*}$	$3,73 \times 10^{-3^{**}}$	$6,59 \times 10^{-4^{**}}$	$1,20 \times 10^{-3}$	$1,02 \times 10^{-5^{**}}$	$6,48 \times 10^{-5^{**}}$	$9,54 \times 10^{-6^{**}}$	$9,22 \times 10^{-6^{**}}$	$1,1 \times 10^{-5^*}$
Avant trt	-----					-----					-----				
J0+7js	0,550 ^{NS}	-----				0,447 ^{NS}	-----				0,827 ^{NS}	-----			
J0+14js	0,203 ^{NS}	0,493 ^{NS}	-----			0,009 ^{**}	0,050 [*]	-----			0,725 ^{NS}	0,570 ^{NS}	-----		
J0+21js	0,566 ^{NS}	0,981 ^{NS}	0,478 ^{NS}	-----		0,018 ^{**}	0,056 [*]	0,170 ^{NS}	-----		0,742 ^{NS}	0,585 ^{NS}	0,981 ^{NS}	-----	
J0+28js	0,791 ^{NS}	0,391 ^{NS}	0,127 ^{NS}	0,404 ^{NS}	-----	0,000 ^{***}	0,112 ^{NS}	0,722 ^{NS}	0,305 ^{NS}	---	0,552 ^{NS}	0,417 ^{NS}	0,807 ^{NS}	0,790 ^{NS}	-----

A. m. M. (p) : Ajustement au modèle MOTOMURA (p) ; **js** : Jours ; **Trts** : Traitements

Nous avons essayé d'analyser la structuration de la biocénose du peuplier noir *Populus nigra* sous l'effet de la régie biologique (Extraits aqueux) en fonction du temps d'exposition. Les diagrammes rang-fréquence ont été sollicités afin de visualiser le rang écologique des espèces entomofauniques inventories, et par la même occasion voir la succession des groupes fonctionnels. Le diagramme rang/fréquence des différentes espèces classe les espèces par ordre de fréquence décroissant. Les rangs des espèces sont portés en abscisses et leurs fréquences en ordonnées avec une échelle logarithmique.

Le diagramme rang/fréquence (V.33.a), montre la structure des espèces avant traitement, où nous signalons une succession d'araignée, d'hyménoptère (pollinisateur, prédateur), de diptère, et de coléoptère (auxiliaire).

Après le traitement, la succession des espèces à subit une réduction en abondance de spécimen et un décalage dans le rang écologique des espèces (Figures V.33.b). L'application du modèle MOTUMORA sur les données de la disponibilité des biocénoses nous a permis de déduire les espèces les plus sensibles ainsi que les espèces les plus tolérantes à l'activité insecticide des extraits aqueux. Nous notons l'installation des diptères, des hyménoptères (trophobiontes et prédateur), des coléoptères prédateurs. Les mêmes résultats, indiquent une forte réduction dans la disponibilité des pollinisateurs et des auxiliaires notamment *Coccinella algerica* (Cocalg).

Sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (Figures V.34). Le diagramme rang fréquent nous a permet d'étudier l'installation des populations entomofauniques de *Populus nigra*

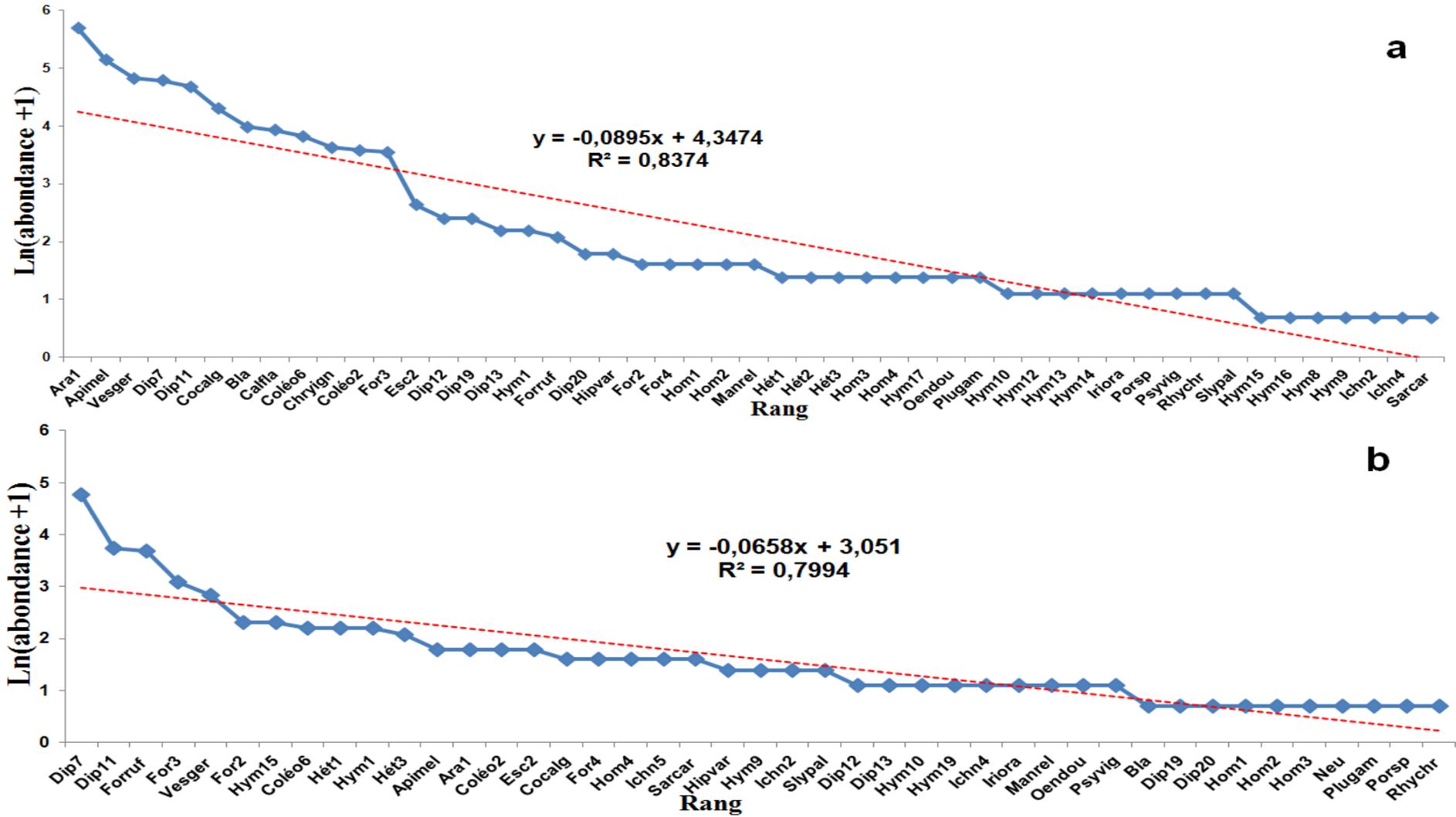


Figure V.33. Diagrammes rang/fréquence de l'installation des groupes fonctionnels sous l'effet résiduel des extraits aqueux

a : avant traitement ; b : après traitement

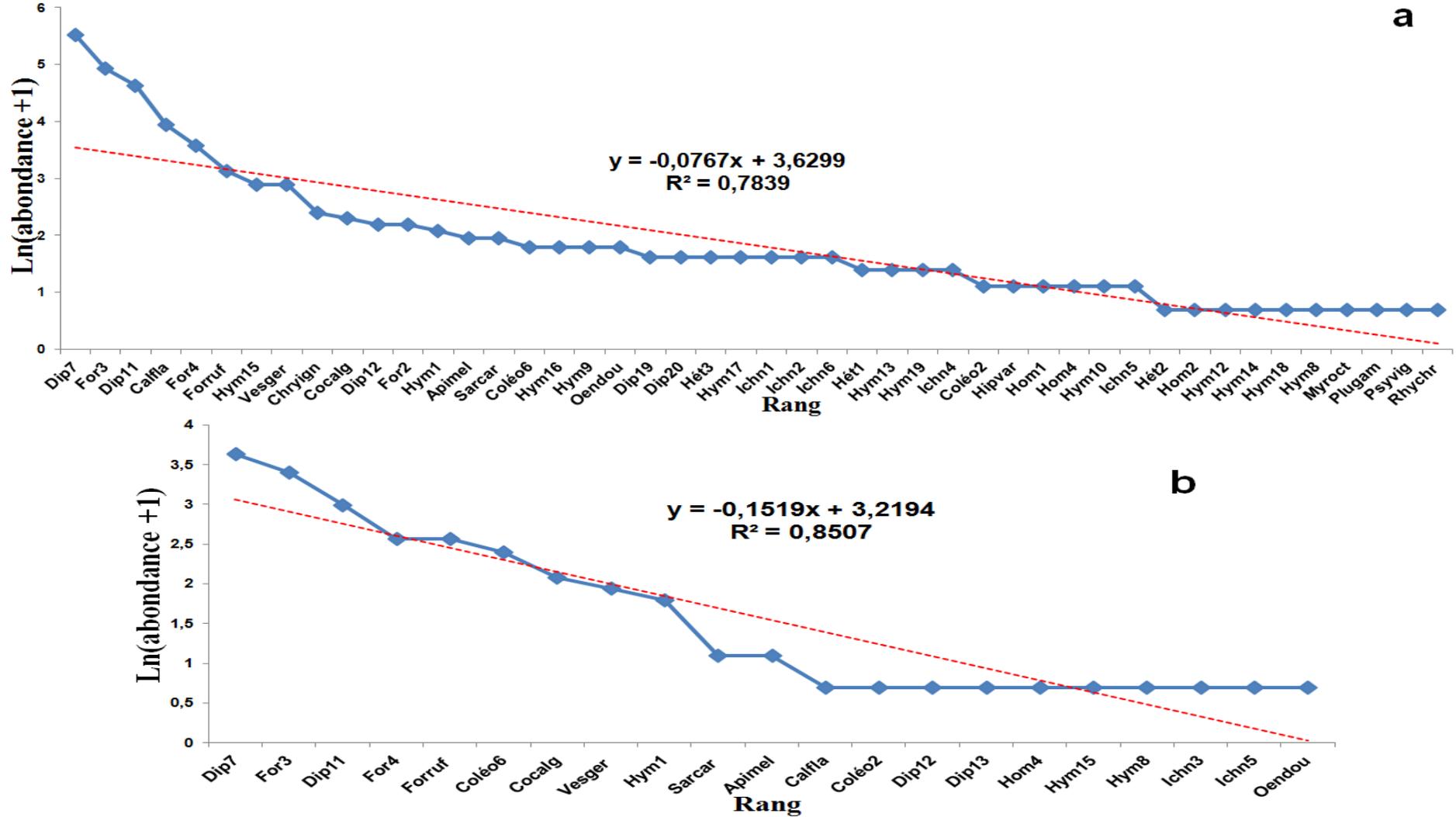


Figure V.34. Diagrammes rang/fréquence de l'installation des groupes fonctionnels sous l'effet résiduel du produit de synthèse

a : avant traitement ; b : après traitement

Les résultats mettent en évidence l'abondance de quelques groupes entomofauniques particulièrement les diptères, les hyménoptères (Trophobiontes), les isoptères (Calfia: *Callotermes flavicolis*) avec quelques spécimens de coléoptères (Figures V.34.a). Après traitements, les résultats obtenus font ressortir un effet choc important du produit chimique, suivi par un déclin remarquable en diversité spécifique et en abondance des spécimens, aggravé par un décalage dans l'ordre d'arrivée écologique de la biocénose de peuplier noir *P. nigra* (Figures V.34.b).

Le diagnostic des diagrammes rang/fréquence montre une richesse spécifique et une installation graduelle des groupes fonctionnels de manière assez contrastée chez la biocénose conduite sous régie biologique comparé à la biocénose conduite sous régie chimique (Figures V.33 et V. 34).

Les résultats obtenus suite à l'application du model G.L.M. indiquent clairement l'existence d'une dissemblance significative ($p=0,012$; $p<0,05$) entre la phase qui précède et qui suit l'application de traitement. En revanche, les résultats montrent que la régie chimique au Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine provoque un effet toxique très dramatique à l'égard de l'ensemble des populations entomofauniques de peuplier noir *P. nigra* en comparaison à la régie biologique (Test G.L.M.: $p=0,000$; $p<0,001$) (Figure V.35.).

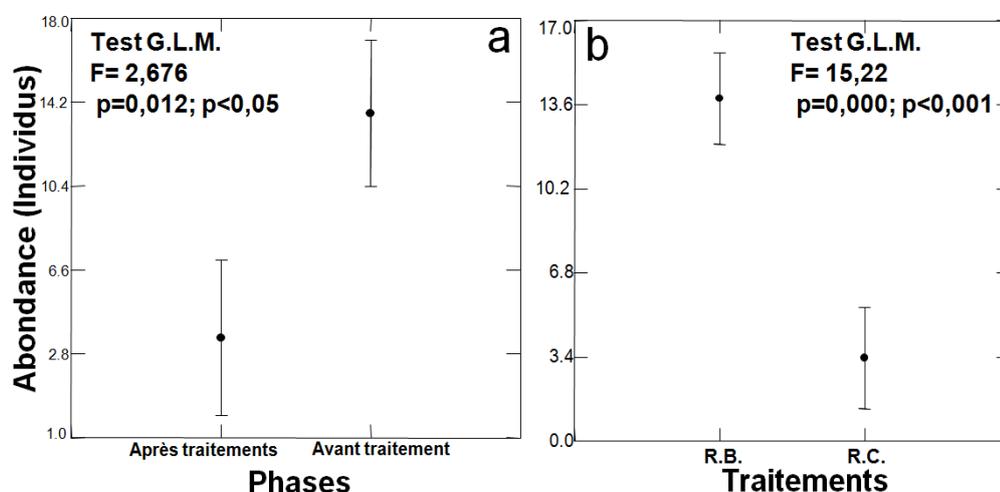


Figure V.35. Effet des différentes régies sur l'entomocénose de *Populus nigra*

R.C. : Régie biologique ; R.B. : Régie chimique

V.2. Evaluation de l'efficacité globale des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur le psylle de l'olivier *Euphyllura olivina*

V.2.1. Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur *Euphyllura olivina*

V.2.1.1. Variation des abondances et des populations résiduelles d'*Euphyllura olivina* sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa*

Le Tableau V.8, expose l'abondance globale du psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* sous l'effet des différents types de traitements appliqués (Extraits aqueux ratio *Dittrichia viscosa* / *Silena fuscata*, l'extrait aqueux de la plante entière *D. viscosa*, l'extrait aqueux des compartiments *D. viscosa* par comparaison à un produit de synthèse. Les résultats indiquent que les extraits aqueux affichent une toxicité avérée sur les individus d'*E. olivina* par rapport au témoin. Les valeurs enregistrées chez les populations traitées confirment l'activité insecticide des extraits aqueux notamment chez les phytopréparations ratio et l'extrait aqueux de la plante entière comparée aux phytopréparations des différents compartiments. L'activité insecticide de la dose du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine est très distinctif en termes de réduction des abondances *E. olivina* par comparaison à la demi-dose, alors que le témoin indique des valeurs plus élevées d'abondance.

Tableau V.8. Effet des phytopréparations sur l'abondance de psylle de l'olivier *Euphyllura olivina*

		Nbr jours	Abd. g	Moy± E.S.
R.B.	Témoin		1593	144,81±22,96
	E.A.R. 1		471	42,81±1,23
	E.A.R. 2		456	41,45±1,15
	E.A.P.		487	44,27±2,15
	E.A.F.	11	577	52,45±3,33
	E.A.T.		606	55,09±2,22
	E.A.R.		650	59,09±4,10
R.C.	D. d.		461	41,90±1,44
	D.		425	38,63±1,26

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; D. d: Demi-dose; D: Dose; Abd. g: Abondance globale; Moy± E.S.: Moyenne± standard erreur; Nbr: Nombre; R.C.: Régie chimique; R.B.: Régie biologique.

L'activité insecticide et la durée de la toxicité des extraits aqueux comparés au Thiamethoxame / Lambdacyhalothrine a été estimée par la fluctuation des populations résiduelles (Tableau V.9).

Les résultats indiquent que les extraits aqueux ratio représentés par le ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25% / *Silene fuscata* 75%) et le ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50% / *Silene fuscata* 50%), expriment une efficacité plus importante par rapport à la plante entière avec un effet précoce et une durée d'action plus longue. La fluctuation des populations résiduelles sous l'effet des extraits aqueux de la plante de *D. viscosa* bien qu'elle accuse léger retard dans l'expression de sa toxicité, elle reste la plus toxique par rapport aux extraits aqueux des différents compartiments. Également, la phytopréparation issue des feuilles exhibe une toxicité assez remarquable comparée aux phytopréparations issue des tiges et des racines. Les résultats indiquent que la dose proscrite de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine démontre une forte toxicité si elle est comparée à la demi-dose. Une reprise très marquée des populations résiduelles est enregistrée sous l'action du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine comparé aux phytopréparations.

Tableau V.9. Évaluation de la toxicité des régies biologique et chimique par recours aux populations résiduelles

	Régie biologique (Moy ± SE)					Régie Chimique (Moy ± SE)		
	E.A.R.1	E.A.R.2	E.A.P.	E.A.F.	E.A.T.	E.A.R.	Dose	D-dose
J1	9,16±1,32	8,33±1,2	12,5±2,8	24,16±3,48	26,66±4,84	28,33±4,08	4,16±0,9	7,5±1,08
J2	8,33±1,2	6,66±1,83	10,10±1,54	15,83±2,25	18,33±3,84	21,66±4,92	2,5±0,36	5,83±0,94
J3	7,5±1,16	5,00±1,44	8,33±2,4	18,3±3,6	15,83±4,56	17,5±3,04	1,66±0,48	2,5±0,72
J4	8,33±1,4	7,5±2,16	10,00±2,88	14,16±4,08	13,33±3,84	24,1±6,96	0,83±0,024	3,33±0,96
J5	11,66±2,01	9,16±1,58	18,33±3,16	21,66±3,74	20,8±3,45	31,66±5,47	1,66±0,28	4,16±0,92
J6	17,5±3,02	15,10±2,59	19,16±3,31	28,33±4,89	30,83±5,32	34,16±5,90	4,16±0,72	5,83±1,01
J7	25,83±4,46	24,16±4,17	25,83±4,46	31,66±5,47	34,16±5,90	35,83±6,19	8,33±1,44	10,4±2,72
J8	35,83±5,67	32,5±5,14	34,16±5,41	43,33±6,86	40,83±6,46	53,33±8,44	18,33±2,90	30,83±5,88
J9	37,5±5,94	34,16±6,41	42,5±6,73	40,83±6,46	57,5±9,10	45,83±7,2	69,16±10,95	63,33±10,03
J10	32,5±5,14	38,33±6,07	37,5±4,94	47,5±7,52	48,33±7,65	43,33±6,86	59,16±9,37	74,16±11,74

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; Moy± E.S.: Moyenne ± Erreur standard; J: Jours.

L'analyse en Composantes Principales est satisfaisante dans la mesure où plus de 90 % de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Figure V. 36; Figure V. 37).

La projection des valeurs des abondances d'*E. olivina* sur le premier axe (91,31%) (Figure V. 36), nous informe de la précocité de l'action insecticide des différentes phytopréparations de *D. viscosa* et du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. L'effet choc est signalé dès le 2^{ème} jour d'exposition des pollutions d'*E. olivina* aux traitements. La couverture sanitaire des traitements biologiques et du produit de synthèse est maintenue durant jusqu'au 9^{ème} jour. La projection des mêmes valeurs sur le deuxième axe (7,17%) nous renseigne de la divergence de la stabilité des phytopréparations des compartiments et des phytopréparations ratios, plantes entière et du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine à travers le repeuplement des zones traitées au-delà du 10^{ème} jour de l'application des traitements.

Nous avons établi la même logique pour évaluer l'effet strict des potentialités insecticides des phytopréparations de *D. viscosa* par le recours aux populations résiduelles. L'opportunité de comparer les populations résiduelles des deux régions va en conséquence dépendre fortement de leurs similitudes en termes d'effet de choc (Knock Down). Les taux de populations résiduelles projetés sur le premier axe (90,78%) indiquent que les phytopréparations et le produit de synthèse assurent une couverture sanitaire qui s'étale jusqu'à 7 jour (Figure V. 37). En revanche, il faut noter que l'effet insecticide de la phytopréparations Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50 %) est semblable aux doses appliquées du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (projection des populations résiduelles sur le deuxième axe 6,63%) (Figure V. 37).

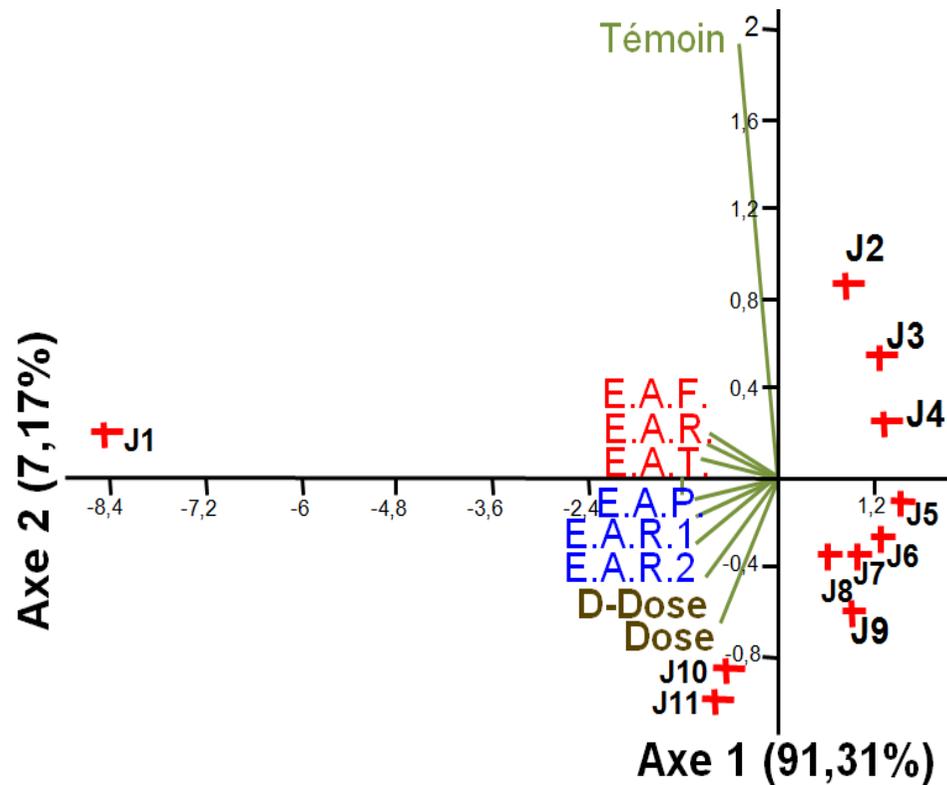


Figure V.36. Projection des abondances d'*Euphyllura olivina* sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP

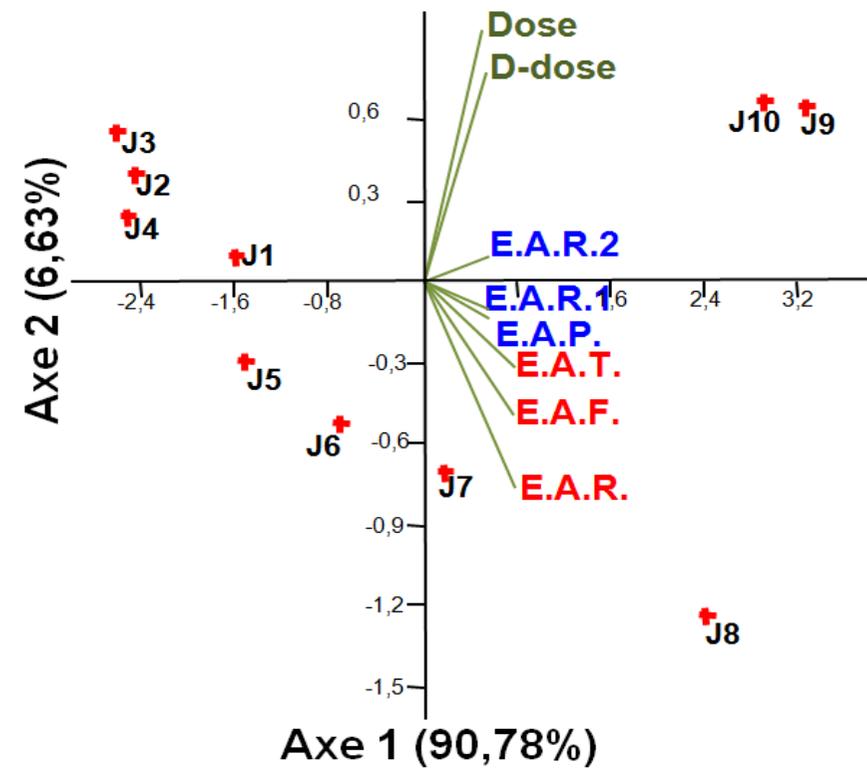


Figure V. 37. Projection des populations résiduelles d'*Euphyllura olivina* sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'ACP

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25% / *S. fuscata* 75%); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines

L'activité insecticide de la dose et la demi-dose du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine est très distinctif en termes de réduction des abondances d'*Euphyllura olivina* (groupe homogène a) en comparaison au témoin (groupe homogène a) (test ANOVA; $p < 5\%$) (Figure V.38. a).

En référence aux abondances d'*Euphyllura olivina*, l'analyse de la variance soutenue par le test Post-Hoc, montre une différence significative des abondances d'*Euphyllura olivina* entre les traités et le témoin (groupe homogène a). La même analyse confirme que les extraits aqueux ratios et de la plante entière affichent une toxicité avérée sur les individus d'*Euphyllura olivina* (groupe homogène c) comparé aux extraits aqueux des différents compartiments où l'abondance reste modérément importante (groupe homogène b) (Figure V.38. b).

Les populations résiduelles d'*E. olivina* montrent une différence marginale sous l'effet de deux doses de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, avec un maintien de l'effet des deux doses dans la zone de forte toxicité (PR<30%) (Modèle G.M.L., $p = 0,066$) (Figure V.38. c).

En revanche, le test de DUNNETT associé à l'analyse de la variance montre que les phytopréparations expriment des effets de toxicité significativement différents, avec un maintien de toxicité sous l'effet des phytopréparations ratio 1 et 2, phytopréparation de la plante entière de *D. viscosa* et phytopréparation à base de feuilles de *D. viscosa* au niveau de la zone de forte toxicité (PR<30%). Les phytopréparations à base de tige et de racine de *D. viscosa* sont considérées comme moyennement toxique (PR>30%) (Figure V.38. d).

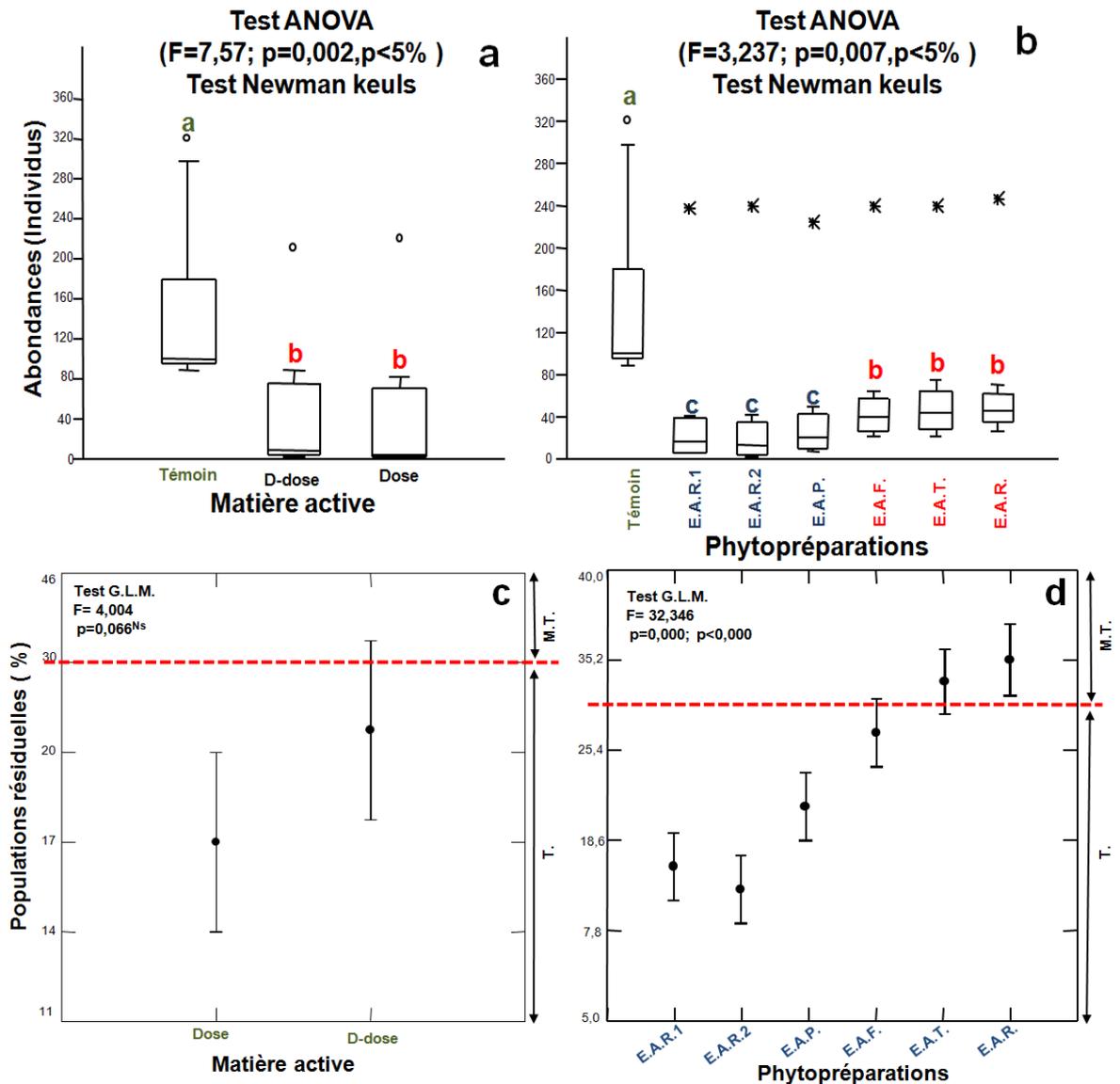


Figure V.38. Estimation de l'efficacité des différentes régies à l'égard des populations d'*Euphyllura olivina*

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) ; E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%) ; E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*) ; E.A.F : Extraits aqueux des feuilles ; E.A.T : Extraits aqueux des tiges ; E.A.R : Extraits aqueux des Racines ; D. d: Demi-dose ; D : Dose ; L :Zone littorale ; M :Zone Montagneuse ; S :Zone Sub-littorale ; J :Jours ;T :Toxique ; M.T. :Moyennement toxique

L'analyse de la variance ANOVA, nous a permis de comparer la fluctuation temporelle des populations résiduelles d'*E. olivina* sous l'effet de l'activité insecticide des différentes régies (Figure V.39.). Nous remarquons que la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine démontre une toxicité constante (PR<30%) jusqu'au 7^{ème} jour, au-delà de cette période une reprise d'activité biotique caractérisée par une augmentation remarquable des populations résiduelles, par comparaison aux phytopréparations qui expriment une toxicité qui se maintient jusqu'au 11^{ème} jour avec une faible reprise biotique (Figure V.39.).

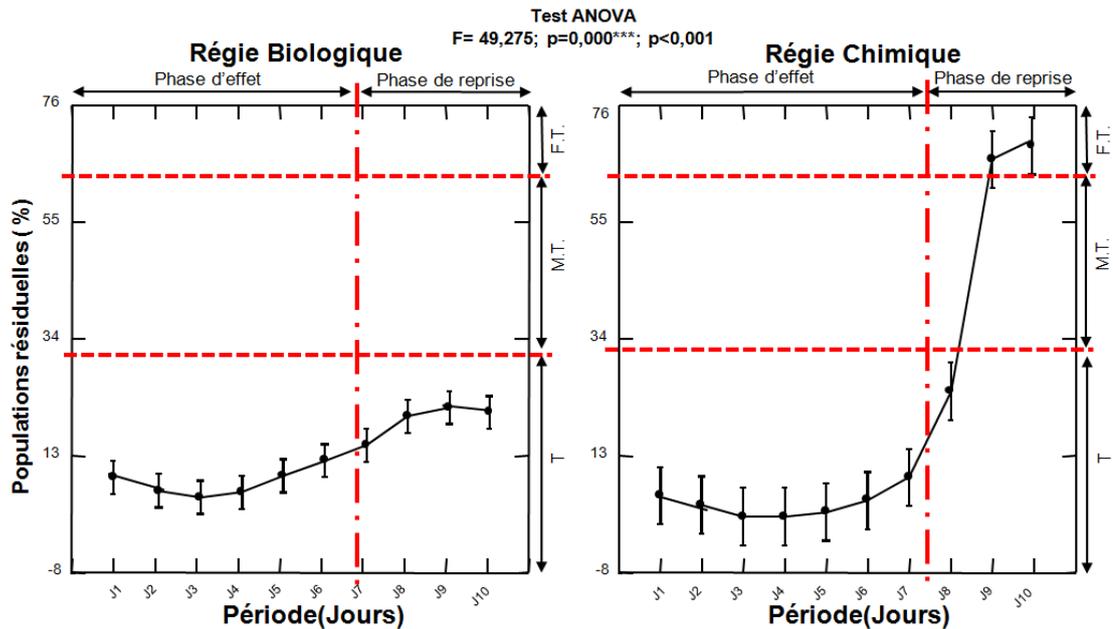


Figure V.39. Estimation de l'efficacité temporelle des différents traitements sur les populations résiduelles d'*Euphyllura olivina*

J : Jours ; T : Toxique ; M.T. : Moyennement toxique ; F.T. : Faiblement toxique

V.2.1.2. Réponses des traits de vies biochimiques d'*Euphyllura olivina* sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa*

Le tableau V.10., expose les quantités des réserves énergétiques lipido-glucidiques et la variation pondérale d'*E. olivina* suite aux applications des phytopréparations et du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.

Les résultats démontrent clairement l'effet perturbateur des extraits aqueux ratios et aux doses du produit de synthèse Thiamethoxam / Lambdacylhalothrin sur l'intégrité des réserves lipidiques exposées par rapport aux extraits aqueux des différents compartiments. Néanmoins, les réserves glucidiques sont sévèrement touchées par l'effet de la dose homologuée du produit de synthèse par comparaison aux phytopréparations. En revanche, les mesures pondérales affichent une stabilité marquée sous l'effet des deux types de régies comparé au témoin.

Tableau V.10. Effet des phytopréparations sur les mesures pondérales et les réserves lipido-glucidiques d'*Euphyllura olivina*

		Réserves énergétiques Lipidiques (µg)	Réserves énergétiques Glucidiques (µg)	Mesures pondérales (mg)
		Moy ±S.E	Moy ±S.E.	Moy ±S.E.
R.B.	Témoin	23,96±0,93	0,19±0,003	4,32±0,005
	E.A.R.1	29,76±2,073	0,21±0,004	4,37±0,020
	E.A.R.2	31,67±2,39	0,208±0,005	4,36±0,10
	E.A.P.	28,08±1,607	0,193±0,004	4,28±0,10
	E.A.F.	25,13±1,365	0,184±0,003	4,25±0,012
	E.A.T.	24,49±1,323	0,183±0,004	4,21±0,005
	E.A.R.	23,01±1,06	0,176±0,002	4,21±0,005
R.C.	D- dose	35,06±4,05	0,221±0,007	4,32±0,009
	Dose	38,21±4,53	0,240±0,008	4,33±0,007

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines. Moy±S.E.: Moyenne± Erreur standard, R.B.: Régie Biologique; R.C.: Régie Chimique.

Les Biomarqueurs énergétiques et les mesures pondérales d'*Euphyllura olivina*, ont été comparés selon la nature du stress appliqué à savoir : sous l'action des phytopréparations et sous l'action de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine (Figure V.40).

Le Test Kruskal-Wallis ($p < 0,05$); indique une forte divergence au niveau des quantités lipido-glucidiques et des mesures pondérales sous l'effet des extraits aqueux par rapport au témoin. Les extraits ratios et de la plante entière accentuent les accumulations des réserves lipido-glucidiques (FigureV.40 a, c) et les gains pondéraux (FigureV.40 e).

Pareillement, les deux doses du produit de synthèse occasionnent des accumulations significatives (test Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) par comparaison au témoin en termes de réserves des réserves lipido-glucidiques (FigureV.40 b, d) et les gains pondéraux (FigureV.40 f).

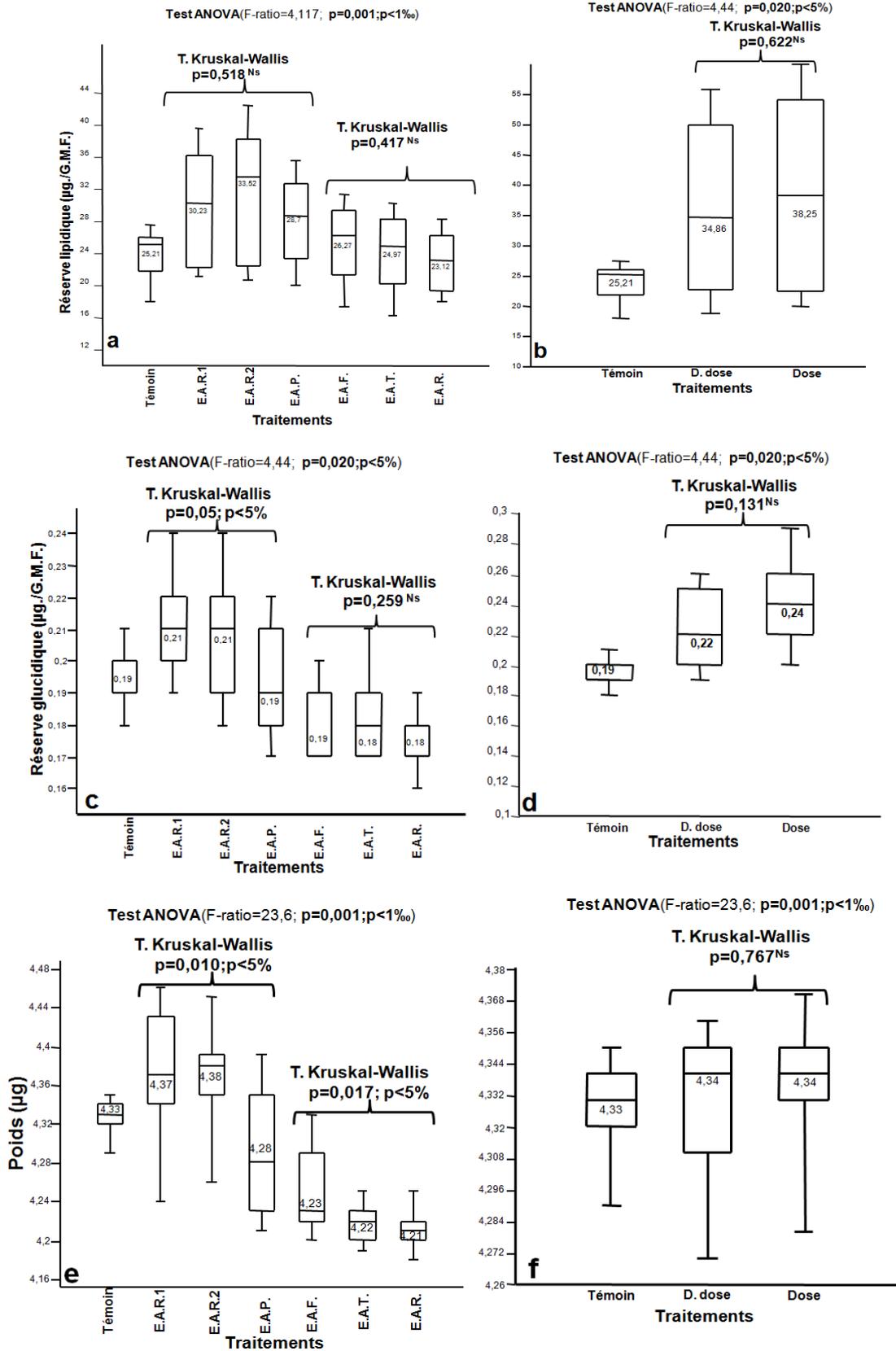


Figure V.40. Variation des traits de vies biochimiques d'*Euphyllura olivina* sous l'action des différentes régies

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines.

La figure V.41., montre nettement l'effet de la régie chimique sur les biomarqueurs lipidiques d'*Euphyllura olivina* par rapport à la régie biologique et au témoin. Cependant, les biomarqueurs glucidiques et les gains pondéraux prennent les mêmes tendances sous l'effet des différentes molécules appliquées.

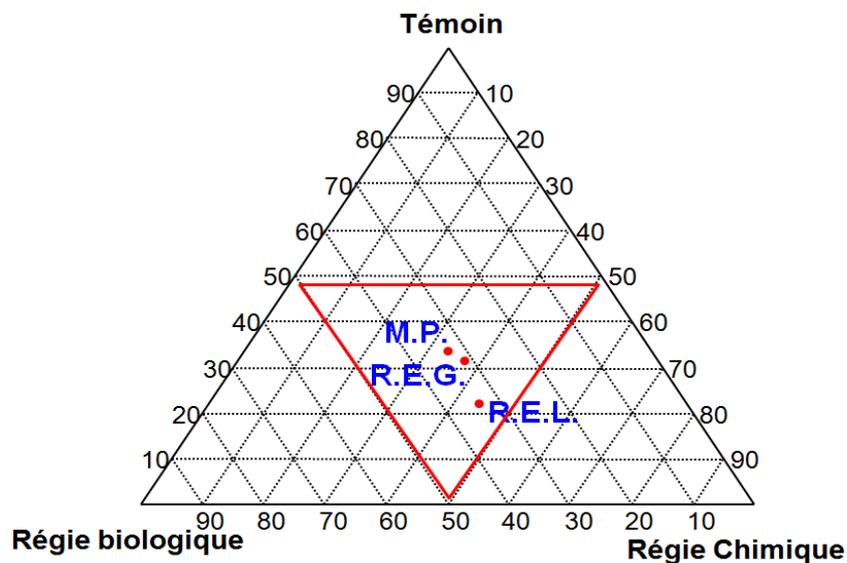


Figure V. 41. Ratios des réserves énergétiques et de conditionnement d'*Euphyllura olivina* sous l'effet des différentes régies.

M.P. : Mesures pondérales ; R.E.G. : Réserves énergétiques glucidiques ; R.E.L. : Réserves énergétiques lipidiques

V.2.1.3. Réponses des paramètres démographiques d'*Euphyllura olivina* sous l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa*

Nous nous sommes limité aux femelles d'*E. olivina*, de manière à étudier l'influence des différents régimes de stress sur la fécondité (Figure V.42). La fécondité subit une réduction graduelle avec une action perturbatrice très marquée sous l'effet des extraits aqueux ratios (R1 et R2) et l'extrait aqueux de la plante entière par rapport aux extraits aqueux des différents compartiments, qui expriment une fécondité relativement comparable à celle du témoin (Figure V.42.a). Le même constat est signalé sous l'effet des deux doses du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, où nous avons signalé une réduction drastique du potentiel biotique des femelles d'*E. olivina* (Figure V.42. b).

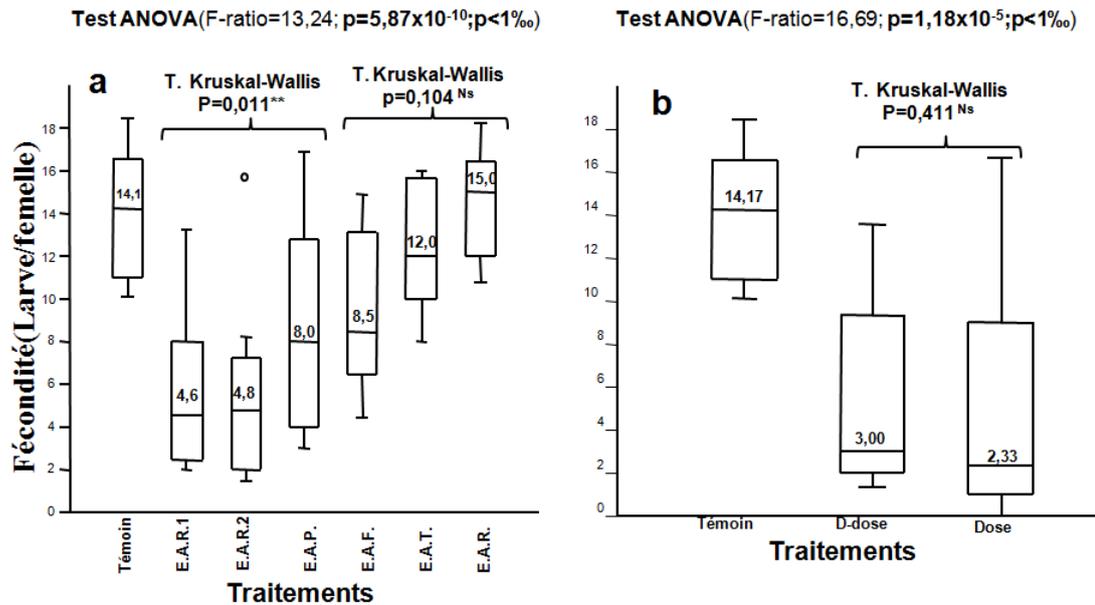


Figure V.42. Variation de la fécondité d'*Euphyllura olivina* sous l'action de différents régimes de stress

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines

L'évolution des paramètres démographiques d'*Euphyllura olivina* sous l'effet des différentes applications sont présentées dans le tableau V.11. Les résultats démontrent que le taux d'accroissement (r_m) des populations d'*E. olivina* est atténué suite aux applications des différents traitements comparé au témoin. Concernant le taux de reproduction (R_0), ce dernier enregistre un décroissement par rapport au témoin. Ce décroissement est très marqué sous l'effet de la dose du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine comparé à l'effet des extraits aqueux des phytopréparations.

Les mêmes résultats renseignent que la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine et les extraits aqueux persistent comme traitements affectant le temps de génération moyen (T) des populations *Euphyllura olivina*. En revanche, les différents types de traitements n'affectent guère le taux de multiplication (λ) des populations. Enfin, les différents types de traitements provoquent un faible accroissement dans le temps de doublement (Dt) des populations (Tableau V. 11).

Tableau V.11. Action des régies biologique et chimique sur les paramètres démographiques d'*Euphyllura olivina*

		LN(Moyennes) ± Erreur standard				
		T.A. (rm)	T. R.N. (R ₀)	T.G.M. (T)	T. M. (λ)	T.D. (Dt)
R.B.	Trts P.D. Témoin	0,015±0,009	9,27±0,110	8,52±1,056	0,70±0,004	7,37±1,052
	E.A.R.1	0,010±0,010	7,38±0,483	10,29±0,919	0,69±0,005	9,26±0,910
	E.A.R.2	0,010±0,010	7,34±0,508	10,23±0,91	0,69±0,005	9,20±0,900
	E.A.P.	0,009±0,001	7,54±0,443	10,14±0,906	0,69±0,004	9,09±0,897
	E.A.F.	0,011±0,011	8,01±0,334	9,72±0,926	0,69±0,005	8,63±0,915
	E.A.T.	0,010±0,010	8,089±0,320	9,64±0,928	0,69±0,005	8,55±0,919
	R E.A.	0,011±0,011	8,25±0,301	9,48±0,951	0,69±0,005	8,39±0,942
R.C.	Dose	0,009±0,001	6,79±0,712	10,80±0,865	0,698±0,004	9,86±0,865
	D-Dose	0,008±0,001	7,07±0,644	10,56±0,831	0,697±0,004	9,57±0,82

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*Dittrichia viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*Dittrichia viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines; P.D.: Paramètres démographiques; Trts: Traitements, T.A.: Taux d'accroissement (rm); T.R.N.:Taux de reproductions net (R₀); T.G.M.: temps de génération moyen (T); T.M.: taux de multiplication (λ); T.D.: temps de doublement (Dt)

Les paramètres démographiques ont été évalués sous l'effet des différentes régies (FigureV.43.). Une diminution importante du taux d'accroissement d'*E. olivina* est signalée suite à l'exposition aux phytopréparations et à la matière active comparé au témoin (Figure V. 43. a, b). Les résultats de l'analyse de la variance type ANOVA démontrent que le taux de reproduction (R₀) d'*E. olivina* exposée aux phytopréparations et au Thiamethoxame / Lambdacyhalothrine enregistre des valeurs significativement faible en comparaison au témoin (Figure V. 43. c, d). Les résultats renseignent que la matière active du Thiamethoxame / Lambdacyhalothrine et les extraits aqueux persistent comme traitements n'affectant pas significativement (p>5%) le temps de génération moyen (T) des populations d'*E. olivina* (Figure V. 43. e, f). En revanche, la matière active appliquée et les phytopréparations engendrent une nette réduction du taux de multiplication (λ) d'*E. olivina* (Test ANOVA, p<5%) (Figure V. 43. g, h). En fin les différents types de traitements n'affectent pas significativement le temps de doublement (Dt) des populations d'*E. olivina* (Figure V. 43. i, j).

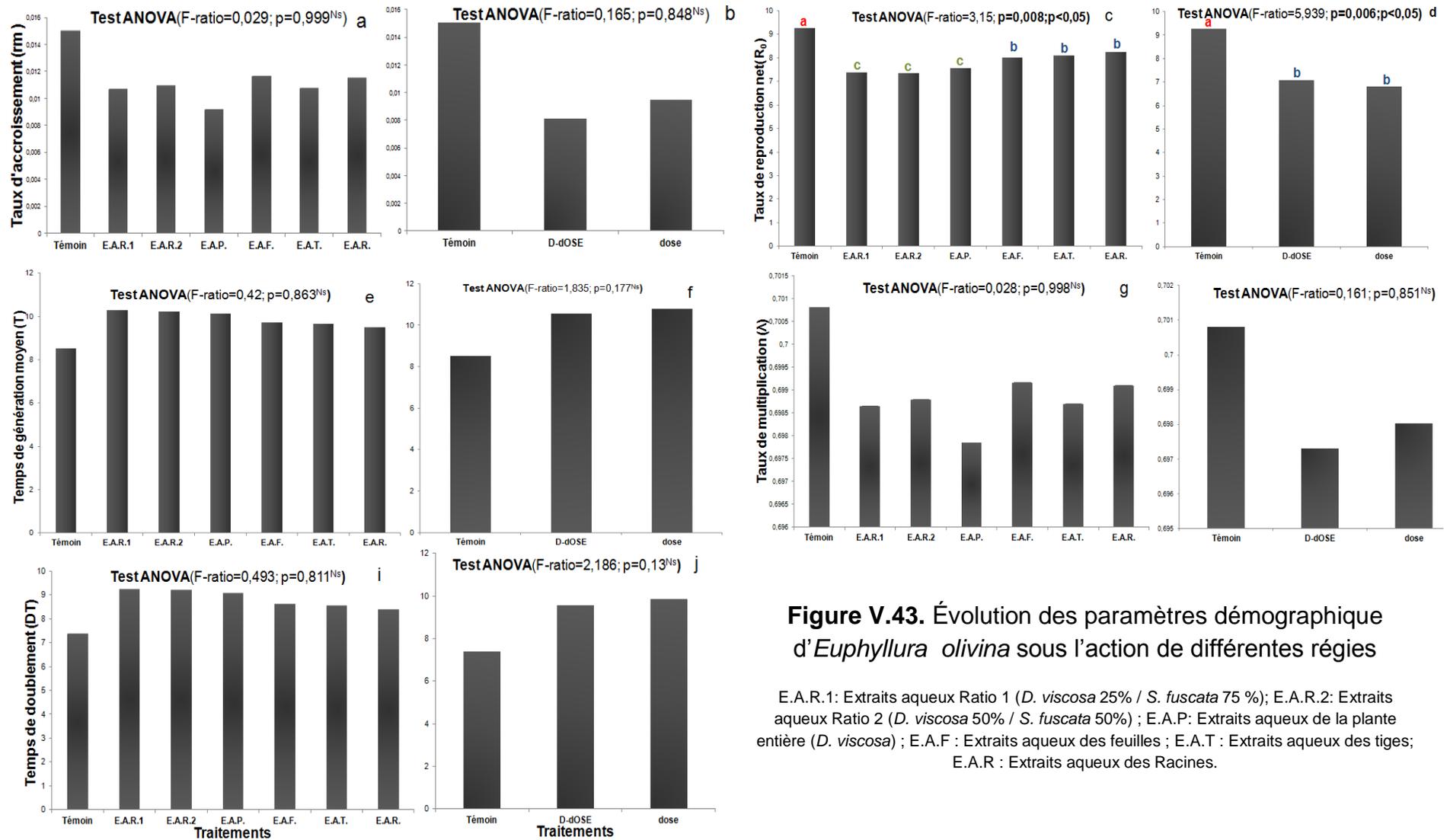


Figure V.43. Évolution des paramètres démographique d'*Euphyllura olivina* sous l'action de différentes régies

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines.

V.2.2. Evaluation de l'induction du phénomène de trophobiose par effet non intentionnel des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur l'arbre fruitier *Olea europaea*

Le tableau V.12, montre l'évolution de la qualité phytochimique d'*Olea europaea* sous l'effet des différents régimes de stress. En référence aux quantités de la proline, les résultats montrent que les extraits aqueux ratios et de la plante entière affichent une perturbation avérée sur l'arbre fruitier *O. europaea* par rapport aux extraits des compartiments dont la perturbation reste modérée. Une action excitatrice a été observée sous l'effet de la dose homologue de la matière active par rapport la demi-dose. Les résultats montrent une augmentation importante des quantités des sucres totaux suite à l'application de la dose homologue de la matière active suivi par la demi-dose et en fin les extraits ratios, les extraits de la plante entière puis les extraits des différents compartiments (tableau V.12).

Tableau. V.12. Action des différents régimes de stress sur la phytochimie de l'arbre fruitier *Olea europaea*

		Proline Moy±S.E.	Sucres totaux Moy±S.E.
Régie Biologique	Témoin	8,96±0,268	0,154±0,011
	E.A.R.1	13,83±2,12	0,194±0,008
	E.A.R.2	14,17±2,187	0,214±0,018
	E.A.P.	13,08±1,799	0,185±0,006
	E.A.F.	12,38±1,603	0,174±0,006
	E.A.T.	11,23±1,289	0,172±0,003
	E.A.R.	10,70±0,854	0,172±0,004
Régie Chimique	D-dose	17,53±2,471	0,252±0,026
	Dose	18,30±2,563	0,313±0,042

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F: Extraits aqueux des feuilles; E.A.T: Extraits aqueux des tiges; E.A.R: Extraits aqueux des Racines.

La variation de la quantité des sucres totaux et de la proline d'*Olea europaea*, a été évaluée sous l'action des phytopréparation et de la matière active (Figure V.44). Le test ANOVA n'affiche aucune dissemblance significative à l'égard du taux de proline entre les traités par les extraits aqueux ratio 2 allant au ratio 1, de la plante *Dittrichia* puis celle traitées par les extraits aqueux des compartiments et

enfin les quantités témoin (Figure V.44.a). Le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, accuse une augmentation significative des quantités de proline par rapport au témoin (Figure V.44.b). Concernant, les réserves en carbohydrates, les deux régions affectent positivement les accumulations par rapport au témoin (Test ANOVA; $p < 5\%$) (Figure V.44. c, b).

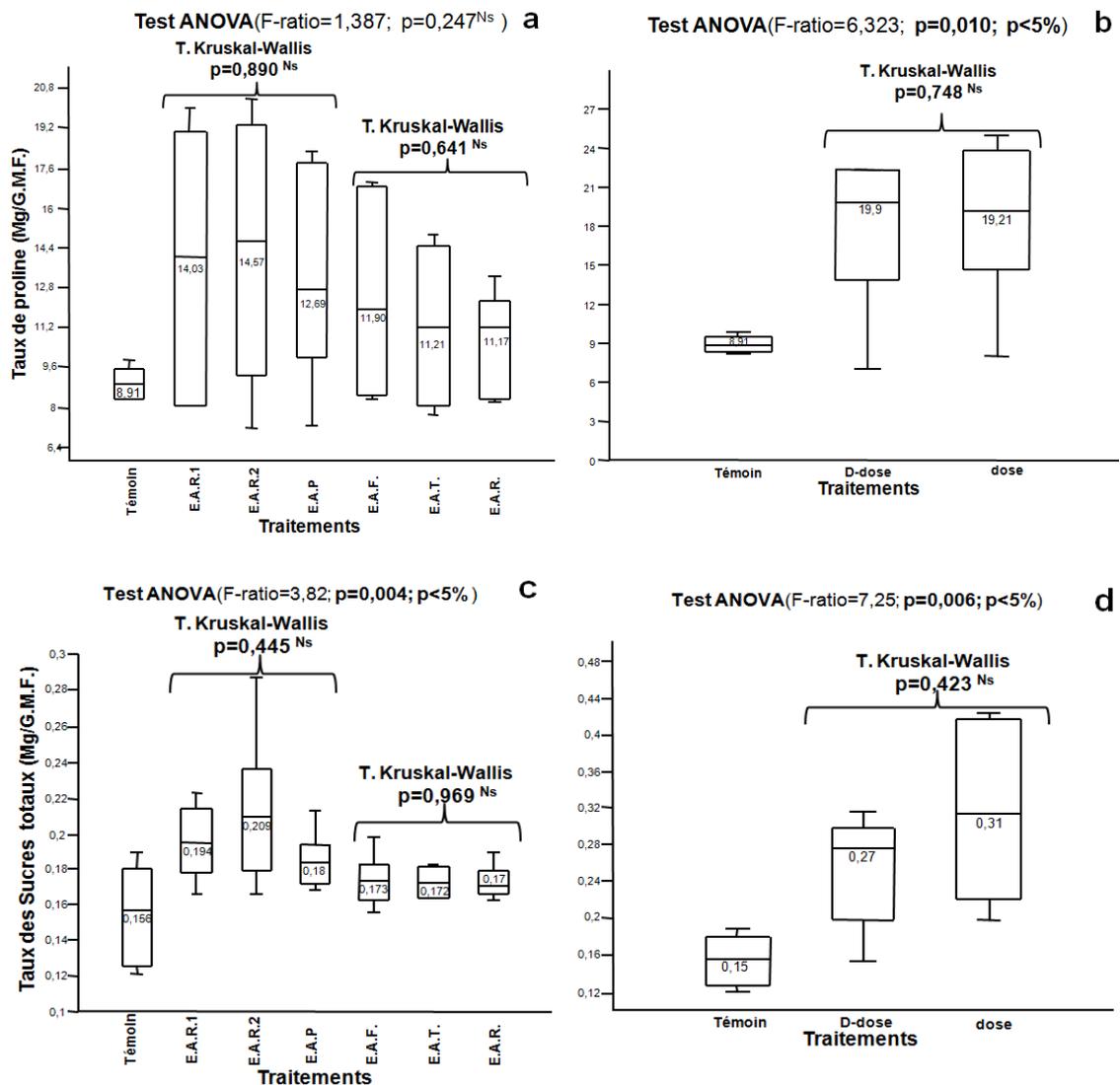


Figure. V.44. Variation de la qualité phytochimique d'*Olea europaea* sous l'effet de différentes régions

E.A.R.1: Extraits aqueux Ratio 1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %); E.A.R.2: Extraits aqueux Ratio 2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50%); E.A.P: Extraits aqueux de la plante entière (*D. viscosa*); E.A.F : Extraits aqueux des feuilles ; E.A.T : Extraits aqueux des tiges; E.A.R : Extraits aqueux des Racines

Le diagramme ternaire, montre que la régie chimique stress la plante par référence aux quantités de proline et de sucres totaux accumulés au niveau des feuilles d'*O. europaea* comparé à la régie biologique et au témoin (Figure V.45.).

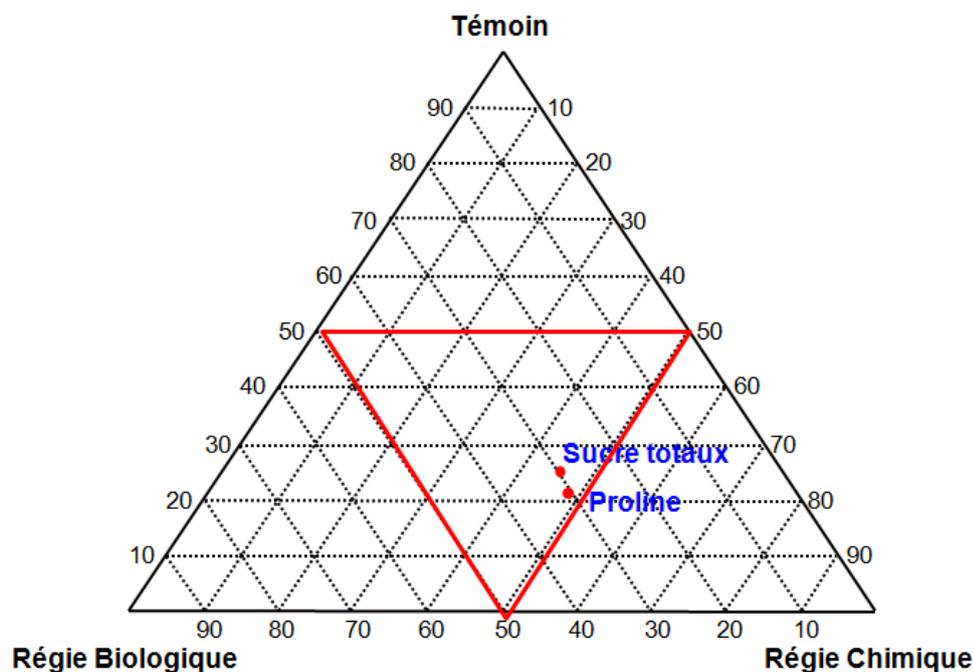


Figure V. 45. Ratios de la qualité phytochimique d'*Olea europaea* sous l'effet des différentes régies.

V.2.3. Evaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur la biocénose associé à *Euphyllura olivina*

Pour vérifier l'homogénéité des taxons, deux tests appariés (test Wilcoxon, test Monte Carlo) a été réalisée sur les 5 prélèvements relatifs à la période d'avant et d'après traitements au niveau de chaque micro-parcelle. Il n'apparaît pas de discordance d'abondance dans la période avant traitements concernant les différents taxons recensés (test Wilcoxon, Test Monte Carlo, $p > 5\%$). Après une semaine d'exposition aux molécules biologiques et chimiques, le test de Wilcoxon permet de confirmer la présence d'une différence d'abondance entre taxons soutenus par une probabilité marginale. Durant la deuxième semaine d'exposition et la troisième semaine, une différence significative a été enregistrée dans les d'abondance des communautés traitées (test Wilcoxon, Test Monte Carlo, $p < 5\%$). Pendant la dernière semaine d'exposition, nous remarquons une augmentation

des abondances avec une différence non significative sous l'effet des deux régies (Tableau V.13).

Tableau. V.13. Test d'homogénéité faunistique sous l'effet des traitements appliqués

		Hyménoptères	Diptères	Homoptère	Coléoptère
Avant traitement	R.B.	21,12±1,23	39±4,23	29,21±2,01	13,23±1,23
	R.C.	38±4,02	46,24±5,23	29,21±3,53	7,98±0,98
	Test	Test Wilcoxon p=0,285^{NS} Test Monte Carlo p=0,498^{NS}			
J 0+7jours	R.B.	9,12±0,92	9,43±1,02	8,67±1,001	9,98±1,03
	R.C.	2,56±0,312	3,78±0,42	2,68±0,390	5,32±1,01
	Test	Test Wilcoxon p=0,065^{NS} Test Monte Carlo p=0,083^{NS}			
J 0+14jours	R.B.	20,12±1,92	11,45±1,02	16,56±2,12	7,65±0,890
	R.C.	1,23±0,001	6,56±0,982	3,97±0,80	1,54±0,01
	Test	Test Wilcoxon p=0,045; p<0,05 Test Monte Carlo p=0,062^{NS}			
J 0+21jours	R.B.	23,29±1,31	25,63±2,23	18,22±1,31	5,1±0,71
	R.C.	10,43±1,21	12,43±1,51	10,21±0,11	0,00±0,00
	Test	Test Wilcoxon p=0,051; p<0,05 Test Monte Carlo p=0,059; p<0,05			
J 0+28jours	R.B.	51,29±4,31	29,12±2,53	21,65±2,43	10,65±1,98
	R.C.	42,87±3,35	24,82±2,01	18,29±2,001	4,76±1,87
	Test	Test Wilcoxon p=0,077^{NS} Test Monte Carlo p=0,082^{NS}			

R.B.:Régie biologiques; R.C.: Régie chimique.

CHAPITRE VI

DISCUSSION

Les insectes nuisibles, sont responsables de nombreux dégâts affectant les arbres fruitiers et les essences forestières. L'utilisation des pesticides chimiques efficace contre ces nuisibles à entraîné de multiples conséquences sur l'environnement. Il devient par conséquent, indispensable de contrôler biologiquement ces organismes. Le recours aux extraits des plantes peut avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives sans danger et de faible rémanence. Cette étude préliminaire s'affilie dans le cadre de la valorisation de certaines nouvelles molécules bioactives issues de plantes facilement utilisables par les agriculteurs. Dans cette optique, nous avons essayé de mettre en évidence l'efficacité globale des phytopréparations à base d'extraits aqueux (*Dittrichia viscosa* ; *Silene fuscata*) sur la structure populationnelle, les traits de vies biochimiques et pondérable et les paramètres démographiques de deux ravageurs potentiels, le puceron vert du peuplier *Chaitophorus leucomelas* (Homoptera, Aphididae) et le psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* (Hemiptera, Psyllidae), sur la qualité phytochimique des plantes hôtes l'essence forestière *Populus nigra* et l'arbre fruitier *Olea europaea*, et sur la biocénose associée. L'efficacité de ces phytopréparations a été comparée à une matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine.

VI. 1. Évaluation de l'effet des produits biologiques et chimiques sur *Chaitophorus leucomelas* et *Euphyllura olivina*

VI.1.1. Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* sur la structure populationnelle

Les résultats traiteront de l'évaluation des degrés d'efficacité des extraits de plantes spontanées (*D. viscosa* / *S. fuscata*) par évaluation de leur à activité insecticide.

Les résultats relatifs à la régie biologique par le biais des applications des extraits aqueux de la plantes entières (*D. viscosa*), des extraits aqueux ratio [R1 (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) et R2 (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50 %)] et de la régie chimique Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine ont montré une précocité d'efficacité considérable sur les groupes traités. Cette action de choc (**effet *Knock-down***) est bien visible sur les abondances et les populations résiduelles des déprédateurs *C. leucomelas* et *E. olivina*. Une gradation positive de toxicité allant des extraits aqueux de la plante entière, puis les extraits aqueux ratios *Dittrichia* / *Silene* et enfin la matière active. Une reprise biocénotique très remarquable est signalée sous l'effet de la régie chimique si elle est comparée à la régie biologique.

Nous pouvons émettre l'hypothèse que les populations cibles ont réagi négativement à la matière active neurotoxique Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, et que la reprise caractéristique des survivants sous l'action de la régies chimique est relative à l'activation de son métabolisme et par conséquent le rétablissement de homéostasie (état initial) au bout d'un intervalle temporel réduit. Des études ont montré que l'influence néfaste des pesticides pour l'organisme, qu'ils soient neurotoxiques, immunotoxiques ou encore reprotoxiques peut être le fruit de processus complexes et potentiellement cumulés [268, 269].

Les substances chimiques ont la capacité de perturber le fonctionnement normal des organismes exposés à travers, l'altération des fonctions du système endocrinien, et induisent donc des effets nocifs sur la santé d'un organisme intact, de ses descendants ou sous-populations [270]. Beaucoup d'études trouvent que l'impact des pesticides sur les organismes nuisibles vise l'intégrité de l'individu, donc un dysfonctionnement de l'ensemble de ses paramètres biologiques où chaque paramètre joue ainsi un rôle dans sa survie. Ce dysfonctionnement perturbe la transmission des informations neurologiques permettant le contrôle de l'individu dans son milieu [271]. Les insecticides ciblent le système nerveux des insectes. De ce fait, l'impact comportemental peut suffire à induire une mortalité même à des doses sub-létales [272]. Des études étalent, que l'exposition des insectes aux insecticides à des doses sub-létales peut conduire à des défauts dans le comportement. Différents comportements peuvent être altérés comme la

mobilité, la recherche de nourriture ou d'hôtes mais aussi le comportement alimentaire [273]. Ces effets peuvent avoir un impact sur les capacités des insectes, comme une efficacité plus faible du parasitisme, un risque plus important vis-à-vis de la prédation [274]. Parmi les effets neurotoxiques des insecticides l'inhibition des cholinestérases, et notamment de l'acétylcholinestérase (AChE) chargée de réguler la transmission nerveuse. Certains insecticides agissent sur la croissance en perturbant la mue des insectes (diacylhydrazines), d'autres (benzoylurées) perturbent leurs développements [273]. Selon Tunaz et Uygun, [275], les insecticides inhibent la synthèse de la chitine qui intervient dans la formation de la cuticule et perturbent l'action des hormones spécifiques des insectes (hormones juvéniles et ecdysone). Également ils interviennent dans la respiration cellulaire [273].

Par ailleurs, plusieurs études indiquent que lorsqu'un individu perçoit une menace à son homéostasie, par une exposition à l'effet des concentrations d'un produit de synthèse [276, 277], il réagit par une surcompensation de l'effet, ce qu'on appelle **le phénomène d'hormesis**. Cette réaction explique la reprise biocénotique des organismes cibles *C. leucomelas* et *E. olivina* qui serait due essentiellement à leurs performances physiologiques. Cela est justifiable par la sensibilité élevée des populations cibles à la dose prescrite comparé à la demi-dose du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. Cependant, la reprise biocénotique des populations de *C. leucomelas* a été très distinctive à la suite des applications chimiques à la dose homologue si on la compare à la demi-dose. Les résultats de Ménager et al. [278], étalent que la physiologie des organismes vivants réagit différemment à une substance toxique à laquelle ils sont exposés. La dose-réponse est d'estimer la relation entre la quantité et les effets biologiques occasionnés.

Les produits phytosanitaires d'origine végétale de première génération ont été supplantés par les pesticides de synthèse à l'occasion de la Seconde Guerre mondiale. Depuis tant d'années, chimistes, physiologistes, biochimistes, toxicologues et spécialistes de la protection des végétaux unissent leurs efforts dans la recherche de nouvelles molécules d'origine végétale susceptibles de lutter contre les déprédateurs [279]. Plusieurs recherches, étalent que les substances

naturelles présentent une diversité de structures et une spécificité d'activités biologiques supérieures à celles des produits de synthèse [280]. En effet, les pesticides les plus spécifiques furent élaborés, tantôt en copiant des pesticides d'origine végétale, tantôt en stimulant les défenses naturelles des plantes [281]. De nombreux travaux, signalent que les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs [282]. Autrement, ils peuvent synthétiser plusieurs solutés compatibles, dont la composition de l'ensemble varie en fonction des espèces [283]. Selon Plewa et Wagner [284], les plantes en général sont une source primaire en tant qu'agents toxiques naturels. Ainsi plus de 2000 espèces végétales possédant une activité insecticide ou des processus de répulsion ou d'anti-appétence sont déjà identifiées [285]. L'utilisation des plantes comme insecticides est connue depuis longtemps, en effet le pyrèthre, la nicotine, la roténone, le limonène et les monoterpènes sont déjà connus comme agents de lutte contre les différents ravageurs [286].

Les résultats obtenus dans cette investigation, expriment que les effets des phytopréparations à bases des extraits aqueux ratios **R1** (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) et **R2** (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50 %)], distincts des bioproduits à bases d'extraits aqueux de la plante entière d'une part, et des bioproduits à bases d'extrait aqueux des compartiments d'une autre part. Un effet de choc tardif est signalé suite à l'utilisation des extraits aqueux des plantes entières et des compartiments *D. viscosa* de différente origine. Une reprise cénotique modérée est installée après un effet répressif de moins d'une semaine. Nos conclusions rejoignent plusieurs auteurs, qui ont montré que les plantes sont capables de produire des substances actives très variées interviennent dans la défense contre les déprédateurs [287]. Ces substances se présentent généralement sous forme de cocktails de composés métabolique ayant des activités différentes [288]. Ces molécules naturelles ont été produites et sélectionnées au cours de l'évolution [289]. En effet, à coté des métabolites essentiels ou primaires classiques (glucides, protides et lipides), les végétaux accumulent fréquemment des métabolites secondaires (polyphénols, terpènes, alcaloïdes ou glycosides cyanogéniques) qu'elles apportaient un avantage aux organismes qui les

produisaient, dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais elles sont souvent considérées comme étant un moyen de défense contre divers organismes [290]. Selon Dugravot [291], ces substances sont généralement très semblables au sein d'une même famille végétale mais leurs proportions peuvent différer selon les espèces. D'après Djeddi [292], les molécules issues de plantes sont souvent assimilées à des principes actifs possédant des propriétés spécifiques qui leur confèrent un caractère unique. Autrement dit, les métabolites secondaires ou les substances naturelles avec plus de 200 000 structures actuellement décrites ont été et sont encore une ressource pour les biotechnologies (pharmacie, agrochimie, cosmétique...), mais aussi des outils moléculaires pour l'exploration du vivant et enfin pour la compréhension des interactions biotiques dans les écosystèmes. Les applications des substances naturelles en pharmacologie (antiparasitaires, antibiotiques, anticancéreux, immunosuppresseurs...), en agronomie et en cosmétologie sont innombrables [293]. En agronomie plusieurs études, dévoilent que les molécules naturelles présentent un large spectre d'action, comme bactéricides, fongicides, acaricides, herbicides etc., peuvent aussi être utilisées comme insecticides de remplacement [294]. Des recherches, exhibent que tous les extraits des plantes utilisées ont un effet insecticide qui est en rapport avec la dose, le temps d'exposition et le type d'extrait [295, 296]. Par ailleurs, les extraits végétaux (lavande, thym, absinthe, sauge commune, persil, menthe, céleri, coriandre, chanvre, inule, etc.) [297] ont été étudiées aussi bien sur les lépidoptères [298], les Coléoptères [299], les diptères [300] et les acridiens [301]. D'une autre façon, ces substances peuvent avoir un rôle pour le contrôle et la régulation du développement des organismes (hormones) ou un rôle intraspécifique (phéromones) ou interspécifiques, ou encore de protection contre les facteurs environnementaux [280].

Des résultats très satisfaisants ont été enregistrés suite à l'utilisation de l'extrait aqueux de la plante entière de *Dittrichia viscosa* sur la structure populationnelle de *Chaitophorus leucomelas* et d'*Euphyllura olivina*. Ces résultats nous permettent de suggérer que les phytopréparations reforment une diversité importante des composants bioactifs ayant été extériorisés pendant les différentes étapes de la préparation (Broyage, agitation). Cette hypothèse est réconfortée par une littérature assez riche qui stipule que *Dittrichia viscosa* contient des substances

naturelles défensives qui ont servi d'insecticide depuis longtemps. Plusieurs études phytochimiques réalisées sur cette plante ont révélé la présence des composés phénoliques, des monoterpènes, des terpénoïdes, des sesquiterpenoids, des saponosides, des tanins et des stérols [302, 303]. Abu Zarga [304], précise que les principes actifs de *D. viscosa* sont particulièrement le camphre, l'eucalyptol, le thymol. L'activité biologique de *D. viscosa* a fait l'objet de nombreuses recherches. Elle est éprouvée pour ses activités anti-inflammatoires, antidiabétiques, antipyrétiques et antiseptiques [305] et son action antiulcérogénique est attribuée à sa composition flavonique. Par ailleurs, les extraits de *D. viscosa* ont été testés pour leur activité antiviral [306], antifongique [307] antimicrobien [308] antibactériennes [309], herbicide [310], nématocides [311], acaricides [312] et insecticides [288].

Les résultats dévoilent une variabilité d'action entre les extraits aqueux de différents compartiments de *D. viscosa* à l'égard de la structure populationnelle des organismes cibles. En effet, l'extrait aqueux des feuilles signale une toxicité accentuée par rapport aux extraits aqueux des tiges et des racines. Cette variabilité d'effet s'explique par la capacité des tissus des compartiments à accumuler les métabolites secondaire. La théorie de l'«**Optimal Defense**» renforce l'hypothèse proposée. Cette théorie, estime que l'intensité des métabolites secondaires n'est pas toujours identique dans les différents tissus de la plante. En effet, la concentration des composés secondaires est plus forte au niveau des parties importantes en termes de fitness pour la plante et au niveau des zones présentant de fortes probabilités d'attaques [313]. D'après Djeddi [292], les différentes parties d'une plante (racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits et graines) ont des modalités de croissance bien déterminées et chacune d'entre elles renferment, à des moments précis et en proportions variables, les différents éléments qui conditionnent leur qualité et leur efficacité. Toutefois, il est à signaler la présence d'une différence d'action entre les extraits considérés qui pourrait être expliquée par une différence de composition chimique et une dissemblance quantitative et qualitative entre la partie aérienne, et la partie souterraine chez certaines espèces végétales. D'une autre manière, les métabolites secondaires se répartissent très inégalement selon les végétaux, quelquefois entre des espèces très voisines ou même entre différentes sous-espèces ou variétés à l'intérieur

d'une même espèce [314]. D'autres études, montrent que les plantes peuvent synthétiser plusieurs solutés compatibles, dont la composition varie en fonction des espèces et des organes [315]. Cosentino et *al* [316], confirment aussi qu'à l'intérieur d'une même espèce végétale, on observe des variations chimiques importantes ayant conduit à admettre l'existence de races chimiques. Des recherches, exposent que les parties aériennes de *Dittrichia viscosa* sécrètent une résine riche en flavonoïdes, avec l'absence des alcaloïdes [317, 318]. Ces molécules montrent une forte activité allélopathique aussi un effet inhibiteur contre les micro-organismes phytopatogènes [319]. Alors que Sell et *al.*[320], avancent que les racines sont réputées par des effets vermifuge, fébrifuge et des effets bactéricides.

Les propriétés des plantes médicinales dépendent essentiellement de la région de production, de la période de récolte et des techniques de cueillette. La connaissance du calendrier des récoltes et des techniques de cueillette et de conservation doit toujours être considérée afin de garantir la qualité des produits [292]. Selon Tissut et *al.*[281], la valeur médicinale des plantes spontanées, elle se montre très inégale puis qu'elle varie suivant l'origine, le terrain et les conditions de croissance. Dans le présent travail, les résultats obtenus, démontrent que les extraits aqueux de la plante *D. viscosa* prélevée de la région montagneuse (Chrèa) produisent une action toxique drastique sur les individus de *C. leucomelas* par rapport aux autres régions (la région Sub-littorale et littorale). La capacité de la plante de développer ou de synthétiser différentes molécules défensives (protection et/ou correction) est étroitement liée à sa valence écologique. Cette dernière, est due au pouvoir d'une plante à s'adapter et à supporter les variations des conditions environnementales. En outre, la qualité et la quantité des métabolites des extraits aqueux varient de façon sensible avec le milieu d'implantation des plantes. Dans la nature, les plantes sont constamment influencés et soumises à des variations environnementales [321], et en réponse aux conditions environnementales sous- et supra-optimales, les plantes manifestent des variations au niveau de leur croissance et de leur développement [322]. Ces changements peuvent engendrer un stress qui modifie l'homéostasie cellulaire [321]. Selon Abrol et Ingram [323], les plantes doivent s'adapter aux conditions dominantes du sol et des conditions climatiques. Les végétaux

perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent au métabolisme cellulaire pour activer des mécanismes de réponses. La connaissance de ces réponses, basées sur la transduction des signaux de stress est la base des études visant à améliorer la réponse des plantes aux différents stress [324]. Les études ont montré que les changements de température et de précipitation affectent directement la physiologie et les taux métaboliques [325]. Ainsi, la période de la journée, la durée d'ensoleillement et l'amplitude thermique entre le jour et la nuit influencent également l'activité physiologique et biochimique des plantes [326]. La survie des plantes dans leur milieu dépend étroitement aux conditions thermiques. La température est donc un facteur environnemental limitant qui agit sur la vitesse de croissance et sur le développement des plantes, incluant la transition de la phase végétative à la phase reproductive. Il est connu que les variations de température affectent l'ensemble des réactions biochimiques qui se déclenchent [322]. Par ailleurs, les basses températures, et le gel en spécifique, causent des dommages en agissant au niveau des structures cellulaires des plantes. Dans la nature, le gel est toujours précédé par le froid qui induit de nombreux changements physiologiques et biochimiques dans les cellules de plantes. Ces basses températures influencent aussi de façon considérable le métabolisme cellulaire, soit directement en causant une baisse de la vitesse des réactions biochimiques ou indirectement par le biais de la reprogrammation à grande échelle de l'expression des gènes [327]. Selon Seydi Ba [328], ces températures basses ralentissent ou inhibent l'activité des enzymes alors que les températures élevées, dénaturent progressivement les enzymes. Seydi Ba, 2011, montre que, les plantes peuvent accumuler plusieurs substances défensives afin de tolérer le froid et le gel. L'ensemble des métabolismes est affecté par le froid [329]. Les basses températures diminuent la vitesse des réactions enzymatiques et modifient la conformation des lipides membranaires et d'autres macromolécules ce qui entraîne des conséquences sur la plupart des processus biologiques [330]. Selon Guy et *al.* [331], les basses températures se traduisent par une forte augmentation en sucres solubles et une diminution de la teneur en amidon dans les tissus sont observés en automne et en hiver. L'étude de Burkett et *al.* [332], montre également que l'humidité fait partie des principales variables qui déterminent la distribution, la croissance, la productivité et la reproduction, ainsi il gouverne les processus métaboliques des plantes. Selon Hughes [325], la concentration

atmosphérique de dioxyde de carbone à des effets directs sur la physiologie et les taux métaboliques. L'augmentation du CO₂ peut modifier le pouvoir de résistance d'une plante face à un insecte herbivore en modifiant sa composition chimique [333]. Selon Coviella et Trumble, [334], cette augmentation du CO₂ accroît le ratio C/N des plantes, ce qui peut créer une modification de la concentration des composés chimiques de défense des plantes. Ainsi, dans un milieu plus riche en carbone, des composés de défense à base de carbone seront produits alors qu'un environnement riche en azote prédisposera les plantes à synthétiser des composés de défenses à base d'azote [335].

Les résultats de cette recherche mettent en exergue aussi, l'action toxique des extraits aqueux obtenus de la région montagneuse de Chréa sur l'abondance et les populations résiduelles d'*Euphyllura olivina*. L'altitude influencerait la physiologie de la plante [336]. C'est pourquoi la croissance des plantes d'altitude est en général plus intensive que celle des plantes de la plaine. D'après les recherches de Hostettmann [337], l'altitude n'exerce qu'une action indirecte sur les plantes, dans la mesure où l'air des altitudes supérieures contient moins de vapeur d'eau et de gaz carbonique pour un volume donné. Ainsi, la plante se déshydrate plus rapidement en ouvrant ses stomates. D'autre part, de manière à assimiler autant de gaz carbonique pour une synthèse équivalente de sucre, la plante doit ouvrir ses stomates plus longtemps. Ainsi, son bilan hydrique en cas de sécheresse peut devenir précaire. En altitude, pour se protéger du rayonnement solaire, les plantes synthétisent des substances de défense aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires. Ces molécules sont alors une cible pour la recherche pharmaceutique [338].

L'amélioration de l'efficacité des pesticides vis-à-vis de la cible visée est passée par différentes étapes dont le développement de formulations plus adaptées, avec des adjuvants [339]. Dans le contexte d'estimer la toxicité des molécules bioactives, les résultats exhibent que les extraits aqueux ratios **R1** (*D. viscosa* 25% / *S. fuscata* 75 %) et **R2** (*D. viscosa* 50% / *S. fuscata* 50 %) exposent une meilleure efficacité sur la structure populationnelle de *C. leucomelas* et d'*E. olivina*, avec une précocité d'effet insecticide remarquable par comparaison aux autres extraits aqueux appliqués.

Dans la présente étude, nous avons utilisé l'extrait aqueux de la plante spontanée *Silene fuscata* comme un bioadjuvant, dans le but d'améliorer et augmenter la pénétration des phytopréparations à l'intérieur des cibles *C. leucomelas* et *E. olivina*. La *Silene fuscata* est une plante herbacée appartenant à la famille des Caryophyllacées, utilisée en première fois en tant qu'un bio-adjuvant. D'après CU [340], *S. fuscata* est une plante visqueuse, et la viscosité du liquide est peu élevée, il bénéficiera d'un bon écoulement dans les pores et circulera naturellement dans les espaces intercellulaires. La formulation des produits augmente la toxicité et l'efficacité du mélange, tout en diminuant l'incidence des effets secondaires. Ces résultats, nous permettent de formuler une hypothèse exprimant l'importance du bioadjuvant dans l'accélération de pénétration de la molécule bioactive, cela suppose que les sites sensibles du bioagresseur imprégnés par la molécule bioactive pendant un intervalle de temps assez important. Les molécules en suspension dans l'extrait aqueux ont pu être transportées à travers le parenchyme foliaire par le pouvoir pénétrant de la *Silene*, ainsi les aphides se sont confrontés avec une molécule stable à la limite de son efficacité. C'est dans cette optique que les extraits formulés ont exercé un effet plus important que les extraits utilisés à eux seuls. Ces résultats sont en conformité avec les résultats d'autres chercheurs tels que Regnault-Roger et al. [279], qui ont aussi montré, qu'il est nécessaire d'associer les produits phytosanitaires à des adjuvants, sans activité biologique propre, mais sans lesquels nombre d'entre elles n'auraient qu'une efficacité nulle ou insuffisante. Selon Duval [341], les adjuvants sont des substances dépourvues d'activité biologique mais capables de modifier les propriétés physiques, chimiques ou biologiques des préparations phytosanitaires. De plus, l'adjuvant devrait être inactif et va servir essentiellement à augmenter la quantité et la rapidité de pénétration du produit dans les organismes, donc à augmenter sa rapidité d'action, à élargir ses fonctions et à lui offrir une meilleure adhérence [342]. Il agit ainsi en favorisant l'étalement et la rétention de la matière active sur la feuille, et en réduisant son lessivage [344]. Des études, montrent que les adjuvants permettent ainsi une meilleure stabilité chimique des matières actives mais surtout une augmentation de la dispersion et de l'adhésion des gouttelettes sur la surface végétale, une plus grande facilité pour la pénétration dans les cellules, et la limitation des effets de «

drift » lors de l'épandage [339]. Stitt et Hurry [330], estiment que l'influence des adjuvants sur les produits formulés permet l'augmentation de la résistance à la photodégradation de la molécule, du fait qu'il est non synergique. Les adjuvants améliorent les performances des principes actifs en permettant notamment une réduction des doses d'emploi, limitant ainsi leur impact sur la faune et la flore et concourant à la protection de l'environnement [344]. Autrement, ils peuvent influencer sur les effets environnementaux en modifiant le mode de dispersion du produit ou sa persistance [279]. Nombreux auteurs, exhibent que les adjuvants sont biodégradables associés à une incorporation de matière active d'origine naturelle, leur utilisation est fondamentale dans le renforcement d'action et l'amélioration de l'efficacité des principes actifs tout en augmentant la surface de contact liquide-cuticule [344].

VI.1.2. Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* sur les traits de vies biochimiques

L'action des produits phytosanitaires sur les déprédateurs peut avoir comme conséquence divers changements internes. Une fois qu'un produit chimique pénètre dans l'organisme, il peut altérer directement le système endocrinien et indirectement l'attribution d'énergie ; ceci affecte la capacité reproductrice de l'individu qui déterminera de sérieuses perturbations sur le plan individuel et interindividuel [9]. Pour améliorer l'évaluation du risque d'altérations cellulaires résultant d'une exposition à des xénobiotiques, beaucoup d'outils ont été proposés ou utilisés, et nous pouvons citer les biomarqueurs. Ces derniers, seraient la réponse biologique (biochimique, cellulaire, physiologique ou comportementale) qui, dans un tissu, dans les liquides corporels ou au niveau d'un organisme dans son ensemble, donne une mesure d'exposition à un toxique et/ou d'effets produits par un ou plusieurs molécules. Les études, montrent que les produits chimiques peuvent atteindre toutes les organites intracellulaires et modifier leur nombre, leur structure et leur localisation dans la cellule. Ils peuvent aussi agir sur les réserves énergétiques (lipides et glycogène) intracellulaires [345, 346].

L'objectif de cette investigation est de montrer par les résultats le rôle des biomarqueurs énergétiques dans la compréhension des stratégies

comportementales ou physiologiques qui permettent aux femelles de *C. leucomelas* et d'*E. olivina* de contourner partiellement ou totalement les matières bioactives ou actives. Les individus, au cours de leur vie, doivent faire face à des demandes énergétiques variés, particulièrement pour des activités liées à la reproduction ou à la maintenance de l'organisme (croissance, défense immunitaire, mue...). Cependant, les ressources disponibles étant généralement limitées dans le temps et / ou l'espace, les individus devront faire face à un compromis pour l'allocation des ressources entre différentes activités qui entrent en compétition [185, 347]. Donc la disponibilité en énergie est un facteur limitant pour les processus physiologiques. Les résultats que nous avons obtenus sont discutés par rapport à la littérature de façon à proposer des perspectives de lutte. Le présent travail exprime les réactions métaboliques et les mesures pondérales de *C. leucomelas* et d'*E. olivina* sous l'effet des phytopréparations et du produit de synthèse Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. Les résultats annoncent un changement quantitatif important entre les réserves lipidiques et glucidiques stockées dans les tissus des femelles des modèles biologiques, où les réserves lipidiques sont très distinguées des réserves glucidiques. Les mesures pondérales affichent une stabilité marquée sous l'effet des deux types de régies comparé au témoin. La suprématie observée au niveau des biomarqueurs énergétiques lipidiques peut être expliquée probablement par une modification des traits de vies biochimiques des femelles suite à l'exposition aux différentes applications notamment le Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine et les extraits aqueux ratios *Dittrichia viscosa* / *Silene fuscata*. Cette hypothèse peut s'expliquer par le fait que le produit de synthèse a un effet excitateur sur la physiologie ou le comportement d'un organisme après exposition. Le taux d'activité métabolique d'un organisme, reflète la quantité d'énergie qu'il produit pour assurer ses fonctions vitales [348]. En présence de xénobiotiques, de nombreux mécanismes physiologiques sont mis en place : pour maintenir l'homéostasie, pour la détoxification, la protection et/ou la réparation des cellules; tous ces processus nécessitant de l'énergie. L'évaluation de cette production énergétique globale, permet donc d'estimer le coût du maintien des fonctions vitales et de la réponse au stress [349]. L'exposition au stress chimique peut perturber la balance (estimée comme la différence entre l'énergie assimilée et les dépenses énergétiques de base) énergétique des animaux comme résultat direct des coûts de tolérance

adoptés (e.g. mécanismes de défense, réparation des dommages) [350] et ce aux dépens de l'énergie allouée à la reproduction et à la croissance [351]. Cette balance énergétique peut également être négative, sous certaines conditions de l'environnement, ce qui engendre une consommation des réserves énergétiques pour activer/mettre en place des mécanismes de tolérance et de défense [351]. D'après Forbes et Forbes [36], si un organisme est tolérant parce qu'il consacre l'énergie disponible aux mécanismes de détoxification (les enzymes de détoxification) plutôt qu'à la croissance, le coût de la détoxification se reflètera par un taux de croissance réduit, en supposant que l'alimentation et la respiration ne soient pas modifiées.

Nos résultats sont conformes aux résultats d'autres études qui montrent que, les organismes exposés à la contamination chimique vont utiliser de l'énergie pour limiter l'altération physiologique causée par les substances présentes dans le milieu. Ainsi, la quantité d'énergie disponible pour assurer les fonctions vitales de l'organisme va être moins importante que chez des organismes non exposés. Le dosage des réserves énergétiques (protéines, glycogène et lipides) allouées aux différentes fonctions de l'organisme va donc renseigner sur l'état physiologique global des animaux [352]. Les lipides sont nécessaires au maintien d'une bonne santé : ils contribuent à la formation des membranes des cellules, à la synthèse des hormones ; sans oublier qu'ils représentent une source concentrée d'énergie, soit deux fois plus que les glucides ou les protéines [353]. La teneur en lipides est très liée à la survie, ce qui signifie que la diminution des réserves lipidiques pourrait être responsable de la mort des individus. Aussi, la taille et le poids, dont les diminutions sont certainement liées à la baisse des réserves lipidiques [354]. Il faut cependant noter que le taux lipidique mesuré correspond à la quantité de lipides contenue dans la totalité du corps de l'insecte. Les lipides sont impliqués dans différentes fonctions chez les insectes, pouvant jouer un rôle dans la survie, la dispersion ou encore constituer une source d'énergie cruciale pour la production des œufs [355]. Selon Amiard et Amiard-Triquet [138], les réserves énergétiques en lipides sont directement associées à la condition pondérale des organismes et au statut reproducteur.

Les résultats démontrent, une forte accumulation de réserves lipidiques chez la cohorte exposée au produit de synthèse. Les réponses les plus souvent décrites

dans la littérature veulent que les lipides s'accumulent généralement chez les organismes exposés à des contaminants organiques [356] ou à des situations de contamination multiples [357]. Dont une augmentation des métabolites lipidiques, favorisant ainsi le stockage du toxique. Selon Lagadic et *al.* [9], un bon nombre de composés organiques nocifs présentent un caractère lipophile qui leur permet de s'accumuler au sein des réserves lipidiques des organismes. Certains organes du corps contiennent donc des enzymes chargées de catalyser une série de réactions permettant une détoxification à la fois des composés nocifs présents dans l'organisme.

Les glucides représentent la principale source d'énergie nécessaire au métabolisme et fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement du système nerveux. Puisqu'ils sont digérés rapidement, ils libèrent leur énergie de façon relativement plus rapide que les protéines et les lipides [353]. Dans les conditions de stress environnemental, les réserves glucidiques sont épuisées pour satisfaire les demandes énergétiques [358].

Les résultats exposent, une perturbation assez importante du bilan énergétique glucidique des femelles de *C. leucomelas* et d'*E. olivina* suite aux applications de la dose de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. Aussi, les résultats montrent que les extraits ratios et de la plante entière accentuent les accumulations de réserves glucidiques comparées aux restes des extraits et au témoin. Selon Chaboussou [359], les biomarqueurs glucidique sont très faibles mais stables ce qui laisse supposé que la faible quantité du taux des sucres est relative à l'action de détoxification. Le coût énergétique d'un stress se solde par une diminution de la quantité d'énergie disponible pour la reproduction et la croissance et en conséquence par une réduction de la fitness des individus [360]. Un polluant peut également induire des changements de l'allocation de l'énergie se répercutant sur la progéniture [361].

En fin, de nombreux stress (physiques et/ou chimiques) peuvent entraîner la mobilisation des réserves énergétiques. Outre les variations liées à l'exposition à des toxiques, la variabilité des concentrations en réserves énergétiques des organismes est fonction des nombreux facteurs biotiques et/ ou abiotiques. Ces

réserves énergétiques peuvent être mobilisées pour alimenter des mécanismes de défense (Stockage, élimination, détoxification des contaminants). Dans cette situation de toxicité, les réserves énergétiques peuvent fournir des informations capitales sur les capacités de maintien, de croissance et de reproduction des individus [138].

VI.1.3. Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extraits aqueux *Dittrichia viscosa* sur les paramètres démographiques

Les fluctuations des conditions environnementales sont une des principales sources de variation auxquelles sont soumises les populations [362]. Selon DAJOZ [235], ces facteurs agissent sur les êtres vivants en modifiant leurs taux de fécondités et de mortalités ainsi que sur le cycle de développement et par conséquent sur les densités des populations. Parmi ces facteurs, les substances xénobiotiques qui ont la capacité d'agir sur un large spectre des espèces animales et végétales et d'en perturber le fonctionnement normal [270]. Donc, c'est en fonction de ce que l'environnement offre comme chances de survie, c'est-à-dire l'espérance de vie extrinsèque, que l'espérance de vie biologique de chaque individu peut devenir un atout [363].

Les résultats relatifs à l'application des différentes régies (Régie chimique et biologique) sur la fécondité de *C. leucomelas* et d'*E. olivina*, nous ont permis de voir clairement que la fécondité accuse une chute graduelle allant de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, puis les extraits aqueux ratios, suivie par l'extrait aqueux de la plante entière et enfin les extraits aqueux des différents compartiments, qui expriment une fécondité relativement importante et comparable à celle du témoin.

Selon Vilaginès [364], les pesticides peuvent avoir des effets directs par mort violente lorsque les doses létales sont atteintes ou des effets indirects par baisses de fécondité ou des malformations des descendants. Bernard [365], a montré, que la plupart des pesticides agissent sur la fécondité des organismes contaminés, par la stérilisation partielle ou totale et par la réduction du nombre d'œufs pondus.

Les résultats sont comparables à ceux discutés par Dallaire [366], qui a montré que le tébufénozide, affecte le développement ainsi que certains aspects de la communication chimique et du succès reproducteur des Lépidoptères. Ce produit provoque un ralentissement de la maturation ovarienne et conséquemment une diminution de la fécondité des femelles. Outre, les effets du tébufénozide sur la fécondité et la fertilité se sont avérés très variables suivant le stade de développement au moment du traitement. Dans le même aspect, les bioproducts, exercent des effets insecticides et réduisent ou perturbent la croissance de l'insecte à différents stades de leur vie [367, 368]. Ils ont des effets antiappétants, affectant la croissance, la mue, la fécondité ainsi que le développement des insectes [369]. Selon Tail et Doumandji-Mitiche [370], l'inule a manifesté vis-à-vis du criquet pèlerin une toxicité faible, cependant sa toxicité s'est traduite par une diminution importante de la fécondité des femelles traitées et du taux d'éclosion des œufs.

Les résultats démontrent que le taux d'accroissement (r_m) de *C. leucomelas* exposée à la matière active indique des valeurs plus importantes que celle enregistrées chez le témoin. De même, sous l'effet des extraits aqueux, le taux d'accroissement demeure proche au témoin. Pour les cohortes d'*E. olivina* exposées aux deux régies, les résultats illustrent que le taux d'accroissement est atténué suite aux différentes applications comparé au témoin. La réponse des espèces a été constante tout au long de l'exposition aux molécules toxiques ; l'effet s'est alors traduit par une variation dans le taux d'accroissement [371].

Le taux de reproduction (R_0) des femelles de *C. leucomelas* et d'*E. olivina* exposées aux phytopréparations et au Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine subi une décadence marquée par rapport au témoin, cette décadence est très accusée sous Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine, l'extrait ratio 2 et la plante entière. Le comportement, la reproduction et la survie des adultes de même que le nombre et les propriétés de leurs descendants peuvent être affectés par une exposition à ces pesticides [372]. La reproduction est souvent en relation étroite avec les variables environnementales, ces variables qui retardent la période de reproduction peuvent compromettre le succès de la reproduction [36]. Le même auteur, indique que l'impact des polluants au niveau de l'individu est plus souvent

en rapport avec la croissance et la reproduction qu'avec l'abondance des populations. Plusieurs auteurs, montrent que les perturbations non létales dues aux pesticides, peuvent réduire l'activité et la reproduction des insectes [373]. Des travaux réalisés étalent, que les insecticides peuvent avoir des effets subtils particulièrement en altérant la reconnaissance du partenaire pour la reproduction et l'identification du site de ponte. Ainsi les produits montrent une altération de l'expression de gènes importants pour la reproduction. Ces travaux ont démontré une grande subtilité des effets des insecticides sur les capacités des insectes à se reproduire [374]. D'autres études ont montré un lien important entre l'exposition aux pesticides et certains troubles de la reproduction et du développement [273]. La reproduction peut être perturbée par une tératogenèse directe (mutation) ou indirecte (malformations par trouble du développement), l'inhibition du comportement maternel de protection, la faiblesse des réserves vitellines cédées à la descendance [375].

Le biopesticide peut perturber la reproduction des adultes, en prolongeant la période de préoviposition et en réduisant la période de dépôt des œufs puisque les femelles fécondées, ne pouvant vivre plus d'un ou deux jours, ce qui réduit le nombre d'œufs déposés [376].

Un affaiblissement marquant le temps de génération moyen (T) est signalée chez la population de *C. leucomelas* suite à l'utilisation de la dose homologuée de la matière active comparée aux autres traitements qui restent proche du témoin. Les mêmes résultats renseignent que la matière active et les extraits aqueux persistent comme traitements affectant le temps de génération moyen (T) des populations *Euphyllura olivina*. Les résultats montrent que les différentes régies n'affectent guère le taux de multiplication (λ) des populations étudiés. Egalement les différentes régies provoquent une faible progression dans le temps de doublement (D_T) de *Chaitophorus leucomelas* et d'*Euphyllura olivina*.

VI.2. Évaluation de l'effet non intentionnel des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur la biochimie des plantes hôtes *Populus nigra* et *Olea europaea*

Les pesticides infligent aux plantes plusieurs effets néfastes, qui peuvent aller de marques visibles (lésions nécrotiques) à la mort prématurée des plantes en passant par un ralentissement de croissance et une baisse de rendement. Les pesticides pénètrent dans les feuilles par les stomates et sont transportés à l'intérieur des cellules et peuvent ainsi nuire à la respiration normale et aux mécanismes de la photosynthèse en altérant la chlorophylle, le transport des électrons et la phosphorylation oxydative. Ils peuvent également perturber l'activité biochimique et physiologique dont la synthèse des glucides et des acides aminés [377].

Les résultats relatifs à la qualité phytochimique de *Populus nigra* et d'*Olea europaea* montrent que les extraits aqueux ratios et la matière active semble d'avoir un effet remarquable sur les quantités de la proline. De même, les résultats désignent également que les taux des sucres totaux de l'arbre fruitier et de l'essence forestière sont influencés par les deux régies biologique et chimique. Par ailleurs, nous remarquons la présence d'une perturbation graduelle des taux des principes actifs proline et sucres totaux allant de l'extrait aqueux, la demi-dose et enfin la dose homologue de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine. Ces résultats, nous ont conduits à admettre que la matière de synthèse a occasionné un effet déstabilisant dans la biochimie de la plante, cet effet est expliqué par des changements dans les concentrations des solutés compatibles dans la plantes telle que la proline et les sucres totaux. Chez les plantes, les sucres sont nécessaires pour soutenir la croissance et la régulation de l'expression génique [378]. Ils sont également considérés comme de bons osmorégulateurs [379] qui peuvent jouer un rôle important dans l'adaptation des plantes au stress osmotique [380]. Selon Rosa et al. [381], les sucres , ont un double rôle chez les plantes, ils participent aux événements métaboliques et agissent comme signaux moléculaires pour la régulation des différents gènes, en particulier ceux qui sont impliqués dans la photosynthèse, le métabolisme du saccharose et de la synthèse d'osmolyte (acides aminés comme la proline, les

ammoniums quaternaires comme la glycine bétaine et les carbohydrates comme le tréhalose), ces derniers protègent les structures cellulaires des dommages liés au stress. Les sucres solubles agissent comme molécules de signalisation en situation de stress [382]. Selon Chunyang [383], le taux des sucres augmente considérablement chez des plantes soumises aux différents types de stress. Ils sont aussi impliqués dans les réponses aux stress, tout en agissant comme des molécules signal activant des voies de régulation des réponses [384].

Plusieurs auteurs ont montré, que la proline figure parmi les osmoprotectants les plus importants, elle protège les enzymes, les structures des protéines et les membranes des organites; également elle fournit de l'énergie pour la croissance et la survie de la plante [385, 386]. Cependant, son efficacité dépend de l'espèce végétale, du stade de développement et de sa concentration. Nos résultats correspondent aux résultats d'autres études, qui étalent que la proline est un marqueur de résistance aux contraintes abiotiques et son accumulation est l'une des manifestations les plus remarquables du stress. D'un autre point de vue, l'accumulation de proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique [387]. La particularité dans l'accumulation de la proline par les plantes hautement stressées peut être un des paramètres pour caractériser le développement de la tolérance. Tout simplement les quantités accumulées pourraient être liées au niveau de tolérance aux stress [388]. Cette accumulation, induite par les stress peut être le résultat de trois processus complémentaires: *Stimulation de la synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines*. En plus, la proline a un rôle dans le renforcement du système antioxydant et de lutte contre les dommages du stress. [389, 390]. Elle pourrait également intervenir dans la régulation du pH cytoplasmique [391] ou constituer une réserve d'azote utilisée par la plante après la période du stress [392].

IV.3. Evaluation de l'effet non intentionnel du Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine et des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* sur la biocénose de *Populus nigra* et d'*Olea europaea*

L'utilisation des insecticides dans le cadre de la lutte intégrée est le plus souvent indispensable pour assurer une production abondante, régulière et de qualité. Mais cette utilisation n'a pas été sans conséquence tant aux niveaux des populations de ravageurs que de l'environnement. L'un des aspects importants à évoquer est la faible spécificité des produits phytopharmaceutiques entraînant d'importants déséquilibres et la disparition de nombreuses espèces utiles non cible [393]. Selon Forbes et Forbes [36], les effets des produits chimiques sur les systèmes vivants peuvent être détectés à tous les niveaux d'organisation biologique.

L'évaluation des effets non intentionnels des produits appliqués sur la biocénose de *P. nigra* et *O. europaea* fait partie des objectifs de la présente étude. Les résultats remportés nous ont permis de constater que l'action de la régie chimique Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine exerce une menace très importante sur la disponibilité biocénotiques par rapport à la régie biologique qui exerce une action moins menaçante.

Ces résultats confirment que les matières de synthèses ont un impact négatif sur la majorité des arthropodes. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par Burel et Garnier [88], qui indiquent que les pesticides ont souvent un effet réducteur sur les ennemis naturels des ravageurs, et sur les insectes d'utilités agronomiques. Les mêmes auteurs, montrent l'impact de substances actives insecticides, acaricides, fongicides, herbicides ou molluscicides, sur des arthropodes auxiliaires et non auxiliaires, épigés et hypogés [88]. Les arthropodes épigés subissent le plus directement l'effet des pesticides et en particulier des insecticides. Les effets sur la faune étant souvent liés au cycle de vie de certains groupes. En règle générale, les effets des produits phytosanitaires sur les arthropodes et particulièrement les auxiliaires et les ravageurs des cultures, dépendent des traits de vie, des paramètres démographiques et du stade de développement au moment de l'application [394]. Autrement dit, l'action des

insecticides varie en fonction des espèces, ils peuvent modifier la structure des communautés en augmentant l'abondance de certains taxons et diminuant l'abondance d'autres taxons.

Le recours aux biopesticides botaniques est considéré comme étant une méthode respectueuse de l'environnement, surtout lorsqu'elle est comparées à la méthode chimique. L'utilisation de certaines molécules d'extraits végétaux à certaines concentrations semble exercer une attraction sur les auxiliaires, il semble que des effets de phytotoxicité ainsi que des effets attractifs vis-à-vis de certains ravageurs soient parfois observés. Il est reconnu que les métabolites secondaires des plantes puissent également avoir des effets sur de nombreux arthropodes auxiliaires [88].

Nous signalons également que la reprise de l'activité biocénotique est au profit des applications biologiques où un nombre assez important de spécimen comparé au traitement chimique. Ce qui explique l'action passagère des extraits aqueux. De ce contexte certains auteurs mentionnent que les effets à moyen et long termes des pesticides dépendent de l'hétérogénéité des agro-écosystèmes et de la mobilité des organismes, et donc de leurs capacités de recolonisation à partir des zones refuges non traitées [88]. Parallèlement d'autre auteurs ont montre que les biopesticides sont moins persistants dans l'environnement et requièrent plus de surveillance sur le terrain pour déterminer les seuils de fonctionnement [395].

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Par la présente étude, nous avons essayé de mettre en exergue les potentialités agro-phytosanitaires des plantes spontanées pouvant être utilisées comme biocides dans la protection des plantes. L'étude a pour objectif d'augmenter la toxicité des extraits de plante à activité insecticide et d'estimer l'efficacité globale des molécules bioactives.

La présente recherche a été menée dans le cadre de l'évaluation de la toxicité des extraits aqueux de *Dittrichia viscosa* / *Silene fuscata* par comparaison à un produit de synthèse Thiaméthoxame / Lambda-cyhalothrine sur la population du puceron de peuplier noir *Chaitophorus leucomelas* et le psylle de l'olivier *Euphyllura olivina*.

Les résultats relatifs aux applications des extraits aqueux de la plante entière de *Dittrichia viscosa* ainsi que leurs compartiments (Feuilles, Tige, Racine), des extraits aqueux ratios *Dittrichia viscosa* / *Silene fuscata* (R1, R2) et du produit chimique Thiaméthoxame / Lambda-cyhalothrine ont montré une efficacité notable.

Le recours aux extraits aqueux ratios (*Dittrichia viscosa* / *Silene fuscata*) a permis d'augmenter la capacité toxique des molécules bioactives dont l'expression s'est exprimée par une diminution importante des abondances et des populations résiduelles, avec une précocité d'effet acceptable par comparaison aux extraits aqueux non ratio, qui exercent une toxicité plus ou moins tardive. Cette action de choc signalée sur la structure populationnelle de *C. leucomelas* et d'*E. olivina*, étale une gradation de toxicité positive allant des extraits aqueux des différents compartiments, les extraits aqueux de la plante entière, les extraits aqueux ratio et par la suite la matière active Thiaméthoxame / Lambda-cyhalothrine. La reprise d'activité biocénotique est caractérisée par une augmentation remarquable des effectifs suite à l'application de la régie chimique par comparaison à la régie biologique où nous avons enregistré une reprise assez modérée.

Une perturbation remarquable des traits de vies biochimiques et pondéraux des femelles de *C. leucomelas* et d'*E. olivina* est enregistrée suite à l'action des régies biologiques et chimiques. Cette perturbation se manifeste par une diversité quantitative importante entre les réserves lipidiques et glucidiques où les taux des réserves lipidiques sont très distingués. Il est très important de signaler, la dominance des réserves lipidiques sous l'effet de la matière active Thiamethoxame / Lambda-cyhalothrine par comparaison aux biomécules. Les biomarqueurs glucidiques et les mesures pondérales des femelles accusent une certaine stabilité au cours du suivi, avec une action perturbatrice moyennement importante sous l'effet de la régie chimique.

Les résultats relatifs aux paramètres démographiques montrent que la fécondité de *C. leucomelas* et d'*E. olivina* a subi une régression graduelle marquante sous l'action de matière active, des extraits aqueux ratio et de l'extrait aqueux de la plante entière, si l'on compare aux extraits aqueux des différents compartiments où la fécondité enregistre une certaine stabilité. Une faible perturbation a été enregistrée dans le taux d'accroissement des populations étudiés exposées aux deux régies par rapport au témoin. Les mêmes résultats, démontrent encore que le taux reproduction des femelles est influencé par les deux régies, avec une perturbation excitatrice de la matière active par rapport aux phytopréparations. Les produits appliqués n'enregistrent aucune significativité sur le temps de génération moyen (T), le taux de multiplication (λ) et le temps de doublement (D_t) des populations par rapport au témoin.

Les résultats relatifs à la qualité phytochimique de *Populus nigra* et d'*Olea europaea* illustrent que les phytopréparation et la matière active semble avoir un effet perturbateur sur les quantités de la proline et des sucres totaux. Dans le même ordre d'idée, nous soulignons la présence d'une gradation des taux des principes actifs allant de l'extrait aqueux, la demi-dose et la dose homologue de la matière active.

L'effet non intentionnels des applications phytosanitaires sur l'entomocénose de *Populus nigra* et d'*Olea europaea* est très détonné où nous remarquons que le

produit de synthèse Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine exerce une pression importante sur la disponibilité entomofauniques comparé aux bioproduits.

Globalement, les bioproduits provoquent un effet toxique important avec une faible action perturbatrice sur les traits de vies biochimiques et démographique des ravageurs en comparaison au produit de synthèse. Il est intéressant de noter également que, l'effet non intentionnel des bioproduits reste limité sur les plantes et ces biocénoses circulantes. Sur la base de ces résultats, nous concluons que les bioproduits possèdent une efficacité globale importante en comparaison au produit de synthèse.

A cette fin, nous suggérons la détermination des caractéristiques des molécules bioactives des extraits de plante de manière à pouvoir mieux exploiter ces ressources phytogénétiques naturelles. Donc, il serait intéressant de pousser les explorations afin de sécuriser les principes actifs par des formulations prolongeant l'activité des biocides inertes dans les conditions naturelles.

L'intégration des biomarqueurs comme outil de diagnostic des effets délétères des xénobiotiques, nous pousse à améliorer d'avantage nos connaissances sur la toxicodynamie des molécules toxiques et les diverses réponses de l'organisme exposé au stress chimique.

L'évaluation des changements des concentrations des particules phytochimiques devait passer par des analyses supplémentaires ayant pour le but d'évaluer l'impact d'une telle variation sur l'intégrité de la plante.

Appendice A.1

Les biocénoses inventoriées



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12

Appendice A.1 (Suite)



13



14



15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27



28

Appendice A 1(Suite)



29



30



31



32



33



34



35



36



37



38



39



40



41



42



43



44

Appendice A.1(Suite)



45



46



47



48



49



50



51



52



53



54



55



56



57



58



59



60

Appendice A 1(Suite)



61



62



63



64



65



66



67



68



69



70



71



72



73



74

Appendice A 1(Suite)



75



76



77



78



79



80



81



82

APPENDICE A.2

Les biocénoses de *Populus nigra*

	S/Familles	Ordres	S/Ordres	Familles	Genres et Espèces
1	<i>Cocalg</i>	Coléoptères	Polyphaga	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i>
2	<i>Hipvar</i>	Coléoptères	Polyphaga	Coccinellidae	<i>Hippodamia (Adonia) variegata</i>
3	<i>Psyvig</i>	Coléoptères	Polyphaga	Coccinellidae	<i>Psyllobora (Thea) vigintiduopunctata</i>
4	<i>Rhychr</i>	Coléoptères	Polyphaga	Coccinellidae	<i>Rhyzobius chrysomeloides</i>
5	<i>Slypal</i>	Coléoptères	Polyphaga	Coccinellidae	<i>Slymnus pallidiformis</i>
6	<i>Myroct</i>	Coléoptères	Polyphaga	Coccinellidae	<i>Myrrha octodecimpunctata (Linne)</i>
7	<i>Oendou</i>	Coléoptères	Polyphaga	Coccinellidae	<i>Oenopia doublieri (Mulsant)</i>
8	Coléo1	Coléoptères			
9	Coléo2	Coléoptères	Polyphaga	Curculionidae	
10	Coléo3	Coléoptères			
11	Coléo4	Coléoptères			
12	Coléo5	Coléoptères			
13	Coléo6	Coléoptères			
14	Coléo7	Coléoptères			
15	Coléo8	Coléoptères	Polyphaga	Staphylinidae	
16	Coléo9	Coléoptères	Polyphaga	Staphylinidae	
17	Hym1	Hyménoptère	Apocrita		
18	HymIchn1	Hyménoptère	Apocrita	Ichneumonidae	
19	HymIchn2	Hyménoptère	Apocrita	Ichneumonidae	
20	HymIchn3	Hyménoptère	Apocrita	Ichneumonidae	
21	HymIchn4	Hyménoptère	Apocrita		
22	HymIchn5	Hyménoptère	Apocrita		
23	HymIchn6	Hyménoptère	Apocrita		
24	Hym8	Hyménoptère			
25	Hym9	Hyménoptère			
26	<i>Vesger</i>	Hyménoptère	Apocrita	Vespidae	<i>Vespa germanica</i>
27	Hym10	Hyménoptère	Apocrita		
28	<i>Apimel</i>	Hyménoptère	Apocrita	Apidae	<i>Apis mellifera</i>
29	Hym12	Hyménoptère			
30	Hym13	Hyménoptère			
31	Hym14	Hyménoptère			
32	Hym15	Hyménoptère			
33	Hym16	Hyménoptère			
34	<i>Forruf</i>	Hyménoptère	Apocrita	Formicidae	<i>Formica rufa</i>
35	<i>For2</i>	Hyménoptère			
36	<i>For3</i>	Hyménoptère			

37	<i>For4</i>	Hyménoptère	Apocrita	Formicidae	<i>Tapinoma nigerrimum</i>
38	chrygn	Hyménoptère	Apocrita	Chrysididae	<i>Chrysis ignita</i>
39	Hym17	Hyménoptère			
40	Hym18	Hyménoptère			
41	Hym19				
42	Neu	Neuroptères		Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>
43	Dip1	Diptères	Nématocère		
44	Dip2	Diptères			
45	Dip3	Diptères			
46	Dip4	Diptères			
47	Dip5	Diptères			
48	Dip6	Diptères			
49	Dip7	Diptères		Psychodidae	<i>Psychoda phalaenoides</i>
50	Dip8	Diptères			
51	Dip9	Diptères			
52	Dip10	Diptères			
53	Dip11	Diptères	Cyclorrhaphe	Muscidae	<i>Musca domestica</i>
54	Dip12	Diptères	Cyclorrhaphe	Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i>
55	Sarcar	Diptères	Cyclorrhaphe	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga carnaria</i>
56	Dip13	Diptères			
57	Dip14	Diptères			
58	Dip15	Diptères			
59	Dip16	Diptères			
60	Dip17	Diptères			
61	Dip18	Diptères			
62	Dip19	Diptères	Cyclorrhaphe	Syrphidae	<i>Syrphus ribesii</i>
63	Dip20	Diptères	Cyclorrhaphe	Syrphidae	<i>Episyrphus balteatus</i>
64	Hét1	Hétéroptère			
65	Hét2	Hétéroptère			
66	Hét3	Hétéroptère		Trigidae	<i>Monosteira unicastata</i>
67	<i>Calfla</i>	Isoptères		Kalotermitidae	<i>Kaloterms flavicollis</i>
68	Hom1	Homoptère		Lecanidae	
69	Hom2	Homoptère			
70	Hom3	Homoptère			
71	Hom4	Homoptère		Psyllidae	
72	<i>Plugam</i>	Lépidoptère			<i>Plusia gamma</i>
73	<i>Manrel</i>	Montoptère		Mantidae	<i>Mantis religiosa</i>
74	<i>Iriora</i>	Montoptère		Mantidae	<i>Iris oratoria</i>
75	<i>Porsp</i>	Clopode	/	Porcellionidae	<i>Porcelio sp.</i>
76	Bla	Blattariés			

APPENDICE B.

LISTE DES SYMBOLES ET D'ABREVIATIONS

A.C.P	: Analyse en Composantes Principales
ACh	: Acétylcholine
AChE	: Acétylcholinestérase
°C	: Degrés Celsius
G.L.M	: modèle linéaire global
GST	: Glutathion S-transférases
MTs	: protéines métallothionéines
H ₂ SO ₄	: Acide sulfurique
M	: Mètre
µL	: Microlitres
µg	: Microgramme
Min	: Minute
Moy	: Moyen
ml	: Millilitre
N°	: Nombre
Nm	: Nanomètre
P	: Pluviométrie
T Min	: Température Minimal
T Max	: Température Maximal
Q2	: coefficient pluviométrique

APPENDICE C

Climatologie de la région de Soumâa d'étude pendant les années (1984-2013), 2011 et 2013, (Station météorologique de l'Agence Nationale de la recherche hydraulique de Soumâa).

1984-2013 :

	Jav	fev	mar	Avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
T Max (°C)	13,74	15,80	18,69	21,15	24,88	29,77	32,95	33,88	29,90	25,43	20,09	16,84
T Min (°C)	5,03	8,40	9,46	11,32	14,34	18,15	20,85	21,59	19,28	21,73	11,96	9,10
T° Moy	11,45	11,96	13,70	15,58	18,78	23,09	26,17	27,01	23,63	20,26	15,40	12,58
Pv (mm)	75,03	72,77	60,83	59,23	52,73	13,87	2,37	6,79	31,14	56,86	93,96	77,07
H (%)	70,60	71,03	69,73	68,67	69,20	63,73	61,70	60,66	64,18	66,61	68,97	70,54

Année 2011 :

	Jav	fev	mar	Avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
T Min (°C)	8,8	8,7	9,3	8	16,9	18,6	26	21,9	19,1	14,8	10,1	7,6
T Max (°C)	15,8	18,9	19,5	20,2	31,2	35,6	40,5	38,1	26	24,3	17	14,4
T° Moy	12,3	13,8	14,4	14,17	24,05	27,11	33,2	30	22,5	19,6	13,5	11
Pv (mm)	67,2	92,1	122,8	99,32	27,84	1,6	3,2	1,6	11	118	114,7	97,2
H (%)	72	70	66	73	70	69	58	58	69	67	68	73

Année 2013 :

	Jav	fev	mar	Avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
T Min (°C)	7,7	6,8	11,8	11,2	13,1	15,8	20	20,1	19,2	17	10,9	7,7
T Max (°C)	16,1	14,8	19,2	20,7	22,1	27,6	31,9	32,8	29,4	29	18	16,8
T° Moy	11,9	10,8	15,5	15,95	17,6	21,7	25,95	26,45	24,3	103,5	14,45	12,25
Pv (mm)	133	120	64	122	170	3	2	7	20	18	145	101
H (%)	71	70	65	75	74	64	70	64	72	68	74	75

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 **Auclerc, A., 2012.** Effets d'amendements calco-magnésiens sur la diversité des macro-invertébrés de sols forestiers et sur certains processus fonctionnels associés. Thèse de doctorat, LIEBE CNRS UMR 7146, Université de Lorraine, France, p 212.
- 2 **Van der Meijden, E., 1996.** Plant defence, an evolutionary dilemma: contrasting of (specialist and generalist) herbivores and natural enemies. *Entomol. Exp. Appl.* **80**: 307-310.
- 3 **Auberto, J.N.; Barbier, J.M.; Carpentier, A.; Gril, J.J.; Guichard, L.; Lucas, P.; Savary, S. & Voltz, M., 2005.** *Rapport expertise scientifique collective*, INRA – Cemagref .Pesticides, agriculture et environnement, 59p.
- 4 **Thakore, Y., 2006.** The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology.* **2**(3):294-208.
- 5 **Thomas, M.B., 1999.** Ecological approaches and the development of «truly integrated» pest management. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **96**: 5944-5951.
- 6 **Kouassi, M., 2001.** «La lutte biologique: une alternative viable à l'utilisation des pesticides?». *VertigO*, Vol. 2(2) URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/4101>.
- 7 **Levins, R., 1968.** *Evolution in changing environments*. Princeton University Press, Princeton, 142p.
- 8 **Molven, A. & Goksoyr, A., 1993.** Biochemical Effects and Biomonitoring of Organochlorines and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Marine Environment. *Biochemical Monitoring*, **18**: 137-161.
- 9 **Lagadic, L.; Caquet, T.; Amiard, J-C.; Ramade, F. & eds., 1997.** Biomarqueurs en écotoxicologie. Aspects fondamentaux. Collection Écologie, Paris, Masson, 419 pp.
- 10 **Shugart, L.R., 1990.** Biological monitoring: testing for genotoxicity.

Biomarkers of Environmental Contamination 205-216. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton.

- 11 **Peakall, D.W. & Walker, C.H., 1994.** The role of biomarkers in environmental assessment (3). *Ecotoxicology* **3**: 173–179.
- 12 **Depledge, M.H. & fossi, M.C., 1994.** The role of biomarkers in environmental assessment (2). Invertebrates, *Ecotoxicology* **3**:161-172.
- 13 **Larew, HG. & Locke, JC. , 1990.** Repellency and toxicity of horticultural oil against whitefly on *Chrysanthemum*. *HortScience* **25** (11), 1406-1407.
- 14 **Hågvar, E.B. & T. Hofsvang. 1991.** Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae): biology, *host selection and use in biological control*. *Biocontrol News Inf.* **12**: 13-41.
- 15 **Van Lenteren, J.C., 2008.** IOBC Internet Book of Biological Control. Wageningen, The Netherlands. Consulté le 01/06/2010 www.iobcglobal.org,www.unipa.it/iobc/view.php?pg=publications.
- 16 **Ouédraogo, E., 2004.** L'utilisation des insecticides naturels dans la protection des cultures au Burkina Faso. Communication faite au CTR de l'INERA Ouagadougou CEAS, 56 pp.
- 17 **Gomez, P.; Cubillo D.; Mora, GA. & Hilje, L., 1997.** Evolution de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*. II. Extractos vegetales. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* **29**: 17-25.
- 18 **Niber, B A., 1994.** The ability of powders and slurries from ten plant species to protect stored grain from attack by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrychidae) and *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* **30**: 297-301.
- 19 **Jacobson, M., 1989.** Botanical pesticides, past present and future In Arnason JT. et al. (Ed.). *Insecticides of plant origin*. Washington, D.C.: *American Chemical Society Symposium, series* **387**:1-10.
- 20 **Sanchez-Moreno C., 2002.** Methods used to evaluate the free scavenging activity in foods and biological systems, *Food Sci. and Technol. Inter.* **8**(3):121-137.
- 21 **Huang, D.; Ou, B. & Prior, R.L., 2005.** The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J. Agric. and Food Chemist.* **53**: 1841-1856.

- 22 **Tu, M. & Randall, J.M., 2003.** Adjuvants. Weed Control Methods Handbook, The Nature Conservancy, pp 8-25.
- 23 **Chandrashekar, K. & Srinivasa, N., 2003.** Residual toxicity of selected pesticides, against two spotted spider mites *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) infesting French bean. *J. Ent. Res.* 27: 197-201.
- 24 **Moriarty, F., 1990.** Ecotoxicology. The study of pollutants in Ecosystems. Academic Press, London, 289p.
- 25 **Butler, P.A. & Lowe, JI., 1978.** Flowing sea water toxicity tests using oyster (*Crassostrea virginica*). In Bioassay Procedures for the Ocean Disposal Permit Program, EPA-600/9-78-010, 25-27.
- 26 **Ramade, F., 2007.** Introduction à l'écotoxicologie. Ed: Dunod. 550p.
- 27 **Ramade, F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Paris, *Edi science internationale*, 786p.
- 28 **Van Der Oost, R.; Beyer, J. & Vermeulen, N.P.E., 2003,** Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13 (2): 57-149.
- 29 **Pépin, J-M, 2006.** Impacts Écotoxicologiques de certains médicaments dans l'environnement. Centre Universitaire De Formation En Environnement Université De Sherbrooke, Québec, Canada.
- 30 **Lemière, B.; Seguin, C.; Le Guern, C.; Guyonne, D.; Barnger Ph.; Conil, P. & Darmendrail D., 2001.** Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes .BRGM /RP-50662-FR.
- 31 **Sasseville, J.L., 1980.** La problématique des substances toxiques dans l'environnement, tome 1 : L'agression toxique. Bureau sur les substances toxiques, Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec, p 46.
- 32 **Gilles, L., 2004.** Notions toxicologie. 2^{ème} éd. revue et augmentée, Québec, ISBN 2-551-22538-8. 66 p. www.csst.qc.ca
- 33 **Viau, C. & Tardif, R., 2003.** Toxicologie. In : Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, Dewailly E, rédacteurs. Edisem / Tec & doc, Acton Vale / Paris. pp. 119-143.

- 34 Lauwerys, RR.; Haufroid, V.; Hoet, P. & Lison, D., 2007.** Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Masson, Paris, 1252 p.
- 35 Truhaut, R., 1977.** Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. *Ecotoxicol Environ Saf*, 1 :151-173.
- 36 Forbes, V.E. & Forbes, T.L., 1997.** Ecotoxicologie: théorie et applications. Editions Quae, Paris, 256p.
- 37 Walker, C.H.; Hopkin, S.P.; Sibly, R.M. & Peakall, D.B., 2006.** Principles of Ecotoxicology (Third Edition). CRC Press, Boca Raton, 315p.
- 38 Sancey, B., 2011.** Développement de la bio-adsorption pour décontaminer des effluents de rejets industriels : Abattement chimique et gain environnemental. Thèse de Doctorat, Université de Besançon.
- 39 Dybing, E.; Doe, J.; Groten, J.; Kleiner, J.; O'brien, J. & coll, H., 2002** characterization of chemicals in food and diet: dose response, mechanisms and extrapolation issues. *Food Chem Tox.* 40:237-282
- 40 Vandenberg, Ln.; Hauser, R.; Marcus, M.; Olea, N. & Welshons, Wv., 2007.** Human exposure to bisphenol A (BPA). *Reprod Toxicol.* 24:139-177
- 41 Lehman-Mckeeman, LD., 2008.** Absorption, distribution and excretion of toxicants. . *In: Casarett and Doull's Toxicology – The basic science of poisons.* In: Ed CD Klaassen, editors. McGraw-Hill; New York: 131160
- 42 Van Coillie, R., 2011.** Écotoxicologie générale et appliquée. Ed. Télé-université, TÉLUQ, ISBN 978-2-7624-2358-7, 552 p.
- 43 Ashauer, R. & Escher, Bl., 2010.** Advantages of toxicokinetic and toxicodynamic modelling in aquatic ecotoxicology and risk assessment. *Journal of Environmental Monitoring*, 12: 2056 - 2061.
- 44 Onil, S. & Saint-Laurent, L., 2001.** Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère. Guide technique, Institut national de santé publique du Québec. IRSST - Direction des communications 505, boul. de Maisonneuve Ouest Montréal (Québec)
- 45 Chevallier, R. & Pairain, R., 1968.** Mesure de la toxicité des pollutions en milieu aquatique remarques concernant les herbicides et les coquillages .Science et Pêche. Bull. Inst. Pêches marit., N° 166.

- 46 **Mazid, M.; Khan, T.A. & Mohammad, F., 2011.** Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biol. Med* 3, 232-249.
- 47 **Huignard, J.; Glitho, I.A.; Monge, J.-P. & Regnault-Roger, C., 2011.** Insectes ravageurs des grains de légumineuses Biologique des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quae, RD 10,78026 Versailles Cedex, France, ISBN: 978-2-7592-1659-8, ISSN: 1773-7923.
- 48 **Alfaro, R.; Lewis, K.; King, J.; El-Kassaby, Y.A.; Brown, G. & Smith L.D., 2000.** Budburst phenology of Sitka spruce and its relationship to white pine weevij attack. *For. Eco. Management* 127: 19-29.
- 49 **Telišman, S., 1995.** «Interactions of essential and/or toxic metals and metalloids regarding interindividual differences in susceptibility to various toxicants and chronic diseases in man», *Arhivza Higijenu Radai Toksikologiju*, vol. 46, n° 4, pp. 459-476.
- 50 **Viau, C. & Tardif, R., 2003.** Toxicologie. In: Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, Dewailly E, rédacteurs. Edisem / Tec & doc, Acton Vale / Paris. pp. 119-143.
- 51 **Lapointe, G., 2004.** Notions de Toxicologie. 2 nd ed. Commission de la santé et de la sécurité du travail (Québec, Canada), 16-20.
- 52 **Habi, S., 2010.** Etude de la Métallo-résistance et de l'Halo-tolérance des Entérobactéries Isolées des Eaux de Surface de la Région de Sétif. Thèse de doctorat, Université Ferhat ABBAS, Sétif. 100 p.
- 53 **Mackauer, M. & Kambhampati, S., 1986.** Structural changes in the parasite guild attacking the pea aphid in North America. In: I. Hodek (ed.) Ecology of Aphidophaga 1986. Academia, Prague and Dr. J.W. Junk, Dordrecht. pp. 346-354.
- 54 **OEPP, 2014.** Efficacy evaluation of plant protection products. ISSN 0250-8052. DOI: 10.1111/epp.12135, **44** (3), PP 274–277.
- 55 **Faessel, L.; Gomy, C.; Nassr, N.; Tostivint, C.; Hipper, C. & Dechanteloup, A., 2014.** Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes ; Etude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques. BIO by Deloitte (BIO) et RITTMO Agroenvironnement (RITTMO), p.156.
- 56 **OEMPP, 2012.** Introduction à l'évaluation biologique des produits

phytosanitaires. EPPO - Licenced for guest – Guest. pp 1/223(2).

- 57 ANSES, 2013.** Note d'information aux pétitionnaires concernant l'homologation des MFSC.
- 58 Who, 1992.** Vector resistance to pesticides: Fifteenth report of the expert committee on vector biology and control. Technical Reports Series Ed. WHO. *Geneve, 818: 58.*
- 59 Milaire, H.G., 1982.** Résistance des organismes vivants aux substances chimiques. *Cah. Liaison O.P.I.E., 16(1), 44,3-6.*
- 60 Hamon, J., 1963.** L'importance des changements de comportement chez les insectes. *Bull World Health Organ. 29:115-120.*
- 61 INRA, 2006.** Pesticides, agriculture et environnement : rapport d'expertise, INRA et Cemagref.
- 62 Awolola, T.S.; Oduola, O.A.; Strode, C.; Koekemoer, L.L.; Brooke, B. & Ranson, H., 2009.** Evidence of multiple pyrethroid resistance mechanisms in the malaria vector *Anopheles gambiae sensu stricto* from Nigeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 103:1139-1145.*
- 63 Lapied, B.; Stankiewicz, M.; Grolleau, F.; Rochat, H.; Zlotkin, E. & Pelhate, M., 1999.** Biophysical properties of scorpion alpha-toxin-sensitive background sodium channel contributing to the pacemaker activity in insect neurosecretory cells (DUM neurons). *Eur J Neurosci 11: 1449-60.*
- 64 Es-Salah, Z.; Lapied, B.; Le Goff, G. & Hamon, A., 2008.** RNA editing regulates insect gamma-aminobutyric acid receptor function and insecticide sensitivity, *Neuroreport 19, 939-943.*
- 65 Courjaret, R. & Lapied, B., 2011.** Complex intracellular messenger pathways regulate one type of neuronal alpha-bungarotoxin-resistant nicotinic acetylcholine receptors expressed in insect neurosecretory cells (dorsal unpaired median neurons). *Mol Pharmacol 60:80-91.*
- 66 Vila, M.; Mehier, S.; Pascal-Lorber, S. & Laurent, F., 2006.** Phytotoxicity to and uptake of RDX by rice. *Environmental Pollution, (in press), DOI 10.1016/j.envpol.2006.1005.1009*
- 67 Gupta, N.; Khan, D.K. & Snatra, S.C., 2007.** An assessment of heavy

metal contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 80:115-118.

- 68 Pourrut, B., 2008.** Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, *Vicia faba*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse. 297 p.
- 69 Greaver, T.; Sullivan, T.J.; Herrick, J.D.; Barber, M.C.; Baron, J.S.; Cosby, B.J.; Deerhake, M.E.; Dennis, R.L.; Dubois J.J.B.; Goodale, C.L.; Herlihy, A.T.; Lawrence, G.B.; Liu, L.; Lynch, J.A. & K.J. Novak, 2012.** Ecological effects of nitrogen and sulfur air pollution in the US: what do we know? *Front Ecol Environ* 10(7): 365–372.
- 70 Rigaud, C., 2015.** Réduire l'usage des pesticides. Eau et Rivières de Bretagne Venelle de la caserne-22200 Guingamp.
- 71 Sarthou, J.P., 2006.** Dossier : la biodiversité dans tous ses états. *Alter Agri* n°76, p 4-14.
- 72 Schmid, B.; Pfisterer, A.B. & Balvanera, P., 2009.** Effets of biodiversity on ecosystem, community, and population variables reported 1974-2004. *Ecology* 90/3: 853. *Ecological Archives* E090-059-D1.
- 73 Deguine, J-P.; Goanec, C.; Laurent, P.; Ratnadass, A. & Aubertot, J-N., 2015.** Protection agro-écologique des cultures. Ed. Quae, RD 10, 78026 Versailles cedex, France, 288p.
- 74 Le Roux, X.; Barbault, R.; Baudry, J.; Burel, F.; Doussan, I.; Granier, E.; Herzog, F.; Lavorel, S.; Lifran, R.; Roger-Estrade, J.; Sarthou, J-P. & Trommetter, M., 2008.** Agriculture et biodiversité : Valoriser les synergies, expertise scientifique collective, rapport Inra, Paris, 738p.
- 75 Ronzon, B., 2006.** Biodiversité et lutte biologique. Agriculture Biologique ENITA de Clermont Ferrand.
- 76 Noss, R.F., 1999.** Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management* 115 (2-3):135-146.
- 77 Peeters, A.; Maljean, J.; Biala, K. & Brouckaer, V., 2004.** Les indicateurs de biodiversité en prairie: un outil d'évaluation de la durabilité des systèmes d'élevage. La biodiversité des prairies: un patrimoine - un

rôle fonctionnel, Paris, AFPP, 226.

- 78 Duelli, P. & Obrist, M. K., 2003.** Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98: 87-98.
- 79 Clergué, B.; Amiaud, B. & Plantureux, S., 2004.** Evaluation de la biodiversité par des indicateurs agri-environnementaux à l'échelle d'un territoire agricole. Séminaire de l'Ecole Doctorale RP2E, Nancy, France, 56-63.
- 80 Gurr, G.M.; Wratten, S.D. & Luna, J.M., 2003.** Multifunction agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic Appl. Ecol.* 4: 107-116.
- 81 Alabouvette, C.; Backhouse, D.; Steinberg, C.; Donovan, N.J.; Edel-Hermann, V. & Burgess, L.W., 2004.** Microbial diversity in soil - effects on crop health. Managing soil quality: challenges in modern agriculture. P. Schjonning, Elmholt, S, Christensen, B.T. Wallingford, UK, *CABI Publishing*, 121-138.
- 82 Widmer, T.L.M. & Abawi, G. S. 2002.** Soil organic matter and management of plantparasitic nematodes. *Journal of Nematology* 34: 289-295.
- 83 Jackson, L. F. & Wennig, R. W., 1997.** Use of wheat cultivar blends to improve grain yield and quality and reduce disease and lodging. *Field Crops Research* 52: 261-269.
- 84 Sepp, K.; Mikk, M.; Mand, M. & Truu, J., 2004.** Bumblebee communities as an indicator for landscape monitoring in the agri-environmental programme. *Landscape and Urban Planning* 67: 173-183.
- 85 Clergué, B., 2008.** Evaluation de l'impact des pratiques agricoles sur les fonctions de la biodiversité à l'aide d'indicateurs agri-environnementaux : Approche globale et développement d'un indicateur« résistance aux stress biotiques ». Thèse de doctorat, INRA, Nancy-Colmar, 178p.
- 86 Daget, P. & Poissonet, J., 1971.** Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales agronomiques* 22: 5-41.
- 87 Séret, B., 2008.** Interview de Bernard Séret (chercheur de l'Institut de recherche pour le développement) par Paul Molga, *Journal Les Echos*, 13p.

- 88 **Burel, F. & Garnier, E., 2009.** Les effets de l'agriculture sur la biodiversité." *Ecological Indicators*, 5, 305-313.
- 89 **Wolters & Ekschmitt, 1997.** Gastropods, isopods, diplopods and chilopods: Neglecter groups of the decomposer food web. In: Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutriment fluxes and agricultural production. G Benckiser (ed), Marcel Dekker Inc. New York, pp. 265-306.
- 90 **Bünemann, E.K.; Schwenke, G.D. & Van Zwieten L., 2006.** Impact of agricultural inputs on soil organisms - a review. *Australian Journal of Soil Research* 44(4): 379-406.
- 91 **Didden, W. & Rombke, J., 2001.** Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 50(1): 25-43.
- 92 **Chu, H.; Lin, X.G.; Fujii, T.; Morimoto, S.; Yagi, K.; Hu, J. & Zhang J., 2007.** Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. *Soil Biology & Biochemistry* 39(11): 2971-2976.
- 93 **Zhang, Q.C.; Wang, G.H. & Yao, H.Y., 2007.** Phospholipid fatty acid patterns of microbial communities in paddy soil under different fertilizer treatments. *Journal of Environmental Sciences-China* 19(1): 55-59.
- 94 **Pysek, P.; Jarosik, V.; Kropac, Z.; Chytry, M.; Wild, J. & Tichy, L., 2005.** Effects of abiotic factors on species richness and cover in Central European weed communities. *Agriculture Ecosystems & Environment* 109: 1-8.
- 95 **Vlasenko, N.G. & Shtundyuk, D.A., 1994.** The effect of pesticides on the community of carabids in spring rape fields. *Agrokhimiya* 2: 89-94.
- 96 **Purvis, G., 1992.** A long-term study of the impact of methiocarb molluscicide on carabid populations and case history for interpretation of non-target pesticide effects in the field. *Aspects of Applied Biology* 31: 97-104.
- 97 **Paoletti, M.G. & Bressan, M., 1996.** Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. *Critical Reviews in Plant Sciences* 15(1): 21- 62.
- 98 **Frampton, G.K., 2002.** Long-term impacts of an organophosphate-based regime of pesticides on field and field-edge Collembola

communities. *Pest Management Science* 58(10): 991-1001.

- 99 Koehler, H.H., 1997.** Mesostigmata (Gamasina, Uropodina), efficient predators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 62(2): 105-117.
- 100 Foissner, W., 1997.** Protozoa as bioindicators in agroecosystems, with emphasis on farming practices, biocides, and biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 62(2-3): 93-103.
- 101 Marshall, E.J.P., 2001.** Biodiversity, herbicides and non target plants, The BCPC Conference - Weeds 2001: 855-862.
- 102 Charleston, D.S.; Kfir, R.; Dicke, M. & Vet, L.E.M., 2006.** Impact of botanical extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on populations of *Plutella xylostella* and its natural enemies: a field test of laboratory findings. *Biological Control* 39(1): 105-114.
- 103 Thomas, F. et Raymond, M., 2013.** Santé, médecine et santé de l'évolution: une introduction. Ed., De boeck solal, paris, ISBN: 978-2-35327-187-0
- 104 Stearns, S.C., 1992.** Natural selection, the cost of reproduction, and a refinement of Lack's principle. *Am. Nat.*, **100**, 687-690.
- 105 Roff, D.A., 2002.** Life History Evolution. Sinauer Associates Inc., Sunderland.
- 106 Begon, M.; Harper, J.L. & Townsend, C.R., 1996.** *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK.
- 107 Reznick, D.N. & Travis, J., 2001.** *The empirical study of adaptation in natural populations*. In: *Adaptation*, (M. R. Rose and G. V. Lauder, eds.) Academic Press, San Diego, CA, pp. 243-290
- 108 Keddy, P.A., 1992.** Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science* 3:157-164.
- 109 Shelford, V.E., 1913.** Animal Communities in Temperate America. Chicago: Univ Chicago Press, 362p.
- 110 Le Bras, Y., 2010.** Etude génétique et génomique de la réponse à un changement de salinité chez la truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss*. Thèse de doctorat, Uni. de RENNES 1, Bretagne, HAL Id: tel-00620203,

285p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-0062020>.

- 111 Eckert, R.; Randall, D.; Burgren, W. & French, K., 1999.** Animal physiology: Mechanisms and adaptations, Fourth edition. De Boeck.
- 112 Selye, H., 1936.** A syndrome produced by diverse nocuous agents, Nature, 138, 32
- 113 Mechanic, D., 1962.** Students under stress. New-York: Free Press of Glencoe.
- 114 Selye, H., 1975.** Le stress de la vie; le problème de l'adaptation. éd. Gallimard, preface, p. XI.
- 115 Hoffmann, D., 1986.** The holistic herbari way to succesful stress control. Angleterre: Thorsons Publishing Group.
- 116 Routier, A., 1991.** Le stress, Rappel du concept. Archives de Maladies Professionnelles, volume 52, n°4,, 254 p.
- 117 Cnockaert, J.C. & Mouzé-Amady, M., 1993.** Stress et cortisol salivaire : méthodologie, interprétation et utilisation sur le terrain. Les notes scientifiques et techniques de l'INRS, n° 98, 82 p.
- 118 Lôo, P., Lôo, H. & Galinowski, A., 2003.** Le stress permanent Réaction-adaptation de l'organisme aux aléas existentiels. 3^{ème} éd., MASSON S.A.-120, bd Saint-Germain, 75280 Paris cedex 06, ISBN: 2-294-01058-2, ISSN: 0398-6756, 141p.
- 119 Lacoste, A., 2001.** Neuroendocrinologie et neuroimmunologie du stress chez un modèle invertébrés .l'huître *Crossostrea gigas*. Thèse de Doctorat, Station biologique de Roscoff, 344p.
- 120 Boudarene, M.; Timsit-Berthier, M. & Legros, J.J., 1997.** Qu'est-ce que le stress? Rev. Med. Liège, vol. 52, n° 8 : 541-549.
- 121 Van Rillaer, J., 1992.** Stress chimique chez les êtres vivants. Md. Mardaga, 4^{ème} Ed., Belgique, D.2000-0024-12, I.S.B.N.2-87009-731-X, 369p.
- 122 Altmann, L., 2000.** Evaluation du stress chez le personnel de l'ANPE. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 146p.
- 123 Burgeot, T.; Minier, C.; Bocquene, G.; Vincent, F.; Cachot, J.,**

- Loizeau, V.; Jaouen, A.; Miramand, P.; Guyot, T.; Lesueur, P.; Rochard, E. & Boet, P., 1999. Des organismes sous stress. Ed. Ifremer, Programme scientifique Seine-Aval ISBN 2-84433-028-2, 35p.
- 124 **Depledge, M.H., 1994.** Genotypic toxicity: implications for individuals and populations, *Environ. Health Persp.* 102 (12), 101-104.
- 125 **Dupuy, C., 2014.** *Réponses de populations de poissons au stress chimique en milieux estuariens : intégration des réponses moléculaires, biochimiques et immunotoxicologiques.* Sciences agricoles. Université de Bretagne occidentale – Brest, U.B.O., HAL Id: tel-00951704, 237p.
- 126 **Dunier, M., 1996.** effets des pesticides et des métaux lourds sur le système immunitaire de la carpe *Cyprinus carpio*. *Ichthyophysiol.*, vol. Acta 14, p. 9-22.
- 127 **Sarasquete, C. & Segner, H., 2000.** Cytochrome P4501A (CYP1A) in teleostean fish. A review of immune histochemical studies. *The Science of The Total Environment*, vol. 247, no 2-3, p. 313-332.
- 128 **Hirt, H., 2012.** Des microbes bénéfiques peuvent aider des plantes à acquérir une tolérance aux stress environnementaux. Potentiels de la science pour l'avenir de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement. *Unité de Recherche en Génomique Végétale, Evry, France.*
- 129 **Calabrese, E.J.; Bachmann, K.A.; Bailer, A.J.; Bolger, P.M.; Borak, J. & Cai, L. 2007.** Biological stress response terminology: Integrating the concepts of adaptive response and preconditioning stress within a hormetic dose-response framework. *Toxicology and Applied Pharmacology* 222, 122-128.
- 130 **Serra, A.A., 2015.** Réponses écophysiologicals et moléculaires des plantes aux stress xénobiotiques complexes de faible intensité : implications dans les capacités de protection environnementale des bandes enherbées. Thèse de doctorat, UMR CNRS 6553 ECOBIO. Université de Rennes, Bretagne, 305p.
- 131 **Helander, M.; Saloniemi, I. & Saikkonen, K., 2012.** Glyphosate in northern ecosystems. *Trends in Plant Science* 17, 569-574.
- 132 **Jackson, R.D., 1986.** Remote sensing of biotic and abiotic plant stress. *Annual Review of Phytopathology* 24, 265-287.

- 133 **Calvet, R.; Barriuso, E.; Bedos, C., Benoit, P.; Charnay, MP. & Coquet Y., 2005.** Les pesticides dans le sol: Conséquences agronomiques et environnementales. Ed : France Agricole. 641pp.
- 134 **Cajaraville, M.P.; Bebianno, M. J.; Blasco, J.; Porte, C.; Sarasquete, C. & Viarengo, A., 2000.** *The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. Sci. Tot. Environ. 247(2-3): 295-311.*
- 135 **Vasseur, P. & Cossu-Leguille, C., 2003.** Biomarkers and community indices as complementary tools for environmental safety. *Environment International 28, 711-717.*
- 136 **Amiard, J.C.; Caquet, T. & Lagadic, L., 1998.** *Les biomarqueurs parmi les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement.* In Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement, pp. XXI-XXXI. Lavoisier, Paris.
- 137 **Van Haluwyn, C.; Cuny, D. & Garrec, J-P., 2011.** Définitions, concepts et enjeux généraux de la biosurveillance de la qualité de l'air. Biosurveillance de la pollution atmosphérique, France, 12p.
- 138 **Amiard, J.C. & Amiard-Triquet, C., 2008.** Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- 139 **Blandin, P., 1986.** Bioindicateur et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'Ecologie, T. 17(4): 1-309.*
- 140 **Raymond, M-P., 2008.** Évaluation des dommages écotoxicologiques à la suite d'un déversement d'hydrocarbures pétroliers en milieux marins côtiers: utilisation des bio-indicateurs. Centre Universitaire De Formation En Environnement Sherbrooke, Québec, Canada, 80p.
- 141 **Pelletier, É.; Campbell, P. & Denizeau, F., 2004.** *Écotoxicologie moléculaire : Principes fondamentaux et perspectives de développement.* Québec, Presses de l'Université du Québec, 462 p.
- 142 **Ringwood, A.H.; Hameedi, M.J.; Lee, R.F.; Brouwer, M.; Peters, E.C., Scott, G.I., Luoma, S.N. & Di Giulio, R.T., 1999.** *Bivalve biomarker workshop: overview and discussion summaries. Biomarkers, 4 (6), 391-399.*
- 143 **Viarengo, A.; Lowe, D.; Bolognesi, C.; Fabbri, E. & Koehler, A.,**

2007. The use of biomarkers in biomonitoring: a 2-tier approach assessing the level of pollutant induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comp. Biochem. Physiol. C* 146, 281–300.
- 144 **Huggett, R.; Kimerle, R.A.; Mehrle, P.M. & Bergmann, H.L. 1992.** Biomarkers: biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress. Lewis Publisher, Chelsea, 347 pp.
- 145 **Timbrell, J.A.; Drapper, R. & Waterfiel, C. 1994.** Biomarkers in toxicology: new uses for old molecules. *Toxicology and Ecotoxicology News* 1: 4-14.
- 146 **Koeman, J.H.; Köhler-Günther, A.; Kurelec, B.; Rivière, J.L.; Versteeg, D. & Walker, C.H., 1993.** Applications and Objectives of Biomarker Research, in: Biomarkers Research and Application in the Assessment of Environmental Health. pp. 1–13.
- 147 **Weeks, J.M., 1995.** The value of biomarkers for ecological risk assessment: academic toys or legislative tools? Weeks. 1995. value biomarkers Ecol. risk Assess. Acad. toys or Legis. tools? *Appl. Soil Ecol.* 2: 215-216.
- 148 **Adébiotech., 2009.** *Réflexion prospective autour des biomarqueurs.* Adébiotech Maison de la chimie 28, rue Saint-Dominique 75007 Paris.
- 149 **Depledge, M.H., 1993.** Ecotoxicology: a science or a management tool. *Ambio* 22: 51–52.
- 150 **Ermak, G. & Davies, K.J., 2001.** Calcium and oxidative stress: from cell signalling to cell death. *Mol. Immunol.* 38, 713-721.
- 151 **Tlili, S., 2012.** *Approche multi-marqueurs pour l'évaluation de l'état de santé du golfe de Tunis: Etude des réponses biochimiques, physiologiques et cytologiques des mollusques bivalves exposés aux effluents des oueds.* Thèse de doctorat. Université de Monastir, 250p.
- 152 **Burlando, B.; Marchi, B.; Panfoli, I. & Viarengo, A., 2002.** Essential role of Ca²⁺ dependent phospholipase A2 in estradiol-induced lysosome activation. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 283C, 1461-1468.
- 153 **Kâgi, J.H.R., 1991.** Overview of metallothionein. *Methods Enzymol.* 205, 613-626.
- 154 **Maret, W., 2000.** The function of zinc metallothionein: a link between

cellular zinc and redox state. *The Journal of nutrition* 130, 1455S-8S.

- 155 Ferreira, A. & Dolder, H., 2003.** Cytochemical study of spermiogenesis and mature spermatozoa in the lizard *Tropidurus itambere* (Reptilia, Squamata). *Acta Histochem.* 105, 339–352.
- 156 Koehler, A., 2004.** Toxic injury and gender-specific hepato cellular carcinogenesis in flounder (*Platichthys flesus* (L.)). *Aquat. Toxicol.* 70, 257-276.
- 157 De La Tore, F.; Ferrari, L. & Salibian, A., 2002.** Freshwater pollution biomarker: response of brain acetylcholinesterase activity in two fish Species. *Comp. Biochem. Physiol. C* 131, 271-280.
- 158 Calow, P., 1991.** Physiological costs of combating chemical toxicants: ecological implications. *Comp. Biochem. Physiol. C* 100, 3–6.
- 159 Holloway, G.J.; Sibly, R.M. & Povey, S.R., 1990.** Evolution in toxin-stressed environments. *Func. Ecol.* 4, 289-294
- 160 Durou, C., 2006.** Recherche d'indicateurs de l'état physiologique de l'annélide polychète endogée *Nereis diversicolor* en relation avec la qualité du milieu. Thèse de Doctorat, Université de Nantes. 201 p.
- 161 De Coen, W.M. & Janssen, C.R., 2003.** The missing biomarker link: relationship between effects on the cellular energy allocation biomarker of toxicant-stressed *Daphnia magna* and corresponding population characteristics. *Environ. Toxicol. Chem.* 22, 1632-1641.
- 162 Dabis, F. & Desenclos, J-C., 2012.** Epidémiologie de terrain Méthodes et applications. Ed. John Libbey Eurotext, Paris, ISBN: 978-2-7420-0803-2.<http://www.jle.com>
- 163 Bartels, D. & Sunkar, R., 2005.** Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Science* 24, 23-58.
- 164 Ben Naceur, M; Rahmoune, C.; Sdiri, H.; Meddahi, M.L. & Selmi, M., 2001.** Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 12(3): 167-174.
- 165 Khan, M.N.; Siddiqui, M.H.; Mohammad, F.; Naeem, M.; Masroor, M. & Khan, A., 2010.** Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum* L.) from NaCl stress by inducing antioxidative

- defence system and osmoprotectant accumulation. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(1):121-132.
- 166 Grennan, A.K., 2006.** High Impact Abiotic Stress in Rice. An “Omic” Approach. *Plant Physiology*, 140(4): 1139-1141.
- 167 Tuberosa, R.; Grillo, S., & Ellis, R.P., 2003.** Unravelling the genetic basis of drought tolerance in crops. In: di Toppi LS, Pawlik-Skowronska B, eds. Abiotic stresses in plants. London: Kluwer Academic Publishers, 71-122.
- 168 Rathinasabapathi, B., 2000.** Metabolic Engineering for Stress Tolerance: Installing Osmoprotectant Synthesis Pathways. *Annals of Botany*, 86: 709-716.
- 169 Ben Khaled, L.; Gomez, .A.M.; Oihabi, A. & Honrubia. M., 2003.** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le rhizobium. *Agronomie.23* :553-560
- 170 Bouatrous, Y., 2013.** Water stress correlated with senescence in durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Advances in Environmental Biology*, 7(7):1306-1314.
- 171 Rasool, S.; Hameed, A.; Azooz, M.M.; Rehman, M.; Siddiqi, T.O. & Ahmad, P., 2013.** Salt Stress: Causes, Types and Responses of Plants In: Ahmad P., Azooz M.M., Prasad M.N.V., (Eds.), Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, p. 1-24.
- 172 Amjad, M.; Akhtar, J.; Anwar-ul-Haq, M.; Yang, A.; Akhtar, S.S. & Jacobsen S.E., 2014.** Integrating role of ethylene and ABA in tomato plants adaptation to salt stress. *Scientia Horticulturae*, 172, 109-116.
- 173 Bohnert, HJ.; Nelson, DE. & Jensen, RG., 1995.** Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell*, 7: 1099-1111.
- 174 Chaib, G. & Benlaribi, M., 2015.** Accumulation d’osmoticums chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous stress hydrique. *European Scientific Journal*, 11(24):378- 395.
- 175 Hasewaga, P.; Bressan, R.A.; Zhu, J.K. & Bohnert, J., 2000.** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 51: 463-499.

- 176 Ashraf, M. & Foolad, M.R., 2007.** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, 59: 206-216.
- 177 De-Lacerda, C.F.; Cambraia, J.; Oliva, M.A.; Ruiz, H.A. & Prisco, J.T., 2003.** Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environ. Exp. Bot.* 49(2): 107-120.
- 178 Nanjo, T.; Fujita, M.; Seki, M.; Kato, T.; Tabata, S. & Shinozaki, K., 2003.** Toxicity of free proline revealed in an *Arabidopsis* T-DNA-tagged mutant deficient in proline dehydrogenase. *Plant Cell. Physiol.*, 44: 541-548.
- 179 Yancey, P.H.; Clark, M.E.; Hand, S.C.; Bowlus R.D. & Somero, G.N., 1982.** Living with water stress: Evolution of osmolyte systems. *Science*, 217:1212-1222.
- 180 Chen, T.H. & Murata, N., 2002.** Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5(3): 250-257.
- 181 Bartels, D. & Sunkar, R., 2005.** Drought and salt tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24(1): 23–58.
- 182 Stearns, S.C., 2000.** Life history evolution: successes, limitations and prospects. *Naturwissenschaften* 87: 476-486.
- 183 Dusenbery, D.B., 1992.** Sensory Ecology: How organisms acquire and respond to information. W.H. Freeman and Company, New York, 558 p.
- 184 Danchin, E.; Giraldeau, L.-A. & Cézilly, F., 2005.** Écologie Comportementale: Cours et Questions de Réflexion. Dunod, Paris.
- 185 Stearns, S.C., 1976.** Life-history tactics: a review of the ideas. *Quarterly Review of Biology*, 51, 3–47.
- 186 Southwood, T.R.E., 1988.** Tactics, strategies and templets. *Oikos*, 52: 3–18.
- 187 Roff, D. A., 1992 .**The evolution of life histories: theory and analysis. Chapman & Hall, London.
- 188 Barbault, R., 1981.** Ecologie de population et des peuplements. Ed. MASSON, 200p.

- 189 Descamps, S., 2006.** *Stratégies d'histoire de vie dans une population d'écureuils roux d'Amérique du Nord*. Thèse de doctorat, Québec, 146p.
- 190 Archambault, V.; Rosebery, J. & Morin, S., 2010.** Traits biologiques et écologiques, intérêt et perspectives pour la bio-indication des pollutions toxiques. *Sciences Eaux & Territoires*, Vol. 1, p. 46–51.
- 191 Moiroux, J., 2011.** Evolution des stratégies de reproduction de parasitoïdes de drosophiles en réponse au climat. *Ecologie, Environnement*. Université Rennes 1, Français, HAL Id: tel-00588250, 197p.
- 192 Futuyma, D.J. 2001.** Ecological Specialization and Generalization. In *Evolutionary Ecology: Concepts and Case Studies*. (eds C.W. Fox, D.A. Roff & D.J. Fairbairn), pp. 177-189. Oxford University Press, Oxford.
- 193 Levins, R., 1968.** *Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations*, Princeton University Press.
- 194 Roff, D.A. & Fairbairn, D.J. 2007.** The evolution of trade-offs: where are we? *Journal of Evolutionary Biology*, 20, 433-447.
- 195 Calow, P., 1979.** Cost of reproduction - a physiological approach. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 54, 23-40.
- 196 De Jong, G. & Van Noordwijk, A.J., 1992.** Acquisition and allocation of resources-genetic (co)variances, selection, and life histories. *The American Naturalist*, 139, 749-770.
- 197 Fordyce, J.A., 2006.** The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity. *Journal of Experimental Biology* 209: 2377–2383.
- 198 Albert, C.H.; Grassein, F.; Schurr, F.M.; Vieilledent, G. & Violle C., 2011.** When and how should intraspecific variability be considered in trait-based plant ecology? *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 13: 217–225.
- 199 Piersma, T. & Drent, J., 2003.** Phenotypic flexibility and the evolution of organismal design. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 228–233.
- 200 Ferry-Graham, L.A.; Bolnick, D.I. & Wainwright, P.C., 2002.** Using functional morphology to examine the ecology and evolution of specialization. *Integrative and Comparative Biology*, 42, 265-277.

- 201 Ferrer, A., 2009.** *Spécialisation écologique chez les insectes prédateurs*. Ecologie, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 128p.
- 202 Rose, M., 1991.** Evolutionary biology of aging Oxford University Press, New York.
- 203 Cole, L.C., 1954.** The population consequences of life history phenomena. *The Quarterly Review of Biology*, 29, 103-137.
- 204 Charlesworth, B. & Leòn, J.A., 1976.** The relation of reproductive effort to age. *The American Naturalist*, 110, 449-459.
- 205 Caswell, H., 2001.** Matrix population models: construction, analysis, and interpretation., 2nd edition edn. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- 206 Jervis, M.A. & Ferns, P.N., 2004.** The timing of egg maturation in insects: ovigeny index and initial egg load as measures of fitness and of resource allocation. *Oikos*, 107, 449-460.
- 207 Madsen, T. & Shine, R., 1993.** Costs of reproduction in a population of european adders. *Oecologia*, 94, 488-495
- 208 Zera, A.J. & Zhao, Z., 2006.** Intermediary metabolism and life-history trade-offs: Differential metabolism of amino acids underlies the dispersal-reproduction trade-off in a wing-polymorphic cricket. *The American Naturalist*, 167, 889-900.
- 209 Cox, R.M. & Calsbeek, R., 2010).** Severe costs of reproduction persist in Anolid lizards despite the evolution of a single-egg clutch. *Evolution*, 5, 1321-1330.
- 210 Zera, A.J., 2005.** Intermediary metabolism and life history trade-offs: Lipid metabolism in lines of the wing-polymorphic cricket, *Gryllus firmus*, selected for flight capability vs. early age reproduction. *Integrative and Comparative Biology*, 45, 511–524
- 211 Harshman, L.G. & Zera, A.J., 2006.** The cost of reproduction: the devil in the details. *Trends in Ecology and Evolution*, 22, 80-86.
- 212 Partridge, L. & Sibly, R., 1991.** Constraints in the evolution of life histories. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 332, 3-13.

- 213 Vayssade, C., 2014.** *Interaction entre démographie et génétique dans les petites populations : études sur un Hyménoptère parasitoïde avec incompatibilités génétiques.* Thèse de doctorat., Université de Nice Sophia-Antipolis, l'Institut Sophia-Agrobiotech, UMR 1355 ,187p.
- 214 Drake, J.M., 2004.** Allee effects & the risk of biological invasion. *Risk Analysis* 24, 795-802.
- 215 Grevstad, F.S., 1999.** Experimental invasions using biological control introductions: the influence of release size on the chance of population establishment. *Biological Invasions* 1, 313-323.
- 216 Bocquet-Appel, J.P.; Demars, P.Y.; Noiret, L. & Dobrowsky, D., 2005.** « Estimates of Upper Palaeolithic meta-population size in Europe from archaeological data ». *Journal of Archaeological Science* 32 (11): 1656–1668.
- 217 Currat, M., 2004.** Effets des expansions des populations humaines en Europe sur leur diversité génétique. Genève: Université de Genève.
- 218 Noonan, J.P.; Coop, G.; Kudaravalli, S.; Smith, D.; Krause, J.; Alessi, J.; Chen F., et al. 2006.** « Sequencing and Analysis of Neanderthal Genomic DNA ». *Science* 314 (5802): 1113 -1118.
- 219 Alroy, J., 2001.** « A Multispecies Overkill Simulation of the End-Pleistocene Megafaunal Mass Extinction ». *Science* 292 (5523): 1893-1896.
- 220 Le Rü, B. & Papierok, B., 1979.** Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* matile-ferrero (Homoptères, Pseudococcidae). Interet d'une methode simplifiée d'estimation de r_m . *Oecologia Applicata*, 14-27.
- 221 Ovaskainen, O. & Meerson, B., 2010.** « Stochastic models of population extinction ». *Trends in Ecology & Evolution* 25 (11): 643-652.
- 222 Amarasekare, P., 2002.** « Interference competition and species coexistence ». Proceedings: *Biological Sciences* 269 (1509): 2541–2550.
- 223 Thiollet-Scholtus, M., 2004.** Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole. Thèse de doctorat, INPL, université de lorraine,

208p.

- 224 Römbke, J. & Moltmann, J.F., 1996.** Applied Ecotoxicology, CRC Lewis Publ., Boca Raton, 282p.
- 225 Gomez, P.; Cubillo D.; Mora, GA. & Hilje, L., 1997.** Evaluacion de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*. II. Extractos vegetales. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* **29**, p. 17–25.
- 226 Bekele, J. & Hasanali, A., 2001.** Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum Kilimands* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insects pests. *Phytochemistry*, **57**, 385-391.
- 227 Loucif, Z. & Bonafonte, P., 1977.** Observation des populations du pou de San José dans la Mitidja. *Rev. Fruits* **32(4)**: 253-261.
- 228 Mutin, G., 1977.** La Mitidja, décolonisation et espace géographique, Paris, Edition CNRS, 607 p.
- 229 Ecrement Y., 1970.** Etude agro-pédologique de la plaine de la Mitidja. Echelle : 1/50 000è, 130p.
- 230 Seltzer, P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Trav-inst. météo et phys. du globe, Algérie ,219p.
- 231 Djellouli, Y., 1990.** Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doct. Sciences, USTHB., Alger, 210 pp.
- 232 Emberger, L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Montpellier **7**, 3-43 pp.
- 233 Stewart, P., 1969.** *Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; Quelques réflexions.* Bull. Soc. Hist. Afri. Du nord, pp. 24-24.
- 234 Bagnouls F. & Gaussen, H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, **88** : 193-239.
- 235 Dajoz, R., 1985.** *Précis d'écologie.* Ed. Bordas, Paris, 505 p.
- 236 Gaussen, H., 1954.** Théorie et classification des climats et microclimats. Actes VII Congr. Int. Bot. Paris, pp. 125-130.

- 237 Daget, Ph., 1977.** Le bioclimat Méditerranéen: Caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio* : 1-20.
- 238 Quezel, P., 1979.** La Région Méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. *Font Medit.* 1 (1): 7-18.
- 239 De Souza, C.; Koumaglo, K. & Gbeassor, M., 1995.** *Évaluation des propriétés antimicrobiennes des extraits aqueux totaux de quelques plantes médicinales.* UNIVERSITE DU BENIN, LOME – TOG .Pharm. Méd. tra. afro, pp103-112.
- 240 Couteux, A. & Lejeune, V. 2012.** Index phytosanitaire ACTA, 48ème Edition, 956p.
- 241 Zsuffa, L., 1974.** The genetics of *Populus nigra* L. *Ann For* 6:29–49.
- 242 Vanden Broeck, A., 2003.** EUFORGEN Fiche technique d'EUFORGEN pour la conservation des ressources génétiques et l'utilisation du peuplier noir (*Populus nigra* L.). Bioversity International, Rome, Italie et Min. Agriculture, Paris, France, 6 p.
- 243 Grasse, P.; Poisson R.A. & Tuzet, O., 1970.** Zoologie I Invertébrés. éd. Mosson, Paris, 935p.
- 244 Benkhelil, M.L., 1992.** Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en entomologie terrestre. éd. OPU. Alger, 68p.
- 245 Frontier, S., 1983.** *Stratégie d'échantillonnage en écologie.* Ed. Masson, Paris et Les Presses de l'Université de Laval, Québec, 494 p
- 246 Tahiri Adabi, S.; Asghar Talebi, A.; Fathipour, Y. & Zamani, A-A., 2010.** Life history and demographic parameters of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) and its parasitoid, *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae) on four sugar beet cultivars. *Acta entomologica serbica*, 15(1): 61-73
- 247 Delvare, G. & Aberlenc, H-P., 1989.** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale clés pour la reconnaissance des familles. Ed. PRIFAS, France, 302p.
- 248 Van Brummelen, T.C. & Suijzand, S.C., 1993.** *Effects of benzofalpyrene on survival, growth and energy reserves in the terrestrial isopods Oniscus asellus and Porcellio scaber.* The science of the total environment supplement, pp. 921-929.

- 249 Win Decoen, T., 2000.** Influence of metals on reproduction, mortality and population growth in *Onychiurus armatus* (Collembola). *Jour. of Applied Ecol.* 22, pp. 967-978.
- 250 Dubois, M.K.A., Gilles, Y.K., Hamilton, P.A & al., 1956.** Colemetric method for determination of sugars and related substance. *Anal and Chem. Jour.* 28. P: 350-356.
- 251 Troll, W. & Lindsley, J., 1955.** A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem.*, 216, pp. 655 – 660
- 252 Dreir, W. & Goring, M., 1974.** Der einfluss boher. Salzkonzentrationen auf physiologische parameter von aishwurzeln. *Wiss. Der H. V. Berlin, Nath. Naturwiss*, 23, 641 – 646.
- 253 Metzidatis I T, 1997.** Proceedings of the third international symposium on Olive growing: Volume 1. Acta Horticulture no 474, Crete, Chania & Greece.
- 254 Bernie, G.; Forrester, S. & Grey, D., 2006.** Botanica. Encyclopedie de botanique et d'horticulture plus de 1000 plants de monde entière .édition place victoires 1020p.
- 255 Rugini, E.; Biasi, R. & Rosario, M., 1998.** Olive (*Olea europaea* var *sativa*) transformation .In Proceeding seminar on Molecular biology of woody plants .Editors jain; S.M., S.C. Minocha, 245-279.
- 256 Loussert, R. & Brousse, G., 1978.** L'olivier .Ed. Maisonneuve et Larose, Paris .447p .
- 257 Cotes, B.; Ruano, F.; García, P.; Pascual, F.; Tinaut, A.; Pepa, A. & Campos, M., 2007.** Differences in insects within the olive orchard agroecosystem under integrated management regime in south Spain. Bulletin OILB/SROP 30 : 47 p.
- 258 Hodkinson, I. D., 1974.** The biology of the psylloidea (Homoptera): a review-Bulletin of Entonomy Research. 64 : 325-339.
- 259 Meftah, H.; Boughdad, A. & Bouchelta, A., 2014.** Comparaison des paramètres biologiques et démographiques d'*Euphyllura olivina* Costa (Homoptera, Psyllidae) sur quatre variétés d'olivier. J. O.C.O I., OLIVÆ N°120 ? 3-17pp.

- 260 Ksantini, M., 2003.** Contribution à l'étude de la dynamique des populations du psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* Costa (Homoptera, Aphalaridae) et de sa nuisibilité dans la région de Sfax. Thèse de Doctorat, Fac. Sc. Sfax: 267p
- 261 Khelil, M .A., 1995.** Abrégé d'entomologie. Ed.OPU.Alger, 103p.
Grande M., Torres P., Piera F. & Bellido S.I., 1992. Triterpenoides from *Dittrichia viscosa*. *Phytochem.*, 31,1826-1828.
- 262 Magali, C., 2009.** Lutte intégrée en serres florales et en verger de pomme. Revue éditée dans le cadre du Programme National Agriculture et Développement Durable
- 263 Ebert, T., 1999.** Plant and Animal Populations - *Methods in Demography*. Harcourt Brace & Company. San Diego, 312 p.
- 264 Carey, J.R., 2001.** Insect biodemography. *Ann. Rev. Entomol.* 46, 79–110.
- 265 Iganaki, H., 1967.** Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive, *Vie Milieu* 18,153-166.
- 266 Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D., 2001.** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeont. Electron.* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- 267 Ter Braak, C.J.F. & Prentice, I. C., 1988.** A theory of gradient analysis. *Advances in ecological research* 18: 271-317.
- 268 Tron, I.; Piquet, O. & Cohuet, S., 2001.** Effets chroniques des pesticides sur la santé : état actuel des connaissances. Rennes-ORS Bretagne. 90pp.
- 269 Langer, P.E., 2007.** Thyroid ultrasound volume, structure and function after long-term high exposure of large population to polychlorinated biphenyls and dioxin. *Chemosphere* 69,118-27.
- 270 Jean, K. & Benmarhnia, T., 2011.** Perturbateurs endocriniens et biodiversité. WWF France. 1 carrefour de Longchamp. 75016 Paris. 31p. www.wwf.fr
- 271 Riba, G. et Silvy, C., 1989.** *Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives*. Vol. I. INRA, Paris. 230p.
- 272 Vandame, R.; Meled, M.; Colin, M.E. & Belzunces, L.P., 1995.** Alteration of the homingflight in the honey bee *Apis mellifera* L. exposed

- to sublethal dose of deltamethrin. *Environ. Toxicol. Chem.* 14 855-860.
- 273 Louat, F., 2013.** Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Sciences agricoles. Université d'Orléans, Français, HAL Id: tel-01058781, 214p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01058781>.
- 274 Salerno, G.; Colazza, S. & Conti, E., 2002.** Sub-lethal effects of deltamethrin on walking behaviour and response to host kairomone of the egg parasitoid *Trissolcus basalus*. *Pest Manag. Sci.* 58, 663–668.
- 275 Tunaz, H. & Uygun, N., 2004.** Insect growth regulators for insect pest control. *Turk J Agric For* 28, 377–387.
- 276 Moberg, P.G., 1999.** When does stress become distress? *laboratory Animal* 28, 22-26.
- 277 Calabrese, E.J., 1999.** “Evidence that hormesis represents an “overcompensation” response to a disruption in homeostatis.” *Ecotoxicology and environmental Safety* 42, pp135-137.
- 278 Ménager, M.T.; Garnier-Laplace, J. & Goyffon, M., 2009.** Toxicologie nucléaire environnementale et humaine. Ed. *Tec &Doc*, Ed. *M. inter.*, LAVOISIER, Paris, France, ISBN: 978-2-7430-1174-, 750p.
- 279 Regnault-Roger, C.; Philogène, B. J.R. & Vincent, C., 2008.** Biopesticides d'origine végétale. 2^{ème} Ed. Ed. *Tec & doc*, Lavoisier, Paris, ISBN: 978-2-7430-1081-2, 548p.
- 280 Al-Mourabit, A.; Banaigs, B.; Bodo, B.; Comte, G.; David, B.; Figadere, B.; Gueritte, F.; Lateltin, E.; Lavaud, C. & Maestro Y., 2012.** Biodiversité et Substances Naturelles. studylibfr.com, 12p.
- 281 Tissut, M.; Philippe, Delval, P.; Mamarot, J. & Ravanel, P., 2006.** Plantes, herbicides et désherbage. *Acta*, 635pp.
- 282 KIM, S., C. Park, M. OHH, H. CHO AND Y. AHN, 2003.** *Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against Lasioderma serricorne (Coleoptera: Anobiidae)*. *J. Stored Prod. Res.*, N° 29, pp. 11-19
- 283 Rasanen, L-A., 2002.** Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis*. Academic dissertation in microbiology. Helsinki. Thesis. 80p.
- 284 Plewa, M. J. & Wagner, E. D., 1993.** “Activation of promutagens by green plants,” *Annual Review of Genetics*, vol. 27, pp. 93-113.
- 285 Papachristos D.P. & Stamopoulos D.C., 2002.** Repellent, toxic and

- reproduction inhibitory effects of essential oils vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38, 117-128.
- 286 Ibrahim, M.A.; Kainulainen, P.; Aflatuni, A.; Tilikkala, K. & Holopainen, J.K., 2001.** Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene an dits suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10(3), 243-259.
- 287 Deravel, J.; Krier, F. & Jacques, P., 2013.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18(2), 220-232.
- 288 Alexenizer, M. & Dorn, A., 2007.** Screening of medicinal and ornamental plants for insecticidal and growth regulating activity. *J Pest Sci* 80:205-215.
- 289 Al-Mourabit, A.; Banaigs, B.; Bodo, B.; Comte, G.; David, B.; Figadere, B.; Gueritte, F.; Lateltin, E.; Lavaud, C. & Maestro Y., 2012.** Biodiversité et Substances Naturelles. studylibfr.com, 12p.
- 290 Auger J., Thibout E., 2002.** substances soufrées des Allium et des Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. In Regnault-Roger, C, Philogène, B J.R, Vincent C .Biopesticides d'origine végétale. Tec & Doc, Paris, 77-96.
- 291 Dugravot, S., 2004.** Les composés secondaires soufrés des Allium : Rôle dans les systèmes de défense du poireau et actions sur la biologie des insectes. *Ecologie, Environnement.* Université François Rabelais - Tours, Français, HAL Id: tel-00113329, 197p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00113329>
- 292 Djeddi, S., 2012.** Les huiles essentielles «Des mystérieux métabolites secondaires ». Presses Académique francophone, ISBN: 978-3-8381-9, 57p.
- 293 Al-Mourabit, A.; Banaigs, B.; Bodo, B.; Comte, G.; David, B.; Figadere, B.; Gueritte, F.; Lateltin, E.; Lavaud, C. & Maestro Y., 2012.** Biodiversité et Substances Naturelles. studylibfr.com, 12p.
- 294 Sanon, A.; Garba, M.; Auger, J. & Huiganrt J., 2002,** Analysis of insecticidal activity of methulisocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarmus basalis*. *Journal of Stored Products Research*, 38, 129-138.
- 295 Rahuman, AA.; Bagavan, A.; Kamaraj, C.; Saravanan, E.; Zahir, AA. & Elango, G., 2009.** Efficacy of larvicidal botanical extracts against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res*

104:1365-1372.

- 296 Kamaraj, C.; Bagavan, A., Rahuman, AA.; Zahir, AA.; Elango, G. & Pandiyan, G., 2009.** Larvicidal potential of medicinal plant extracts against *Anopheles subpictus* Grassi and *Culex tritaeniorhynchus* Giles (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res* 104(5):1163-1171.
- 297 Negrila, M., 2005.** Cercetari privind elaborarea unui sistem d'agricultura durabila pentru conditiile din Dobrogea. Ph D Thesis. Bucarest, Université des sciences agronomiques et de médecine vétérinaire de Bucarest, Faculté d'agriculture, 286 p.
- 298 Lee, HK.; Park, C. & Ahn, YJ., 2002.** Insecticidal activities of asarones identifi ed in *Acorus gramineus* rhizome against *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutoidea). *Jap. Soc. Appl. Entomol. Zool.* 37 (3), p. 459-464.
- 299 Ngamo, L.S.T. & Hance, Th., 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, 25(4), 215-220.
- 300 Aouinty, B.; Oufara, S.; Mellouki, F. & Mahari, S., 2006.** Évaluation 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). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (2), 67-71
- 301 Barbouche, N.; Hajjem, B.; Lognay, G. & Ammar, M., 2001.** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5 (2), 85-90.
- 302 Cohen, Y.; Baider, A.; Ben-Daniel, BH. & Ben-Daniel, Y., 2002.** Fungicidal preparations from *Inula viscosa*. *Plant Prot Sci* 38:629-30.
- 303 Fontana, G.; La Rocca, S.; Passannanti, S. & Paternostro, M.P., 2007.** Sesquiterpene compound from *Inula viscosa*. *Nat. Prod. Res.* 21, 824-827.
- 304 Abu Zarga, M.H.; Flamed, E.M.; Sabri, S.S.; Voelter W. & Zeller, K.P., 1998.** New sesquiterpenoids from the Jordanian medicinal plant *Inula viscosa*. *J. Nat. Prod.* 61:798-800.
- 305 Lauro, L. & Rolih, C., 1990.** "Observations and research on an extract of *Inula viscosa*," *Bollettino della Societa Italiana di Biologia Sperimentale*, vol. 66, no. 9, pp. 829-834.
- 306 Abad, M.J.; Geurra, J.A.; Bermejo, P.; Iruruzum, A. & Carrasco, L.,**

2000. Search for antiviral activity in higher plant extracts, *Phytother. Res.*, 14: 604-607.
- 307 **Cafarchia, C.; De Laurentis, N.; Milillo, M.A.; Losacco, V. & Puccini, V., 2002.** Antifungal activity of essential oils from leaves and flowers of *Inula viscosa* (Asteraceae) by Apulian region. *Parass.*, 44:153-156.
- 308 **Maoz, M. & Neeman, I., 1998.** Antimicrobial effects of aqueous plant extracts on the fungi *Microsporium canis* and *Trichophyton rubrum* and on three bacterial species. *Lett. Appl. Microbiol.*, 26: 61-63.
- 309 **Squalli, H.; El Ouarti, A.; Ennabili, A.; Ibnsouda, S.; Farah, A.; Haggoud, A.; Houari, A. & Iraqui, M., 2007.** Évaluation de l'effet antimycobactérien de plantes du centre-nord du Maroc, *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 146: 271-288.
- 310 **Muehlchen, A.M.; Rand, R.E. & Parke, J.L., 1990.** Evaluation cruciferous green manure crops for controlling *Aphanomyces* root rot of peas, *Plant Dis.*, 64:651-654.
- 311 **Oka, Y.; Ben-Daniel, B.H. & Cohen, Y., 2001.** Nematicidal activity of powder and extracts of *Inula viscosa*. *Nematology*,. 3: 735-742.
- 312 **Mansour, F.; Azaizeh, H.; Saad, B.; Tadmor, Y.; Abo-Moch, F. & Said, O., 2004.** The potential of Middle Eastern flora as a source of new safe bio-acaricides to control *Tetranychus cinnabarinus*, the carmine spider mite. *Phytoparasitica*, 32, 66-72.
- 313 **Zangerl, A.R. & Bazzaz, F.A. 1992.** Theory and pattern in plant defense allocation. In: *Plant resistance to herbivore and pathogens: Ecology, evolution, and genetics*, eds, R.S. Fritz & E.L. Simms, University of Chicago Press, Chicago, pp. 363-391.
- 314 **Macheix, J-J., Fleuriet, A. & Jay-Allemand, C., 2005.** Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires. Ed. PPUR presses polytechniques, ISBN, 2880746256, 9782880746254, 192 p.
- 315 **Levigneron, A.; Lopez, F.; Varisuyt, G.; Berthomien, P. & Casse-Delbar, T., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*. 4: 263-273.
- 316 **Cosentino, S.; Tuberoso, C.I.; Pisano, B.; Satta, M.; Mascia, V.; Arzedi, E. & Palmas, F. 1999.** In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. *Lett Appl Microbiol.*, 29(2): 103-105.
- 317 **Hernández, V., del Carmen Recio, M.; Máñez, S.; Giner, R.M. & Ríos, J.L., 2007.** Effects of naturally occurring dihydroflavonols from *Inula*

viscosa on inflammation and enzymes involved in the arachidonic acid metabolism. *Life Sci.* 81, 480–488.

- 318 Djedioui, A., 2010.** Evaluation de l'activité hypoglycémisante et antihyperglycémisante de l'extrait aqueux d'*Inula viscosa*; une plante de l'Est Algérien chez le rat avec un diabète induit. Univ. Badji Mokhtar Annaba, Thèse mag. pp 111.
- 319 Stavrianakou, S.; Liakopoulos, G. & Karabourniotis, G., 2006.** *Environmental and Experimental Botany*. Vol.56. 293-300.
- 320 Sell, Y.; Bénézra, C. & Guérin, B., 2002.** Plantes et réactions cutanées. Ed. John Libbey Eurotext et Allerbio, Paris, ISBN 2-7420-0434-3,159p.
- 321 Parent, C.; Capelli, N. & DaT, j., 2008.** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes Reactive oxygen species, stress and cell death in plants. *Comptes Rendus Biologies*, Vol. 331, Issue 4, p 255-261.
- 322 Antoun, M., 2013.** Effet de la température sur le développement chez *Arabidopsis thaliana*. Thèse de doctorat. Univ. Québec, Montréal, 67p.
- 323 Abrol, Y.P. & Ingram, K.T., 2010.** Changements du climat et production agricole. Effets directs et indirects du changement des processus hydrologiques, pédologiques et physiologiques des végétaux. *Agriculture Mondiale*, FAO, Rome et Polytechnica, Paris, 472 p.
- 324 Laurent, B. & Ahmed, B., 1991.** La germination des semences en conditions sèches. *Science et changements planétaires/Sécheresse* .Vol.2, pp 239-49.
- 325 Hughes, L., 2000.** Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution* 15, 56-61.
- 326 Tilman, D.; Reich, P.B.; Knops, J.; Wedin, D.; Mielke, T. & Lehman, C. 2001.** Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294: 843-845.
- 327 Winfield, M.O, Chungui, Lu.; Ian, D W. & Keith, J E., 2010.** «Plant responses to cold: transcriptome analysis of wheat». *Plant Biotechnol.* 1, vol. 8, p. 749-771.
- 328 Seydi, Ba. Y., 2011.** Régulation de l'activité cytochrome c oxydase de blé (*Triticum aestivum* L.) par le froid et le CO₂. Thèse de doctorat. Univ. Québec, Montréal, 90p.
- 329 Hopkins, G W., 2003.** *Physiologie végétale* / traduit de l'anglais par RAMBOUR S. Edit. De Boeck, pp 38-58; 451- 458.

- 330 Stitt, M. & Hyrry, 2002.** Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term water deficit .*Planta*, 201 .pp 502-518.
- 331 Guy, CL., 2003.** Freezing tolerance of plants: current understanding and selected emerging concepts. *Can .J. Bot.* 81, 1216-1223.
- 332 Burkett, V.R.; Wilcox, D. A.; Stottlemeyer, R.; Barrow, W.; Fagre, D.; Baron, J.; Price, J.; Nielsen, J.L.; Allen, C.D.; Peterson, D.L.; Ruggerone, G. & Doyle, T., 2005.** Nonlinear dynamics in ecosystem response to climatic change: Case studies and policy implications. *Ecological Complexity*, 2: 357–394
- 333 O'Neill, B.F.; Zangerl, A.R.; Dermody, O.; Bilgin, D.D.; Casteel, C.L.; Zavala, J.A.; DeLucia, E.H. & Berenbaum, M.R., 2010.** Impact of elevated levels of atmospheric CO₂ and herbivory on flavonoids of soybean (*Glycine max* Linnaeus). *Journal of Chemical Ecology* 36, 35-45.
- 334 Coviella, C.E. & Trumble, J.T., 1999.** Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions. *Conservation Biology* 13, 700-712.
- 335 Gagnon, A-È.; Roy M. & Roy A., 2012.** Impacts directs et indirects des changements climatiques sur les ennemis des cultures. Québec ,80p.
- 336 Montagnon, C., 2003.** Cafés: terroirs et qualités. Ed. CIRAD, ISBN 2-87614-536-7, 156 p.
- 337 Hostettmann, K., 2001.** *Tout savoir sur les plantes médicinales des montagnes*. 1ère édition, éditions Favre, Lausanne, pp. 7-9, 120.
- 338 Salvi, A.; Brühlmann, C.; Migliavacca, E.; Carrupt, P.A. & Testa, B., 2002.** Protein protection by antioxidant: Development of a convenient assay and structure-activity relationship of natural polyphenols. *Helv. Chim. Acta* 85, 867-881
- 339 Youness, M., 2014.** Impact de la formulation et du mélange de deux pesticides (mésotrione et tébuconazole) sur leur biodégradation et la croissance de microorganismes. HAL, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2013. Français. HAL Id: tel-00926895, 308p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00926895>.
- 340 CU, J.Q., 1990.** Extraction de compositions odorantes végétales par divers solvants organiques. Thèse, de doctorat de l'INP Toulouse, N° d'ordre 393.
- 341 Duval, P.O., 2016.** Adjuvants : ce qui est permis ou pas selon la réglementation. Agent régional des pesticides, Québec, Journées Horticoles de St-Rémi 7 décembre 2016, St-Rémi, Québec.

- 342 Hayes T.B. & al., 2006.** Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: are we underestimating the impact? *Environmental Health Perspectives*, 114 Suppl, 1, 40-50.
- 343 Serrano, E.; Saccharin, Ph. & Raynal, M., 2006.** Optimisation des doses de matière actives appliquée à l'hectare de la réduction de doses Synthèse de 5 années d'essais en Midi-Pyrénées. IFVV - Entav/ITV France Midi-Pyrénées - V'innopôle - BP 22 - 81310 Lisle sur Tarn.
- 344 Hernandez Ochoa, L.R., 2005.** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine « solvant/actif » d'origine végétale. thèse doc. Laboratoire de Chimie Agro-industrielle, UMR 1010 INRA/INP-ENSIACET, Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques, 118 route de Narbonne, F-31077 Toulouse Cedex, France. 255 p.
- 345 Gernhöfer, M.; Pawert, M.; Schramm, M.; Müller, E. & Tribskorn, R., 2001.** Ultrastructural biomarkers as tools to characterize the health status of fish in contaminated streams. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*. 8: 241-260.
- 346 Tribskorn, R.; Adam, S.; Casper, H.; Honnen, W.; Pawert, M.; Schramm, M.; Schwaiger, J. & Kohler, H.R., 2002.** Biomarkers as diagnostic tools for evaluating effects of unknown past water quality conditions on stream organisms. *Ecotoxicology*. 11: 451-65.
- 347 Ricklefs R.E., 1991.** Structures and transformations of life histories. *Functional Ecology* 5, 174-183.
- 348 Plante, S.; Audet, C.; Lambert, Y. & de la Noüe, J., 2005.** «Alternative Methods for Measuring Energy Content in Winter Flounder». *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 25, no 1, p. 1-6.
- 349 Beyers, D.; Rice, J.; Clements, W. & Henry, C., 1999.** «Estimating physiological cost of chemical exposure: integrating energetics and stress to quantify toxic effects in fish». *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, vol. 56, p. 814-822.
- 350 Mouneyrac, C.; Leung, P. & Leung, K., 2011.** Cost of Tolerance, in: Amiard-Triquet, Rainbow, Roméo (Eds.), *Tolerance to Environmental Contaminants*. CRC Press, Boca Raton, pp. 265-297.
- 351 Palais, F.; Mouneyrac, C.; Dedourge-Geffard, O.; Giambérini, L.; Biagianti-Risbourg, S. & Geffard, A., 2011.** One-year monitoring of reproductive and energy reserve cycles in transplanted zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). *Chemosphere* 83, 1062-1073.
- 352 Poisson, E.; Fisson, C.; Amiard-Triquet, C.; Burgeot, T.; Couteau, J.; Dur, G.; Durand, F.; Forget-Leray, J.; Letendre, J.; Souissi, S. &**

- Xuereb, B., 2011.** Effets de la contamination chimique : des organismes en danger ? GIP Seine-Aval, AAZ Consultants, : 2-84834-059-2, 70p.
- 353 Abdoulaye, D., 2007.** Stress, axe corticotrope et caractéristiques nutritionnelles et métaboliques. INAPG, HAL Id, INAP0033, pastel 00003109, 175p. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00003109>
- 354 Stampfli, C., 2001.** Etude des relations entre l'exposition de *Folsomia candida* à un micropolluant organique et les effets observés à différents niveaux d'organisation biologique: utilité des Biomarqueurs comme outil prévisionnel. Thèse de Doctorat. É. P. F de Lausanne, France.
- 355 Pelosse, P., 2008.** Rôle des compromis évolutifs dans la spécialisation et la coexistence d'espèces compétitrices. Développement théoriques et expérimentaux chez les insectes parasitoïdes. Thèse de doctorat, université de Lyon 1, 186 p.
- 356 Köhler, A., 1989.** Cellular effects of environmental contamination in fish from River Elbe and the North Sea. *Mar. Env. Res.*, 28,417-424.
- 357 Krishnakumar, P.K.; Casillas, E. & Varanasi, U., 1994.** Effect of environmental contaminants on the health of *Mytilus edulis* from Puget Sound, Washington, USA. 1. Cytochemical measures of lysosomal responses in the digestive cells using automatic image analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 106, 249-261.
- 358 Arasta, T.; Bais, V.S. & Thakur, P., 1996.** Effect of Nuvan on some biological parameters of Indian catfish, *Mystus vittatus*. *Journal of Environmental Biology*. 17: 167-169.
- 359 Chaboussou F., 1980.** *Les plantes malades des pesticides. Base nouvelle de prévention contre maladies et parasites.* Ed. DEBARD, Paris, 200p.
- 360 Lawrence, A.J.; Arukwe, A.; Moore, M.; Sayer, M. & Thain, J., 2003.** Molecular/cellular processes and the physiological response to pollution. In: Effects of pollution on fish, molecular effects and population responses (eds. Lawrence A. J., Hemingway K. L.), *Blackwell Sciences*. 83-133.
- 361 Plaire, D., 2013.** Etude transgénérationnelle des altérations de l'ADN et de leurs conséquences sur les traits d'histoire de vie et le budget énergétique de *Daphnia magna* exposé à l'uranium appauvri. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille, IRSN., 179p.
- 362 Nevoux, M., 2008.** Réponse démographique des populations longévives aux changements climatiques : importance de la variabilité spatio-temporelle et de l'hétérogénéité individuelle. domain-ether. Université de La Rochelle, 2008. Français, HAL Id: tel-00245570, 190p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00245570>.

- 363 Poujol, R., 2012.** Estimation des corrélations phylogénétiques entre paramètres d'évolution moléculaire et traits d'histoire de vie. thèse de doctorat, Université de Montréal, 131p.
- 364 Vilaginès, R., 2010.** Eau, environnement et santé publique, Introduction à l'hydrologie. Ed. Tec & Doc, Paris, 217p.
- 365 Bernard, C., 1992.** Petit dictionnaire de la médecine du gibier. Ed. Perron, Allier-Liège, ISBN 2-87114-088-X, 531p.
- 366 Dallaire, R., 2003.** Effets sous-létaux du tébufénozide, un régulateur de croissance d'insectes, sur la communication chimique et le succès reproducteur chez *Choristoneura fumiferana* et *C. rosaceana* (Lepidoptera : Tortricidae). Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 74p.
- 367 Konstantopoulou, L., Vassilopoulou, L., Mauragani-Tsipidov, P. & Scouras, Z.G., 1992.** Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of the essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *D. auraria*. *Experientia*, **48 (6)**: 535-619.
- 368 Regnault-Roger, C. & Hamraoui, A., 1994.** Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera) a kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection* **13**: 624-628.
- 369 Keane, S., & Ryan, MF., 1999.** Purification, characterisation, and inhibition by monoterpenes of acetylcholinesterase from the waxmoth, *Galleria mellonella* (L.). *Insect biochemistry and molecular biology* Vol **29:(12)** 1097-1104
- 370 Tail, G. & Doumandji-Mitiche, B., 2006.** Effet acridifuge des plantes *Melia azedarach*, *Nerium oleander* et *Inula viscosa* et de leurs extraits sur le comportement alimentaire du criquet pèlerin *Shistocerca gregaria*. Résumés de la VI^{ème} conférence international d'entomologie, 2-6 juillet 2006, p: 99.
- 371 Charbonnier, E.; Ronceux, A.; Carpentier, A-S.; Soubel, H. & Barriuso, E., 2015.** Pesticides: Des impacts aux changements de pratiques. Ed. Quae, France, 400p.
- 372 Devault, D., 2007.** Approche spatio-temporelle de la contamination par les herbicides de prélevée du biotope de la Garonne Moyenne. Thèse Doc., INP Toulouse, France, 192p.
- 373 Migula, P.; Hurny, J.; Kedziorski, A.; Nakonieczny, M.; Kafel, A. & Binkowska, K., 1990.** Metabolic effects of the pyrethroid action in the honeybee. *Uttar Pradesh J. Zool.* **10.1**- 10.
- 374 Amichot, M., 1999.** Effet des pesticides sur les capacités d'adaptation

et de reproduction des insectes. URM n° 1112, INRA-UNSA, Sophia-Antipolis.

- 375 Tron, I.; Piquet, O. & Cohuet, S., 2001.** Effets chroniques des pesticides sur la santé : état actuel des connaissances. Rennes-ORS Bretagne. 90pp.
- 376 Delimi, A.; Taibi, F.; Fissah, A.; Gherib, S.; Bouhkari, M. & Cheffrou, A., 2013.** Bio-activité des huiles essentielles de l'Armoise blanche *Artemessia herba alba*: effet sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera). Afrique Science: *Revue Internationale des Sciences et Technologie*.
- 377 Binet, P., 1989.** Métabolisme et adaptation des végétaux supérieurs aux contraintes hydriques, thermiques et salines. *Bull. Ecol.* T 20 (1). pp. 41-49.
- 378 Ho, S.L.; Chao, Y.C.; Tong, W.F. & Yu, S.M., 2001.** Sugar Coordinately and Differentially Regulates Growth- and Stress-Related Gene Expression via a Complex Signal Transduction Network and Multiple Control Mechanisms. *Plant Physiology*, 125: (2)877-890.
- 379 Bouatrous, Y., 2013.** Water stress correlated with senescence in durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Advances in Environmental Biology*, 7: (7)1306-1314.
- 380 Chaib, G. & Benlaribi, M., 2015.** Accumulation d'osmoticums chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous stress hydrique. *European Scientific Journal*, 11:(24)378- 395.
- 381 Rosa, M.; Prado, C.; Podazza, G.; Interdonato, R.; González, J. A.; Hilal, M. & Prado, F. E., 2009.** Soluble sugars metabolism, sensing and abiotic stress. *Plant Signaling and Behavior*, 4 :(5)388-393.
- 382 Chaves, M.M.; Flexas, J. & Pinheiro, C., 2009-** Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 103(4) 551-560.
- 383 Chunyangi, L., 2003.** Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F.Muell.population .Uni of Helsinki .Finland. *Forest Ecology and Management*, 179.pp 377-385.
- 384 Serra, A-A., 2015.** Réponses écophysiologicals et moléculaires des plantes aux stress complexes de faible intensité : implications dans les capacités de protection environnementale des bandes enherbées. Biologie végétale. Université Rennes 1, 015. France. HAL Id: tel-01187712, p 307.
- 385 Hoque, M.A.; Okuma, E.; Banu, M.N.A.; Nakamura, Y.; Shimoishi, Y., & Murata Y., 2007.** Exogenous proline mitigates the detrimental effects of salt stress more than the betaine by increasing antioxidant enzyme

- activities. *J. Plant Physiol.*, **164**: 553-561.
- 386 Ashraf, M. & Foolad M.R., 2007.** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, **59**: 206-216.
- 387 Jardin, P. & Lejour, C., 1991.** Les protéines de choc thermique : un modèle moléculaire de réponse des génomes végétaux aux stress abiotiques. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey, Eurotext. Paris, pp. 75-90.
- 388 Singh, T.N.; Paleg, L.G. & Aspinall, D., 1973.** Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Australian Journal of Biological Sciences*, **26**, 45-56.
- 389 Ma, Q.Q.; Wang, W.; Li, Y.H. & al. 2006.** Alleviation of photo-inhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar-applied glycinebetaine. *Journal Plant Physiology*, **163**, 165-75.
- 390 Molinari, H.B.C.; Marur, C.J.; Daros, E. & al. 2007.** Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Plant Physiology*, **130**, 218-229.
- 391 Pesci, P. & Beffagna, N. 1984.** Inhibiting effect of fusicoccin on abscisic acid-induced proline accumulation in barley leaf segments. *Plant Science Letters*, **36**, 7-12.
- 392 Tal, M. & Rosenthal, I. 1979.** Salt tolerance in *Simmondria chenensis* water balance and accumulation of chloride sodium and proline under low and high salinity. *Annals of Botany*, **34**, 701-708.
- 393 Bedos, C.; Cellier, P.; Calvet, R.; Barriuso, E. & Gabrielle, B., 2002.** Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: overview, *Agronomie* **22**: 21-33.
- 394 Cemagref, 2007.** *Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts, Sur la trace des pesticides.* (<http://www.cemagref.fr/presse/Dossthem/pesticides/index.htm>).
- 395 Isman, MB., 2002.** Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. In. Regnault-Roger, C, Phellogène, B J.R, Vincent C 2002. Biopesticides d'origine végétale. Tec et Doc, Paris, p : 301- 312.