

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA



FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE NEURO-ENDOCRINOLOGIE APPLIQUEE

**Thèse en vue de l'obtention d'un Diplôme de
Doctorat Domaine : Science de la Nature et de
la Vie**

Filière : Sciences biologiques
Option : Comportement et Adaptation

Intitulé

**Evaluation de l'effet toxicologique d'une plante spontanée de l'Est Algérien sur la
physiologie de deux modèles d'animaux (invertébré : *Ephestia kuehniella* Zeller et le
rat *Wistar*)**

Présentée par : M^{elle} SOUAL RANIA

DIRECTRICE DE THESE : AMRANI – KIRANE LEILA Prof. Université B.M- Annaba

Devant le Jury

PRESIDENTE :	SBARTAI HANA	Prof.	Université B.M-Annaba
EXAMINATRICE :	BOUTABIA LAMIA	Prof.	Université Chadli Bendjedid-El Tarf
EXAMINATEUR :	HOUHAMDI MOUSSA	Prof.	Université 8 mai 1945- Guelma
EXAMINATEUR :	SLIMANI ABDERACHID	MCA.	Université B.M-Annaba

Année universitaire : 2023/2024

REMERCIEMENTS

Avant tous mes plus sincères remerciements à Allah le tout puissant, de m'avoir donné la force et la patience pour réaliser cet humble travail.

*Ma profonde et sincère gratitude et reconnaissance s'adresse à ma directrice de thèse **Mme. Kirane-Amrani Leila** Professeur au Département de Biologie, Université Badji Mokhtar -Annaba, pour avoir dirigé cette thèse et pour l'excellent encadrement fourni. Ses compétences scientifiques, son dévouement total pour la recherche, ses qualités humaines, ses conseils avisés m'ont énormément aidée dans l'élaboration de ce travail. Je vous remercie de la confiance que vous m'avez portée pendant ces années. Merci pour le temps que vous m'avez consacré lors de la correction de cette thèse. Je vous remercie très sincèrement. Pour tout cela et encore bien pour votre humanisme, votre bonté et votre gentillesse, Merci !*

*Je suis très honorée par **Mme. SBARTAI Hana**, Professeur au Département de Biologie, Université Badji Mokhtar -Annaba, pour le grand honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider le jury de ma soutenance de thèse de doctorat. Je la prie d'accepter l'expression de mon respect et de ma profonde considération.*

*Je remercie **Mme. BOUTABIA Lamia**, Professeur au département de biologie de l'Université Chadli Bendjedid- El Tarf d'avoir accepté de faire partie du jury et de me faire l'honneur de juger ce travail. Qu'elle trouve ici ma profonde gratitude*

*Mes remerciements vont aussi à **Mr. Houhamdi Moussa**, Professeur au département de biologie à l'Université du 8 Mai 1945 - Guelma d'avoir accepté de faire partie de ce jury et d'examiner ce travail, je vous prie d'accepter le témoignage de ma respectueuse reconnaissance.*

*Je suis très reconnaissante envers **Mr. Slimani Abderachid**, Maître de conférences A, Chef du département de biologie à l'Université Badji Mokhtar Annaba, d'avoir accepté d'examiner ma thèse malgré ses nombreuses occupations.*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma considération au **Pr. BAIRI Abdelmadjid**, Directeur du Laboratoire de « Neuro Endocrinologie Appliquée », à l'Université Badji Mokhtar Annaba, pour avoir bien voulu m'accueillir au sein de son laboratoire.*

*Je tiens à remercier également **Pr. Ouali Kheireddine** et **Pr. Berredjam Hajira** de m'avoir donné l'opportunité de réaliser une grande partie de ce travail au sein de leurs laboratoires de « Biosurveillance Environnementale » et de « Biochimie et Microbiologie Appliquée ».*

J'exprime toute ma reconnaissance à toute l'équipe du Laboratoire de « Neuro Endocrinologie Appliquée » et à toutes mes amies du Département de Biologie.

Merci

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I. Impact des extraits de *Drimia maritima* sur *Ephestia kuehniella* Zeller

1. Introduction	7
2. Matériel & Méthodes	12
2.1 Présentations d'<i>Ephestia kuehniella</i>	12
2.1.1 Position systématique	12
2.1.2 Cycle biologique	13
2.1.3 Distinction des sexes	14
2.1.4 Technique d'élevage.....	15
2.2 Présentation de la plante (Bio-insecticide)	16
2.2.1 Localisation du site de récolte et identification de la plante	16
2.2.2 Préparation des extraits de <i>Drimia maritima</i>	17
2.2.3 Calcul du rendement.....	18
2.2.4 Analyses phytochimiques des extraits de <i>Drimia maritima</i>	18
2.3 Traitement et Bio essais	20
2.3.1 Test de toxicité.....	21
2.3.2 Mesure des paramètres du développement.....	21
2.3.2.1 Durée de développement nymphal	22
2.3.2.2 Croissance pondérale	22
2.3.2.3 Types morphologiques induits.....	22
2.3.3 Evaluation du potentiel reproducteur	22
2.4 Extraction et dosage des principaux métabolites	23
2.4.1 Calcul de l'indice d'épuisement des réserves énergétiques	26
2.5 Analyses statistiques	26
3. Résultats	27
3.1 Rendement et analyse phytochimiques des extraits de <i>D. maritima</i>	27
3.2 Toxicité des extraits de <i>D. maritima</i> sur l'inhibition de l'exuviation adulte	27
3.3 Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur les paramètres de développement	31
3.3.1 Effet sur la durée du développement nymphal	31
3.3.2 Effet sur la croissance pondérale.....	32

3.3.3	Effet sur les types morphologiques induits	33
3.4	Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur le potentiel reproducteur	36
3.4.1	Effet sur la durée des phases de préoviposition et d'oviposition	36
3.4.2	Effet sur la fertilité et la survie des œufs pondus	37
3.5	Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur les métabolites ovariens	38
3.5.1	Effet sur le contenu en protéines	38
3.5.2	Effet sur le contenu en glucides	39
3.5.3	Effet sur le contenu en lipides	40
3.5.4	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur les taux d'épuisement des réserves énergétiques	41
4.	Discussion	43
4.1	Rendement et analyses phytochimique des extraits de <i>D. maritima</i>	43
4.2	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur l'inhibition de l'exuviation adulte	45
4.3	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur le développement d' <i>E. kuehniella</i>	47
4.4	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur reproduction d' <i>E. kuehniella</i>	49
4.5	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur la teneur en métabolites biochimiques	50
5.	Conclusion	53

CHAPITRE II : Impact des extraits de *Drimia maritima* sur le rat *Wistar*

1.	Introduction	55
2.	Matériel & Méthodes	59
2.1	Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de <i>Drimia maritima</i>	59
2.1.1	Test de piégeage des radicaux : Méthode DPPH	59
2.1.2	Test de pouvoir réducteur : Méthode FRAP	59
2.2	Animaux et régime alimentaire	59
2.3	Traitement des rats	60
2.4	Sacrifice et prélèvements des échantillons	60
2.4.1	Prélèvement sanguin	60
2.4.2	Prélèvement des organes	60
2.5	Dosage des paramètres hématologiques	61
2.6	Exploration des fonctions hépatique, lipidique et rénale	61
2.6.1	Dosage des paramètres biochimiques	61
2.7	Exploration du stress oxydant	61
2.7.1	Détermination des protéines tissulaire	61
2.7.2	Détermination du taux de glutathion réduit (GSH)	62

2.7.3	Détermination du taux de malondialdéhyde (MDA)	62
2.7.4	Détermination de l'activité enzymatique du glutathion peroxydase (GPx)	62
2.7.5	Détermination de l'activité enzymatique du glutathion-s-transférase (GST)	63
2.8	Exploration de l'activité de l'acétylcholinestérase cérébrale (AChE)	63
2.9	Etude histologique	63
2.10	Analyses statistiques	64
3.	Résultats	65
3.1	Evaluation du potentiel antioxydant des extraits de <i>D. maritima</i>	65
3.1.1	Effet scavenger du radical DPPH	65
3.1.2	Pouvoir réducteur du fer (FRAP)	66
3.2	Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur la croissance pondérale	67
3.2.1	Effet sur la masse corporelle	67
3.2.2	Effet sur le poids absolu et relatif des organes : foie, reins, cerveau.....	67
3.3	Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur les paramètres hématologiques	69
3.4	Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur la fonction hépatique chez les rats	71
3.4.1	Effet sur les marqueurs biochimiques du foie	71
3.4.1.1	Activité des aminotransaminase (ASAT et ALAT)	71
3.4.1.2	Activité de la phosphatase alcaline (PAL)	71
3.4.1.3	Taux de bilirubine.....	71
3.4.1.4	Protéines totales et albumine dans le sang	71
3.4.1.5	La lactate déshydrogénase	71
3.4.2	Effet sur le bilan énergétique et lipidiques	74
3.4.3	Effet sur l'anatomie du foie	75
3.5	Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur la fonction rénale chez les rats.....	76
3.5.1	Effet sur les marqueurs biocimiques des reins	76
3.5.2	Effet sur l'anatomie des reins	77
3.6	Impact des extraits de <i>D. maritima</i> sur les marqueurs du stress oxydatif	78
3.6.1	Effet sur les paramètres tissulaires non-enzymatiques	78
3.6.1.1	Taux du glutathion réduit (GSH).....	78
3.6.1.2	Taux du malondialdéhyde (MDA)	78
3.6.2	Effet sur les paramètres tissulaires enzymatiques	78
3.6.2.1	Fonctionnement de la glutathion peroxydase (GPx)	78
3.6.2.2	Fonctionnement de la glutathion-s-transférase (GST)	79
3.6.3	Effet sur l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase cérébrale (AChE)	79
4.	Discussion	82

4.1	Evaluation du potentiel antioxydant des extraits de <i>D. maritima</i>	82
4.2	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur la croissance pondérale	83
4.3	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur les paramètres hématologiques	84
4.4	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur la fonction hépatique chez les rats	85
4.5	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur la fonction rénale chez les rats	87
4.6	Effet des extraits de <i>D. maritima</i> sur les marqueurs du stress oxydatif	88
5.	Conclusion	92
	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	93
	RESUME	95
	ABSTRACT	97
	المخلص	98
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	99
	ANNEXES : PRODUCTION SCIENTIFIQUE	114

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Fraction de farine contaminée par <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (G×4) (Photo de Soual Rania , auteure de cette thèse)	12
02	Cycle de développement d' <i>E. kuehniella</i> à 27 °C	14
03	Différenciation sexuelle chez <i>E. kuehniella</i> : identification du mâle et de la femelle (G×5) (Photographie personnelle).	15
04	Élevage de masse d' <i>E. Kuehniella</i> . (Photo de Soual Rania , auteure de cette thèse)	15
05	Le statut taxonomique de <i>Drimia maritima</i> L. (Photo de Soual Rania , auteure de cette thèse, 2022)	16
06	Géolocalisation du site de récolte de <i>D. maritima</i> (L.)	17
07	Technique d'extraction des deux composants de <i>D. maritima</i> .	18
08	Courbe de quantification de polyphénols (exprimé en valeurs d'absorbance selon les concentrations d'acide gallique)	19
09	Courbe de quantification de flavonoïdes (exprimé en valeurs d'absorbance selon les concentrations de quercétine)	19
10	Courbe de quantification des tannins condensés (exprimé en valeurs d'absorbance selon les concentrations de catéchine)	20
11	Application du traitement (Photo de Soual Rania , auteure de cette thèse)	21
12	Méthodes d'extraction (Shibko et <i>al.</i> , 1966) et dosage des principaux constituants biochimiques (glucides, lipides, protéines)	24
13	Impacts des extraits DBAE et DLAE de <i>D. maritima</i> appliquée <i>in vivo</i> par voie topique à diverses doses (µg / chrysalide) lors de l'exuviation nymphale sur <i>E. kuehniella</i> : Inhibition corrigée chez l'adulte et hiérarchisation des doses expérimentales via le test HSD de Tukey.	29
14	Effets des extraits de <i>D. maritima</i> , appliqué <i>in vivo</i> par voie topique à différentes doses (µg) le jour de l'exuviation chez <i>E. kuehniella</i> : Graphique dose-réponse illustrant le pourcentage d'inhibition corrigée selon le logarithme de la dose de DBAE et DLAE (µg)	31
15	Effet de DBAE de <i>D. maritima</i> administrée <i>in vivo</i> , par voie topique aux chrysalides nouvellement exuviées d' <i>E. kuehniella</i> (DI ₂₅ et DI ₅₀) sur la croissance pondérale (mg) au cours du stade nymphal chez <i>E. kuehniella</i> .	33
16	Effet de DLAE de <i>D. maritima</i> administrée <i>in vivo</i> , par voie topique aux chrysalides nouvellement exuviées d' <i>E. kuehniella</i> (DI ₂₅ et DI ₅₀) sur la croissance pondérale (mg) au cours du stade nymphal chez <i>E. kuehniella</i> .	34
17	Distribution en pourcentage des variétés morphologiques détectées chez les chrysalides de contrôle et celles exposées aux deux extraits de <i>D. maritima</i> chez <i>E. kuehniella</i> .	36
18	Impact <i>in vivo</i> des extraits de <i>D. maritima</i> (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez <i>E. kuehniella</i> , sur la teneur en protéines des ovaires (µg/mg) évaluée lors de	39

l'émergence adulte (<8h).

19	Impact <i>in vivo</i> des extraits de <i>D. maritima</i> (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez <i>E. kuehniella</i> , sur la teneur en glucides des ovaires (µg/mg) évaluée lors de l'émergence adulte (<8h).	40
20	Impact <i>in vivo</i> des extraits de <i>D. maritima</i> (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez <i>E. kuehniella</i> , sur la teneur en lipides ovariens (µg/mg) évaluée lors de l'émergence adulte (<8h).	41
21	Impact <i>in vivo</i> des extraits de <i>D. maritima</i> (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez <i>E. kuehniella</i> , sur la teneur d'épuisement des réserves énergétiques (%) évaluée lors de l'émergence adulte (<8h).	42
22	Gamme d'étalonnage réalisée à partir d'une solution de BSA	64
23	Activité de piégeage du radical DPPH des extraits de <i>D. maritima</i> , l'acide ascorbique (AA) et le butylhydroxytoluène (BHT).	67
24	Effet scavenger exprimés en IC ₅₀ des extraits de <i>D. maritima</i> , l'acide ascorbique (AA) et le butylhydroxytoluène (BHT).	68
25	Pouvoir réducteur des extraits de <i>D. maritima</i> , l'acide ascorbique (AA) et le butylhydroxytoluène (BHT).	68
26	Variation des indicateurs sanguins, globules blancs (GB), globules rouges (GR), hémoglobine (HB) et plaquettes (PLT) chez les rats du groupe témoin et traités. * p < 0,05 comparés aux témoins.	74
27	Variation de l'activité enzymatique des transaminases hépatiques (ASAT, ALAT) et de la phosphatase alcaline (PAL) (UI/L) chez les rats du groupe témoin et traités. * p < 0,05, ** p < 0,01 comparés aux témoins.	76
28	Variation des niveaux sériques de bilirubine totale (mg/l), protéines totales, albumine et LDH (g/l) chez les rats témoins et les rats traités. * p < 0,05 comparés aux témoins.	77
29	Variation des concentrations plasmatiques de cholestérol total et des triglycérides (g/l) chez les rats témoins et rats traités.	78
30	Observations photomicrographiques de sections de tissu hépatique de rats <i>Wistar</i> de groupe contrôle et des rats traités	79
31	Variation des taux sériques d'urée, de créatinine et d'acide urique (mg/dl) chez les rats du groupe témoin et les rats traités. * p < 0,05, ** p < 0,01 comparés aux témoins.	80
32	Observations photomicrographiques de sections de tissu rénale de rats <i>Wistar</i> de groupe contrôle et des rats traités.	81
33	Variation des niveaux d'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase (nmol/min/mg de protéine) dans le cerveau de rats témoins et traités. ** p < 0,01 comparés aux témoins.	83

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Préparation de la courbe d'étalonnage pour la quantification des protéines totales chez les adultes d' <i>E. kuehniella</i>	23
02	Réalisation de la gamme d'étalonnage des glucides.	25
03	Réalisation de la gamme d'étalonnage des lipides totaux.	25
04	Rendement des extraits de <i>D. maritima</i> , teneur en composés phénoliques totaux et en flavonoïdes totaux et en tanins condensés.	27
05	Effet des extraits DBAE et DLAE de <i>D. maritima</i> appliquée <i>in vivo</i> par voie topique à diverses concentrations (μg / chrysalide) lors de l'exuviation nymphale sur <i>E. kuehniella</i> : Pourcentage d'inhibition observée chez les adultes.	28
06	Effet des extraits DBAE et DLAE de <i>D. maritima</i> appliquée <i>in vivo</i> par voie topique à diverses concentrations (μg / chrysalide) lors de l'exuviation nymphale sur <i>E. kuehniella</i> : Pourcentage d'inhibition corrigée chez les adultes.	29
07	Effet de l'extrait DBAE de <i>D. maritima</i> appliquée <i>in vivo</i> par voie topique à l'exuviation nymphale des femelles d' <i>E. kuehniella</i> : Analyse de variance à un critère de classification	39
08	Effet de l'extrait DLAE de <i>D. maritima</i> appliquée <i>in vivo</i> par voie topique à l'exuviation nymphale des femelles d' <i>E. kuehniella</i> : Analyse de variance à un critère de classification	30
09	Effet des extraits DBAE et DLAE de <i>D. maritima</i> appliquée <i>in vivo</i> par voie topique à l'exuviation nymphale des femelles d' <i>E. kuehniella</i> : Détermination des doses d'inhibition de la mue adulte (DI en μg) et leurs intervalles de confiance à 95%.	31
10	Impact <i>in vivo</i> des extraits DBAE et DLAE de <i>D. maritima</i> , appliqués de manière topique (DI ₂₅ et DI ₅₀), lors de l'exuviation nymphale chez <i>E. kuehniella</i> sur la période de développement nymphal	32
11	Impact <i>in vivo</i> de l'extrait DABE de <i>D. maritima</i> , appliqués par voie topique, sur le changement de poids (en mg) des chrysalides femelles d' <i>E. kuehniella</i> avec le temps (en jours) pendant leur métamorphose. Étude réalisée à travers une analyse de variance à deux critères de classification.	33
12	Impact <i>in vivo</i> de l'extrait DLAE de <i>D. maritima</i> , appliqués par voie topique, sur le changement de poids (en mg) des chrysalides femelles d' <i>E. kuehniella</i> avec le temps (en jours) pendant leur métamorphose. Étude réalisée à travers une analyse de variance à deux critères de classification.	34
13	Effet <i>in vivo</i> des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) sur la durée (en jours) des phases de pré-oviposition et d'oviposition chez des femelles adultes d' <i>E. kuehniella</i> récemment exuviées (<8h)	37

14	Effet <i>in vivo</i> des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) sur la fécondité et la viabilité des œufs (pourcentage d'éclosion) des femelles adultes d' <i>E. kuehniella</i> récemment exuviées (<8h)	38
15	Effet <i>in vivo</i> des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) aux chrysalides nouvellement exuviées d' <i>E. kuehniella</i> , sur la teneur en protéines ovariennes (µg/mg) lors de l'émergence adulte (<8h). Analyse de la variance à un seul critère de classification.	39
16	Effet <i>in vivo</i> des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) aux chrysalides nouvellement exuviées d' <i>E. kuehniella</i> , sur la teneur en glucides ovariens (µg/mg) lors de l'émergence adulte (<8h). Analyse de la variance à un seul critère de classification.	40
17	Effet <i>in vivo</i> des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI ₂₅ , DI ₅₀) aux chrysalides nouvellement exuviées d' <i>E. kuehniella</i> , sur la teneur en lipides ovariens (µg/mg) lors de l'émergence adulte (<8h). Analyse de la variance à un seul critère de classification.	41
18	Capacité antioxydante des extraits exprimée en IC ₅₀	67
19	Variation du poids corporel, gain de poids et poids des organes chez les rats témoins et traités pendant 4 semaines.	72
20	Variations hématologiques chez les rats de témoins et les rats expérimentaux pendant 4 semaines.	73
21	Réponse des biomarqueurs du stress oxydatif dans les tissus du foie, des reins et du cerveau des animaux des différents groupes sur une période de 4 semaines.	91
22	Activité des enzymes antioxydantes évaluée dans les tissus hépatiques, rénaux et cérébraux des animaux appartenant à divers groupes au cours d'une période de 4 semaines.	92

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'augmentation continue de la population mondiale entraîne un besoin croissant de nourriture. Depuis longtemps, les céréales sont l'une des principales sources d'alimentation pour les humains et les animaux domestiques et comptent parmi les cultures les plus répandues à travers le monde (Aoues et al., 2017). Leur signification va bien au-delà de leur utilisation traditionnelle en tant qu'aliments. Ils jouent également un rôle crucial sur les plans social, économique et politique dans de nombreux pays à travers le monde (Ammar, 2014).

D'après les informations fournies par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production mondiale de céréales secondaires pour l'année 2023 est estimée à 1 511 millions de tonnes, un chiffre qui reste stable et qui marque une hausse de 3,6 % par rapport à 2022 (FAO, 2023). Par ailleurs, l'International Grain Council (IGC) prévoit que la production mondiale de céréales (incluant le blé, le maïs, l'orge, le sorgho, etc.) devrait s'élever à 2,3 milliards de tonnes pour la période 2023-2024, affichant une légère augmentation en comparaison avec les années précédentes (SAS, 2023).

En Algérie, les céréales sont un pilier fondamental du système alimentaire et de l'économie du pays (Harrag & Boulfred, 2019). Pour la saison de récolte 2022/2023, la production de blé est estimée à 3,3 millions de tonnes, ce qui représente une hausse notable de 38 %. Toutefois, malgré cet accroissement, la production céréalière en Algérie se concentre sur une unique récolte annuelle, alors que les besoins alimentaires se répartissent sur l'ensemble de l'année. Face à une demande alimentaire croissante, l'Algérie reste l'un des plus grands importateurs de céréales en Afrique, particulièrement de blé, avec une consommation annuelle avoisinant les 11 millions de tonnes (Assocle, 2022).

Néanmoins, la nécessité de stocker ces denrées sur de longues périodes, souvent dans des conditions inappropriées, augmente leur vulnérabilité face à divers agents de dégradation comme les vertébrés nuisibles, les bactéries, les champignons et en particulier les insectes, notamment des lépidoptères, des coléoptères et des acariens (Atta-Krah et al., 2022). Ces derniers, en raison de leur capacité à contaminer l'intégralité d'un stock, même en petit nombre, sont considérés comme les plus dommageables. À l'échelle mondiale, ils sont capables de détruire entre 30 et 50 % des récoltes agricoles (FAO, 2023).

Parmi les lépidoptères, la pyrale méditerranéenne de la farine, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera : Pyralidae), se distingue comme l'un des plus nuisibles pour les céréales (Kurtuluş et al., 2020). On la trouve souvent dans les moulins, où elle infeste la farine et

d'autres produits céréaliers (**Pakyari et al., 2019**). Ces insectes peuvent contaminer l'environnement de stockage, favorisant le développement rapide de fils de soie et d'autres micro-organismes. Ces derniers peuvent transformer la farine en une matière feutrée, perturbant ainsi le fonctionnement normal des équipements et provoquant des arrêts inopinés des moteurs dans les installations de mouture (**Hubert et al., 2018**).

Face à la pression croissante sur la production alimentaire et l'augmentation constante des réserves de blé, les agriculteurs sont confrontés à la nécessité impérieuse d'accroître leurs rendements pour répondre à la demande croissante. Cette contrainte a engendré une augmentation considérable du recours aux substances chimiques, en particulier les pesticides, au sein des pratiques agricoles. Les pesticides, qui représentent un groupe de substances chimiques largement utilisé dans le secteur agricole, jouent un rôle incontournable dans la préservation, le contrôle et l'élimination des organismes nuisibles qui menacent les denrées stockées. Ces produits phytosanitaires sont diversifiés en fonction de leurs applications spécifiques, incluant les herbicides pour les mauvaises herbes, les fongicides pour les champignons, les insecticides pour les insectes ravageurs, et d'autres catégories.

Depuis les années 50, les insecticides ont constitué une famille de substances agrochimiques utilisées dans diverses cultures. Leur rôle essentiel demeure dans le contrôle des infestations de denrées pendant le stockage, contribuant ainsi à la réduction des pertes post-récoltes et à l'amélioration des revenus agricoles (**Dimanche, 2018**). Toutefois, au fil des années, la consommation mondiale d'insecticides a connu une augmentation significative, atteignant environ 4 millions de tonnes récemment. En Algérie, leur utilisation s'est accrue en raison de l'extension des superficies cultivées. **Shabbir et al., (2021)** a rapporté que certains insecticides synthétiques ont une rémanence pouvant s'étaler sur plus d'une décennie, avec seulement 0,1% de ces résidus influençant l'organisme cible.

Bien que cette longue rémanence soit avantageuse pour la protection à long terme des cultures, elle devient problématique lorsqu'elle se manifeste dans l'environnement (**Le Bars et al., 2020**), en raison de l'utilisation non contrôlée, et l'exposition des organismes non ciblés quotidiennement à ces produits chimiques, contribuant à une augmentation alarmante de la fréquence des maladies telles que les cancers et les troubles hormonaux (**Shabbir et al., 2021**). Des recherches récentes soulignent qu'avec les traitements répétitifs d'insecticides, les organismes nuisibles développent une résistance à ces produits au fil des générations, accentuant ainsi les défis liés à la durabilité et à l'efficacité de ces substances (**Kumari et al., 2022**).

L'agriculture est actuellement confrontée à la nécessité impérieuse de développer des approches adéquates qui intègrent pleinement les exigences environnementales. Cet impératif émerge de la pressante nécessité de lutter contre les ravageurs nuisibles et de faire face à l'accroissement des taux de résistance de ces derniers. Afin de répondre à ce défi, il est impératif de développer des stratégies de contrôle novatrices pour faire face au fléau des ravageurs, l'agriculture donc doit s'orienter vers l'adoption de nouveaux agents insecticides biodégradables. Ces agents doivent être sélectionnés avec précaution pour éviter de devenir des facteurs de risque pour la santé publique, tout en assurant une amélioration substantielle du rendement des cultures et de la valeur nutritionnelle en termes de quantité et de qualité (**Damalas & Eleftherohorinos, 2011**).

Pour répondre au défi posé par les ravageurs, la conception des nouveaux agents doit viser à minimiser leur impact sur l'écosystème. Dans cette optique, la biodégradabilité représente un avantage majeur, réduisant ainsi le risque d'accumulation de résidus nocifs dans les denrées alimentaires. Ces dernières années, le contrôle biologique a émergé comme une méthode prometteuse dans la lutte contre ces nuisibles, avec un intérêt croissant pour les substances naturelles d'origine végétale (**Sultan et al., 2019**).

Les plantes médicinales émergent comme une ressource riche en matières premières, offrant un potentiel considérable pour la découverte de nouvelles molécules destinées à lutter contre les insectes. En effet, ces plantes renferment une pléthore de substances biochimiques actives telles que les phénols, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins, entre autres, qui exhibent des activités thérapeutiques complémentaires ou synergiques (**Kemassi et al., 2019**).

Ces molécules actives, après avoir été l'objet d'études approfondies, sont actuellement incorporées dans de nombreux médicaments, ce qui offre l'avantage notable de générer moins d'effets secondaires par rapport à leurs homologues chimiques (**Sehari, 2018**). Cette reconnaissance de l'efficacité des composés issus de plantes a donné naissance à une tendance de recherche actuelle axée sur l'exploration des métabolites secondaires des plantes spontanées. Ces métabolites sont considérés comme des ressources phytogénétiques, apportant des avantages significatifs sur les plans agronomiques, économiques et écologiques. Un exemple frappant de l'utilisation de produits végétaux est souligné par les estimations de l'Organisation mondiale de la santé, indiquant qu'environ 80 % de la population mondiale dépend principalement de traitements traditionnels à base de produits végétaux. En outre, l'administration d'extraits de plantes s'avère être l'une des approches les plus efficaces pour contrer le stress oxydatif induit par les produits synthétiques et ses effets dommageables sur les

organismes vivants (Trea et al., 2022).

Des travaux approfondis ont été réalisés dans ce domaine, soulignant l'utilisation de molécules bioactives naturelles dérivées de plantes comme agents bio-insecticides. Parmi ces composés, les polyphénols jouent un rôle essentiel, démontrant des effets synergiques significatifs (Abdelkhalek et al., 2020). Ces polyphénols se distinguent par leur disponibilité et leur activité antioxydante marquée. De plus, ils se révèlent être des agents bio-insecticides respectueux de la santé humaine et de l'environnement (Righi et al., 2018). Ainsi, cette orientation vers des solutions naturelles et durables dans le contrôle des ravageurs reflète une évolution positive vers une agriculture plus respectueuse de l'écosystème et de la santé humaine. En termes de couverture végétale, l'Algérie est reconnue comme l'un des pays les plus riches en termes de classification biologique, grâce à sa position géographique privilégiée entre la mer Méditerranée et l'Afrique sub-saharienne. La diversité de la végétation en Algérie suggère une abondance potentielle de plantes médicinales, constituant une source naturelle de produits.

Le genre *Drimia*, relevant de la famille des Asparagaceae, est constitué de 99 espèces reconnues (Aswal et al., 2019). Historiquement, la nomenclature binomiale de ce genre a évolué. En 1978, Stearn a reclassé les espèces méditerranéennes et indiennes d'*Urginea* en *Drimia*, entraînant la disparition du genre *Urginea* (Tobyn et al., 2011). Les plantes de ce genre, majoritairement à feuilles caduques et parfois à feuillage persistant, sont caractérisées par un bulbe enterré et se distribuent largement en Afrique et en Asie, avec une prédominance en Afrique septentrionale, particulièrement dans les régions méditerranéennes (Bouatrous, 2019).

La diversité au sein de ce genre a mené à la distinction de plusieurs espèces, parmi lesquelles *D. maritima* (L.) Stearn, *D. elata* Jacq., *D. secunda* (B. Nord.) J.C. Manning & Goldblatt, et *D. indica* (Roxb.) Jessop se distinguent en médecine traditionnelle à travers le monde (Aswal et al., 2019). Utilisé depuis l'Antiquité, le genre *Drimia* est reconnu pour ses applications médicinales dans le traitement de l'hydropisie, troubles pneumatiques, des inflammations osseuses et articulaires, et de l'épilepsie. *D. indica*, par exemple, est appliqué topiquement pour les pellicules et la séborrhée et pris oralement comme mucolytique et diurétique. *D. elata* est employé en Afrique comme émétique et expectorant (Okem et al., 2015).

De nombreuses chercheurs se sont concentrées sur les bienfaits médicinaux traditionnels de ces plantes dans la gestion des affections dermatologiques, rhumatismales et respiratoires. La recherche sur le genre *Drimia* a révélé que les bufadiénolides constituent ses composants principaux. En plus de ces substances, une variété d'autres composés phytochimiques, tels que des phénols, stéroïdes et protéines, ont été isolés des plantes de ce genre (Rezzagui et al., 2020).

Les études pharmacologiques et cliniques ont particulièrement mis en évidence l'impact bénéfique de ces composés sur le système cardiovasculaire. Les études sur les extraits et composés chimiques dérivés des espèces de *Drimia* ont révélé une grande diversité d'effets biologiques.

Ces effets comprennent des propriétés antibactériennes (**Chittoor et al., 2012**), antifongiques (**Amine et al., 2017**), antivirales (**Aswal et al., 2019**), antioxydantes (**Maazoun et al., 2018**), anti-inflammatoires (**Bozorgi et al., 2017**) et insecticides (**Badalamenti et al., 2021**), observées aussi bien dans les études *in vivo* qu'*in vitro*. Cette gamme variée d'activités suggère une polyvalence significative des composants de *Drimia* dans diverses applications pharmacologiques. Par ailleurs, la présence de bufadiénolides dans ces plantes semble être un facteur clé, étant donné que ces composés sont associés non seulement à des activités cytotoxiques, mais également à des propriétés insecticides (**Housecroft, 2020**). Ces observations mettent en lumière la diversité et la puissance des effets pharmacologiques offerts par le genre *Drimia*.

Dans le cadre de cette recherche, l'attention se porte sur l'étude de plantes locales à potentiel thérapeutique poussant spontanément dans la région d'Annaba, en Algérie, avec un intérêt particulier pour *Drimia maritima* L., une espèce largement présente et fréquemment rencontrée dans cette région. Parmi les membres du genre *Drimia*, *D. maritima* (également connue sous les synonymes *Urginea maritima* et *Scilla maritima*) (**Edrah, 2021**) est notable pour être la plus ancienne espèce de la famille, utilisée depuis l'Antiquité (1500 av. J.-C.) pour ses propriétés médicinales et son efficacité dans le traitement de diverses maladies (**Tahri et al., 2020**).

L'objectif principal de cette thèse est d'évaluer les ressources végétales pertinentes pour l'agriculture, en particulier en ce qui concerne la protection de l'environnement. Son objectif est de trouver des substances d'origine naturelle pouvant se substituer aux insecticides conventionnels afin de diminuer les pertes post-récolte dans les entrepôts de stockage. Ce travail porte sur l'analyse de la toxicité et des capacités bio-insecticides de la plante *D. maritima*, dans la lutte contre les ravageurs des denrées céréalières stockées, en particulier la farine, en utilisant des invertébrés (*Ephesia kuehniella*. Zeller) comme modèle, et étudie également les impacts potentiels sur les espèces non-cibles, notamment le modèle vertébré, le rat *Wistar*.

L'étude se divise en deux chapitres principaux :

Le premier chapitre se concentre sur l'évaluation de la toxicité de deux extraits de *D. maritima*

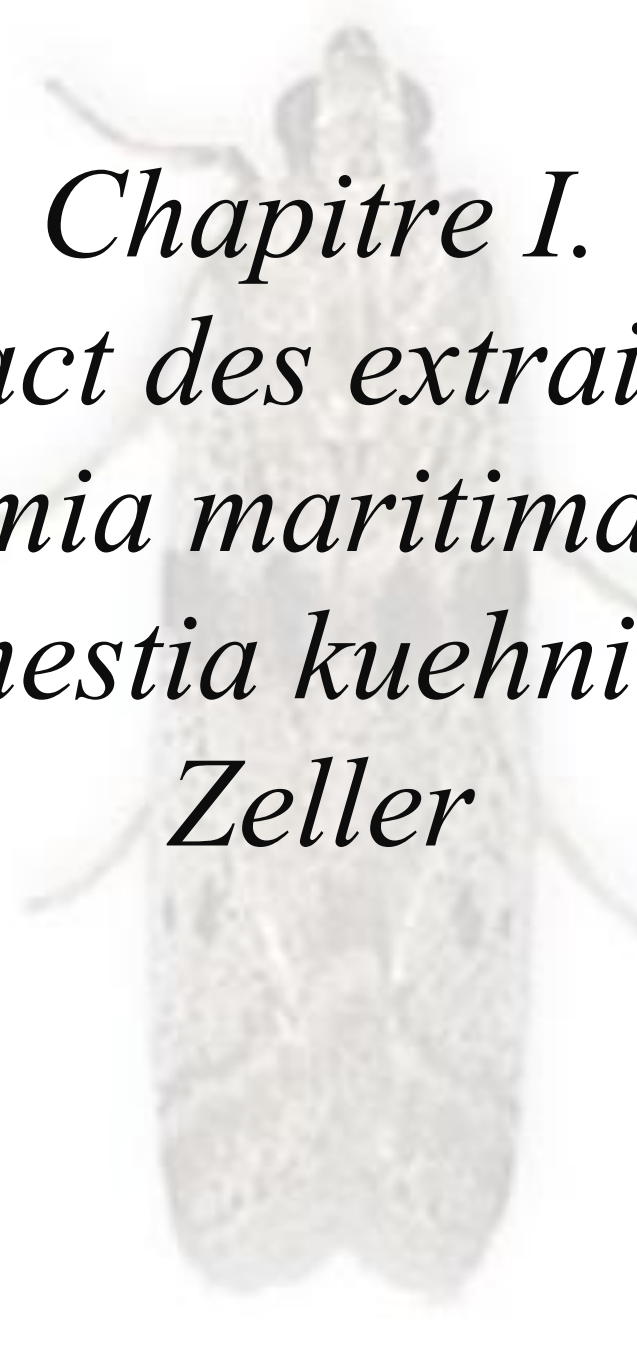
sur le modèle invertébrés *Ephestia kuehniella*. Z. Cette section inclut :

- L'extraction aqueuse à partir des feuilles et du bulbe de *D. maritima* et l'analyse de leur composition chimique, y compris les phénols, flavonoïdes et tannins ;
- L'analyse de la toxicité des extraits par application topique sur les chrysalides d'*Ephestia kuehniella* Zeller, en mesurant les doses inhibitrices de l'émergence des adultes et leurs intervalles de confiance ;
- L'étude des impacts des doses inhibitrices sur la croissance, la durée du développement nymphal et les anomalies morphologiques ;
- L'examen des effets des deux extraits sur les réserves énergétiques et les protéines ;
- L'évaluation des conséquences des extraits sur la reproduction.

La deuxième partie traite des effets toxicologiques des extraits de *D. maritima* sur les organismes non ciblés, en particulier le modèle vertébré, le rat *Wistar*. Cette section comprend :

- L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits du bulbe et des feuilles de *D. maritima* ;
- L'analyse de divers paramètres physiologiques, hématologiques, biochimiques et métaboliques chez l'animal ;
- L'examen du profil pro/antioxydant dans le foie, les reins et le cerveau, y compris les activités enzymatiques et non enzymatiques ;
- L'évaluation de l'activité de l'acétylcholinestérase cérébrale ;
- L'analyse histologique des organes cibles comme le foie et les reins.

Enfin, l'étude interprète l'ensemble des résultats obtenus et propose des perspectives pour de futures recherches.



Chapitre I.
Impact des extraits de
Drimia maritima sur
Ephestia kuehniella
Zeller

1. Introduction

La biodiversité faunique, qui englobe toutes les espèces animales d'un écosystème, met en évidence l'importance des insectes, représentant environ 60% du règne animal et constituant près de la moitié de la diversité planétaire. Les insectes, par leur variété, leur abondance et leurs dommages potentiels (**Raven & Wagner, 2021**), compromettent gravement les stocks, impactant la qualité et la quantité des produits entreposés (**Guettal, 2021**).

Les nuisibles affectant les stocks incluent diverses espèces, notamment des insectes qui prolifèrent dans les produits entreposés, représentant un défi à l'échelle mondiale avec plusieurs espèces ayant acquis une distribution cosmopolite. Ces organismes nuisibles sont classifiés en deux catégories : les ravageurs primaires, qui ciblent les grains intacts, favorisant ainsi l'émergence de ravageurs secondaires responsables de dégâts subséquents (**Loundja, 2020**). Parmi eux, la famille des Lépidoptères, incluant les pyrales ou teignes telles que *Ephestia kuehniella* Zeller (1879) (Pyralidae), constitue une menace majeure pour les industries meunières des zones tempérées, se nourrissant principalement de céréales détériorées ou de qualité inférieure, rendant leur présence plus commune (**Kathirvelu et al., 2020**).

La gestion d'*E. kuehniella* est particulièrement ardue puisque son développement s'effectue à l'intérieur des grains (**Kurtuluş et al., 2020**). En Algérie, cet insecte entraîne des pertes significatives, dégradant la qualité des produits par leur simple présence et provoquant des dommages directs aux denrées alimentaires. En se nourrissant et en excréant, les larves altèrent la qualité des grains et favorisent la production de mycotoxines dangereuses pour la santé humaine (**Khalil et al., 2021**).

Le développement des insectes est marqué par des transformations physiologiques et morphologiques, notamment par l'exuviation, qui est le débarrasement de leur cuticule précédente, suivi de la formation d'une nouvelle à travers des mues répétées, facilitant ainsi leur croissance (**Taffar et al., 2021**).

Dans le groupe des holométaboles, qui subissent une métamorphose complète comme *E. kuehniella*, le cycle de vie se divise en quatre étapes : l'œuf, la larve, la nymphe (ou chrysalide) et, l'adulte (**Pakyari et al., 2019**). Pendant leur développement, les larves passent par de multiples mues, augmentant en taille jusqu'à leur transformation en adultes. Cette étape de métamorphose signale l'entrée dans la phase de reproduction, où les

processus reproductifs sont finement régulés. Les transitions entre les phases de vie, telles que la mue, la métamorphose, la reproduction, et la formation de nouvelles cuticules, sont orchestrées par l'action de deux hormones principales : les ecdystéroïdes et les hormones juvéniles (**Kirane-Amrani, 2018**). Des recherches approfondies sur divers groupes d'insectes ont montré que le développement et la reproduction sont influencés directement par le système neuroendocrinien, qui produit ces hormones essentielles (**Kirane-Amrani et al., 2018**).

Couramment désignée sous le nom d'hormone de mue, l'ecdysone est une prohormone des ecdystéroïdes appartenant à la catégorie de stéroïdes polyhydroxylés (**Chandi & Kaur, 2021**). Elle synthétisée par les glandes prothoraciques. Ces glandes sécrètent l'ecdysone dans l'hémolymphe à la suite de leur activation par l'hormone prothoracicotrope (HPTT), en réaction à divers stimuli tels que l'état nutritionnel de l'insecte, ainsi que des facteurs hormonaux et environnementaux (**Lafont et al., 2021**). Une fois libérée, l'ecdysone est transformée en 20-hydroxyecdysone (20E), une hormone active, au sein du corps gras ou d'autres tissus périphériques.

L'hormone juvénile (HJ), un sesquiterpène produit par les corps allates (glandes derrière le cerveau dans la tête), son métabolisme a lieu tant dans l'hémolymphe que dans les tissus, y compris le tégument, le corps gras, le cerveau, l'intestin et les glandes séricigènes. L'HJ est cruciale pour orchestrer la métamorphose des insectes, en programmant les mues larvaires (**Kurogi et al., 2021**).

Chez *E. kuehniella*, la maturation sexuelle se produit pendant la phase nymphale, régulée par les ecdystéroïdes. Les composés nécessaires à cette évolution sont générés par le corps gras, diffusés dans l'hémolymphe et absorbés par les glandes (**Bensalem-Djidi, 2014**). La métamorphose est ensuite dirigée par une interaction entre les ecdystéroïdes et les hormones juvéniles, avec des cycles réguliers de ces hormones déterminant les phases de transition développementale (**Jindra & Bittova, 2020**). L'hormone juvénile inhibe la métamorphose jusqu'à ce que les larves atteignent une taille et un stade de développement adéquats. Un niveau élevé d'HJ en présence de 20E induit une mue larvaire, alors qu'une diminution de l'HJ favorise la mue vers la métamorphose sous l'influence de l'ecdysone. La mue régulière facilite l'adaptation des insectes à leur croissance. Après l'exuviation adulte, les individus deviennent sexuellement matures, les glandes prothoraciques régressent après la dernière mue larvaire, et la production d'ecdystéroïdes est reprise par d'autres sources comme l'épithélium folliculaire, les testicules et les ovaires, ce qui permet

aux gonades de fonctionner temporairement comme des glandes endocrines durant la reproduction.

La recherche et le développement de molécules synthétiques ayant un impact environnemental réduit, en tant qu'alternatives aux produits conventionnels, ont conduit à la création des perturbateurs de croissance des insectes (Insect Growth Disruptors ou IGDs). Ces substances, qui interfèrent avec les hormones spécifiques des insectes représentent une avancée notable (**Hamilton et al., 2021**).

Parallèlement, l'importance accordée à la recherche de solutions pour réduire l'usage d'insecticides nuisibles s'accroît. Dans ce contexte, la lutte biologique, exploitant des composés naturels tels que les molécules bioactives extraites de plantes, attire une attention particulière. Ces substances se distinguent par leurs multiples fonctions biologiques, comme leurs propriétés antioxydantes et insecticides, leur persistance limitée dans l'environnement, leur toxicité réduite pour les espèces non ciblées, ainsi que par leur mode d'action varié sur les nuisibles, incluant des effets répulsifs, anti appétitifs, ainsi qu'un impact négatif sur la longévité et la fertilité des ravageurs (**Pang et al., 2020**).

Depuis longtemps, les extraits de plantes sont utilisés comme moyens de lutte contre les insectes. Ces insecticides naturels induisent des changements biochimiques chez les insectes, se manifestant par une variation des niveaux de métabolites tels que les protéines, les glucides et les lipides (**Hossain et al., 2022**). Des études ont montré que ces extraits perturbent les hormones régulant la synthèse protéique et accélèrent leur dégradation, tout en favorisant l'utilisation des réserves énergétiques (lipides et glucides) pour la production d'énergie (**Gnanamani & Dhanasekaran, 2017**). En outre, les composés phytochimiques, offrant un large éventail d'actions telles que l'effet insecticide, répulsif, anti-appétit et de régulation de la croissance, impactent les fonctions vitales des insectes, allant des aspects métaboliques et physiologiques à leurs comportements (**Sadeghnezhad et al., 2022**).

Drimia maritima (L.) joue un rôle crucial dans l'avancement de la lutte biologique et la protection des agro-écosystèmes face à un éventail étendu de bioagresseurs (**Djeddar et al., 2021**). Cette plante, également connue sous le nom de Squill et appartenant à la famille des Asparagaceae, croît naturellement le long des côtes de l'Afrique du Nord et se trouve en grande quantité dans la région de Séraïdi, à l'est de l'Algérie. Elle se caractérise par un bulbe ovoïde mesurant entre 15 et 30 cm de longueur et par des feuilles longues,

lancéolées et acérées à leur pointe (**Hammiche et al., 2013**), est une espèce polymorphe, avec plusieurs formes et variantes. *D. maritima* est reconnue pour ses propriétés médicinales et ses bénéfices thérapeutiques, particulièrement la variété rouge (**Alqahtani et al., 2022**) qui a été intensivement collectée en Algérie en vue de découvrir de nouveaux composés bioactifs.

Il est bien établi que les végétaux renferment des composés biologiquement actifs, incluant une riche variété de flavonoïdes, tannins, acides aminés et acides gras oméga-3, qui présentent des propriétés antioxydantes significatives et une biodégradabilité avantageuse dans leurs applications ciblées (**Agidew, 2022**). Des études analytiques, effectuées par (**Maazoun et al., 2017**) et (**Rhimi et al., 2019**), ont identifié dans *D. maritima* des bufadiénolides cardiotoniques hétéroglycosidiques (tels que scillarènes et proscillaridines) comme composants majeurs, en plus des flavonoïdes, polyphénols, tanins et polysaccharides. Ces composés confèrent à la plante ses effets antioxydants (**Zhang et al., 2022**), diurétiques (**Kakouri et al., 2019**), anti-hémolytiques (**Rezzagui et al., 2020**), cytotoxiques (**Hamzeloo-Moghadam et al., 2018**), antifongiques (**Amine et al., 2017**) et insecticides (**Saadane et al., 2021**).

D. maritima s'est révélée être particulièrement toxique pour une variété d'insectes, incluant *Stegobium paniceum* (**Badalamenti et al., 2021**), *Tetranychus urticae* (**Badalamenti et al., 2022**), *Dermanyssus gallinae* (**Rhimi et al., 2019**), et *Sitophilus oryzae* (**Maazoun et al., 2017**), grâce à sa richesse en composés bioactifs tels que les composés phénoliques et les bufadiénolides. Ces substances inhibent de manière significative la croissance larvaire à travers différents mécanismes, affectant négativement les fonctions physiologiques et ne présentant pas de risques de résistance en raison de leur dégradation rapide. Des changements comportementaux et morphologiques ont été observés chez les coléoptères *Drosophila melanogaster* (**Saadane et al., 2021**), soulignant l'efficacité de *D. maritima* comme un agent similaire aux perturbateurs de croissance des insectes, mais avec des effets distincts en fonction du composé. De plus, des recherches ont indiqué que *D. maritima* exerce un potentiel inhibiteur sur l'AChE chez *Sitophilus oryzae* (**Maazoun et al., 2017**), réduit la fertilité chez les adultes de *Tribolium castaneum* (**Soltani et al., 2023**), et exerce une forte cytotoxicité ainsi que des actions antimitotiques (**Manganyi et al., 2021**).

Ce chapitre se place dans la perspective de contribuer à la réduction des pertes et à la protection des produits stockés, notamment la farine, face aux insectes nuisibles. Il vise à

explorer l'emploi de composés naturels issus des plantes comme bio-insecticides, spécifiquement à travers l'extraction aqueuse de parties de *Drimia maritima*, ciblant *Ephestia kuhniella*.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Présentation d'*Ephestia kuehniella*

La pyrale méditerranéenne de la farine, *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879), également connue sous le nom de « teigne de la farine », appartient aux lépidoptères nocturnes qui ont des métamorphoses complètes de la famille des Pyralidae et se trouve principalement dans les zones tempérées et méditerranéennes (Kurtuluş et al., 2020). Cet insecte est identifié comme un fléau majeur pour les installations de meunerie (Taffar et al., 2021), se révélant être un parasite fréquent des réserves alimentaires. Il infeste souvent les silos à grains, les infrastructures de l'industrie agroalimentaire, les points de vente au détail et les boulangeries, bénéficiant d'une présence quasi universelle (Stejskal et al., 2021). Les larves d'*E. kuehniella* ont la capacité de traverser des emballages fins, infestant produits tels que la farine, les grains de céréales (blé, maïs, riz), la semoule, les flocons d'avoine, les produits à base de pâte et les fruits secs (Fig. 1).



Fig. 1 Fraction de farine contaminée par *E. kuehniella* (G×4) (Photo de Soual Rania, auteure de cette thèse)

L'individu mature se distingue par une tête de forme arrondie et des ailes frontales d'un gris soyeux (Bendjedid et al., 2021). En plus de son impact économique, la facilité d'élevage de cette mite et son cycle de vie court en font un sujet d'étude privilégié dans le milieu de la recherche comme modèle biologique de laboratoire.

2.1.1. Position systématique

La classification taxonomique d'*Ephestia kuehniella* repose principalement sur les caractéristiques morphologiques des individus adultes, conformément au Centre National

d'Information sur la Biotechnologie (NCBI) en 2018.

Règne	Animalia
Sous-règne	Metazoa
Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous classe	Pterygota
Infra classe	Neoptera
Super ordre	Endopterygota
Famille	Pyralidae
Genre	<i>Ephestia</i>
Espèce	<i>Ephestia Kuehniella</i> (Zeller 1879)

2.1.2. Cycle biologique

Le processus de développement d'*E. kuehniella* est achevé en 61 à 80 jours dans des conditions de 27 °C et 70% d'humidité relative (Pakyari et al., 2019). Le cycle de vie inclut quatre phases : œuf, larve (chenille), nymphe (chrysalide), adulte (Fig. 2).

Œuf : L'œuf, blanc, ovoïde et de petite taille (460 µm de long par 230 µm de large), est pondu par les papillons matures dans les grains. Après une incubation de 3 à 14 jours dépendant de la température, il éclot en larve, généralement au fond ou le long des parois des sacs de farine (Kirane-Amrani et al., 2015).

Larve (chenille) : la chenille, initialement mesurant entre 1 et 1,5 mm de couleur blanchâtre ou rosâtre, atteint 15 à 20 mm en fin de développement larvaire. Elle produit des cocons de soie pour résider et, après sa mue, se met à consommer activement de la farine, démontrant une habileté de déplacement et une inclination pour le tissage. En fin de croissance, les larves deviennent entièrement brunes et se détachent de leur source de nourriture pour commencer la nymphose (Shahriari et al., 2020).

Chrysalide : La mue nymphale, conduit à la dégradation des structures et au développement des organes adultes, y compris la maturité sexuelle. La nymphe, brunâtre et mesurant 9 à 10 mm, reste immobile dans un cocon riche en nutriments pendant 8 à 12

jours. Cette période mène à l'émergence de l'adulte, marquant une métamorphose complète vers la maturité (Shahriari et al., 2020).

Adulte : Après sa mue finale, la chrysalide devient un papillon gris avec une tête sphérique, des ailes dont l'envergure atteint 20 à 25 mm et un abdomen renferme les organes reproducteurs. La vie adulte dure environ 14 jours, consacrée à la reproduction : les mâles meurent après l'accouplement et les femelles pondent 200 à 300 œufs avant de mourir (Bhavanam & Trewick, 2022).

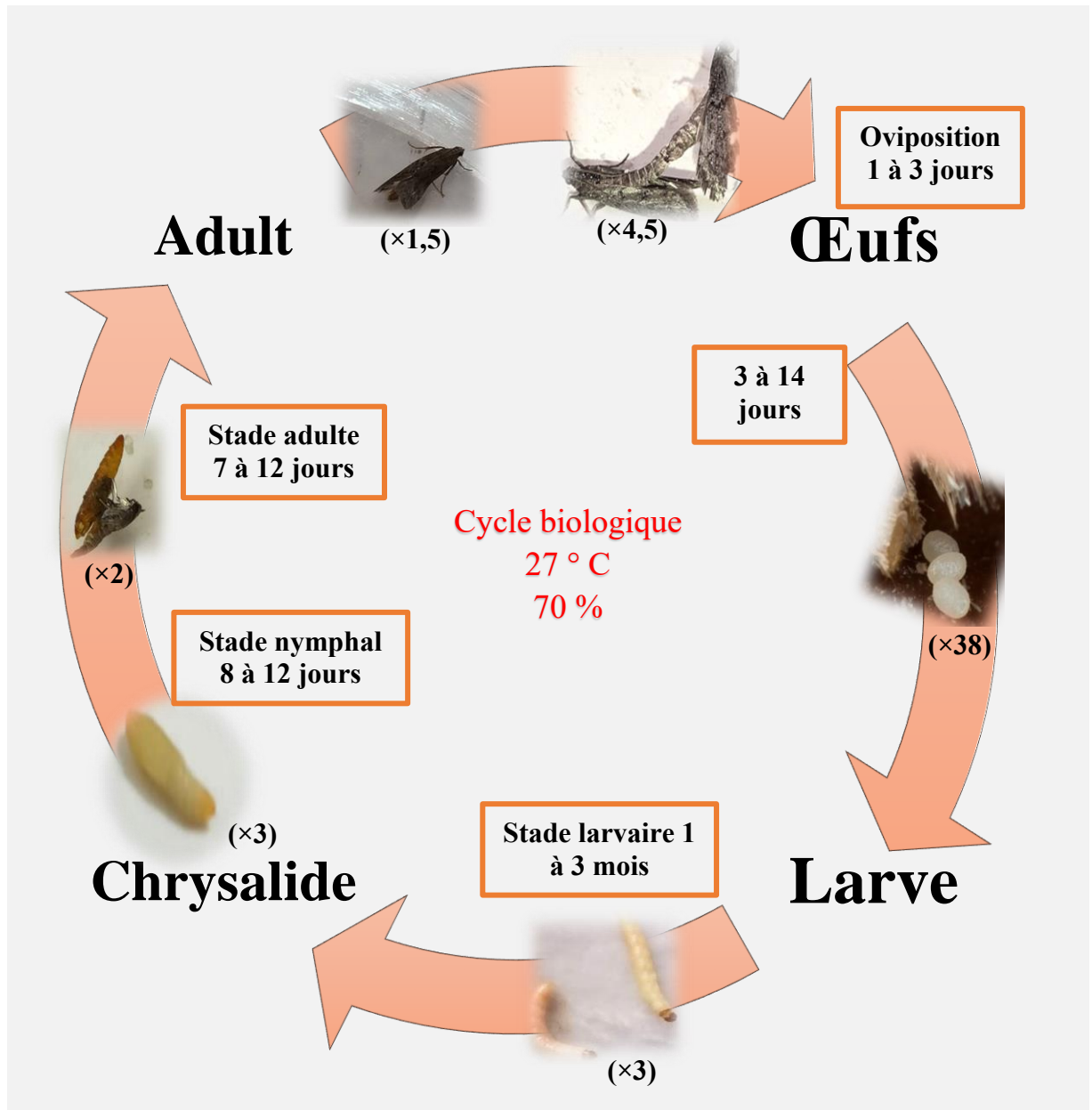


Fig. 2 Cycle de développement d'*E. kuehniella* à 27 °C

2.1.3. Distinction des sexes

Chez *E. kuehniella*, la différenciation entre mâles et femelles se fait principalement au stade adulte mais plus facilement au stade larvaire, caractérisée par une tache noire visible sur la surface dorsale de l'épiderme, indiquant la présence de testicules (**Fig. 3**).

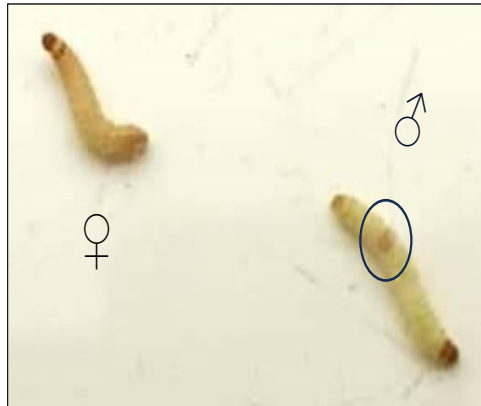


Fig. 3 Différenciation sexuelle chez *E. kuehniella* : identification du mâle et de la femelle (G×5) (Photo de **Soual Rania**, auteure de cette thèse)

2.1.4. Technique d'élevage

Les spécimens d'*E. Kuehniella* ont été collectés de la Société Nationale des Semouleries, Meuneries, Fabriques de Pâtes Alimentaires et Couscous (SN-SEMPAC) d'Annaba. L'élevage s'est déroulé en laboratoire, dans une étuve, sous des conditions soigneusement régulées incluant une température maintenue à 27 °C, une humidité relative avoisinant les 70%, et dans l'obscurité (**Payne, 1966**). Les larves en phase finale ont été sélectionnées, récoltées et les sexes différenciés avant d'être placées séparément dans des boîtes en plastique remplies de farine et de papier plissé pour faciliter leur nymphose. L'observation de l'élevage a été réalisée quotidiennement. À la suite de leur transformation en nymphes, les chrysalides âgées de 0 jour ont été prélevées à des fins expérimentales. (**Fig. 4**)



Fig. 4 Élevage de masse d'*E. Kuehniella*. (Photo de **Soual Rania**, auteure de cette thèse)

2.2. Présentation de la plante (Bio-insecticide)

Cette recherche a porté sur les parties ; aérienne (feuilles) et bulbeuse de la plante méditerranéenne *Drimia maritima* (L.), qui appartient à la famille des Asparagaceae. Ses feuilles sont énormes, en forme de rosette, épaisses et molles. L'énorme bulbe est large, il mesure environ 27 cm de diamètre, a des surfaces écaillées rougeâtres et pèse plus de 3 kg (Hammiche et al., 2013).



Règne	Plantae
Classe	Equisetopsida
Sous classe	Magnoliidae
Super ordre	Lilianaes
Ordre	Asparagales
Famille	Asparagaceae
Genre	<i>Drimia</i>
Espèce	<i>Drimia maritima</i> (L.)

Fig. 5 Le statut taxonomique de *Drimia maritima* L. (Photo de Soual Rania, auteure de cette thèse, 2022)

2.2.1. Localisation du site de récolte et identification de la plante

Dans la présente expérience, la plante fraîche (bulbes et feuilles) de *D. maritima* a été récoltée dans la province de Séraïdi au nord d'Annaba, en Algérie (à 36° 55' 21,9" Nord et 7° 43' 30,4" Est) entre novembre et décembre (**Fig. 6**). Cette région bénéficie d'un climat méditerranéen modéré avec une température moyenne annuelle de 17,7 °C et une altitude favorable à une excellente production agricole, Séraïdi bénéficie d'un climat méditerranéen modéré.

L'espèce a été identifiée botaniquement par Pr. Hamel Tarek et Dr. Slimani Abderachid, Professeurs au département de biologie de l'université d'Annaba à partir de la description de la flore algérienne fournie par (Quezel et Santa, 1962- 1963).

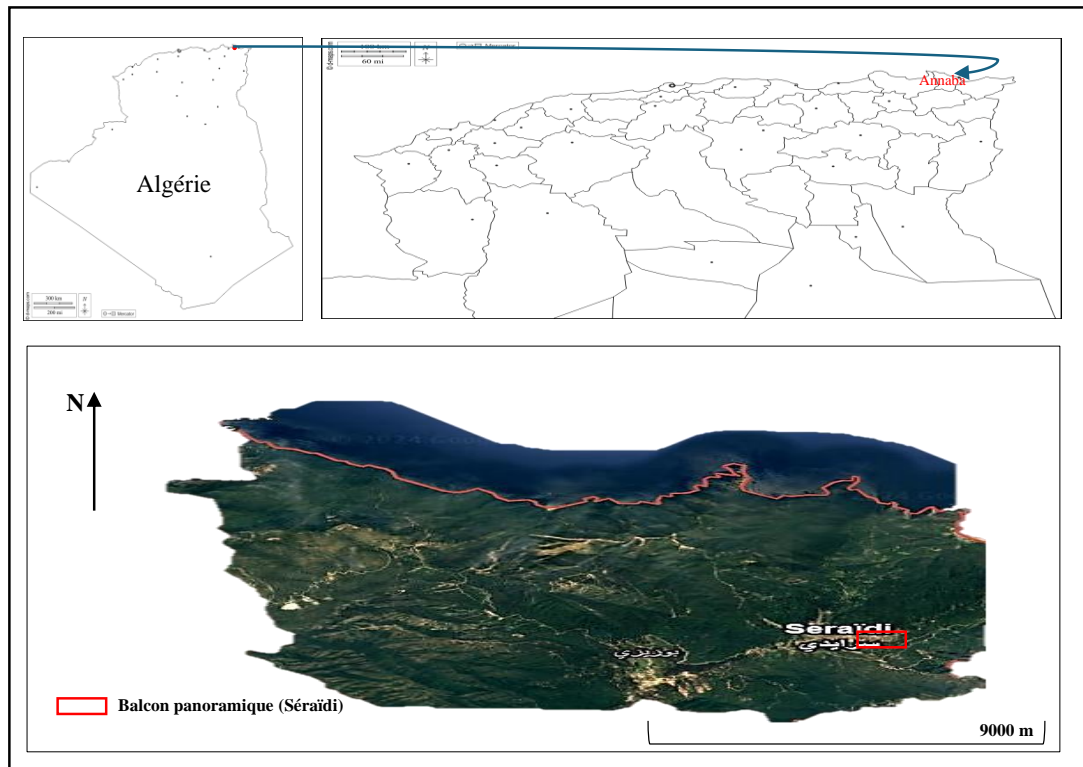


Fig. 6 Localisation géographique du site d'échantillonnage sur le littoral Est Algérien (<https://earth.google.com>)

2.2.2. Préparation des extraits de *Drimia maritima*

Les feuilles et le bulbe de *D. maritima* collectée ont été nettoyés à l'eau distillée, coupés en morceaux, séchés à l'air libre et à l'ombre, puis réduits à l'aide d'un broyeur électrique en une poudre qui a été conservée dans un bocal en verre fermé à partir duquel les extraits ont été préparés.

Les extraits utilisés dans notre recherche sont obtenus par plusieurs techniques d'extraction, dont la décoction et l'infusion conformément à la procédure ci-dessous (**Fig. 7**). Après refroidissement, les deux extraits sont filtrés sur papier filtre Whatman et séchés dans une étuve à 40 °C, puis le rendement de chaque extrait est déterminé avant d'être conservé à 4 °C jusqu'à utilisation (**Kaaria, 2019**).

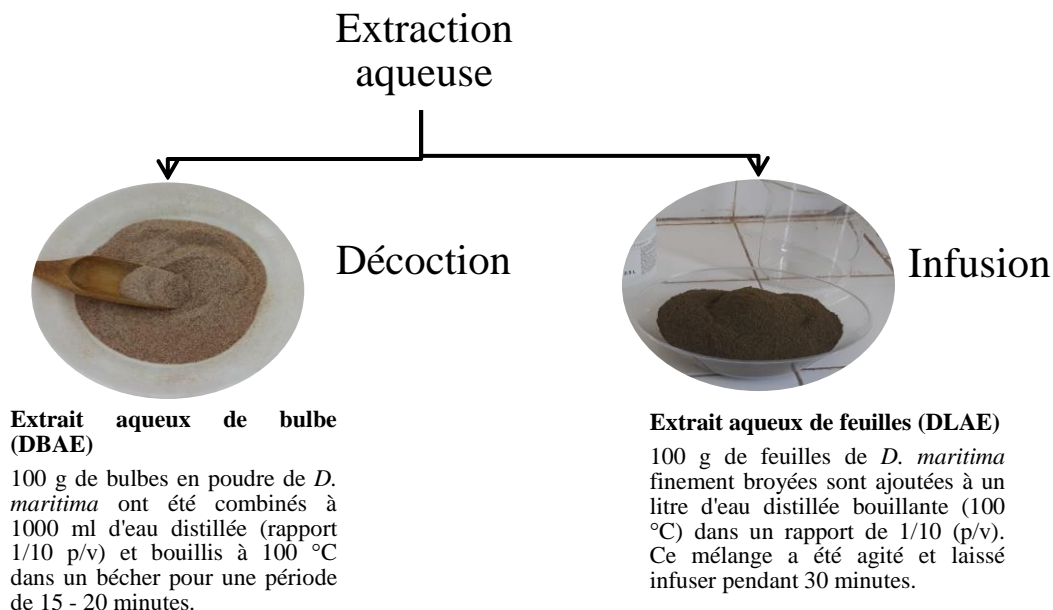


Fig. 7 Technique d'extraction des deux composants de *D. maritima*

2.2.3. Calcul du rendement

Le rendement des extraits végétaux est basé sur le rapport entre le poids de l'extrait sec et celui de la plante à traiter (Kaneria et al., 2012). Le pourcentage de rendement pour chaque extrait a été calculé selon la formule suivante :

$$R (\%) = (M / M_0) \times 100$$

R : Rendement indiqué en (%)

M : Masse de l'extrait sec obtenu (g)

M₀ : Masse du matériel végétale a traité (g).

2.2.4. Analyses phytochimiques des extraits de *Drimia maritima*

✚ Dosage des polyphénols totaux

La quantification totale en polyphénols a été déterminée par la méthode à base de Folin Ciocalteu (Bin Li et al., 2007).

Principe :

L'ensemble des composés phénoliques est oxydé par le réactif de Folin-Ciocalteu. L'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et l'acide phospho-molybdique (H₃PMo₁₂O₄₀) contenus dans ce réactif sont réduits en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. Les résultats sont donnés en microgrammes d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait sec (µg EAG/mg Extrait). (Fig. 8)

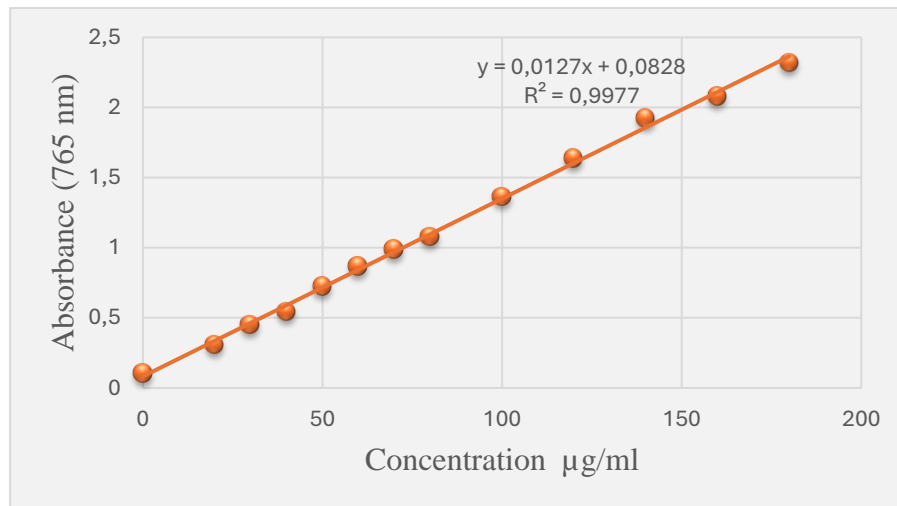


Fig. 8 Courbe de quantification de polyphénols (exprimé en valeurs d'absorbance selon les concentrations d'acide gallique)

✚ Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes dans les deux extraits aqueux a été réalisée par la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) (Djeridane et al., 2006).

Principe :

Les groupes hydroxyles (OH) des flavonoïdes et du trichlorure d'aluminium se combinent pour créer un lien covalent qui se traduit par un complexe jaune dont le pic d'absorbance se situe à 430 nm (Fig. 9). La quantité de flavonoïdes dans l'extrait est directement liée à la quantité de couleur jaune générée (Basli et al., 2012). Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent quercétine par milligramme d'extrait sec (μg EQ /mg).

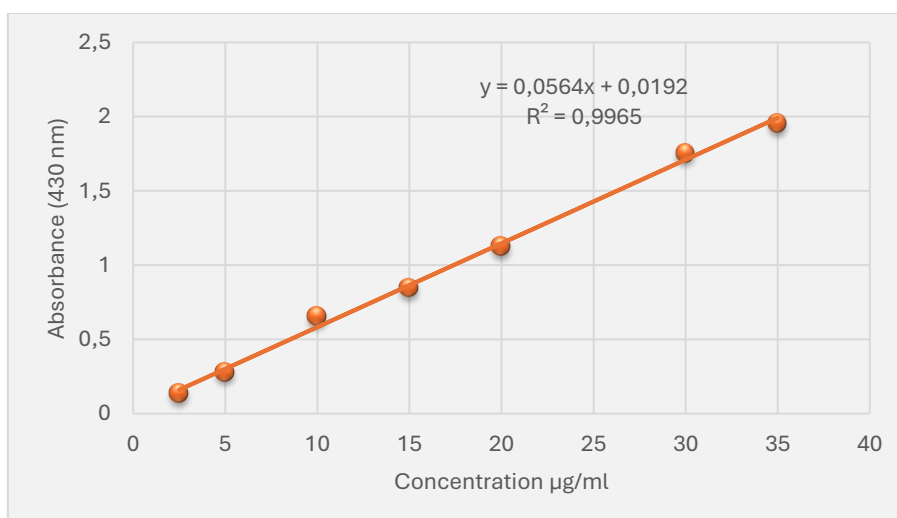


Fig. 9 Courbe de quantification de flavonoïdes (exprimé en valeurs d'absorbance selon les concentrations de quercétine)

🚦 Dosage des tannins condensés

Les tanins condensés des deux extraits aqueux sont identifiés selon la méthode de (Heimler *et al.*, 2006).

Principe :

Ce test est basé sur la mesure de la couleur rouge formée par la condensation des tanins avec la vanilline dans un milieu acide (Oueslati *et al.*, 2012)(Fig. 10). Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent de catéchine par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EC/mg}$).

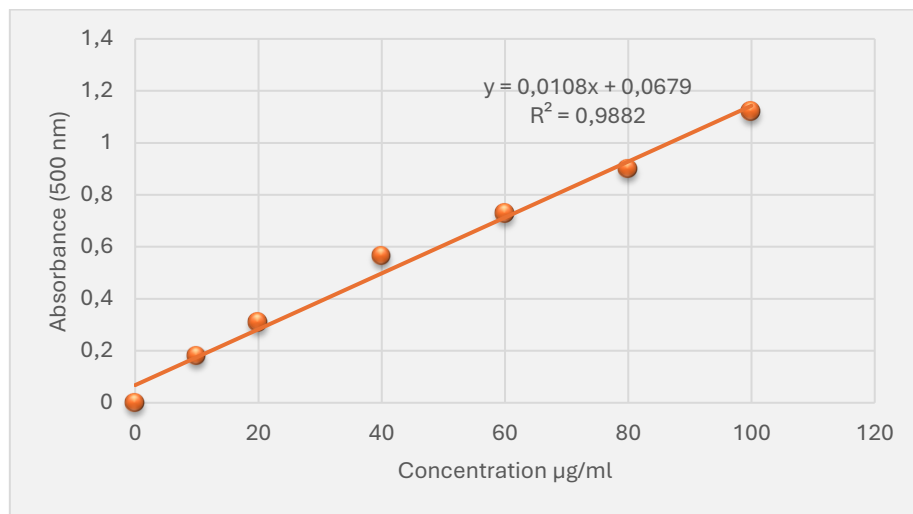


Fig. 10 Courbe de quantification des tannins condensés (exprimé en valeurs d'absorbance selon les concentrations de catéchine)

2.3. Traitement et Bio essais

Les chrysalides femelles d'*E. kuehniella*, âgées de 0 jour, sont placées dans des boîtes de Pétri. Les extraits DBAE et DLAE ont été dissous dans de l'eau distillée pour préparer des solutions de différentes concentrations. L'application du traitement s'est faite *in vivo*, en déposant 2 μl de solution sur la partie ventrale de l'abdomen de chaque chrysalide. Les groupes de contrôle n'ont reçu aucun traitement. Les boîtes de Pétri sont placées dans une étuve réglée à 27 °C pour incubation (Fig. 11).



Fig. 11 Application du traitement (Photo de **Soual Rania**, auteure de cette thèse)

2.3.1. Test de toxicité

Cinq concentrations différentes de chaque extrait préalablement préparé ont été testées : 2,5 ; 5 ; 10 ; 15 et 20 $\mu\text{g}/\text{insecte}$ dans de l'eau distillée. Chaque traitement a été répété cinq fois, impliquant 20 chrysalides par concentration à chaque fois, avec un groupe de contrôle mené en simultanément. Les taux d'inhibition ont été enregistrés quotidiennement pour chaque groupe ont été calculés et ajustés en utilisant la méthode (**Abbott, 1925**) pour exclure la mortalité naturelle. Ces pourcentages d'inhibition ont ensuite subi une transformation angulaire, basée sur les travaux de (**Bliss, 1938**) et cités par (**Fisher & Yates, 1957**). L'analyse de la variance à un critère de classification a été employée pour ordonner les concentrations *via* le test de Tukey HSD, visant à déterminer l'impact des extraits de bulbe (DBAE) et de feuilles (DLAE) de *D. maritima*. En outre, l'application d'une régression non linéaire, reliant le pourcentage d'inhibition ajusté au logarithme de la concentration, a facilité l'estimation des concentrations DI_{25} et DI_{50} qui inhibent la mue adulte de 25% et 50% respectivement, y compris leurs intervalles de confiance à 95%.

$$\text{MC}\% = (\text{Mt} - \text{Mc} / 100 - \text{Mc}) \times 100$$

MC% : Pourcentage de mortalité corrigée.

Mc : Pourcentage de mortalité chez les témoins.

Mt : Pourcentage de mortalité chez les traitées.

2.3.2. Mesure des paramètres du développement

Les chrysalides fraîchement exuviées (âgées de moins de 8 heures) ont été exposées à deux doses différentes DI_{25} (2,948 μg) et DI_{50} (6,106 μg) de DBAE ; DI_{25} (3,222 μg) et DI_{50} (7,347 μg) de DLAE.

2.3.2.1. Durée de développement nymphal

L'observation des chrysalides des groupes contrôle et traités (DI_{25} et DI_{50}), a été effectuée

quotidiennement jusqu'à l'éclosion des adultes. Trois essais de 15 insectes chacun ont été menés pour chaque groupe, conservés dans les conditions d'élevage précédemment mentionnées.

2.3.2.2. Croissance pondérale

L'évolution du poids d'*E. kuehniella* dans les groupes contrôle et ceux traités avec les deux concentrations d'extrait de *D. maritima* (DI₂₅ et DI₅₀) a été mesurée à différents moments du stade nymphal de 0 à 9 jours en utilisant une balance de précision, avec trois séries de 15 insectes pour chaque expérience.

2.3.2.3. Types morphologiques induits

Pour examiner les possibles anomalies morphologiques chez les insectes à la suite de l'exposition aux DLAE et DBAE, une étude de la morphologie après l'application sur des chrysalides, et ce, jusqu'à l'émergence. Différents types ont été identifiés et analysés, incluant la mue totale, la mue partielle, la mue bloquée et l'adulte malformé. Les fréquences de chaque type de malformation ont été déterminées en utilisant trois séries expérimentales, chacune comprenant 15 insectes.

2.3.3. Évaluation du potentiel reproducteur

Les femelles adultes issues de chrysalides de contrôle et celles traitées, ayant survécu à l'exposition au DBAE et au DLAE à des concentrations de DI₂₅ et DI₅₀, ont été associées à des mâles adultes non traités, également nouvellement émergés, dans des boîtes de Pétri. Trois types d'appariements ont été établis :

- ✚ Appariement 1 : Femelle non-traité × Mâle non-traité
- ✚ Appariement 2 : Femelle DI₂₅ × Mâle non-traité
- ✚ Appariement 3 : Femelle DI₅₀ × Mâle non-traité

Pour chaque type d'appariement, l'expérience a été répétée 15 fois. Les boîtes de Pétri, marquées avec la date du traitement, ont été conservées à une température de 27 °C pour un suivi quotidien du processus de reproduction. Plusieurs indicateurs de la capacité reproductive ont été évalués, incluant :

- ✚ Durée de la phase pré-oviposition (nombre de jours s'écoulant entre l'émergence des adultes et le début de la ponte).

- ✚ Durée de la phase oviposition (le nombre de jours pendant lesquels la ponte a lieu).
- ✚ La fécondité des femelles (le total d'œufs pondus par chaque femelle).
- ✚ La viabilité des œufs (le pourcentage d'œufs éclos parmi le total d'œufs pondus par femelle).

2.4. Extraction des principaux métabolites

L'extraction des métabolites des ovaires s'est effectuée en suivant la méthode décrite par (Shibko et al., 1966).

Les ovaires pesés, sont soumis à un processus de broyage *via* un homogénéisateur ultrasonique, puis centrifugés à 5000 tours par minute à une température de 4 °C pendant 10 minutes. Le surnageant obtenu est conservé pour le dosage des glucides totaux. Ensuite, le précipité est mélangé à 1 ml d'une solution éther/chloroforme (1/1 v) et centrifugé une seconde fois dans les mêmes conditions pour obtenir un deuxième surnageant, destiné à l'analyse quantitative des lipides. Le précipité final est dissous dans une solution de soude à 0,1N, ce qui facilite la mesure quantitative des protéines (Fig. 12).

✚ Dosage des protéines

Principe :

La quantification des protéines a été réalisée en utilisant la méthode développée par (Bradford, 1976a), qui emploie le bleu de Coomassie G-250 comme indicateur colorimétrique. En tant que référence, on a utilisé l'albumine de sérum bovin (Sigma-Aldrich, États-Unis) à une concentration de 1 mg/ml.

Tableau 1. Préparation de la courbe d'étalonnage pour la quantification des protéines totales

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution standard d'albumine (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4

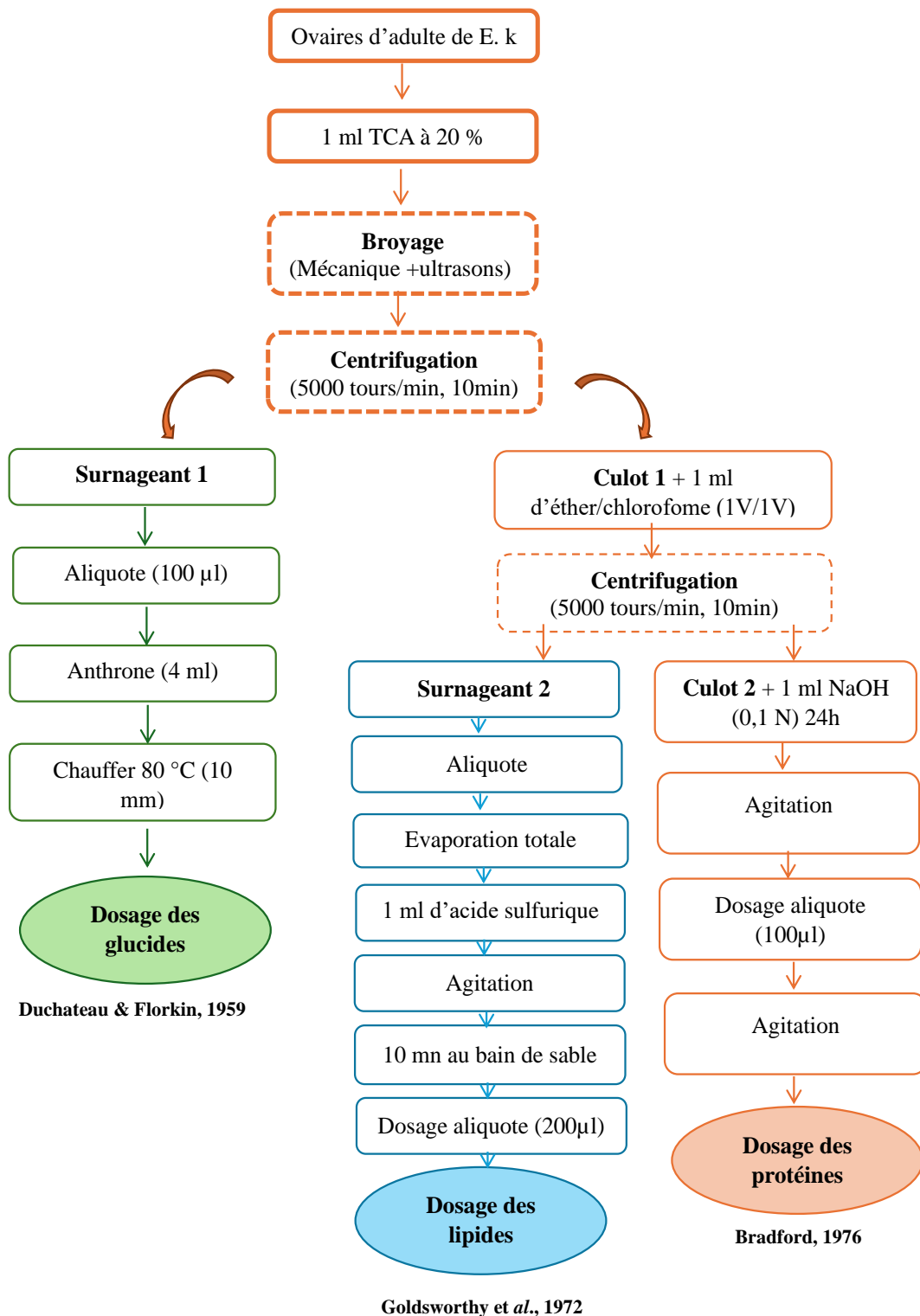


Fig. 12 Méthodes d'extraction (Shibko et al., 1966) et dosage des principaux constituants biochimiques (glucides, lipides, protéines)

✚ Dosage des glucides

Principe :

La mesure des glucides totaux a été réalisée suivant la procédure décrite par **(Duchateau & Florkin.) 1959**, qui emploie l'anthrone comme réactif colorimétrique et utilise une solution étalon de glucose (1 mg/ml dans de l'eau distillée).

Tableau 2. Réalisation de la gamme d'étalonnage des glucides.

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

✚ Dosage des lipides

Principe :

La détermination du niveau des lipides totaux s'est appuyée sur la méthode développée par **(Goldsworthy et al., 1972)**, qui fait usage de la vanilline comme réactif pour la colorimétrie. Pour étalon, une solution mère de lipides à une concentration de 2,5 mg/ml a été préparée.

Tableau 3. Réalisation de la gamme d'étalonnage des lipides totaux.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution standard de lipides (µl)	0	20	40	60	80	100
Ether/ Chloroforme (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif de vanilline (ml)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

2.4.1. Calcul de l'indice d'épuisement des réserves énergétiques

Les quantités mesurées de glucides, lipides et protéines (µg par individu) sont converties en unités d'énergie, joules, conformément à la méthode proposée par **(Clements, 1992)**. L'indice représentant la consommation des réserves énergétiques est ensuite déterminé en utilisant la formule ci-après :

$$NDI\% = [(C - T) / (C + T)] \times 100$$

NDI % : Indice de déplétion des réserves nutritives (Nutrition Depletion Index).

C : Réserves nutritives totales chez le témoin. **T** : Réserves nutritives totales chez les

traités.

2.5. Analyses statistiques

Les données recueillies sont présentées sous forme de moyennes accompagnées de leurs écarts types pour chaque catégorie testée ($M \pm SEM$). Pour identifier les distinctions significatives entre les échantillons et pour classer les différents groupes selon leur réactivité (classification basée sur les doses), plusieurs tests statistiques ont été appliqués, notamment le test t de Student ($P < 0,05$), l'analyse de variance (ANOVA) à un ou deux facteurs, et le test de différence significative honnête (HSD) de Tukey. La technique de régression non linéaire, reliant le pourcentage d'inhibition ajusté au logarithme de la concentration, a été utilisée pour calculer les concentrations d'inhibition (DI_{25} , DI_{50}). Ces analyses ont été réalisées grâce au logiciel GraphPad Prism, une plateforme d'analyse statistique et de traitement de données, version 9.0.

3. Résultats

3.1. Rendement et analyses phytochimiques des extraits de *D. maritima*

D'après les analyses phytochimiques des deux extraits aqueux du bulbe et des feuilles de *D. maritima* (**Tableau 4**), le DBAE contient plus de polyphénols que le DLAE, avec ($150,10 \pm 2,66$ mg EAG/ g ES) et ($85,53 \pm 2,38$ mg EAG/ g ES), respectivement. La concentration en flavonoïdes pour les feuilles et les bulbes était respectivement de $11,79 \pm 2,46$ et $9,80 \pm 1,80$ mg EG/g ES. Le dosage des tanins condensés a montré que le DLAE contenait $76,81$ mg EC/g ES de tanins condensés, contre $64,62$ mg EC/g ES pour l'extrait aqueux de bulbe.

Tableau 4. Rendement des extraits de *D. maritima*, en composés phénoliques totaux, flavonoïdes totaux et en tanins condensés.

Extrait	Rendement [%]	Polyphénols [mg EAG/ g ES]	Flavonoïdes totaux [mg EQ/ g ES]	Tanins condensés [mg EC/ g ES]
DBAE	62,2	$150,10 \pm 2,66$	$9,80 \pm 1,80$	$64,62 \pm 2,20$
DLAE	34,6	$85,53 \pm 2,38$	$11,79 \pm 2,46$	$76,81 \pm 2,94$

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm SEM, (n= 3).

(DBAE) extraits aqueux de bulbes de *D. maritima* ;

(DLAE) extraits aqueux de feuilles de *D. maritima* ;

(ES) extrait sec ; (EAG) équivalent d'acide gallique ; (EQ) équivalent de quercétine ; (EC) équivalent de catéchine.

3.2. Toxicité des extraits de *D. maritima* sur l'inhibition de l'exuviation adulte

La toxicité des extraits de *D. maritima* a été évalué sur des chrysalides d'*E. kuehniella* (Zeller). Les niveaux de concentration entraînant 25% et 50% d'inhibition de la mue adulte (DI_{25} et DI_{50}) ont été identifiés pour évaluer la toxicité de l'extrait. Le taux d'inhibition de la transformation en adulte a été quantifié en pourcentage.

Une inhibition spontanée de 4 % a été notée chez les témoins, tandis qu'une augmentation significative de cette inhibition a été observée dans les groupes traités (**Tableau 5**), suivant une corrélation avec la dose. Pour l'extrait DBAE, un taux d'inhibition de $94 \pm 4,18\%$ a été relevé pour la concentration la plus élevée ($20 \mu\text{g/insecte}$), et de $84 \pm 4,18\%$ pour l'extrait DLAE.

Tableau 5. Effet des extraits DBAE et DLAE de *D. maritima* appliquée *in vivo* par voie topique à diverses concentrations (μg / chrysalide) lors de l'exuviation nymphale sur *E. kuehniella* : Pourcentage d'inhibition observée chez les adultes.

Extrait	Doses (μg)	Témoins	2,5	5	10	15	20
	Répétitions						
DBAE	R1	0	25	40	70	80	95
	R2	5	15	40	65	85	95
	R3	10	20	45	70	75	100
	R4	5	25	35	60	75	90
	R5	0	25	40	65	80	90
	M \pm SEM	4 \pm 4,18	22 \pm 4,47	40 \pm 3,53	66 \pm 4,18	79 \pm 4,18	94 \pm 4,18
DLAE	R1	0	25	40	60	70	85
	R2	5	10	45	50	80	90
	R3	10	20	30	60	65	80
	R4	5	15	35	50	60	85
	R5	0	20	45	65	70	80
	M \pm SEM	4 \pm 4,18	18 \pm 5,70	39 \pm 6,51	57 \pm 6,70	69 \pm 7,41	84 \pm 4,18

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm SEM (5 essais, n= 20)

La correction des taux d'inhibition observés dans les groupes traités, en tenant compte de l'inhibition spontanée, a été appliquée (**Tableau 6**). Cette correction révèle que l'application des extraits de *D. maritima* a entraîné une mortalité variante entre 17,96% et 89,96% dans les groupes exposés au DBAE. Quant aux groupes ayant reçu le DLAE, un taux de mortalité s'étendant de 13,96% à 79,96% a été enregistré.

L'application du test HSD de Tukey permet de hiérarchiser les concentrations, classant les doses étudiées selon leur niveau de toxicité. Cette analyse met en lumière l'identification de cinq catégories distinctes pour l'extrait DBAE et quatre pour l'extrait DLAE, chacune ayant un impact différent sur le taux d'inhibition de la mue en adulte (**Fig. 13**).

Tableau 6. Effet des extraits DBAE et DLAE de *D. maritima* appliquée *in vivo* par voie topique à diverses concentrations (μg / chrysalide) lors de l'exuviation nymphale sur *E. kuehniella* : Pourcentage d'inhibition corrigée chez les adultes.

Extrait	Doses (μg)	2,5	5	10	15	20
	Répétitions					
DBAE	R1	25	40	70	80	95
	R2	9,95	34,95	59,95	79,95	89,95
	R3	9,9	34,9	59,9	64,9	89,9
	R4	19,95	29,95	54,95	69,95	84,95
	R5	25	40	65	80	90
	M \pm SEM	17,96 \pm 7,61	35,96 \pm 4,21	61,96 \pm 5,72	74,96 \pm 7,10	89,96 \pm 3,55
DLAE	R1	25	40	60	70	85
	R2	4,95	39,95	44,95	74,95	84,95
	R3	9,9	19,9	49,9	54,9	69,9
	R4	9,95	29,95	44,95	54,95	79,95
	R5	20	45	65	70	80
	M \pm SEM	13,96 \pm 8,24	34,96 \pm 10,03	52,96 \pm 9,11	64,96 \pm 9,38	79,96 \pm 6,15

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm SEM (5 essais, n= 20)

Les données statistiques, détaillées dans les **tableaux 7 et 8**, établissent une corrélation entre la dose et la réponse, indiquant une variance très significative ($p < 0,0001$) pour chacun des extraits analysés.

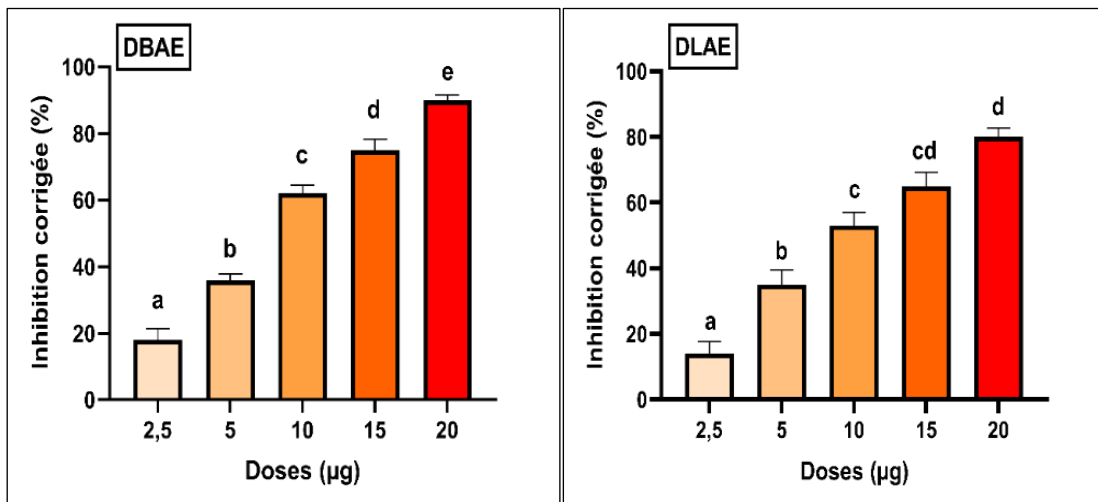


Fig. 13 Impacts des extraits DBAE et DLAE de *D. maritima* appliquée *in vivo* par voie topique à diverses doses (μg / chrysalide) lors de l'exuviation nymphale sur *E. kuehniella* : Inhibition corrigée chez l'adulte et hiérarchisation des doses expérimentales via le test HSD de Tukey. Les moyennes portant une lettre identique ne diffèrent pas de manière significative ($p > 0,05$).

Tableau 7. Effet de l'extrait DBAE de *D. maritima* appliquée *in vivo* par voie topique à l'exuviation nymphale des femelles d'*E. kuehniella* : Analyse de variance à un critère de classification

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Traitement	16984	4	4246	123,6	P <0,0001****
Erreur résiduelle	686,9	20	34,35	-	-
Total	17671	24	-	-	-

Tableau 8. Effet de l'extrait DLAE de *D. maritima* appliquée *in vivo* par voie topique à l'exuviation nymphale des femelles d'*E. kuehniella* : Analyse de variance à un critère de classification

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Traitement	13266	4	3317	43,90	P <0,0001****
Erreur résiduelle	1511	20	75,54	-	-
Total	14777	24	-	-	-

L'application de l'analyse de régression non linéaire a généré une courbe illustrant la relation dose-effet pour les chrysalides d'*E. kuehniella*, affichant l'inhibition corrigée en fonction du logarithme des doses d'extraits de *D. maritima* (**Fig. 14**). Cette courbe affiche un coefficient de détermination ($R^2 = 0,99$) remarquablement élevé pour les deux extraits, indiquant une corrélation très prononcée entre le pourcentage d'inhibition ajusté et le logarithme de la dose. De plus, les différentes doses d'inhibition (DI) chez l'adulte et leurs intervalles de confiance pour chaque extrait ont été précisés par cette méthode (**Tableau 9**).

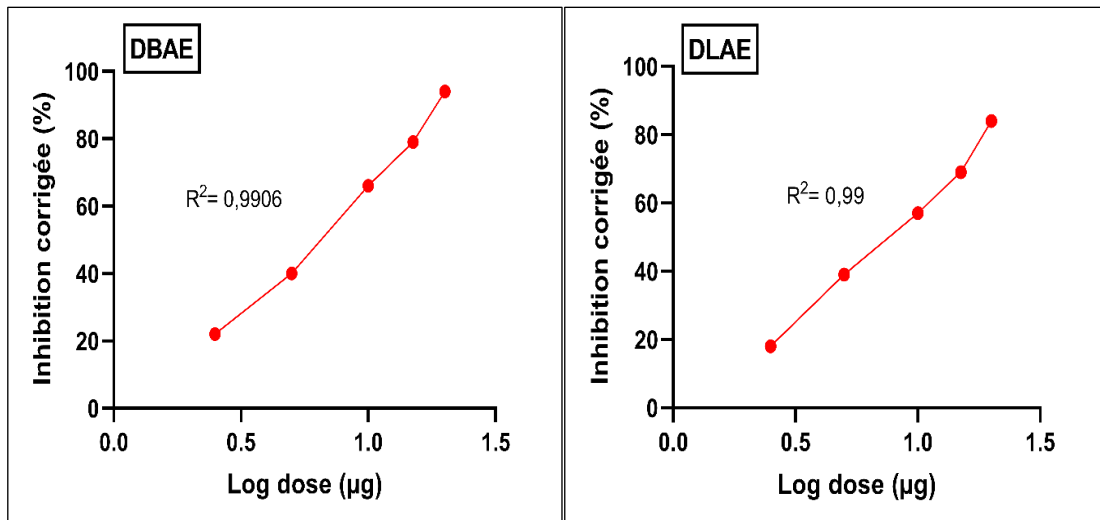


Fig. 14 Effets des extraits de *D. maritima*, appliqué *in vivo* par voie topique à différentes doses (μg) le jour de l'exuviation chez *E. kuehniella* : Graphique dose-réponse illustrant le pourcentage d'inhibition corrigée selon le logarithme de la dose de DBAE et DLAE (μg).

Tableau 9. Effet des extraits DBAE et DLAE de *D. maritima* appliquée *in vivo* par voie topique à l'exuviation nymphale des femelles d'*E. kuehniella* : Détermination des doses d'inhibition de la mue adulte (DI en μg) et leurs intervalles de confiance à 95%.

Extrait	DI ₂₅ (μg)	DI ₅₀ (μg)
DBAE	2,948 [1,31 - 4,58]	6,106 [4,46 - 7,74]
DLAE	3,222 [1,58 - 4,86]	7,347 [5,70 - 8,89]

3.3. Impact des extraits aqueux de *D. maritima* sur les paramètres du développement d'*E. kuehniella*

3.3.1. Effet sur la durée du développement nymphal

L'administration *in vivo* des extraits de *D. maritima*, aux doses inhibitrices DI₂₅ et DI₅₀ par voie topique, prolonge de manière significative la période de développement nymphal (**Tableau 10**). La durée de développement des chrysalides montre une corrélation directe avec la dose de l'extrait utilisé ($p < 0,001$) : pour les groupes témoins, la durée moyenne est de $9,26 \pm 0,18$ jours, tandis que pour les doses DI₂₅ et DI₅₀ de l'extrait DBAE, l'augmentation est respectivement de 1,53 et 3,80 jours, et de 1,20 et 3,26 jours pour les mêmes concentrations de l'extrait DLAE.

Tableau 10. Impact *in vivo* des extraits DBAE et DLAE de *D. maritima*, appliqués de

manière topique (DI₂₅ et DI₅₀), lors de l'exuviation nymphale chez *E. kuehniella* sur la période de développement nymphal. Les lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,0001$).

Traitement	Durée du développement nymphal (jours)
Témoin	9,26 ± 0,18 (a)
DBAE (DI ₂₅)	10,8 ± 0,29 (b)
DBAE (DI ₅₀)	13,06 ± 0,20 (c)
DLAE (DI ₂₅)	10,2 ± 0,26 (d)
DLAE (DI ₅₀)	12,26 ± 0,24 (e)

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± SEM (n= 15)

3.3.2. Effet sur la croissance pondérale

L'application de l'extrait DBAE entraîne une réduction progressive du poids des chrysalides. Les données indiquent une baisse jusqu'à un seuil de $12,06 \pm 0,28$ mg au neuvième jour chez les témoins. Un poids minimal est observé dans les groupes traités, de $8,33 \pm 0,27$ mg pour ceux exposés à la DI₂₅, et de $7,6 \pm 0,21$ mg pour ceux à la DI₅₀ au neuvième jour du stade nymphal (**Fig. 15**).

L'examen statistique révèle que l'application de DBAE provoque une réduction considérablement significative du poids au troisième jour du stade nymphal ($p = 0,004^{**}$), en comparaison avec les groupes témoins. L'évaluation comparative du poids des chrysalides à 3, 5, 7, et 9 jours dans les groupes témoins et ceux traités indique que le DBAE réduit significativement le poids des chrysalides exposées ($p < 0,0001$).

L'analyse de variance selon deux critères de classification confirme ces observations, révélant des effets très significatifs liés à l'âge ($p < 0,0001$), au traitement ($p < 0,0001$), ainsi qu'à l'interaction entre l'âge et le traitement ($p < 0,0001$) (**Tableau 11**).

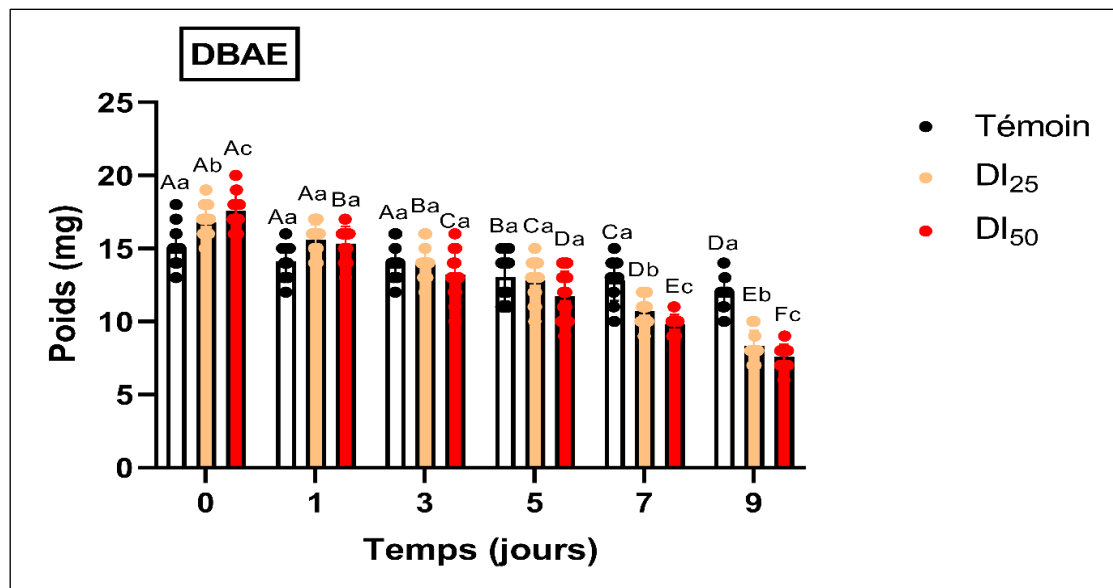


Fig. 15 Effet de DBAE de *D. maritima* administrée *in vivo*, par voie topique aux chrysalides nouvellement exuviées d'*E. kuehniella* (DI₂₅ et DI₅₀) sur la croissance pondérale (mg) au cours du stade nymphal chez *E. kuehniella*.

Tableau 11. Impact *in vivo* de l'extrait DABE de *D. maritima*, appliqués par voie topique, sur le changement de poids (en mg) des chrysalides femelles d'*E. kuehniella* avec le temps (en jours) pendant leur métamorphose. Étude réalisée à travers une analyse de la variance à deux facteurs de classification.

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Interaction	289,7	10	28,97	19,54	P < 0,0001****
Age	1528	5	305,7	206,1	P < 0,0001****
Traitement	42,05	2	21,03	14,18	P < 0,0001****
Erreur résiduelle	373,7	252	1,483	-	-

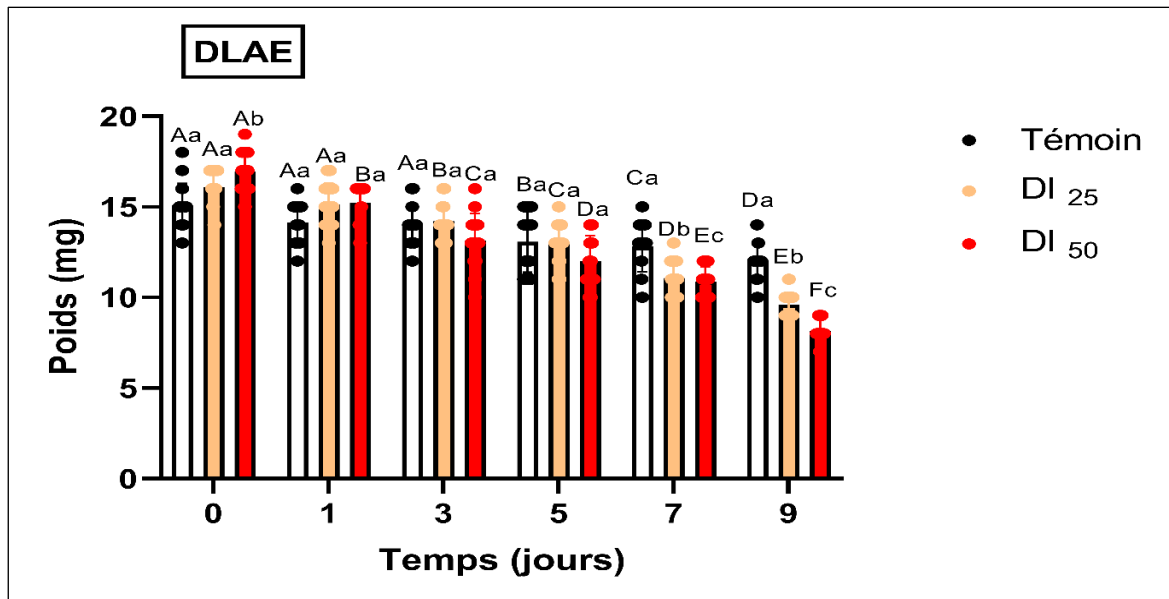


Fig. 16 Effet de DLAE de *D. maritima* administrée *in vivo*, par voie topique aux chrysalides nouvellement exuviées d'*E. kuehniella* (DI₂₅ et DI₅₀) sur la croissance pondérale (mg) au cours du stade nymphal chez *E. kuehniella*.

Le poids des chrysalides d'*E. kuehniella* après application de DLAE, présente une baisse marquée au cours du développement nymphal (**Fig. 16**). Pour les groupes soumis à la dose DI₂₅, on observe un poids de $9,60 \pm 0,16$ mg à 9 jours, et de $8,13 \pm 0,16$ mg pour la concentration DI₅₀ ; cette réduction devient significative dès le troisième jour de développement par rapport aux groupes témoins et persiste jusqu'à l'apparition des adultes ($p < 0,0001$).

L'analyse de variance de deux facteurs de classification, comparant les groupes témoins aux groupes traités, met en évidence un impact significatif lié à l'âge et au traitement ($p < 0,0001$), ainsi qu'une interaction notable entre l'âge-traitement ($p < 0,0001$) (**Tableau 12**).

Tableau 12. Impact *in vivo* de l'extrait DLAE de *D. maritima*, appliqués par voie topique, sur le changement de poids (en mg) des chrysalides femelles d'*E. kuehniella* avec le temps (en jours) pendant leur métamorphose. Étude réalisée à travers une analyse de variance à deux facteurs de classification.

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Interaction	180,2	10	18,02	13,68	P < 0,0001****
Age	1100	5	220,0	167,0	P < 0,0001****
Traitement	29,07	2	14,53	11,03	P < 0,0001****
Erreur résiduelle	332,0	252	1,317		

3.3.3. Effet sur les types morphologiques induits

L'administration topique des extraits de *D. maritima* sur les chrysalides femelles d'*E. kuehniella* au moment de leur émergence entraîne des anomalies dans le développement nymphal, résultant en quatre catégories morphologiques distinctes lors de la transformation en adulte.

- ✚ **Mue totale** : La proportion d'adultes développés sans anomalies à la suite de l'application de DBAE est de 46,67% pour la concentration DI₂₅ et de 40% pour la DI₅₀, en opposition à un pourcentage de 86,67% chez les contrôles. Par ailleurs, l'utilisation de DLAE a donné lieu à un pourcentage de 53,33% pour la DI₂₅ et de 46,67% pour la DI₅₀ (**Fig. 17**).
- ✚ **Adultes avec anomalies** : Représentées par des anomalies corporelles, notamment des ailes déformées qui peuvent être réduites en taille ou une courbure simulant une aile fracturée. Les pourcentages d'adultes présentant ces malformations par suite de l'application de DBAE et DLAE sont de 20% et 6,67% pour la dose DI₂₅ et de 13,33% et 6,67% pour la DI₅₀ par rapport à un pourcentage de 6,67% chez les témoins (**Fig. 17**).
- ✚ **Mue incomplète (partielle)** : Adultes avec une mue inachevée, révélant une morphologie partiellement adulte et partiellement nymphale ; Les occurrences de telles mues affichent des pourcentages de 13,33% et 20% pour les concentrations DI₂₅ et DI₅₀ de DBAE, et de 26,27% pour les mêmes doses de DLAE, comparées aux groupes témoins (**Fig. 17**).
- ✚ **Développement arrêté (bloqué)** : Le développement est interrompu au stade nymphal, révélant des chrysalides qui se fragmente lorsqu'on le touche. L'application de *D. maritima* a conduit à des chrysalides dont le développement a été stoppé avec des pourcentages de 20% et 13,33% pour les concentrations DI₂₅ des extraits de bulbe et de feuille, ainsi que de 26,67% et 20% pour la DI₅₀, en contraste avec un pourcentage de 6,67% observé chez les groupes témoins (**Fig. 17**).

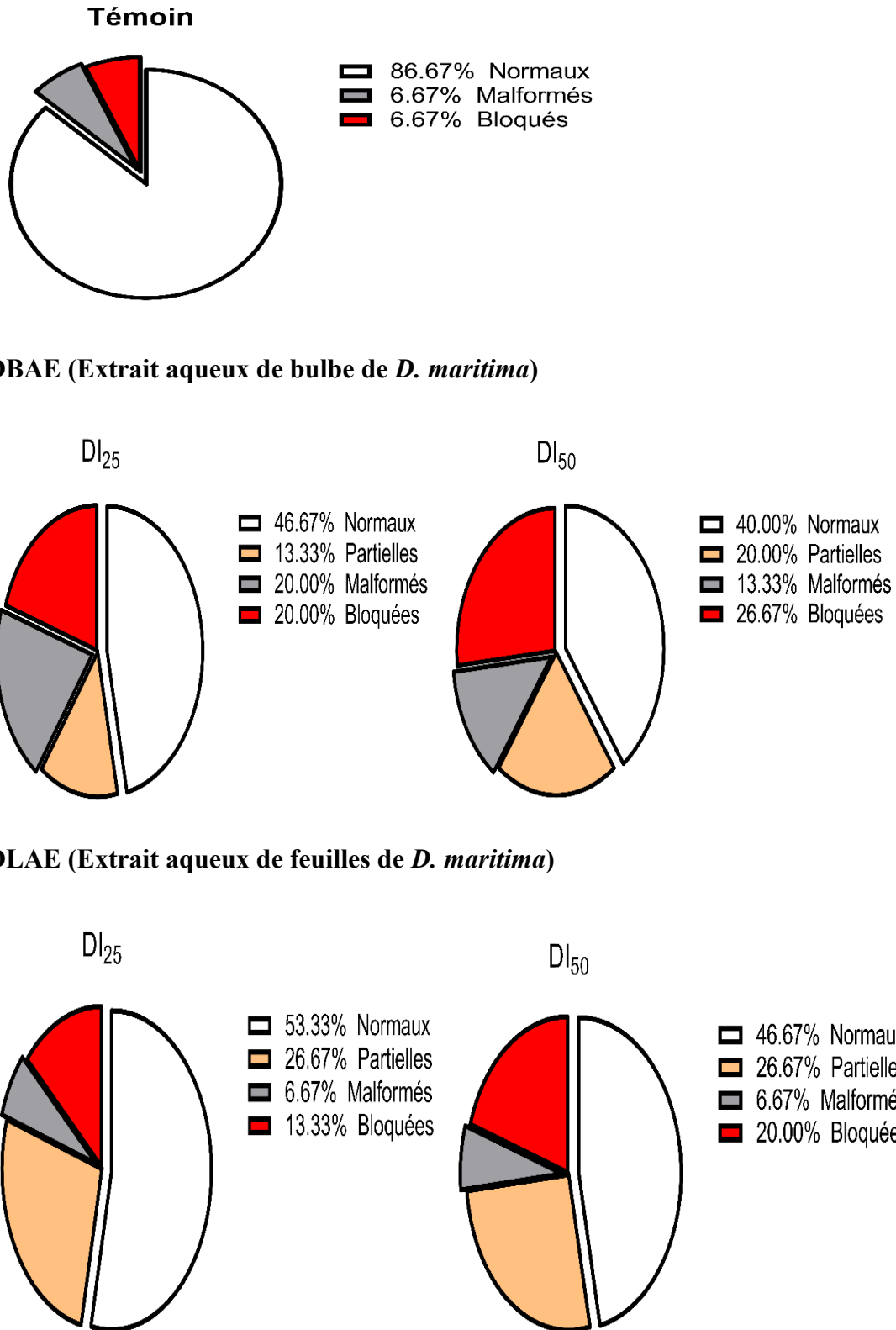


Fig. 17 Distribution en pourcentage des variétés morphologiques détectées chez les chrysalides de contrôle et celles exposées aux deux extraits de *D. maritima* chez *E. kuehniella*.

3.4. Impact des extraits de *D. maritima* sur le potentiel reproducteur

3.4.1. Effet sur la durée des phases de préoviposition et d'oviposition

Nos observations révèlent que l'initiation de la ponte se produit à jours $1,33 \pm 0,21$ suivant l'apparition des adultes, se prolongeant jusqu'à $3,66 \pm 0,33$ jours chez les femelles témoins. L'exposition aux extraits DBAE et DLAE a provoqué une élévation marquée ($p < 0,05$) exclusivement pour la concentration DI_{50} durant la phase pré-ponte (**Tableau 13**). Une corrélation proportionnelle à la dose a été constatée après application des extraits de *D. maritima* à diverses doses (DI_{25} , DI_{50}) sur les femelles d'*E. kuehniella*. Une baisse très significative a été notée sur la durée de ponte seulement avec la concentration inhibitrice 50 des deux extraits DBAE et DLAE (**Tableau 13**), affichant des significativités de ($p < 0,01$; $< 0,05$) respectivement.

Tableau 13. Effet *in vivo* des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI_{25} , DI_{50}) sur la durée (en jours) des phases de pré-oviposition et d'oviposition chez des femelles adultes d'*E. kuehniella* récemment exuviées (<8h). Des résultats marqués par des lettres distinctes indiquent des différences statistiquement significatives à ($p < 0,05$).

Traitement	Période de pré-oviposition (jours)	Période d'oviposition
Témoin	$1,33 \pm 0,21$ (a)	$3,66 \pm 0,33$ (a)
DBAE (DI_{25})	$2 \pm 0,25$ (a)	$3 \pm 0,36$ (a)
DBAE (DI_{50})	$2,66 \pm 0,33$ (b)	$2 \pm 0,25$ (b)
DLAE (DI_{25})	$1,83 \pm 0,4$ (a)	$3,16 \pm 0,3$ (a)
DLAE (DI_{50})	$2,83 \pm 0,3$ (b)	$2,16 \pm 0,3$ (b)

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm SEM (n= 6)

3.4.2. Effet sur la fertilité et la survie des œufs pondus

La quantité d'œufs déposés par une femelle témoin atteint $80,55 \pm 1,75$ durant l'intégralité de la phase d'oviposition. Cette quantité est considérablement réduite ($p < 0,0001$) après l'application du DBAE à deux niveaux de dose inhibitrice en comparaison avec les témoins. De même, le DLAE réduit de façon notable ce chiffre ($p < 0,001$; $p < 0,0001$) pour les doses DI_{25} et DI_{50} , respectivement (**Tableau 14**).

En ce qui concerne la viabilité des œufs chez *E. kuehniella*, les données révèlent aussi une baisse très significative de la viabilité à la suite de l'application des deux extraits ($p < 0,0001$), par rapport aux groupes témoins (**Tableau 14**).

Tableau 14. Effet *in vivo* des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) sur la Fécondité et la viabilité des œufs (pourcentage d'éclosion) des femelles adultes d'*E. kuehniella* récemment exuviées (<8h). Des résultats marqués par des lettres distinctes indiquent des différences statistiquement significatives à ($p < 0,05$).

Traitement	Fécondité (Nb d'œufs/ femelle)	Viabilité des œufs (%)
Témoin	148, 83 ± 2 (a)	80,55 ± 1,75 (a)
DBAE (DI ₂₅)	117,83 ± 1,83 (b)	61,11 ± 2,77 (b)
DBAE (DI ₅₀)	69,16 ± 1,79 (c)	30,55 ± 1,75 (c)
DLAE (DI ₂₅)	120,5 ± 1,8 (b)	65,27 ± 2,56 (b)
DLAE (DI ₅₀)	83,83 ± 2,4 (d)	36,11 ± 1,75 (c)

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± SEM (n= 6)

3.5. Impact des extraits de *D. maritima* sur les métabolites ovariens

3.5.1. Effet sur le contenu en protéines

La quantité en protéines a été évaluée, au premier jour du stade adulte *via* une application directe sur les chrysalides d'*E. kuehniella* (0 jour) (**Fig. 18**).

Les niveaux de protéines ovariennes mesurés suite à l'application de DBAE et DLAE ont montré des réductions significatives avec des valeurs de ($p = 0,001$) et ($p = 0,006$) pour la dose DI₅₀, respectivement. Pour les traitements à la dose DI₂₅, les variations de la concentration en protéines étaient statistiquement négligeables, affichant ($p = 0,10$; $p = 0,39$) en comparaison aux groupes de contrôle (**Fig. 18**). L'examen comparatif des différents traitements révèle que l'utilisation d'extraits aqueux de bulbe et de feuille de *D. maritima* entraîne une baisse notable de la teneur en protéines chez les femelles dès le premier jour de leur phase adulte pour la dose DI₅₀. L'étude par analyse de variance d'un seul critère de classification a mis en évidence un effet profondément marqué du traitement en fonction de la dose ($p = 0,0011$) (**Tableau 15**).

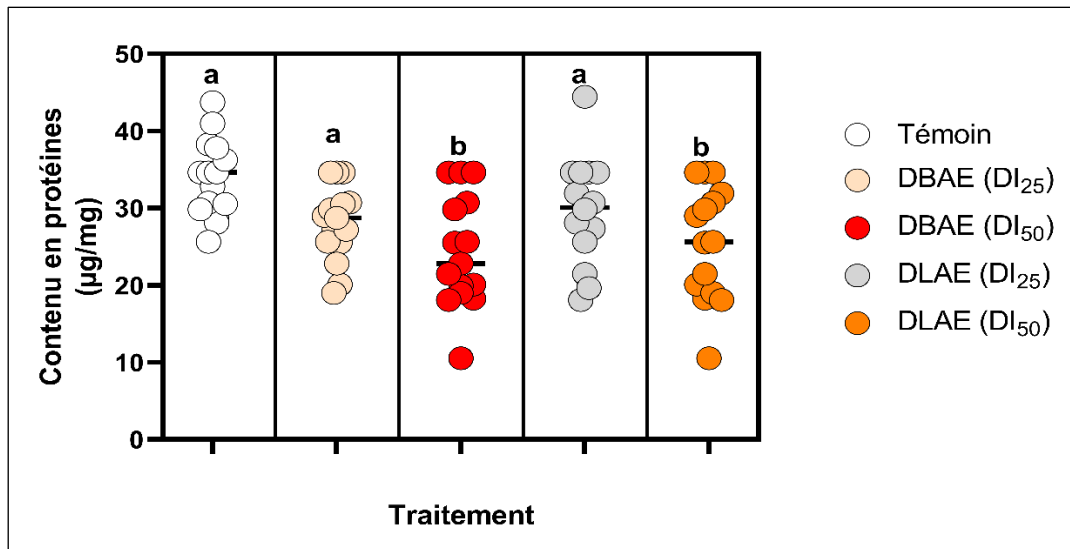


Fig. 18 Impact *in vivo* des extraits de *D. maritima* (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez *E. kuehniella*, sur la teneur en protéines des ovaires (µg/mg) évaluée lors de l'émergence adulte (<8h). Les lettres minuscules distinctes signalent des différences statistiquement significatives.

Tableau 15. Effet *in vivo* des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) aux chrysalides nouvellement exuviées d'*E. kuehniella*, sur la teneur en protéines ovariennes (µg/mg) lors de l'émergence adulte (<8h). Analyse de la variance à un seul critère de classification.

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Traitement	831,1	4	207,8	5,120	P=0,0011***
Erreur résiduelle	2841	70	40,58	-	-
Total	3672	74	-	-	-

3.5.2. Effet sur le contenu en glucides

La mesure des glucides ovariens a été réalisée au moment du stade adulte (jour 0) (**Fig. 19**).

L'analyse statistique a indiqué une réduction notable des concentrations de glucides dans les ovaires chez les insectes ayant reçu un traitement par rapport aux groupes témoins. Effectivement, un taux de $37,92 \pm 1,96$ (µg/mg) a été observé chez les témoins, tandis qu'une réduction significative à $31,6 \pm 1,19$ (µg/mg) a été notée chez les individus traités avec DBAE à la dose DI₅₀, et à $30,35 \pm 1,15$ (µg/mg) pour ceux ayant reçu la dose DI₅₀ de DLAE. En outre, l'analyse des glucides dans les groupes ayant reçu les doses DI₂₅ n'a montré aucune différence statistiquement significative ($p < 0,57$; $p < 0,20$) pour les deux

types d'extraits (Fig. 19). L'action de *D. maritima* montre une corrélation avec l'effet de la dose sur les niveaux de glucides ($p < 0,01$). Une analyse de variance pour une classification unique a révélé un impact très marqué du traitement en fonction de la concentration ($p = 0,007$) (Tableau 16).

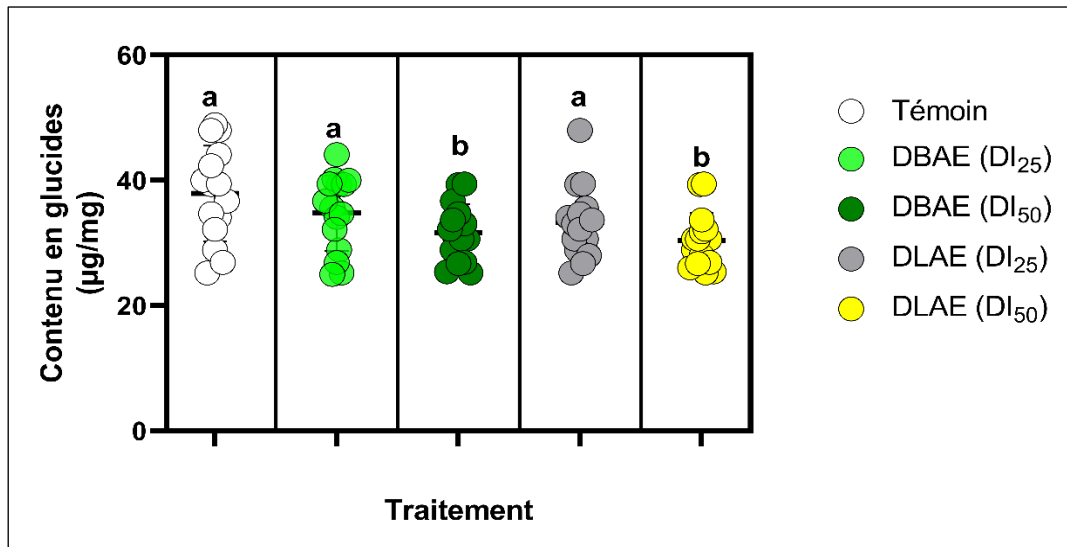


Fig. 19 Impact *in vivo* des extraits de *D. maritima* (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez *E. kuehniella*, sur la teneur en glucides des ovaires (µg/mg) évaluée lors de l'émergence adulte (<8h). Les lettres minuscules distinctes signalent des différences statistiquement significatives.

Tableau 16. Effet *in vivo* des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) aux chrysalides nouvellement exuviées d'*E. kuehniella*, sur la teneur en glucides ovariens (µg/mg) lors de l'émergence adulte (<8h). Analyse de la variance à un seul critère de classification.

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Traitement	519,7	4	129,9	3,844	P=0,0070**
Erreur résiduelle	2366	70	33,80	-	-
Total	2885	74	-	-	-

3.5.3. Effet sur le contenu en lipides

La quantité de lipides présente dans les ovaires a été évaluée lors du stade adulte (Jour 0) (Fig. 20).

Chez les groupes de contrôle, le niveau de lipides était de $42,65 \pm 0,68$ (µg/mg) au jour de la mue chez les femelles d'*E. kuehniella*. Les données recueillies pour les groupes

ayant reçu le traitement à la dose (DI₅₀) des deux extraits indiquent une baisse considérable de la teneur en lipides ($p < 0,0001$).

Concernant la dose d'inhibition DI₂₅, les groupes traités avec les extraits DBAE et DLAE ont montré des diminutions qui n'étaient pas statistiquement significatives ($p = 0,051$; $p = 0,38$) respectivement. L'examen comparatif révèle que les extraits de *D. maritima* engendrent une diminution notable de la quantité de lipides dans les ovaires. L'analyse de variance pour un facteur de classification montre un impact profondément significatif du traitement en fonction la dose administrée ($p < 0,0001$) (**Tableau 17**).

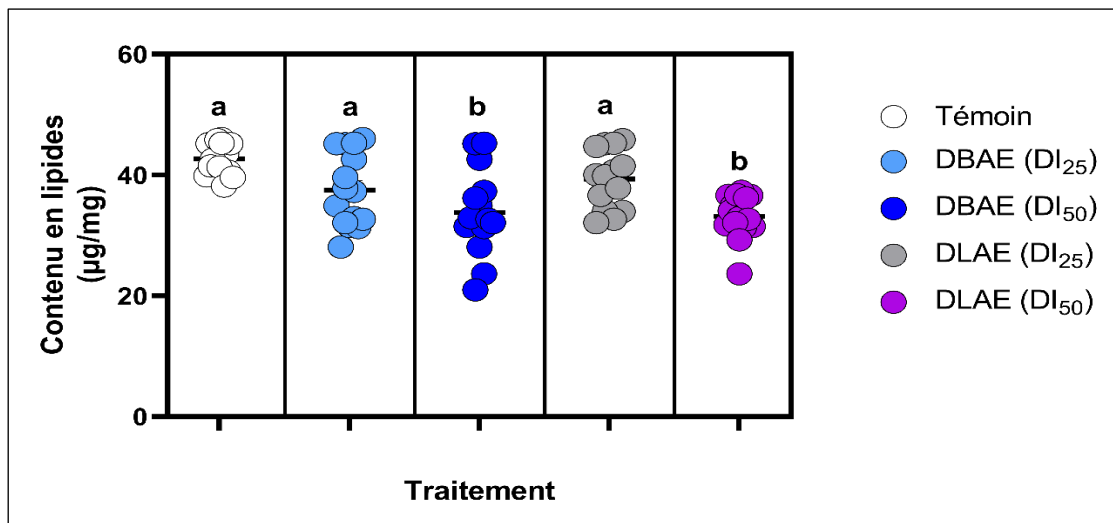


Fig. 20 Impact *in vivo* des extraits de *D. maritima* (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez *E. kuehniella*, sur la teneur en lipides ovariens ($\mu\text{g}/\text{mg}$) évaluée lors de l'émergence adulte (<8h). Les lettres minuscules distinctes signalent des différences statistiquement significatives.

Tableau 17. Effet *in vivo* des extraits DBAE et DLAE appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) aux chrysalides nouvellement exuviées d'*E. kuehniella*, sur la teneur en lipides ovariens ($\mu\text{g}/\text{mg}$) lors de l'émergence adulte (<8h). Analyse de la variance à un seul critère de classification.

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Traitement	933,3	4	233,3	9,107	$P < 0,0001$ ****
Erreur résiduelle	1794	70	25,62	-	-
Total	2727	74	-	-	-

3.5.4 Effet des extraits aqueux de *D. maritima* sur les taux d'épuisement des réserves énergétiques

Le calcul de l'indice de déplétion des réserves énergétiques (NDI) a été effectué pour les

groupes soumis à des traitements aux doses DI₂₅ et DI₅₀. Les données montrent que l'indice augmente proportionnellement aux doses utilisées. L'utilisation des deux extraits de *D. maritima* entraîne une élévation notable du niveau de consommation des réserves énergétiques, avec une incidence plus prononcée pour la dose supérieure (DI₅₀). Une analyse de variance d'un seul critère de classification a révélé une influence extrêmement significative du traitement ($p = 0,005$) (Fig. 21).

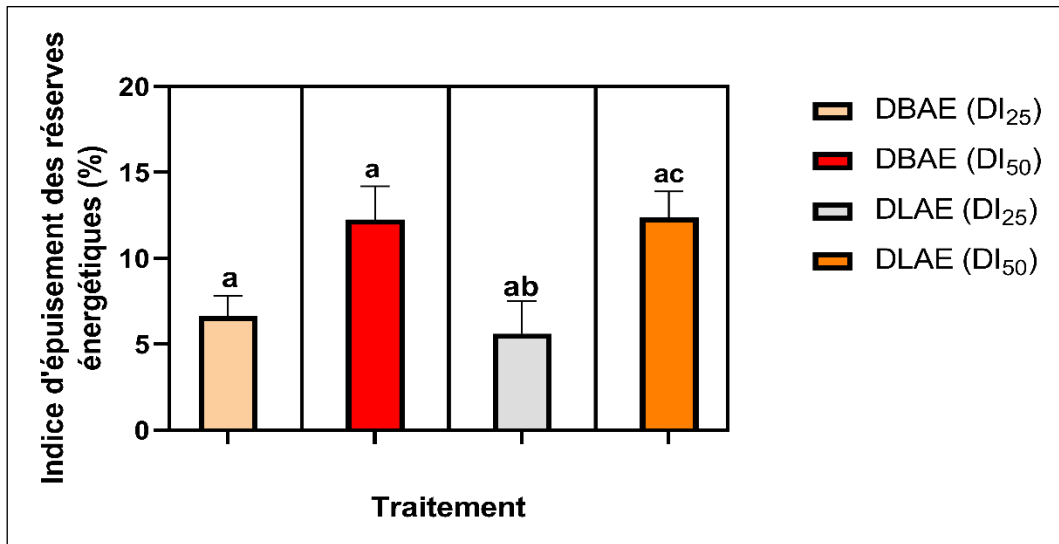


Fig. 21 Impact *in vivo* des extraits de *D. maritima* (DBAE, DLAE), appliquée par voie topique (DI₂₅, DI₅₀) au moment de l'exuviation nymphale chez *E. kuehniella*, sur la teneur d'épuisement des réserves énergétiques (%) évaluée lors de l'émergence adulte (<8h). Les lettres minuscules distinctes signalent des différences statistiquement significatives.

4. Discussion

4.1. Rendement et analyses phytochimiques des extraits de *D. maritima*

Les extraits de plantes contiennent une forte concentration de substances chimiques phénoliques, connues pour leurs effets favorables sur la santé, notamment le renforcement du système immunitaire et la protection contre les radicaux libres, ce qui suggère une fonction potentielle de protection contre le stress oxydatif (Hoensch & Weigmann, 2018; Zbadi et al., 2018).

Ces derniers sont considérés comme les principaux contributeurs à la capacité antioxydante des plantes (Tuladhar et al., 2021). La relation entre l'activité biologique constatée et les composés phénoliques trouvés est le facteur principal qui a conduit à la sélection de ces métabolites. Dans le cadre de notre recherche sur l'efficacité de *D. maritima*, nous avons analysé en profondeur les extraits aqueux issus de cette plante en ciblant spécifiquement les composés phénoliques.

Au cours de cette étude, les méthodes d'extraction aqueuse utilisées se sont révélées efficaces pour l'obtention de divers produits naturels et composés bioactifs. L'extrait aqueux de bulbe (DBAE) a particulièrement présenté un rendement optimal de 62,2%, tandis que l'extrait aqueux de la partie aérienne a démontré un rendement intéressant de 34,6%. Cette observation peut être expliquée par la forte polarité de l'eau, qui a permis une extraction plus efficace des composés chimiques à polarité élevée et semi-élevée, soulignant ainsi la pertinence des méthodes d'extraction aqueuse pour obtenir des extraits riches en composés bioactifs (Castro-Puyana et al., 2017).

Les résultats préliminaires des analyses phytochimiques quantitatives ont mis en évidence une concentration significative de divers sous-types de composés phénoliques, comprenant notamment les flavonoïdes, les phénols et les tanins, dans les deux extraits examinés. La riche concentration de polyphénols dans le DBAE, comme observé dans cette étude, est également confirmée par l'analyse phytochimique réalisée dans la recherche menée par (Belhaddad et al., 2017; Zhang et al., 2022), où il est noté que les extraits de bulbes sont connus pour leur richesse en polyphénols et en lignanes. Ceci est en accord avec les résultats de Vega & Martin. (1963). De plus, la quantité de polyphénols détectée dans le DLAE est comparable à celle rapportée par Amine et al., (2017) pour l'infusion aqueuse de feuilles de *D. maritima*. Nos résultats présentent une mesure inférieure à celle de Bouatrous. (2019), qui indique que l'extrait de bulbe et de

feuilles de *D. maritima* affiche une teneur en polyphénols totaux de 283 et 98 mg EAG /g ES respectivement.

Les résultats obtenus signalent également la présence de flavonoïdes totaux, des composés phénoliques largement reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, avec une concentration plus élevée dans l'extrait DLAE comparativement au DBAE. Les investigations menées par **Bouatrous. (2019)** sur la teneur en flavonoïdes de l'extrait aqueux de feuilles de *D. maritima* révèlent un niveau légèrement plus élevé que celui constaté dans notre étude. Cependant, les conclusions de **Belhaddad et al., (2017)** concordent davantage avec nos résultats, montrant une teneur en flavonoïdes d'environ 11,42 mg EQ/g ES au niveau du bulbe de l'extrait de *D. maritima*. En comparaison, nos résultats surpassent ceux de l'étude menée par **Bouhadjeb et al., (2018); Rezzagui et al., (2020)**, qui rapportent des taux de 1,01 et 3,45 mg EQ/g ES respectivement.

Les tanins représentent une catégorie de composés polyphénoliques présents dans une variété d'espèces végétales. La quantité et la diversité des tanins peuvent varier considérablement d'une plante à l'autre. Les tanins condensés, en particulier, figurent parmi les polyphénols les plus omniprésents (**Siqueira et al., 2012**). Nos résultats révèlent des concentrations significatives dans les deux extraits. De plus, la présence de tanins condensés dans *D. maritima* est confirmée par les études phytochimiques et pharmacologiques menées par (**Virpal Singh et al., 2016**). Néanmoins, les analyses effectuées par **Rezzagui et al., (2020)** indiquent des niveaux plus bas de tanins, mesurés à 6,66 mg EC/g ES.

En revanche, toutes les données recueillies démontrent que la partie aérienne de notre plante présente des quantités intéressantes de flavonoïdes et de tanins. Cependant, la concentration la plus élevée en polyphénols est observée dans l'extrait de bulbe. Les différences observées entre nos résultats et ceux obtenus par d'autres chercheurs peuvent être attribuées à des variables telles que le climat, la période et la région d'origine, ainsi qu'aux conditions de conservation comme l'ont souligné **Bouatrous. (2019); Podsędek. (2007)**.

En effet, plusieurs études ont confirmé l'existence de plusieurs composés phénoliques, flavonoïdes et tanins dans *D. maritima*, bien qu'en quantités variées, ainsi que d'autres composants biochimiques propres de cette plante (**Bozorgi et al., 2017; Knittel et al.,**

2014; Rajput et al., 2018). Nous supposons que la présence de ces nombreux composés bioactifs dans nos extraits souligne les liens potentiels de cette plante entre son activité antioxydante et ses propriétés biologiques.

4.2. Effet des extraits de *D. maritima* sur l'inhibition de l'exuviation adulte

La recherche sur les propriétés biologiques et biotechnologiques des extraits végétaux a mis en lumière le rôle crucial des métabolites secondaires en tant qu'insecticides efficaces (Aarthi et al., 2018). Par ailleurs, Pavela et al. (2019) ont démontré que divers composants des plantes aromatiques agissent comme bio-insecticides efficaces contre un large éventail d'insectes nuisibles et de parasites des stocks. Ils servent d'insecticides par contact ; ont un effet répulsif sur l'appétit des insectes et sont adaptés pour une utilisation en application directe sur la peau (Maazoun et al., 2017). L'influence de ces composés sur la biologie des insectes s'étend à la croissance, au développement et à la reproduction. Cette recherche a été conduite dans le but d'examiner les effets potentiels de *D. maritima* sur les pupes d'*E. kuehniella* (Zeller). Pour cela, des extraits aqueux ont été obtenus à la fois du bulbe et des feuilles de cette plante. A partir de ces extraits, diverses doses ont été réalisées et appliquées directement sur des pupes fraîchement écloses d'*E. kuehniella* (âgées de 0 jour).

Nos résultats révèlent que l'application topique des extraits de *D. maritima* sur des chrysalides femelles d'*E. kuehniella* nouvellement exuviées induit des effets insecticides, à la fois létaux et sublétaux, durant leur métamorphose. Ces effets se manifestent par un arrêt de la mue adulte, l'occurrence de mues incomplètes, ainsi que l'apparition de malformations chez les adultes, telles que des ailes anormales et des adultes mosaïques (avec des parties du corps encore recouvertes de cuticule nymphale). Ces résultats soulignent une sensibilité variable des chrysalides, avec des taux de mortalité variant de faibles à très élevés selon la concentration utilisée. Les concentrations nécessaires pour inhiber la mue adulte, DI_{25} et DI_{50} , ont été identifiées à 2,94 et 6,10 μg , respectivement pour le DBAE et 3,22 et 7,34 μg , pour le DLAE.

L'activité toxique observée avec les extraits de *D. maritima* pourrait résulter de la présence en abondance de certains composés actifs, tels que les bufadiénolides et les composés phénoliques, qui détiennent des propriétés insecticides inhibitrices contre les chrysalides d'*E. kuehniella*. La fonctionnalité insecticide des composés phénoliques est

notamment amplifiée par la présence du groupe hydroxyle (-OH) (Gong & Ren, 2020). Des résultats similaires ont été rapportés par Badalamenti et al., (2021), qui a avancé que *D. pancration* pourrait représenter une source prometteuse de substances naturelles capables de diminuer efficacement les populations d'insectes nuisibles aux produits entreposés, comme *Stegobium paniceum*.

Des recherches récentes ont mis en évidence la puissance insecticide des extraits aqueux et de leurs métabolites issus de *Drimia* et d'autres genres, affectant divers insectes, y compris ceux nuisibles aux stocks alimentaires (Baş & Ersoy, 2020). De plus, selon Saadane et al. (2021), les extraits de *Drimia* se sont révélés efficaces à divers stades de développement des insectes, incluant les larves, les pupes et les adultes. En outre, *D. maritima* est reconnue pour ses propriétés antioxydantes (Bozorgi et al., 2017), acaricides (Djeddar et al., 2021) et antiparasitaires (Manganyi et al., 2021), la plaçant parmi les plantes les plus valorisées et fréquemment utilisées dans ces domaines.

Malgré les nombreuses recherches attestant de l'efficacité insecticide de *D. maritima*, il manque des données sur son action spécifique contre *E. kuehniella* et sur l'influence de sa composition chimique dans cette interaction. Chaque composant aromatique possède différents mécanismes d'action qui, en synergie, peuvent non seulement accroître l'efficacité insecticide mais également prévenir l'émergence de résistances chez les nuisibles. Cela est illustré par les études de Maazoun et al., (2017), qui suggèrent que l'activité insecticide de l'extrait de bulbes de *D. maritima* pourrait résulter de l'effet combiné et synergique de ses composés bioactifs.

Des observations similaires ont été faites avec *D. maritima*, où ses composants tels que les bufadiénolides et les flavonols présents dans le bulbe ont montré une efficacité contre l'acarien *Dermanyssus gallinae* (Rhimi et al., 2019) ainsi que contre les larves de troisième stade de *Bombyx mori* (Hidayat et al., 2014).

D'autres études ont également mis en évidence la toxicité des polyphénols de cette plante envers les insectes, entraînant une mortalité rapide (Maazoun et al., 2017). Les flavonoïdes se sont avérés toxiques pour les adultes et les œufs, dépendamment de la dose et de la durée d'exposition. Pavela et al. (2019) a également examiné l'effet insecticide des polyphénols sur *Culex quinquefasciatus* et *Musca domestica*, constatant une toxicité significative et une forte activité insecticide. Ces phénomènes pourraient être attribués aux modifications morphologiques induites chez les insectes par *D. maritima*, qui

aboutissent à l'inhibition de l'émergence des adultes.

De plus, les résultats de cette recherche montrent que les doses d'inhibition observés sont plus basses que ceux rapportés dans d'autres travaux. **Djeddar et al. (2021)** a mis en évidence l'efficacité insecticide de *D. maritima* sur des larves de *Culex pipiens*, où une DI_{50} de 13,36 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ a été notée. Par ailleurs, **Maazoun et al., (2017)** a examiné son action contre les adultes d'un insecte non spécifié, avec une DI_{50} de 19,03 $\mu\text{g}/\text{insecte}$.

Cette variation dans les doses d'inhibition pourrait être due à la différence des espèces d'insectes ciblées et de leur stade de développement au moment du traitement, ainsi qu'à la diversité de la composition chimique de la plante. En effet, la dose nécessaire pour induire la mortalité est influencée par plusieurs paramètres, la température, la capacité des composés à traverser la cuticule de l'insecte et leurs modes d'action spécifiques (**Bendjedid et al., 2021**).

4.3. Effet des extraits de *D. maritima* sur le développement nymphal

Chez les insectes à développement complet, le stade chrysalide connaît une transformation profonde de ses tissus et organes, constituant une étape décisive dans le processus de maturation adulte. Cette transformation est régulée par des facteurs environnementaux et des facteurs internes, notamment les hormones et neurohormones. Ainsi, l'interruption du développement des insectes par divers insecticides entraîne souvent une prolongation de la période de développement, l'apparition de malformations morphologiques et une diminution de la croissance pondérale (**Hadjira et al., 2021**).

Nos résultats révèlent que l'application topique des extraits de bulbe (DBAE) et de feuilles (DLAE) de *D. maritima*, aux concentrations DI_{25} et DI_{50} , altère le développement des femelles d'*E. kuehniella*, entraînant un retard dans l'émergence des adultes. Des observations similaires ont été faites chez les larves de *D. melanogasters* exposés à l'extrait éthanolique du bulbe de *D. maritima*, notant un impact notable sur leur développement, où une réduction de l'activité de développement a été constatée ; seulement 80% des populations traitées ont atteint le stade adulte (**Saadane et al., 2021**). L'impact néfaste de *D. maritima* sur les stades larvaires et l'émergence des adultes de *S. oryzae* a aussi été enregistré par **Maazoun et al. (2017)**.

Les recherches sur les biopesticides dérivés de plantes ont révélé leur impact négatif sur la croissance et le développement des insectes. Ils n'entraînent pas nécessairement la mort

des insectes, mais inhibent leur développement et leur reproduction en diminuant le poids des larves, des chrysalides et des adultes, prolongeant les phases de développement et empêchant l'émergence des adultes (G. Xu et al., 2019). Un effet similaire a été constaté chez la mouche *D. melanogaster* à la suite d'un traitement au *Peganum harmala* (El-Bah et al., 2016). Les travaux de Saadane et al., (2021) révèlent que l'extrait éthanolique de *D. maritima* a un impact notable sur le développement et le comportement des *Drosophilas*. Les bulbes de la plante étudiée influent de la même façon, en perturbant les différentes phases de la métamorphose d'*E. kuehniella*.

La toxicité des extraits de bulbe et de feuille de *D. maritima* pourrait s'expliquer par leur influence sur l'accroissement de la fluidité des membranes, ce qui permet aux polyphénols de pénétrer plus aisément dans les cellules des insectes. Tsuchiya. (2015) a souligné que ces substances modifient la perméabilité des membranes.

De plus, ces perturbations de développement chez *E. kuehniella* sont accompagnées d'une réduction significative du poids des chrysalides qui peut être attribuée à deux facteurs principaux. D'une part, les chrysalides utilisent leurs réserves énergétiques, accumulées pendant le stade larvaire, pour neutraliser les substances toxiques présentes (Bendjedid et al., 2021). D'autre part, les composants actifs de *D. maritima* pourraient inhiber l'activité de certaines enzymes essentielles au métabolisme de l'insecte, limitant ainsi sa capacité à assimiler et à stocker l'énergie (Djeddar et al., 2021). Cette interaction souligne l'efficacité potentielle de *D. maritima* comme agent anti-appétant, affectant la condition physique des chrysalides par une diminution de leur masse corporelle.

L'application des extraits de *D. maritima* sur des chrysalides femelles nouvellement exuviées, aux concentrations DI_{25} et DI_{50} , a entraîné une altération du développement nymphal, résultant en quatre variations morphologiques distinctes lors de la transformation en adulte : une mue totale (individus normaux), des adultes avec anomalies, une mue incomplète, ainsi que des cas de mues bloquées.

Des recherches précédentes ont identifié les polyphénols végétaux comme étant nocifs pour les insectes et leur croissance (Maazoun et al., 2017). En particulier, une étude a révélé que les flavonoïdes possèdent des propriétés larvicides contre les moustiques, offrant un avantage de faible impact environnemental (Inaba et al., 2022). Pavela et al., (2019) a également exploré l'efficacité insecticide des polyphénols sur *C. quinquefasciatus* et *M. domestica*, confirmant leur toxicité élevée contre ces espèces.

Des impacts similaires ont été observés chez *D. melanogaster* et *S. litura* suite à

l'exposition des larves à différentes concentrations de polyphénols, produits par le métabolisme secondaire des plantes (Punia et al., 2023). Une autre étude Tayal et al., (2020) a montré que le régime alimentaire avec de polyphénols extraits de plantes affecte négativement la croissance et le développement de *M. sexta*.

Les effets notés chez les larves d'*E. kuehniella* traitées avec des extraits aqueux de *D. maritima* pourraient être dus à une haute concentration en flavonoïdes et en tanins, reconnus pour leur perturbation la croissance des insectes en déséquilibrant l'équilibre hormonal (Inaba et al., 2022). De surcroît, il a été démontré que les flavonoïdes inhibent la synthèse des ecdystéroïdes, une hormone de la croissance et du développement des insectes. Cette inhibition pourrait expliquer les anomalies morphologiques observées (Inaba et al., 2022).

4.4. Effet des extraits de *D. maritima* sur la reproduction

La fertilité des insectes est influencée par des éléments physiques et nutritionnels, durant lesquels d'importantes réserves énergétiques sont dirigées vers les organes reproducteurs (Taffar et al., 2021). Évaluer la capacité de reproduction des insectes est crucial pour élaborer des stratégies efficaces de réduction des dommages causés par ces organismes nuisibles (Farsi et al., 2020). La fécondité, mesurée par le nombre d'œufs produits, sert d'indicateur fiable de la santé reproductive. La reproduction occupe une place centrale dans l'existence des femelles, et tout élément interférant avec cette fonction est susceptible d'impacter leur fécondité (Farsi et al., 2020).

Dans le cas d'*E. kuehniella*, les processus d'accouplement et de fécondation se déroulent généralement dans les 12 heures suivant l'émergence, marquant ainsi le début de la période de pré-oviposition, tandis que la phase d'oviposition s'étend jusqu'à 4 jours (Taffar et al., 2021). L'effet inhibiteur des extraits de *D. maritima* sur ces phases cruciales de reproduction a été clairement démontré par nos observations.

Les résultats de cette étude indiquent une influence notable des extraits de *D. maritima* sur la capacité de reproductives des femelles d'*E. kuehniella*. Le traitement appliqué directement aux chrysalides femelles juste après leur mue nymphale entraîne non seulement une prolongation de la période de pré-oviposition, mais également une réduction significative de la durée d'oviposition, En outre, ces traitements entraînent une diminution marquée du nombre d'œufs pondus par les femelles, affectant ainsi directement leur fécondité. Parallèlement, la viabilité des œufs, c'est-à-dire leur capacité

à se développer en larves viables, est également réduite, indiquant une détérioration de la qualité reproductive à la suite de l'exposition aux composés de *D. maritima*.

D'autre part, **Saadane et al., (2021)** a également démontré que la consommation de l'extrait de *D. maritima* impacte la production d'œufs et le taux de larves émergentes suggérant ainsi que *D. maritima* entrave la fécondité et la fertilité chez *D. melanogaster*.

L'arrêt de la ponte pourrait résulter d'une interférence avec plusieurs processus clés de la reproduction et du développement, affectant tant le stade nymphal qu'adulte (**Bakli et al., 2016**). Cela pourrait être dû à une déficience dans la libération de facteurs favorisant l'oviposition, habituellement détectables dans l'hémolymphe de femelles fécondées non traitées. Cette perturbation pourrait également expliquer la contraction de la période de développement (nymphal) constatée dans cette recherche.

Bendjedid et al., (2021) a observé des résultats similaires à la suite de l'application d'huiles essentielles, attribuant cet effet à une possible interaction des composés bioactifs avec les hormones clés de la reproduction, telles que l'hormone juvénile et les ecdystéroïdes.

Cette situation s'accompagne d'une diminution des réserves énergétiques, considérées comme des indicateurs avancés d'impacts sur la dynamique et la composition des populations. En outre, plusieurs chercheurs, dont **Hamida et al., (2021)**, ont identifié une relation directe entre les réserves énergétiques et la capacité reproductive des insectes, soulignant l'importance de ces réserves dans le maintien de la fertilité.

4.5. Effet des extraits de *D. maritima* sur la teneur en métabolites biochimiques

Les processus métaboliques chez les insectes sont essentiels pour soutenir plusieurs fonctions vitales, incluant le développement, la défense immunitaire, les transitions de mue, la fonction reproductrice et la maturation sexuelle (**Wu et al., 2020**). Chez les lépidoptères ravageurs des denrées entreposées, cela est d'autant plus critique puisque les adultes ne consomment généralement aucune nourriture, dépendant entièrement des réserves énergétiques accumulées pendant leur développement larvaire, telles que les protéines, les lipides et les glucides (**Campolo et al., 2018**). Ces substances, principalement produites dans le tissu adipeux, sont ensuite distribuées dans l'hémolymphe pour être utilisées par divers organes (**Hadjira et al., 2021**). Pour cette

raison, notre étude a mesuré les métabolites clés trouvés dans les ovaires de *E. kuehniella*.

Les glucides sont essentiels à la biologie des insectes, servant non seulement de source d'énergie mais aussi de précurseurs pour la synthèse des lipides et des protéines, notamment en fournissant les blocs de construction pour les acides aminés (**Piri et al., 2014**).

Quant aux lipides, ils constituent une réserve énergétique cruciale sous forme de triglycérides et de phospholipides (incluant les stérols), jouant un rôle clé dans la production d'énergie (**Wu et al., 2020**) et dans la composition des membranes cellulaires et des systèmes hormonaux, influençant ainsi la croissance et la reproduction chez les insectes (**Bouguerra et al., 2018**).

Les protéines, quant à elles, sont indispensables à la réalisation de multiples processus métaboliques des insectes et dans le maintien des fonctions vitales. Ils influencent directement des attributs liés à la condition physique tels que la fécondité, la vitesse de croissance et la taille (**Ullah et al., 2019**).

Plusieurs recherches ont indiqué que l'exposition à des substances étrangères, ou xénobiotiques, peut entraîner des changements dans les concentrations de métabolites tels que les protéines, glucides et lipides (**Bouguerra et al., 2018**). Il a été démontré que les composés issus des plantes sont capables de provoquer des altérations biochimiques, se manifestant par une hausse, ou par une baisse des niveaux de ces différents métabolites (**Gnanamani & Dhanasekaran, 2017**).

Dans le cas des femelles adultes d'*E. kuehniella*, l'exposition aux extraits de *D. maritima* (aux doses DI₂₅ et DI₅₀) a entraîné une diminution notable des niveaux de métabolites énergétiques dans les ovaires. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus par **Djeddar et al., (2021)**, qui ont noté une baisse des concentrations de glucides, lipides et protéines chez les moustiques traités avec l'extrait du bulbe de *D. maritima*. De manière similaire, les études menées par **Bouguerra et al., (2018)** ont démontré une baisse significative des quantités de protéines, glucides et lipides à travers différents stades de développement de *C. pipiens*.

L'épuisement en énergie des glucides et des lipides pourrait résulter de l'augmentation de la consommation énergétique sous l'effet d'un stress (**Askar et al., 2016**). Par ailleurs, la baisse de protéinémie observée peut être attribuée à la conversion des protéines en acides

aminés en vue de pallier les déficits énergétiques induits par l'action des insecticides.

En conclusion, la réduction des réserves métaboliques a été expliquée dans des études précédentes comme résultant de l'interaction des extraits avec les hormones qui régulent la biosynthèse des protéines, entraînant une augmentation de leur catabolisme (**Gnanamani & Dhanasekaran, 2017**). Cette situation est exacerbée par la consommation accrue des stocks de glucides et de lipides pour la production énergétique. Un déséquilibre dans ces ressources énergétiques entraîne un arrêt de la croissance, ce qui a un impact direct et négatif sur le développement et la reproduction d'*E. kuehniella*.

5. Conclusion

Afin de protéger les cultures tout en respectant l'environnement et les organismes non-cibles, l'utilisation de produits naturels d'origine végétale représente une alternative prometteuse et efficace pour la protection des récoltes. Dans ce contexte, cette étude se concentre sur l'évaluation de l'activité insecticide et de l'efficacité de deux extraits aqueux du bulbe (DBAE) et des feuilles (DLAE) de *D. maritima*.

- ✚ Les extraits de ces deux composants, DBAE et DLAE, ont produit un rendement de 62,2% et 34,6% en matière sèche de *D. maritima*, respectivement.
- ✚ L'analyse quantitative des extraits a révélé une abondance de composés phénoliques, flavonoïdes et tanins condensés, faisant de *D. maritima* une source prometteuse de ces composés bioactifs.

L'étude s'est concentrée sur l'impact de *D. maritima* sur la mortalité et le poids corporel des chrysalides d'*E. kuehniella*, un insecte nuisible aux denrées stockées, au cours de la métamorphose. Afin d'évaluer l'efficacité de cette plante, une gamme de doses a été appliquée dans le test de toxicité sur des pupes fraîchement exuviées. L'émergence des adultes a été utilisée comme critère de mesure. Grâce à une analyse de régression non linéaire, les doses inhibitrices, tant sublétales que létales (DI₂₅, DI₅₀), ont été déterminées. Les résultats ont montré que pour l'extrait de bulbe, les doses nécessaires étaient de 2,94 µg et 6,10 µg, respectivement, tandis que pour l'extrait de feuilles, elles étaient de 3,22 µg et 7,34 µg.

L'application topique de ces deux concentrations inhibitrices sur les chrysalides femelles nouvellement exuviées (0 jours) a entraîné :

- ✚ Une augmentation des taux de mortalité et une réduction du poids corporel frais des chrysalides à différents stades de développement par rapport aux témoins.
- ✚ L'extrait aqueux de *D. maritima* a démontré un effet significatif sur le développement nymphal d'*E. kuehniella*, en allongeant la durée de la métamorphose et en réduisant le poids des chrysalides au cours de la métamorphose (jours 0, 1, 3, 5, 7 et 9).
- ✚ L'activité insecticide des extraits a induit quatre types morphologiques distinctes : des adultes normaux avec mue complète, des adultes présentant des déformations alaires, des mues incomplètes, et des mues complètement inhibées.

- ✚ Le traitement a également diminué la capacité de reproduction de l'insecte, perturbant les phases de préoviposition et d'oviposition, réduisant la fécondité des femelles et la viabilité des œufs avec les deux extraits (DBAE et DLAE).
- ✚ Une baisse des niveaux de protéines, glucides et lipides dans les ovaires a été observée chez les insectes traités, comparativement aux témoins.

L'évaluation comparative de l'efficacité des deux composés sur les processus physiologiques, incluant le développement, la reproduction et la composition biochimique, a démontré l'efficacité des extraits de *D. maritima*. Cette recherche présente un potentiel intéressant pour l'élaboration de bio-insecticides dans le cadre d'une nouvelle stratégie de lutte intégrée. Les résultats obtenus confirment l'intérêt de ces deux composés pour le contrôle des insectes nuisibles, notamment *E. kuehniella*, et d'autres espèces d'insectes.



CHAPITRE II.
Impact des extraits
de Drimia maritima
sur le Rat Wistar

1. Introduction

Les produits insecticides disponibles sur le marché international sont couramment employés dans le secteur agricole (**Campos et al., 2019**) ainsi que dans le domaine de la santé publique (**Peterson et al., 2016**). Toutefois, leur utilisation n'est pas dénuée de risques pour la santé humaine et pour l'environnement (**Islam et al., 2018**). Les recherches ont révélé que ces insecticides peuvent induire des toxicités diverses, notamment au niveau hépatique (**Han et al., 2018**), rénal (**Selmi et al., 2018**), altérer les profils lipidiques (**Pothu et al., 2019**) et affecter le système nerveux (**Nasr et al., 2016**).

Dans le domaine de la toxicologie, l'attention s'est portée sur l'induction du stress oxydatif (SO) comme mécanisme potentiel de la toxicité à la suite de l'exposition aux insecticides. Le stress oxydatif est caractérisé par un déséquilibre au sein d'un organisme entre les agents oxydants et les mécanismes de défense antioxydants, entraînant des dommages cellulaires qui peuvent être irréversibles (**Baba & Bhatnagar, 2018**). Ce déséquilibre est intimement lié à l'accumulation excessive d'espèces réactives de l'oxygène (ERO).

En réalité, tous les êtres vivants qui utilisent de l'oxygène génèrent des radicaux libres (ERO), qui sont des molécules oxygénées produites par différents mécanismes au sein de l'organisme (**Di Meo & Venditti, 2020**). Ces composés chimiques participent à certaines fonctions physiologiques en petites quantités et sont hautement oxydables au contact de l'oxygène. Cependant l'excès de production d'ERO, dans les milieux intra et extracellulaires au-delà de la capacité neutralisatrice des systèmes antioxydants, ou en l'absence de suffisamment d'antioxydants endogènes (vitamines, minéraux, enzymes) pour les éliminer (Z. Liu et al., 2018), a conduit à l'accumulation de radicaux libres délétères. Cette accumulation rompt l'équilibre entre les forces pro-oxydantes et antioxydantes au niveau cellulaire, se manifestant par une peroxydation des lipides. Les sources de ce déséquilibre sont variées, incluant une surproduction interne de substances pro-oxydantes liée à l'inflammation, une carence en antioxydants apportés par l'alimentation, ou encore l'exposition à des facteurs environnementaux pro-oxydants tels que les insecticides (**Hasanuzzaman et al., 2020**).

Toutefois, les espèces réactives de l'oxygène (ERO), rendues particulièrement réactives à cause d'un électron libre dans leur couche externe (**Sies, 2019**), détiennent un potentiel de réactivité élevé. Lorsque leur production dépasse les capacités de neutralisation de

l'organisme, cela entraîne l'oxydation nocive des composants cellulaires essentiels tels que les enzymes et les protéines (Taha et al., 2021), les lipides des membranes cellulaires (Taso et al., 2019) et les acides nucléiques comme l'ADN (Carocho et al., 2018). Ces dommages constituent souvent le déclencheur de diverses pathologies chroniques et dégénératives, incluant le cancer, le diabète, les troubles inflammatoires et neurodégénératifs (Liguori et al., 2018), et sont fortement impliqués dans les détériorations tissulaires affectant le foie, les reins et le cerveau (Gasparrini et al., 2017). Par conséquent, cela aboutit à une réduction de la capacité antioxydante globale de l'organisme, compromettant ainsi sa défense contre les agressions oxydatives.

En réalité, le corps humain est équipé d'un mécanisme de défense antioxydant complexe, défini comme toute entité capable, même à des concentrations relativement basses, de compétitionner avec d'autres substrats sensibles à l'oxydation, dans le but de ralentir ou d'inhiber l'oxydation de ces derniers (Hasanuzzaman et al., 2020). Ce dispositif de protection se compose d'un ensemble de systèmes enzymatiques et non enzymatiques, travaillant en synergie pour rétablir l'équilibre pro-oxydant/antioxydant, afin de réduire les conséquences du stress oxydant et préserver les performances physiologiques (Neha et al., 2019).

Dans ce contexte, tant les plantes que les animaux génèrent et exploitent une multitude d'antioxydants pour se défendre. La recherche de nouvelles molécules bioactives naturelles, présentant peu ou pas d'effets secondaires en comparaison avec les composés synthétiques, est devenue une quête centrale dans le domaine scientifique. Les plantes médicinales et aromatiques se révèlent être une réserve précieuse et inépuisable de substances dotées d'un large spectre d'activités biologiques et pharmacologiques ; parmi celles-ci, on trouve des propriétés antimicrobiennes (Rivero-Pino et al., 2023), antimutagènes (Malik et al., 2022), antiallergiques (Rahim et al., 2021), anticancérigènes (Siddiqui et al., 2022), antioxydantes (Reid et al., 2018), et des capacités à neutraliser les radicaux libres (Auditeau et al., 2019). Il a été clairement établi que ces bénéfices thérapeutiques sont étroitement liés à la présence de composés bioactifs, également connus sous le nom de métabolites secondaires.

Les polyphénols, catégorie de métabolites secondaires de haute masse moléculaire, se trouvent abondamment dans les plantes. De nombreuses recherches ont établi un lien entre la consommation d'aliments riches en polyphénols, tels que les fruits et légumes, et une réduction du risque de maladies (Fraga et al., 2019). Cette association est

généralement attribuée aux activités antioxydantes significatives des flavonoïdes et d'autres polyphénols, qui grâce à leurs caractéristiques redox, peuvent neutraliser ou piéger les effets nocifs des espèces réactives de l'oxygène, inhiber certaines enzymes ou se lier à des oligo-éléments qui participent à la création de radicaux libres (Serino & Salazar, 2019), et stimuler la synthèse d'antioxydants internes tels que le glutathion (Koch, 2019).

En particulier, les antioxydants, et spécifiquement les composés phénoliques tels que les flavonoïdes, les tannins, sont présents en grande quantité dans la plante étudiée, *D. maritima* (Maazoun et al., 2017). Ces derniers temps, l'activité antioxydante indirecte de ces composés phénoliques d'origine naturelle a été mise en lumière, suggérant leur potentiel à atténuer le stress oxydatif. Cette propriété antioxydante découle de leur structure, notamment la capacité d'un groupe hydroxyle aromatique à céder facilement un atome d'hydrogène aux radicaux libres, contribuant ainsi à leur efficacité antioxydante (Milenković et al., 2020).

Des recherches récentes ont exploré les propriétés des huiles essentielles extraites des fleurs et des bulbes de *D. maritima*, employant des méthodes d'analyse variées, y compris le test DPPH. Les résultats ont révélé que ces huiles essentielles affichaient une activité antioxydante remarquable, surpassant même celle de la vitamine E. Par ailleurs, les huiles essentielles extraites de *D. maritima* ont manifesté d'importantes propriétés antimicrobiennes (Manganyi et al., 2021). Lors d'une évaluation d'extraits de *D. maritima* obtenus à partir des feuilles et des tubercules, utilisant des solvants divers tels que le méthanol et le benzène, il a été observé que ces extraits offraient des capacités antioxydantes et de neutralisation des radicaux libres supérieures, notamment dans les tests de l'acide β -carotène linoléique et le DPPH (Mahboubi et al., 2019).

Dans l'objectif d'explorer les vertus thérapeutiques des plantes, notre étude se penche en premier lieu sur l'activité antioxydante de *D. maritima*, une plante médicinale de la famille des Asparagaceae, particulièrement riche en composés bénéfiques. Afin de comprendre la réaction des organismes face aux agents toxiques et leur répartition au sein des organes et tissus, nous avons réalisé une étude expérimentale sur la toxicité subaiguë de *D. maritima* pendant 4 semaines en examinant des analyses biochimiques, enzymatiques et histopathologiques des organes cibles de la toxicité : reins et foie chez des rats *Wistar* mâles. L'étude cherche à fournir une compréhension approfondie des propriétés de *D. maritima*, en explorant son impact biologique tout en veillant à la

sécurité de son utilisation chez les mammifères, en particulier les modèles de laboratoire proches de l'homme.

2. Matériel & Méthodes

2.1. Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Drimia maritima*

2.1.1. Test de piégeage des radicaux : Méthode DPPH

Principe

Le test du diphényl picryl-hydrazyle (DPPH) est souvent utilisé comme indicateur pour tester la capacité de l'extrait à donner un atome d'hydrogène ou un électron. Les composants phénoliques de l'extrait contribuent à réduire le radical libre diphényl picryl-hydrazyle de couleur violette, qui crée la diphényl picryl-hydrazine de couleur jaune. La décoloration est contrôlée par spectrophotométrie à 517 nm. La méthode décrite par (Lopes-Lutz et al., 2008) a été utilisée pour l'expérience.

La concentration inhibitrice 50 (IC₅₀) représente la dose de l'échantillon nécessaire pour neutraliser 50% des radicaux DPPH. Les valeurs d'IC₅₀ sont calculées graphiquement en analysant les régressions linéaires obtenues des courbes qui illustrent l'efficacité de capture des radicaux libres à diverses concentrations de l'échantillon.

2.1.2. Test de pouvoir réducteur : Méthode FRAP

Principe

La technique de (Pan et al., 2008) est utilisée pour déterminer le pouvoir réducteur des deux extraits aqueux de bulbe et de feuille de *D. maritima*. Cette technique spectrophotométrique analyse le changement de couleur jaune du fer ferrique (Fe³⁺) présent dans le complexe de ferrocyanure de potassium, à la suite de sa réduction à la couleur bleu-vert du fer ferreux (Fe²⁺) à 700 nm.

Les données d'absorbance sont représentées visuellement en fonction de la concentration de l'échantillon. L'efficacité de réduction de l'extrait augmente parallèlement à l'accroissement de l'absorbance ; La concentration efficace 50 (EC₅₀) des échantillons est calculée du graphique correspondant.

2.2. Animaux et régime alimentaire

Des rats mâles sains de la souche *Wistar* pesant 210 à 230 g ont été utilisés pour les expériences. Ils ont été achetés de l'Institut Pasteur d'Alger. Avant le lancement de l'étude expérimentale, les rats ont été hébergés pendant deux semaines afin de les acclimater à l'environnement du laboratoire et de réduire tout type de stress non spécifique. Les rats ont été placés dans des cages propres en polypropylène dans une pièce bien aérée à une température de 26 ± 2 °C, et une humidité relative de 50 ± 5%. Les animaux avaient accès

à de l'eau changée quotidiennement et à des granulés standards achetés auprès de l'ONAB (Bejaia).

2.3. Traitement des rats

Après deux semaines d'adaptation, les animaux expérimentaux ont été divisés en sept groupes de six rats chacun (n = 6).

- ✚ Le groupe 1 (groupe témoin) a reçu 1 ml d'eau distillée par voie oral une fois par jour pendant 4 semaines à une période précise, entre 9h00 et 11h00.
- ✚ DBAE 1, 2 et 3 ont reçu l'extrait aqueux du bulbe de *D. maritima* à trois doses (98, 49 et 24,5 mg/ kg pc, respectivement, pendant 4 semaines) par gavage oral entre 9h00 et 11h00.
- ✚ DLAE 1, 2 et 3 ont reçu l'extrait aqueux de feuilles de *D. maritima* à trois doses (98, 49 et 24,5 mg/ kg pc, respectivement pendant 4 semaines) par gavage oral entre 9h00 et 11h00.

Les concentrations utilisées ont été établis en fonction de la dose létale médiane (DL₅₀) de la poudre de *D. maritima*, fixée à 490 mg/kg de poids corporel (**Hammiche et al., 2013**). Tout au long de la phase d'analyse toxicologique subaiguë, une surveillance attentive des animaux a été effectuée pour identifier toute manifestation de toxicité, tandis que le poids de chaque rat a été enregistré quotidiennement.

2.4. Sacrifice et prélèvements des échantillons

2.4.1. Prélèvement sanguin

Les animaux ont été euthanasiés 4 semaines après le début de l'essai par décapitation cervicale. La collecte de sang réalisée sur chaque animal pour :

- ✚ Les analyses hématologiques, utilisant des tubes contenant de l'EDTA.
- ✚ Les analyses biochimiques, dans des tubes en polyéthylène avec héparine.

2.4.2. Prélèvement des organes

Après dissection, le foie, les reins et le cerveau ont été prélevés ; rincés dans une solution saline (NaCl 0,9 %) et pesés. L'échantillon a été ensuite divisé en deux parties. Une conservée à -20 °C et utilisée pour les mesures du stress oxydatif, et l'autre est conservée dans du formol à 10% pour l'analyse histologique.

2.5. Dosage des paramètres hématologiques

Les échantillons de sang ont été analysés à l'aide du logiciel BioSystems S.A. Costa Brava, Espagne. Nous avons alors déterminé la concentration d'hémoglobine (HB), la numération des globules rouges (GR), la numération des globules blancs (GB) et la numération plaquettaire (PLT).

2.6. Exploration des fonctions hépatique, lipidique et rénale

2.6.1. Dosage des paramètres biochimiques

Les analyses biochimiques ont été effectuées à l'aide d'une centrifugeuse à 3000 tours/minute pendant 10 minutes à 4 °C.

Les divers paramètres biochimiques ont été évalués à l'aide de la méthode spectrophotométrique en utilisant des kits préfabriqués (coffrets BioSystems). Ces kits ont permis de mesurer une gamme variée de paramètres hépatiques, tels que les activités enzymatiques sériques de l'aspartate amino-transaminase (ASAT), de l'alanine amino-transaminase (ALAT), de la phosphatase alcaline (PAL), ainsi que l'albumine, la bilirubine totale (BT), les protéines totales (PT) et la lactate déshydrogénase (LDH). De plus, le profil lipidique a été évalué, incluant le cholestérol et les triglycérides, ainsi que les paramètres rénaux tels que l'urée, l'acide urique et la créatinine. Ces évaluations ont été réalisées conformément aux principes et protocoles des kits de dosage fournis par BioSystems S.A. (Costa Brava, Espagne).

2.7. Exploration du stress oxydant

Des échantillons de 1 g de foie, de rein et de cerveau ont été prélevés et homogénéisés dans 3 ml de tampon phosphate (1 :3 p/v PBS, pH 7.4) avant d'être centrifugés à 9000 tours/minute pendant 15 minutes à 4 °C. Le surnageant recueilli a été congelé (-20 °C) pour tester le stress oxydatif et les indicateurs antioxydants (GSH, MDA, GPx, GST, AChE).

2.7.1. Détermination des protéines tissulaires

Principe

La teneur en protéines des tissus étudiés a été évaluée selon (Bradford, 1976b). Cette procédure utilise le bleu de Coomassie comme réactif, qui interagit avec les groupes amine (-NH₂) des protéines pour créer un complexe bleu qui se mesure à 595 nm (**Fig. 22**). La concentration des protéines a été calculée en utilisant l'albumine sérique bovine

comme étalon (BSA).

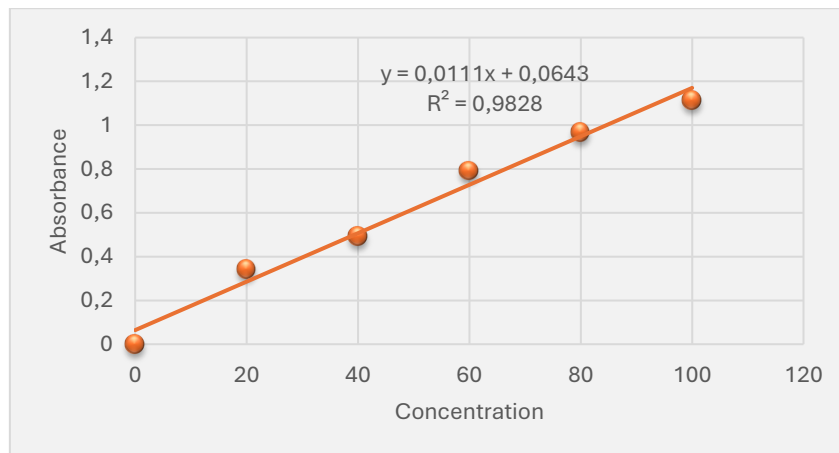


Fig. 22 Gamme d'étalonnage réalisée à partir d'une solution de BSA

2.7.2. Détermination du taux de glutathion réduit (GSH)

✚ Principe

Selon la procédure de (Ellman, 1959) modifiée par (Jollow *et al.*, 1974), le niveau de glutathion (GSH) dans le foie, les reins et le cerveau a été évalués. Il s'agit d'une méthode colorimétrique de détection de l'acide 2-nitro-5-mercaptobenzoïque, qui a une couleur jaune et absorbe à 412 nm. Cette substance chimique est produite lorsque les groupes thiols (SH) réduisent l'acide 5,5'-dithiobis-2nitrobenzoïque DTNB.

2.7.3. Détermination du taux du malondialdéhyde (MDA)

✚ Principe

Le MDA est un des produits résultant de la peroxydation des lipides tissulaires à la suite de l'attaque des lipides polyinsaturés par des radicaux libres (ERO), générés par certains agents pathogènes. Le dosage est basé sur la formation d'un pigment coloré issu de la réaction entre le MDA et le réactif acide thiobarbiturique (TBA) en milieu acide à 100 °C. L'absorbance du complexe est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 530 nm selon la méthode de (Esterbauer *et al.*, 1992).

2.7.4. Détermination de l'activité enzymatique du glutathion peroxydase (GPx)

✚ Principe

L'activité a été déterminée sur la base de la réduction du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en présence de glutathion réduit (GSH). L'absorbance a été lue à 412 nm (Flohé &

Günzler, 1984).

2.7.5. Détermination de l'activité enzymatique de glutathion-s-transférase (GST)

✚ Principe

L'activité a été quantifiée selon les méthodes de (**Habig et al., 1974**), qui requièrent la présence d'une combinaison de 1- Chloro 2,4 dinitrobenzène CDNB (0,02 M) comme substrat et de glutathion réduit GSH (0,1 M). La mesure de l'activité de la GST est rendue possible par la molécule produite, le 1-S-Glutathionyl 2-4 Dinitrobenzène, qui absorbe la lumière à 340 nm pendant une minute durant cinq minutes.

2.8. Exploration de l'activité de l'acétylcholinestérase cérébrale

✚ Principe

La technique de mesure de l'activité enzymatique est celle décrite par (**Ellman et al., 1961**). La méthode est basée sur la réaction entre l'acétylcholinestérase contenue dans la fraction tissulaire et l'acétylthiocholine (ACh) ainsi que sur le développement d'une couleur jaune qui absorbe à 412 nm, en utilisant un tampon phosphate salin PBS (0.1 M ; pH 7,4), une solution d'ACh et de 5-5'-Dithio-bis (2-nitrobenzoate) DTNB.

2.9. Etude histologique

Les coupes histologiques du foie et des reins ont été effectuées dans le laboratoire central du Centre Hospitalier Universitaire CHU IBN ROCHD d'Annaba, au sein du service de lutte contre le cancer (CAC), en appliquant la technique décrite par (**Hould, 1984**).

Fixation	Les organes sont prélevés et placés instantanément dans des flacons stériles où ils sont conservés dans du formol à (10%) afin d'empêcher la dégradation cellulaire (autolyse).
Déshydratation	Tremper les échantillons dans des bains d'éthanol de concentration croissante (70%, 90% à 100%), afin de déshydratés les échantillons.
Inclusion	Placer les pièces dans des bains de paraffine. Les échantillons sont plongés dans de la paraffine liquide chauffée à 60 °C et ensuite disposés dans des cassettes.
Les coupes histologiques	Un microtome sert à découper les échantillons de tissu en tranches d'une épaisseur de 5 µm. Par la suite, les coupes sont mises dans un incubateur à 45 °C afin de retirer la paraffine. Les sections ainsi

	préparées subissent une série de bains d'alcool de degré décroissant pour les réhydrater, avant d'être rincées à l'eau du robinet.
Coloration	<p>La coloration à l'Hémathoxyline-Eosine (HE) implique une combinaison de deux colorants, l'hémathoxyline et l'éosine, et nécessite de l'alcool acide, de l'eau ammoniacquée et une solution d'éosine, selon les étapes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Les lames doivent être trempées dans une solution d'Hémathoxyline de Harris pendant environ 15 minutes. ✚ Passer les lames dans par l'alcool acide (100 ml d'alcool éthylique à 70% + 50 ml d'acide HCl). ✚ Les lames doivent être immergées dans un bain d'eau du robinet, suivi d'un rinçage à l'eau ammoniacquée (100ml d'eau distillée + 2 ml d'ammoniaque). ✚ Laver à l'eau du robinet après deux minutes dans un bain d'Eosine pour mettre en évidence le cytoplasme. ✚ Les lames sont ensuite placées dans des plateaux de xylène.
Montage	Des lamelles de verre sont déposées sur les lames pour les protéger, en utilisant de l'adhésif ; l'observation se fait ensuite à travers un microscope optique muni d'une caméra.

2.10. Analyses statistiques

Les résultats ont été calculées et présentées sous forme de moyenne \pm écart-type ($M \pm SEM$) en appliquant une analyse de la variance à sens unique (ANOVA) suivie de la méthode de Tukey pour les comparaisons multiples. Le logiciel GraphPad Prism 9.0 a été utilisé pour l'étude des données. Le niveau de signification des résultats a été fixé comme:

* Significatives ($p < 0,05$).

** Très significatives ($p < 0,01$).

*** Hautement significatives ($p < 0,001$).

3. Résultats

3.1. Evaluation du potentiel antioxydant des extraits de *D. maritima*

3.1.1. Effet scavenger du radical DPPH

Les résultats du test DPPH sont décrits dans les données de la **Fig. 23**. Selon ces résultats, le bulbe et les feuilles de *D. maritima* ont un extrait aqueux qui a une action de piégeage de 81,23% et 81,48% à une concentration de 200 µg/ml sur le radical DPPH, respectivement. Les deux contrôles positifs, l'acide ascorbique et le BHT, qui ont été utilisés comme antioxydants standard, ont eu un impact maximal de 88,15% et 77,90%, respectivement, sur le radical DPPH à une concentration de 200 µg/ml.

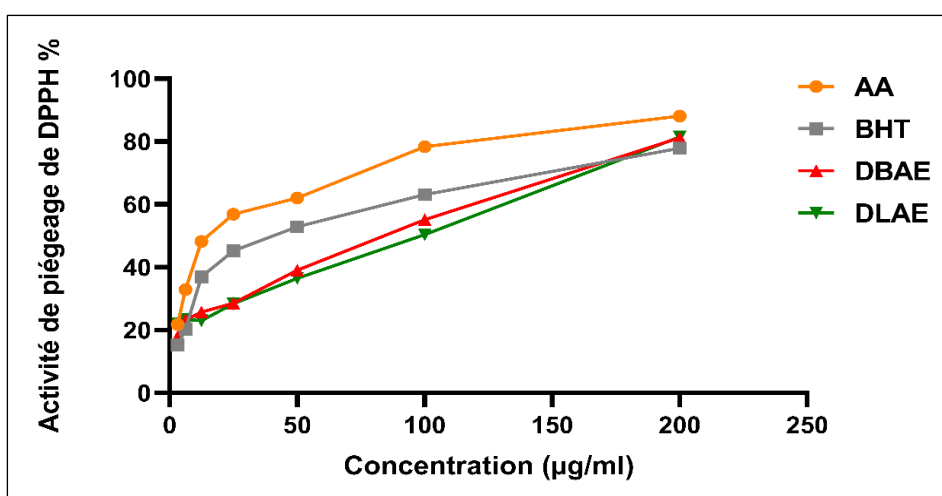


Fig. 23 Activité de piégeage du radical DPPH des extraits de *D. maritima*, l'acide ascorbique (AA) et le butylhydroxytoluène (BHT).

Tableau 18. Capacité antioxydante des extraits exprimée en IC_{50}

	AA	BHT	DBAE	DLAE
IC_{50} (µg/ml)	$37,57 \pm 2,99$	$75,98 \pm 1,43$	$91,93 \pm 1,55$	$96,71 \pm 5,60$

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm SEM (n= 3 répétitions). DBAE : Extrait aqueux de bulbe de *D. maritima*, DLAE : Extrait aqueux de feuilles de *D. maritima*.

La quantité d'extrait nécessaire pour abaisser 50% du radical DPPH indique le pouvoir antioxydant de l'extrait aqueux (**Tableau 18**). Un niveau élevé d'activité antioxydante dans l'extrait est indiqué par une faible valeur IC_{50} (**Prakash et al., 2012**). Les résultats démontrent par conséquent clairement que par rapport au BHT et à l'acide ascorbique, les extraits de DLAE et de DBAE présentent une activité antioxydante intéressante, avec une valeur IC_{50} de $96,71 \pm 5,60$ et $91,93 \pm 1,55$ µg/ml, respectivement (**Fig. 24**).

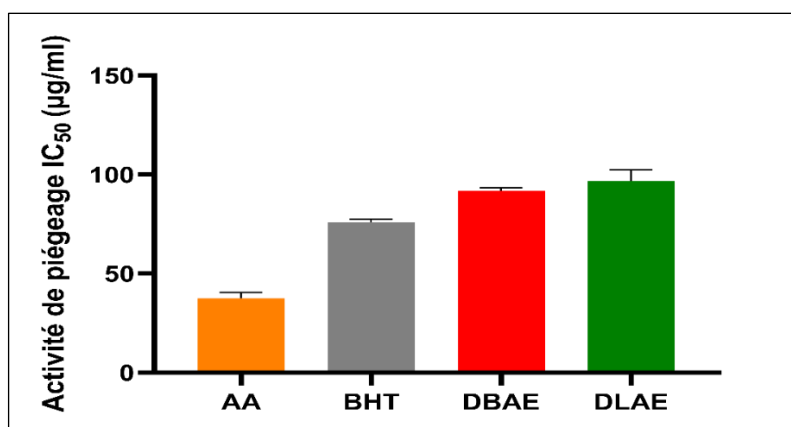


Fig. 24 Effet scavenger exprimés en IC₅₀ des extraits de *D. maritima*, l'acide ascorbique (AA) et le butylhydroxytoluène (BHT).

3.1.2. Pouvoir réducteur du fer (FRAP)

La **Fig. 25** montre l'effet réducteur dose-dépendant de l'extrait avec une augmentation de l'absorbance jusqu'à 50 µg/ml. La valeur EC₅₀ est la concentration de l'effecteur lorsque l'absorbance est égale à 0,5 et qui est déterminée à partir de la courbe en utilisant l'approche de régression linéaire. Les résultats indiquent que le DLAE a une capacité de réduction plus puissante que le DBAE, avec une valeur d'EC₅₀ égale à 4,97 µg/ml et 11,25 µg/ml respectivement, tandis que l'acide ascorbique a une EC égale à 2,64 µg/ml et le BHT à 47,94 µg/ml.

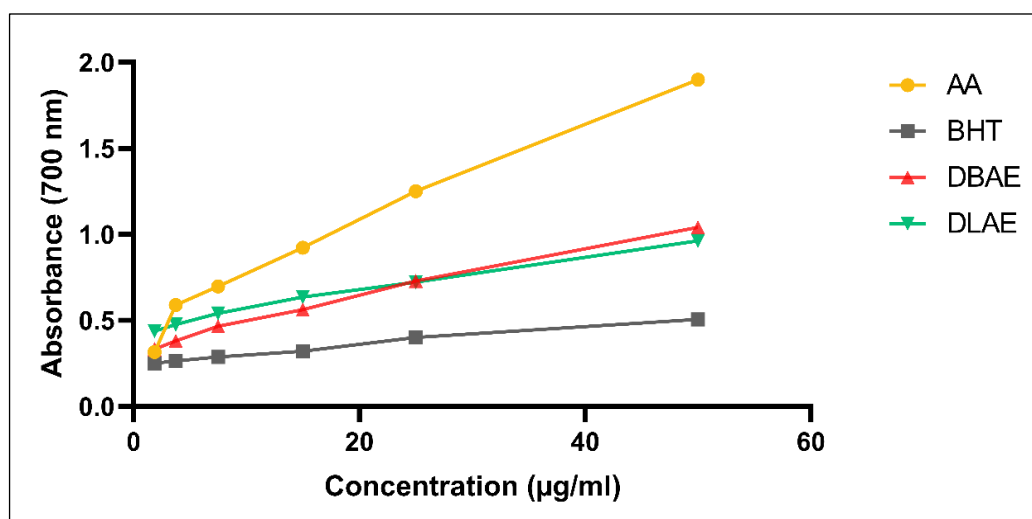


Fig. 25 Pouvoir réducteur des extraits de *D. maritima*, l'acide ascorbique (AA) et le butylhydroxytoluène (BHT).

3.2. Impact des extraits de *D. maritima* sur la croissance pondérale

3.2.1. Effet sur la masse corporelle

Nos résultats indiquent une augmentation significative du poids corporel ($p < 0,001$) dans les groupes ayant reçu la forte dose d'extraits de DBAE et de DLAE. Cependant, les groupes recevant la moyenne dose des extraits aqueux de bulbe et de feuille ont connu une augmentation négligeable de la croissance du poids corporel (+ 55,83 g et + 50,17 g, respectivement) (**Tableau 19**).

3.2.2. Effet sur le poids absolu et relatif des organes : foie, reins et cerveau

Nos résultats montrent une moyenne supérieure à celle du groupe témoin, mais non significative sur le plan statistique à la suite de l'administration du DBAE à la dose la plus élevée ($6,25 \pm 0,29$ contre $6,72 \pm 0,37$) respectivement. Cependant, il n'y avait pas de différence perceptible entre les rats témoins et les rats ayant reçu les différentes doses des deux extraits en ce qui concerne le poids relatif du foie (**Tableau 19**).

En comparant le poids absolu des reins entre chaque groupe de traitement et le groupe témoin, aucune variation notable n'a été détectée (**Tableau 19**). Inversement, après exposition à une dose élevée de DBAE, les résultats ont montré une réduction notable du poids relatif des reins par rapport au groupe témoin ($p < 0,05$).

Concernant le poids du cerveau, les résultats révèlent des différences non significatives dans le poids absolu et relatif du cerveau entre les groupes de traitement recevant des extraits de DBAE et de DLAE, et le groupe témoin (**Tableau 19**).

Tableau 19. Variation du poids corporel, gain de poids et poids des organes chez les rats témoins et traités pendant 4 semaines.

	Lots expérimentaux						
Paramètres	Témoin	DBAE 1	DBAE 2	DBAE 3	DLAE 1	DLAE 2	DLAE 3
Masse initiale (g)	223,83 ± 1,97	221,50 ± 0,76	222,66 ± 0,61	220,33 ± 0,76	220,00 ± 1,06	223,00 ± 1,46	220,66 ± 0,95
Masse finale (g)	253,33 ± 5,49	282,16 ± 5,81***	273,50 ± 7,84**	276,16 ± 6,37***	276,66 ± 5,37***	261,16 ± 2,49	270,83 ± 3,79**
Gain de poids (g)	29,50 ± 5,78	60,67 ± 5,42**	50,83 ± 7,40	55,83 ± 5,91*	56,67 ± 5,67*	38,17 ± 2,28	50,17 ± 3,26
Paramètres	Témoin	DBAE 1	DBAE 2	DBAE 3	DLAE 1	DLAE 2	DLAE 3
Poids absolu du foie (g)	6,25 ± 0,29	6,72 ± 0,37	6,1 ± 0,20	6,65 ± 0,34	6,64 ± 0,37	6,01 ± 0,21	6,13 ± 0,10
Poids relatif du foie (g/100g de pc)	2,47 ± 0,12	2,38 ± 0,14	2,24 ± 0,12	2,41 ± 0,14	2,54 ± 0,15	1,97 ± 0,18	2,26 ± 0,06
Poids absolu des reins (g)	1,39 ± 0,04	1,33 ± 0,08	1,32 ± 0,01	1,27 ± 0,05	1,26 ± 0,04	1,34 ± 0,03	1,30 ± 0,01
Poids relatif des reins (g/100g de pc)	0,54 ± 0,02	0,44 ± 0,01*	0,51 ± 0,01	0,49 ± 0,02	0,46 ± 0,03	0,48 ± 0,01	0,46 ± 0,02
Poids absolu du cerveau (g)	1,27 ± 0,03	1,32 ± 0,01	1,19 ± 0,03	1,22 ± 0,05	1,32 ± 0,06	1,27 ± 0,03	1,32 ± 0,04
Poids relatif du cerveau (g/100g de pc)	0,5 ± 0,01	0,46 ± 0,005	0,42 ± 0,01	0,43 ± 0,02	0,47 ± 0,02	0,48 ± 0,01	0,48 ± 0,01

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± SEM (n= 6). DBAE : Extrait aqueux de bulbe de *D. maritima*, DLAE : Extrait aqueux de feuilles de *D. maritima*. 1 : la forte dose, 2 : la moyenne dose, 3 : la faible dose. * P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001 différence significative par rapport au groupe témoin.

3.3. Impact des extraits de *D. maritima* sur les paramètres hématologiques

Nos résultats sur le profil hématologique montrent que seuls les groupes exposés à de fortes doses d'extrait de bulbe et de feuilles ont montré une augmentation statistiquement significative du nombre total de globules blancs, mesuré à $10,33 \pm 0,46$ et $10,63 \pm 0,32$ * $10^9/L$, respectivement) (**Tableau 20**). En revanche, les taux de globules rouges, d'hémoglobine et de plaquettes dans le groupe témoin et les groupes de traitement se situaient tous dans des fourchettes normales ($P > 0,05$) (**Fig. 26**).

Tableau 20. Variations hématologiques chez les rats témoins et les rats expérimentaux pendant 4 semaines.

Paramètres	Lots expérimentaux						
	Témoin	DBAE 1	DBAE 2	DBAE 3	DLAE 1	DLAE 2	DLAE 3
GB(* $10^3/\mu l$)	8,37±0,41	10,33±0,46*	9,66 ± 0,42	9,10 ± 0,37	10,63±0,32*	9,94 ± 0,75	8,88 ± 0,36
GR(* $10^6/\mu l$)	8,60 ± 0,28	8,93 ± 0,21	8,72 ± 0,21	8,64 ± 0,13	8,71 ± 0,18	9,16 ± 0,24	8,78 ± 0,17
HB (g/dl)	17,88±0,43	17,68±0,19	17,10±0,38	17,24±0,25	17,76±0,39	17,84±0,43	17,82±0,43
PLT(* $10^3/\mu l$)	1145±57,53	1388.33±61,8	1120.83±78,3	1093.83±53	1072.16±61,54	1116.33±50,01	1026.83±41,29

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm SEM (n= 6).

DBAE : Extrait aqueux de bulbe de *D. maritima*, DLAE : Extrait aqueux de feuilles de *D. maritima*.

1 : la forte dose, 2 : la moyenne dose, 3 : la faible dose.

* $P < 0,05$ différence significative par rapport au groupe témoin.

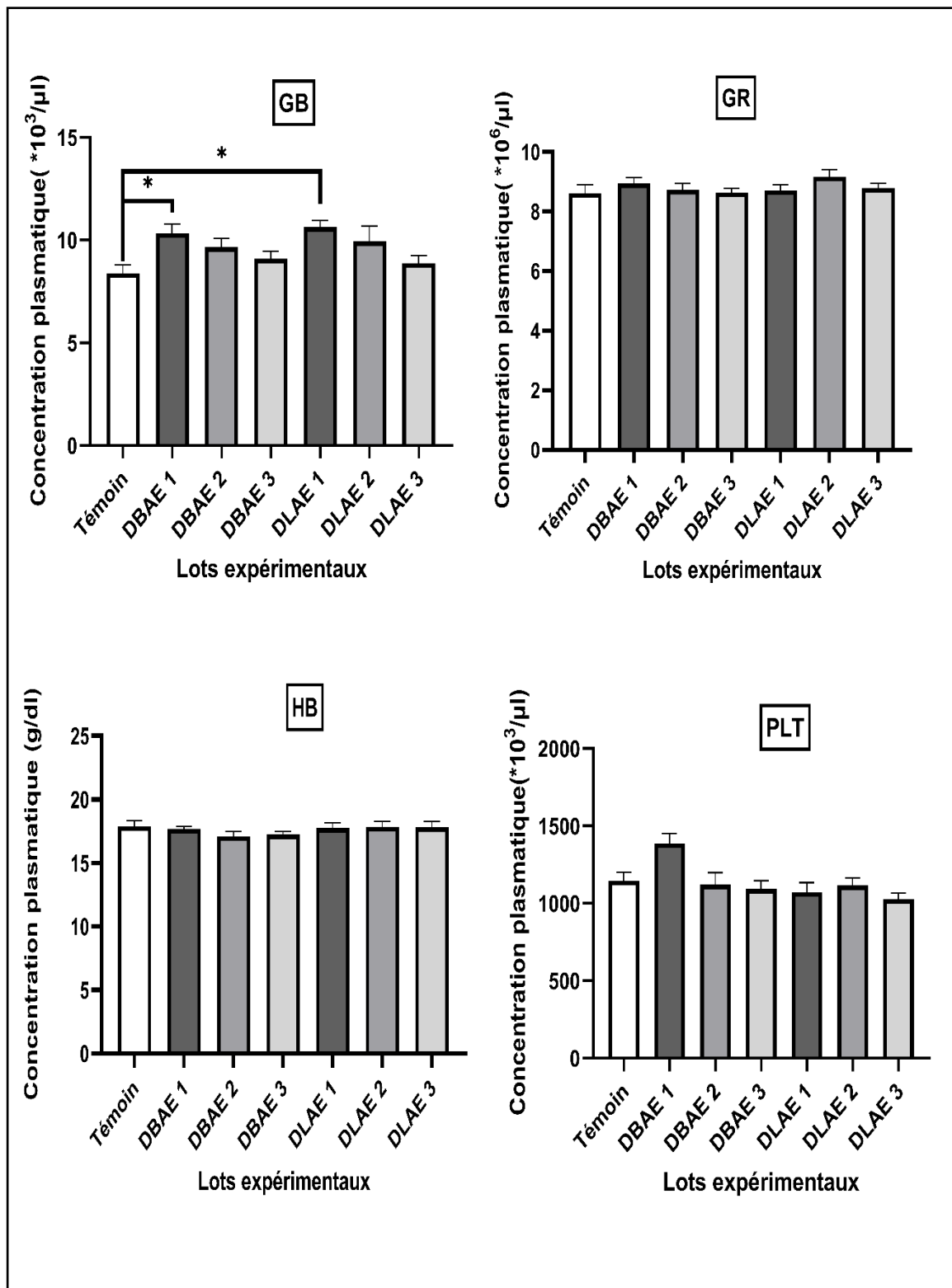


Fig. 26 Variation des indicateurs sanguins, globules blancs (GB), globules rouges (GR), hémoglobine (HB) et plaquettes (PLT) chez les rats du groupe témoin et traités. * p < 0,05 comparés aux témoins.

3.4. Impact des extraits de *D. maritima* sur la fonction hépatique chez les rats

3.4.1. Effet sur les marqueurs biochimiques du foie

3.4.1.1. Activité des aminotransaminases (ASAT et ALAT)

À la suite du traitement avec une forte dose d'extrait de bulbe, une variation significative de l'activité des transaminases a été observée. Les rats ayant reçu 98 mg/kg d'extrait de DBAE (DBAE 1) présentent un taux d'ASAT considérablement plus élevé (+ 47,3) que les rats du groupe témoin. Parallèlement, l'activité enzymatique de l'ALAT montre une élévation de (+ 16,7) (**Fig. 27**). Néanmoins les taux restent non significatifs ($p \geq 0.05$) chez les traités avec l'extrait de feuilles (DLAE) lorsqu'on les compare avec les concentrations des rats témoins

3.4.1.2. Activité de la phosphatase alcaline

L'administration d'une dose élevée de DBAE a entraîné une hausse statistiquement significative de l'activité PAL en comparaison avec le groupe témoin ($p = 0,002$). En revanche, La dose moyenne et faible, de l'extrait de bulbe ont entraîné des augmentations légères et non significatives de l'activité PAL (augmentation de + 86,21 et + 70,37, respectivement). D'après nos résultats, aucune variation discernable n'a été observée dans l'extrait de feuille de DLAE, quelle que soit la dose administrée (**Fig. 27**).

3.4.1.3. Taux de bilirubine

Nos données montrent que, par rapport au groupe témoin ($1,58 \pm 0,14$ mg/l), les concentrations de bilirubine totale pour les trois doses de traitement de chaque extrait, DBAE et DLAE, n'ont pas montré de changement significatif (**Fig. 28**).

3.4.1.4. Protéines totales et albumine dans le sang

Les résultats de la présente étude n'enregistrent aucune différence significative de la teneur plasmatique en protéines totales chez les rats traités à faible dose (3) ; à moyenne dose (2) et chez les rats traités à forte dose (1) des deux extraits DBAE et DLAE comparativement aux rats témoins ($p \geq 0.05$). On note aussi que l'administration orale de l'extrait aqueux de feuilles (DLAE) à toutes les doses étudiées n'a entraîné aucun changement significatif ($P \geq 0,05$) de la teneur plasmatique en albumine. Par contre on observe une légère diminution significative ($27,87 \pm 1$ g/l) chez les traités avec l'extrait aqueux de bulbe de *D. maritima* à forte dose (DBAE 1) toujours par rapport aux rats témoins. (**Fig. 28**).

3.4.1.5. La lactate déshydrogénase

Aucune variation statistiquement significative n'a été observée dans l'activité de l'enzyme LDH (lactate déshydrogénase) dans le plasma entre le groupe témoin et le groupe traité. Les niveaux d'activité de LDH sont restés stables (Fig. 28).

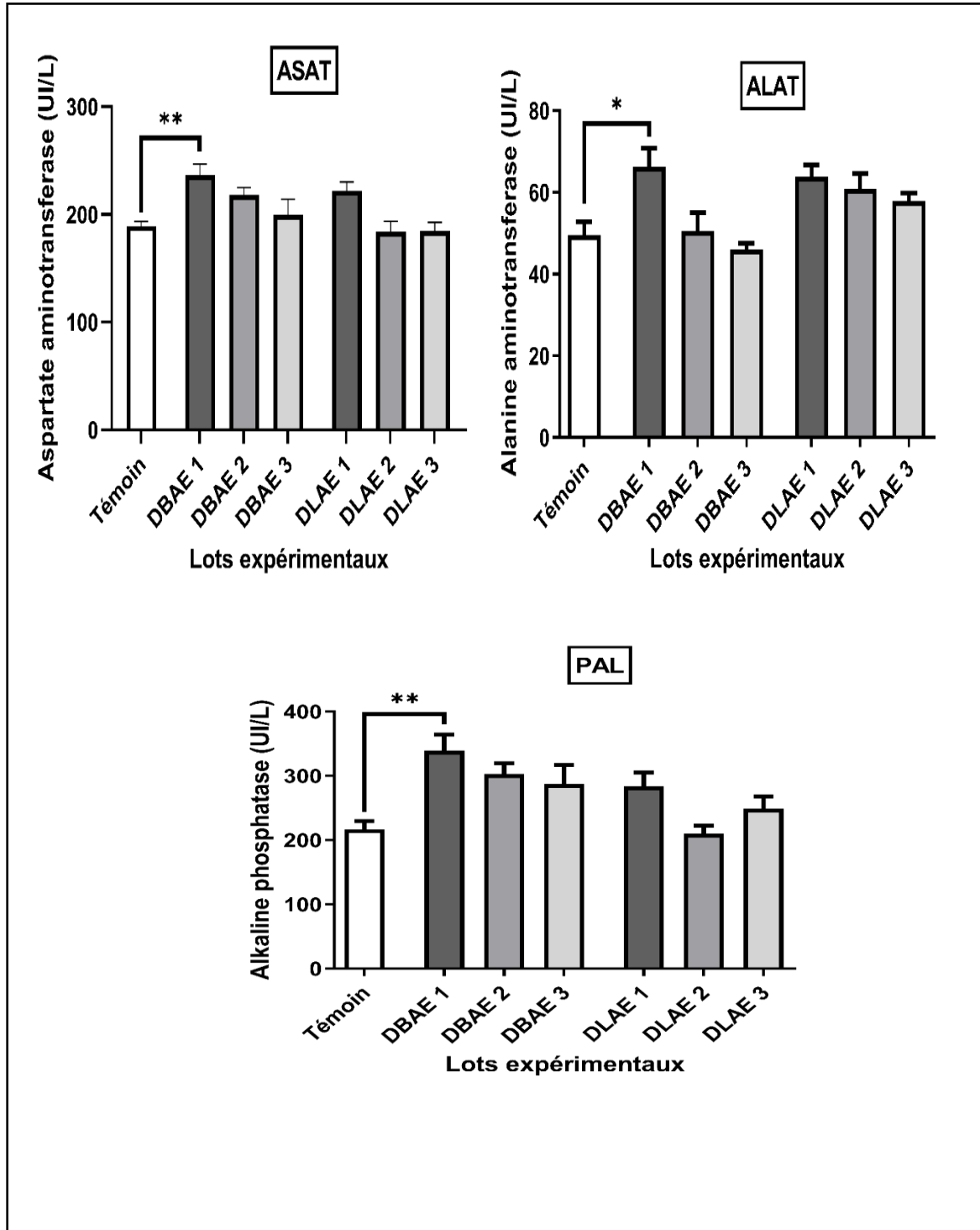


Fig. 27 Variation de l'activité enzymatique des transaminases hépatiques (ASAT, ALAT) et de la phosphatase alcaline (PAL) (UI/L) chez les rats du groupe témoin et traités. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ comparés aux témoins.

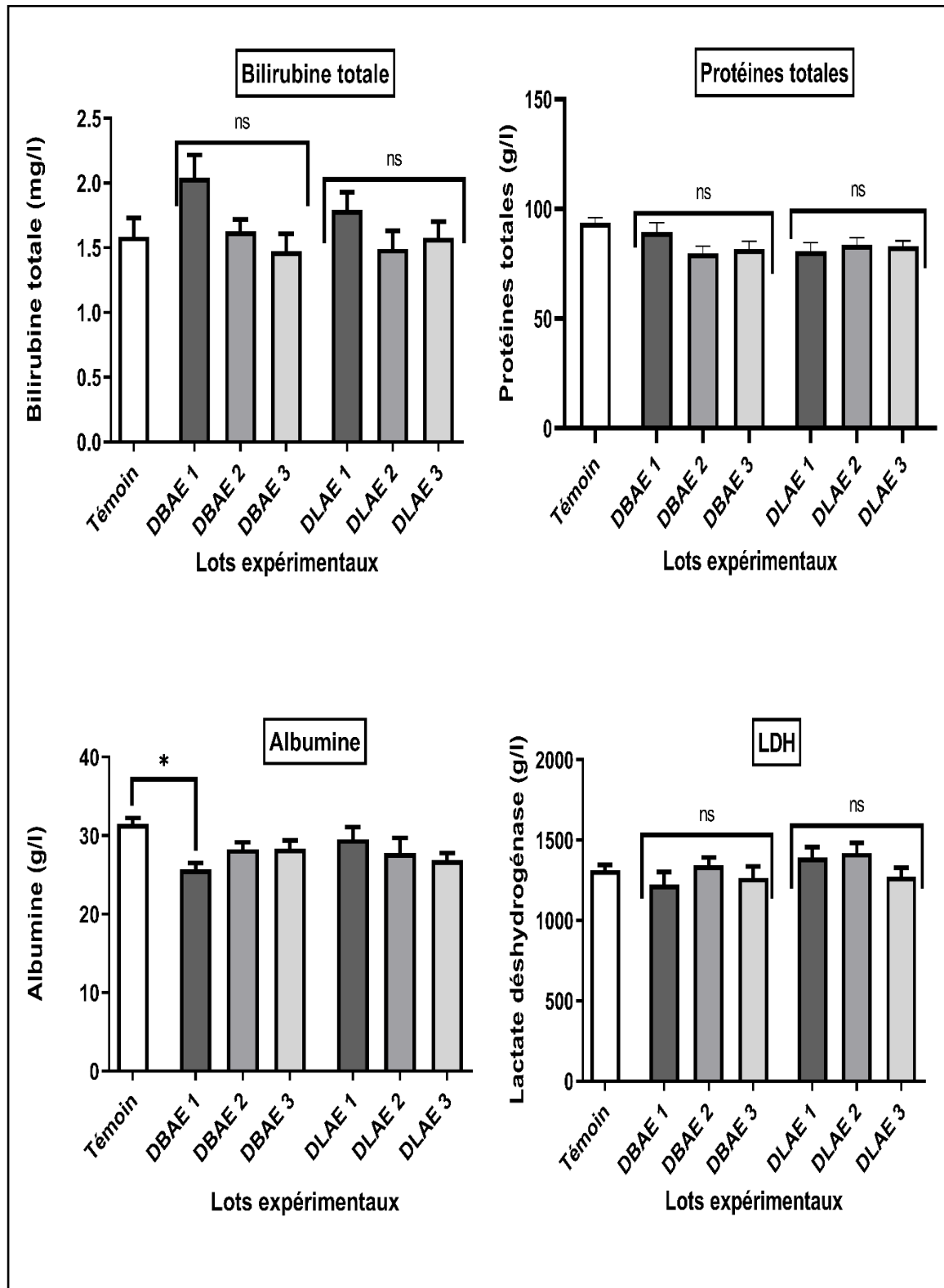


Fig. 28 Variation des niveaux sériques de bilirubine totale (mg/l), protéines totales, albumine et LDH (g/l) chez les rats témoins et les rats traités. * $p < 0,05$ comparés aux témoins.

3.4.2. Effet sur le bilan énergétique et lipidiques

Les résultats de notre étude mettent en évidence une stabilité relative des marqueurs métaboliques, notamment les niveaux de cholestérol et de triglycérides, en réponse au traitement au DBAE et DLAE. Nos résultats ne montrent aucune variation statistiquement significative dans ces paramètres toujours par rapport aux témoins (Fig. 29).

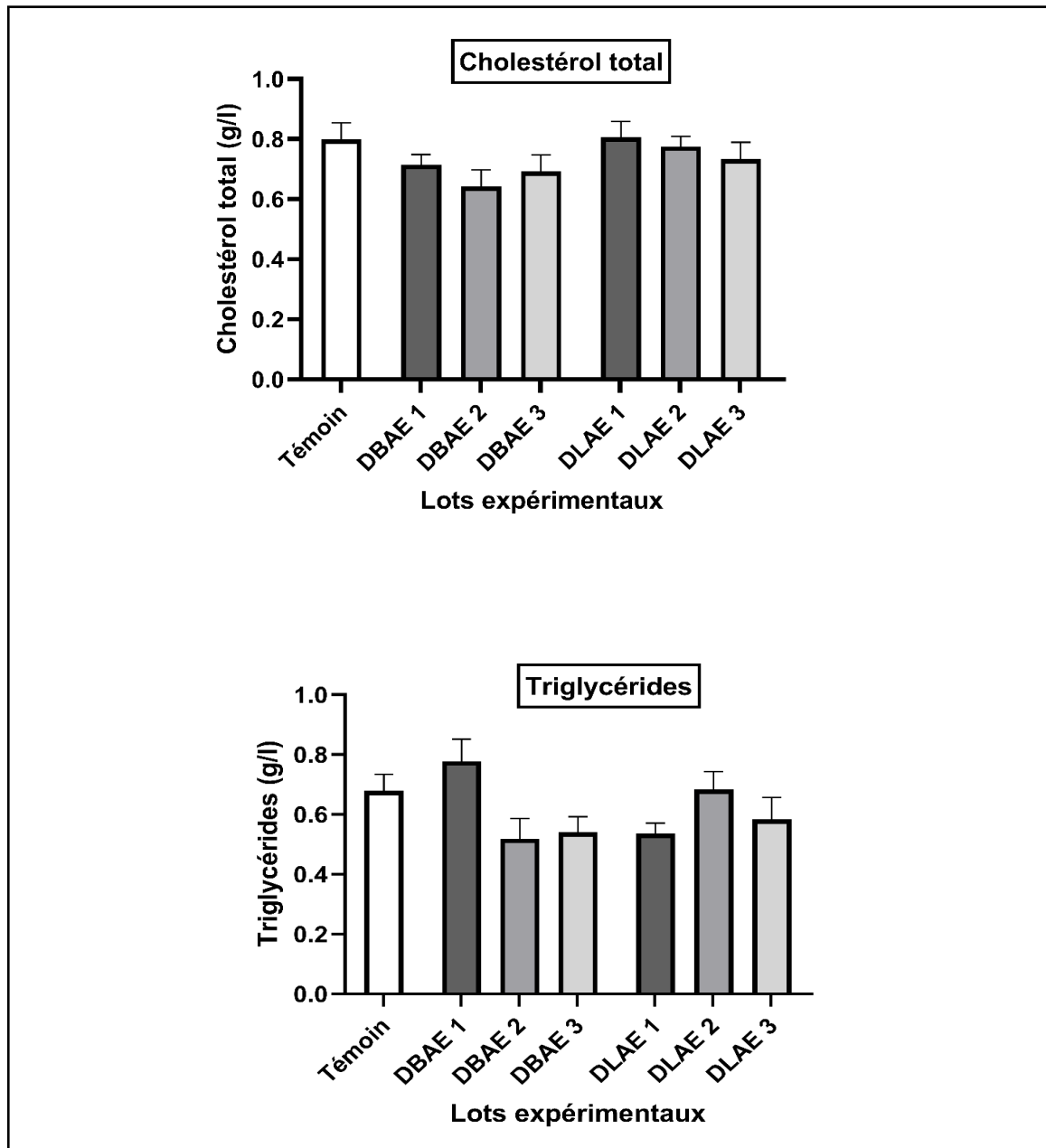


Fig. 29 Variation des concentrations plasmatiques de cholestérol total et des triglycérides (g/l) chez les rats témoins et rats traités.

3.4.3. Effet sur l'anatomie du foie

L'étude histopathologique des foies des rats témoins et des rats DBAE et DLAE est illustrée dans la **Fig. 30**. L'examen au microscope optique a révélé une histo-architecture normale dans les foies des rats témoins. Le parenchyme hépatique présentait une disposition normale des hépatocytes comprenant des veines centro-lobulaires (VC) et une structure lobulaire régulière caractérisée par la présence d'espaces portaux hépatiques (EP) séparés par des sinusoides (**Fig. 30A, B**). Cependant, aucune altération structurelle n'a été observée dans les foies des groupes traités avec les différentes doses de DBAE par rapport au groupe témoin (**Fig. 30C, D, E**). Chez les animaux traités au DLAE, l'architecture hépatique est globalement préservée, montrant une taille normale des cellules hépatiques (H) avec une veine hépatique intacte (**Fig. 30F, G, H**).

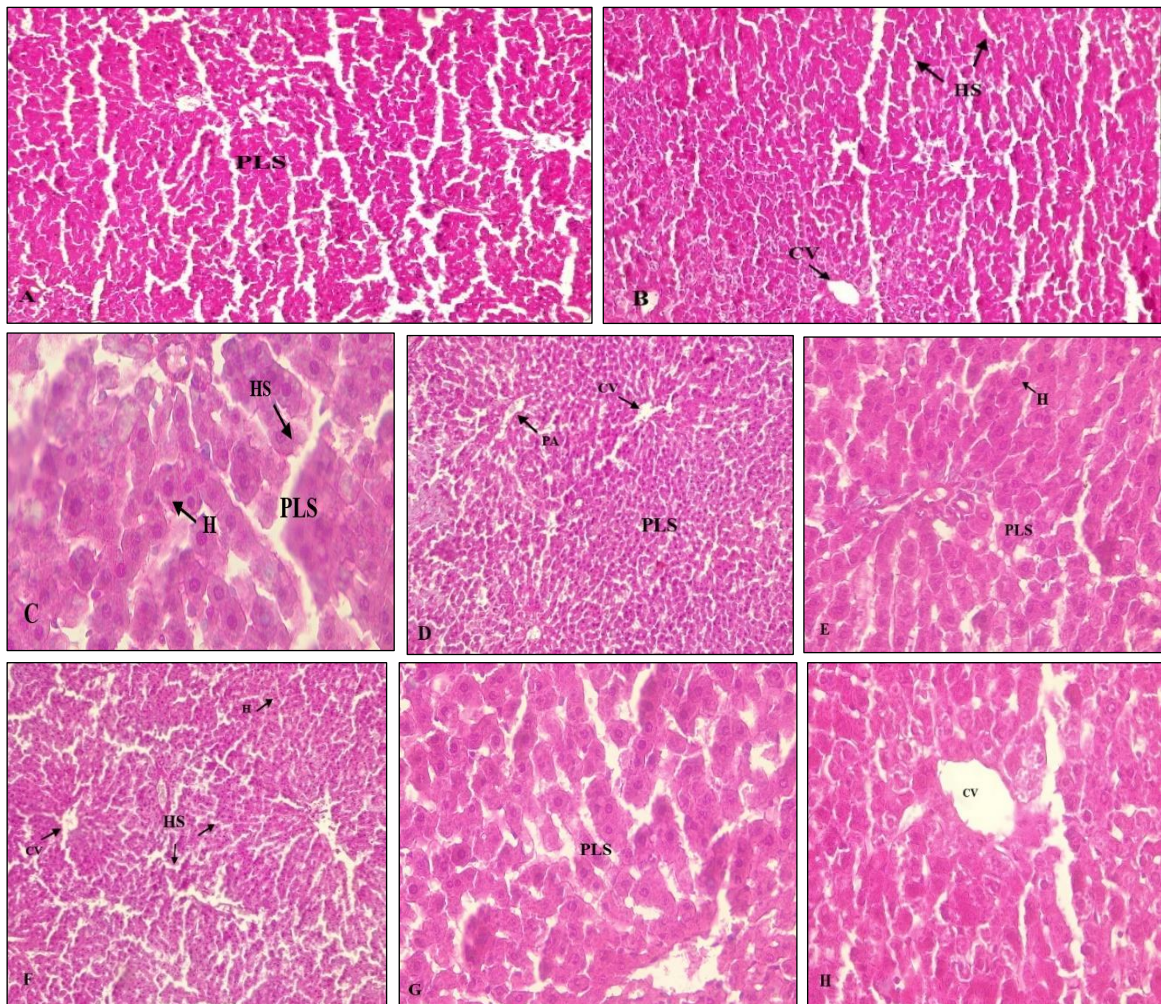


Fig. 30 Observations photomicrographiques de sections de tissu hépatique des rats de groupe témoin (A, B), et de rats traités avec le DBAE (C, D, E) ainsi qu'avec le DLAE (F, G, H). Les flèches marquent : la veine centro-lobulaire (CV), la zone portale (PA), les hépatocytes (H), les sinusoides hépatiques (HS), et structure hépatique préservée (PLS) (H&E, grossissements x10 et x40).

3.5. Impact des extraits de *D. maritima* sur la fonction rénale chez les rats

3.5.1. Effet sur les marqueurs biochimiques des reins

Après 28 jours de traitement, le taux d'urée sanguine a augmenté de façon très significative ($0,55 \pm 0,03$ mg/dl) dans le groupe DBAE à forte dose (98 mg/kg DBAE 1) par rapport au groupe témoin qui a une concentration de l'ordre ($0,36 \pm 0,01$ mg/dl). De même, les niveaux de créatinine et d'acide urique ont augmenté de manière significative avec (+ 1,8 et + 7,17) respectivement dans le même groupe (DBAE 1). Cependant, les résultats n'ont pas montré d'effet significatif sur la teneur en urée et créatinine dans les autres lots traités ($p \geq 0,05$), avec les mêmes observations pour la teneur en acide urique ($p \geq 0,05$) toujours par rapport au lot témoin. (Fig. 31).

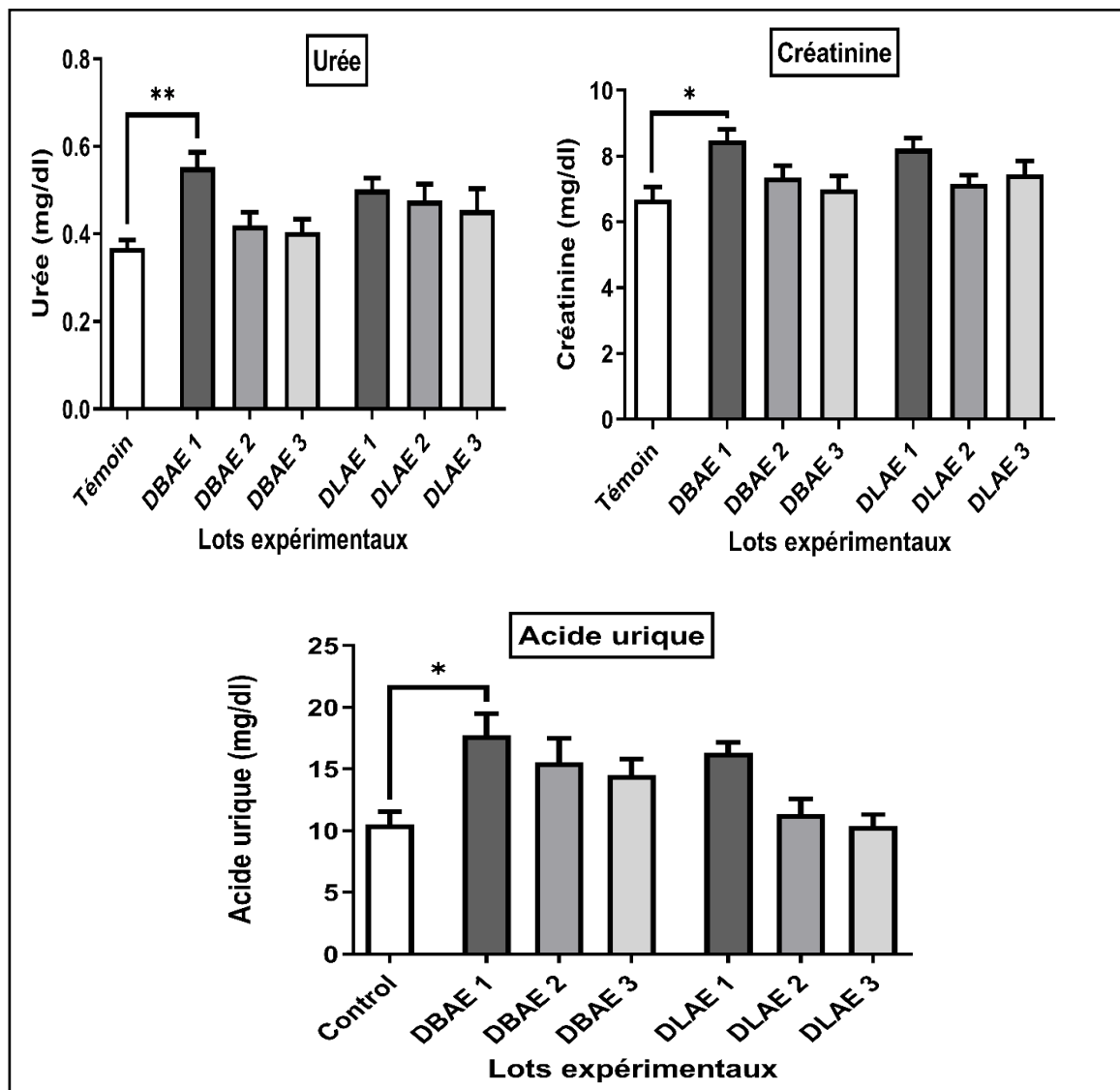


Fig. 31 Variation des taux sériques d'urée, de créatinine et d'acide urique (mg/dl) chez les rats du groupe témoin et les rats traités. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ comparés aux témoins.

3.5.2. Effet sur l'anatomie des reins

Les observations histopathologiques des tissus rénaux présentées dans la **Fig. 32** démontrent que les structures microscopiques des reins restent inchangées même après un traitement à l'extrait de bulbe et de feuilles de *D. maritima* jusqu'à une dose de 98 mg/kg pendant une période de quatre semaines. De plus, que ce soit dans le groupe témoin ou dans les groupes recevant la dose la plus élevée (98 mg/kg pc) (**Fig. 32A, C, F**), aucune altération n'a été observée dans les capillaires glomérulaires avec leur capsule, ainsi que les tubules rénaux, indépendamment de la dose administrée (**Fig. 32B, D, E, G, H**).

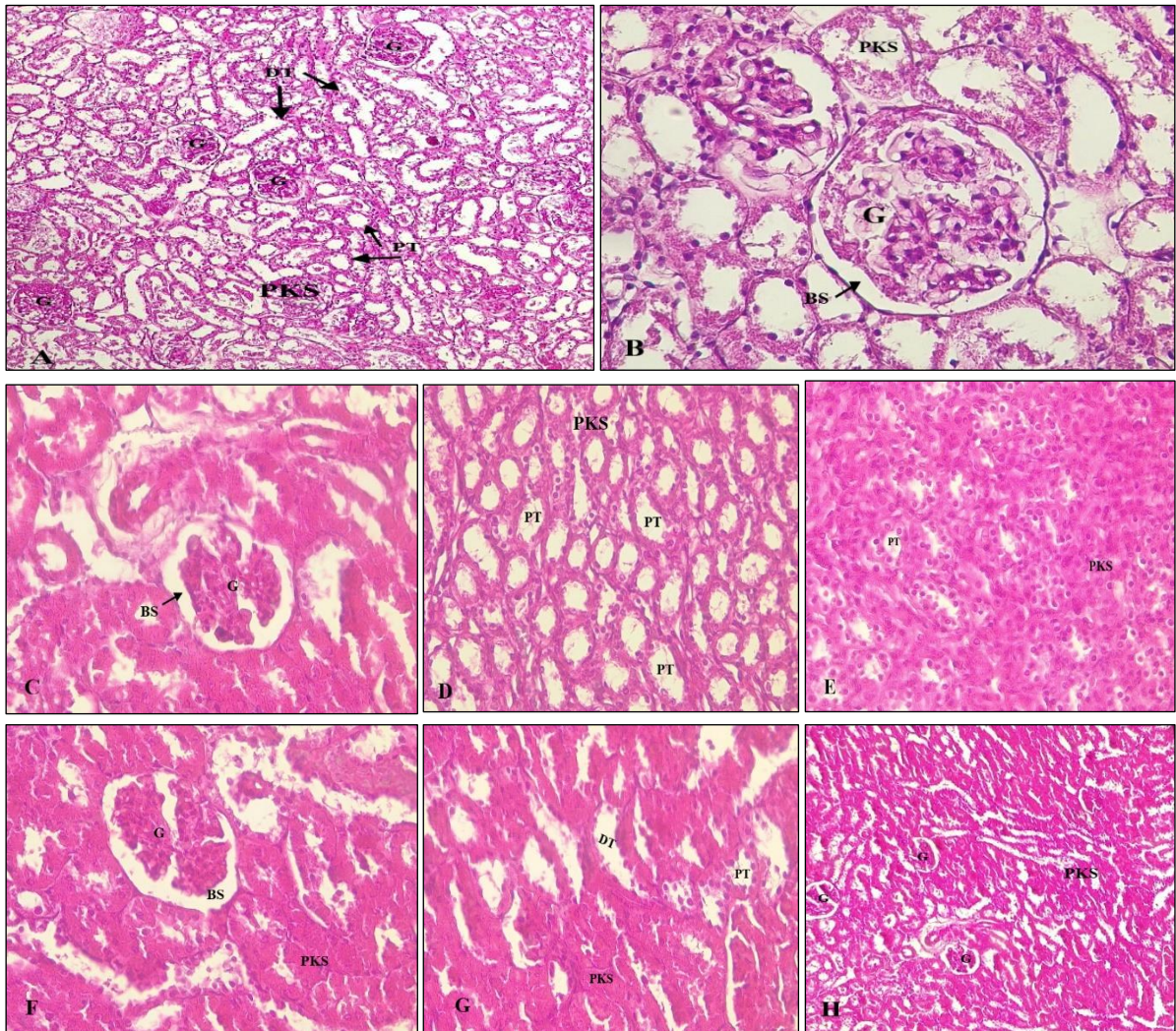


Fig. 32 Observations photomicrographiques de sections de tissu rénal de rats de groupe témoin (A, B), et de rats traités avec le DBAE (C, D, E) ainsi qu'avec le DLAE (F, G, H). Les flèches marquent : Glomérule (G), Espace de Bowman (BS), Tubules distaux (DT), Tubules proximaux (PT), et structure rénale préservée (PKS) (H&E, grossissements x10, x20 et x40).

3.6. Impact des extraits de *D. maritima* sur les marqueurs du stress oxydatif

3.6.1. Effet sur les paramètres tissulaires non-enzymatiques

3.6.1.1. Taux du glutathion réduit (GSH)

Le **Tableau 21** détaille les variations de la concentration en glutathion (GSH) dans les différents tissus, à savoir le foie, les reins et le cerveau. On constate que le taux de GSH dans le foie des rats traités avec DBAE et DLAE à toutes les doses est similaire à celui des rats témoins. Aucune modification significative n'est perceptible dans le niveau de glutathion dans les reins lors de la comparaison entre les rats traités et les rats non traités. De plus, de légères augmentations, bien que non significatives, ont été observées au niveau cérébral dans les groupes DBAE 3 et DLAE 2 et 3, avec des valeurs respectives de (+ 0,25 ; + 0,22).

3.6.1.2. Taux du malondialdéhyde (MDA)

En analysant les concentrations de malondialdéhyde (MDA), un indicateur des peroxydes lipidiques, dans le foie des rats à la suite d'une administration continue de doses de 98, 49 et 24,5 mg/kg de DBAE et de DLAE sur une période de 4 semaines, ainsi que dans les tissus hépatiques et rénaux, il est remarquable que les niveaux de MDA chez les rats traités avec DBAE et DLAE à toutes les doses sont comparables à ceux des rats témoins ($p \geq 0,99$). De manière complémentaire, les résultats obtenus révèlent des concentrations faibles avec (- 1,45) de MDA dans le cerveau des groupes traité par le DLAE aux différentes doses (**Tableau 21**).

3.6.2. Effet sur les paramètres tissulaires enzymatiques

3.6.2.1. Fonctionnement de la glutathion peroxydase (GPx)

Les variations dans les niveaux d'activité de la glutathion peroxydase (GPx) dans les tissus hépatiques, rénaux et cérébraux sont exposées dans le **Tableau 22**. Les rats recevant la forte dose (98 mg/kg) de DBAE ont manifesté des niveaux légèrement plus élevés, bien que non significatifs, de ces enzymes antioxydantes dans le foie et les reins (+5,1 et +1,5 respectivement) par rapport aux témoins. De plus, en comparaison avec les rats normaux, aucune différence significative n'a été observée dans les niveaux de GPx chez les rats traités avec l'extrait aqueux de DLAE. Lors de la comparaison du cerveau des rats recevant quotidiennement des extraits aqueux de DBAE et de DLAE avec ceux des animaux témoins, aucune variation significative de l'activité de la glutathion peroxydase (GPx) n'a

été notée.

3.6.2.2. Fonctionnement de la glutathion S-transférase (GST)

Les niveaux d'activité de l'enzyme glutathion S-transférase (GST) dans les organes, à savoir le foie, les reins et le cerveau, sont répertoriés dans le **Tableau 22**. Il est à noter que les niveaux d'activité de la GST dans tous les animaux traités aux différentes doses de DBAE et DLAE ne présentaient pas de différences sensibles par rapport à ceux des animaux témoins.

3.6.3. Effet sur l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase cérébrale (AChE)

Une variation significative de l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) a été observée chez les rats traités avec une dose de 98 mg/kg d'extrait de DLAE, présentant un niveau notablement inférieur par rapport au groupe témoin (**Fig. 33**). En revanche, pour les autres groupes comparés aux témoins, aucune différence significative n'a été notée en ce qui concerne l'activité de l'AChE.

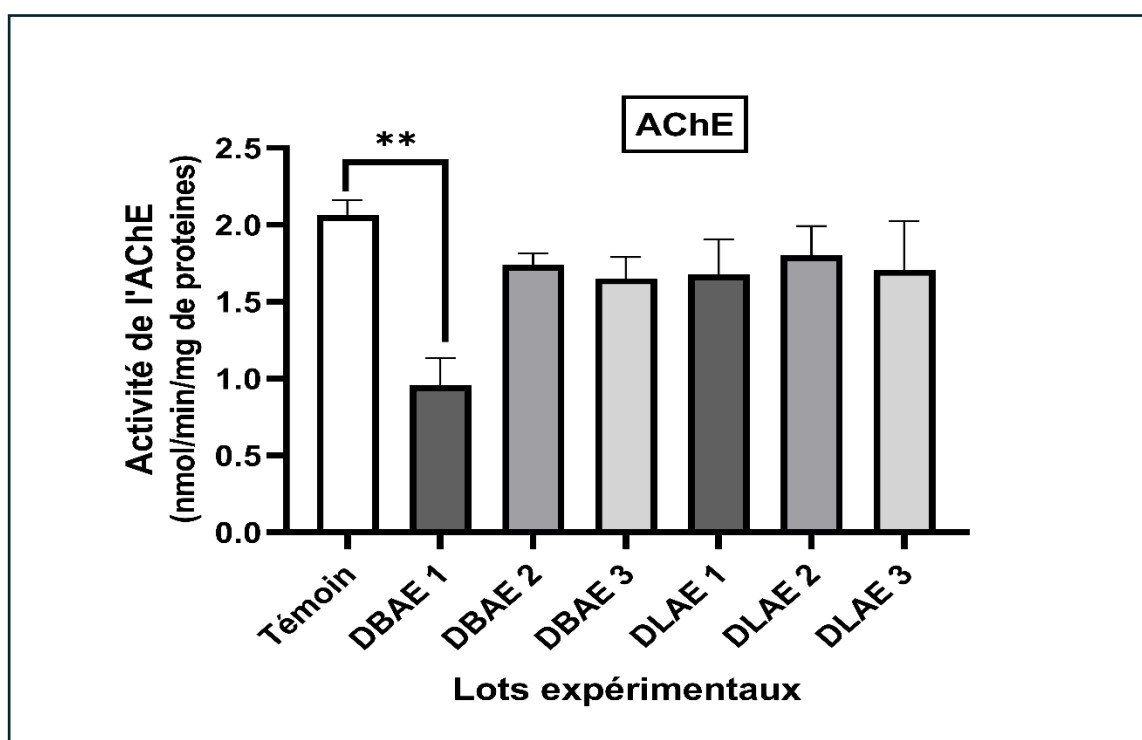


Fig. 33 Variation des niveaux d'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase (nmol/min/mg de protéine) dans le cerveau de rats témoins et traités. ** $p < 0,01$ comparés aux témoins.

Tableau 21. Réponse des biomarqueurs du stress oxydatif dans les tissus du foie, des reins et du cerveau des animaux des différents groupes sur une période de 4 semaines.

Paramètres	Lots expérimentaux							
	Organes	Témoin	DBAE 1	DBAE 2	DBAE 3	DLAE 1	DLAE 2	DLAE 3
GSH (nmol/mg protéine)	Foie	3,30 ± 0,35	3,33 ± 0,29	3,02 ± 0,27	3,72 ± 0,43	3,11 ± 0,32	3,20 ± 0,38	3,70 ± 0,38
	Reins	0,71 ± 0,05	0,62 ± 0,07	0,67 ± 0,07	0,58 ± 0,09	0,61 ± 0,06	0,58 ± 0,1	0,56 ± 0,11
	Cerveau	0,30 ± 0,04	0,33 ± 0,11	0,52 ± 0,11	0,56 ± 0,12	0,44 ± 0,11	0,53 ± 0,09	0,53 ± 0,12
MDA (nmol/mg protéine)	Foie	9,47 ± 1,33	8,85 ± 2,18	8,81 ± 1,69	9,63 ± 1,78	8,20 ± 1,25	7,58 ± 1,24	8,52 ± 1,36
	Reins	14,78 ± 1,68	13,72 ± 2,58	12,52 ± 1,79	14,47 ± 1,20	11,22 ± 1,13	13,60 ± 1,74	11,51 ± 1,46
	Cerveau	4,30 ± 0,27	4,13 ± 0,61	3,43 ± 0,32	3,93 ± 0,50	3,15 ± 0,36	2,84 ± 0,35	3,16 ± 0,26

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± SEM, pour des groupes de six animaux chacun.

DBAE : Extrait aqueux de bulbe de *D. maritima*, DLAE : Extrait aqueux de feuilles de *D. maritima*.

1 : la forte dose, 2 : la moyenne dose, 3 : la faible dose.

Tableau 22. Activité des enzymes antioxydantes évaluée dans les tissus hépatiques, rénaux et cérébraux des animaux appartenant à divers groupes au cours d'une période de 4 semaines.

Paramètres	Lots expérimentaux							
	Organes	Témoin	DBAE 1	DBAE 2	DBAE 3	DLAE 1	DLAE 2	DLAE 3
GPx ($\mu\text{mol GSH}/\text{mg de protéines}$)	Foie	19,16 \pm 1,57	24,26 \pm 2,14	17,19 \pm 1,25	17,50 \pm 1,13	19,53 \pm 2,03	16,63 \pm 0,86	21,62 \pm 1,10
	Reins	17,48 \pm 0,95	19,06 \pm 2,11	18,54 \pm 1,14	14,47 \pm 0,57	15,24 \pm 0,40	14,89 \pm 0,26	15,00 \pm 0,17
	Cerveau	7,64 \pm 0,69	7,36 \pm 0,67	7,72 \pm 0,30	8,16 \pm 0,35	7,41 \pm 0,74	7,47 \pm 0,38	8,42 \pm 0,27
GST ($\text{nmol GST}/\text{mg protéine}$)	Foie	0,14 \pm 0,01	0,13 \pm 0,01	0,13 \pm 0,008	0,14 \pm 0,01	0,14 \pm 0,01	0,13 \pm 0,009	0,15 \pm 0,006
	Reins	0,43 \pm 0,03	0,42 \pm 0,04	0,44 \pm 0,03	0,39 \pm 0,06	0,34 \pm 0,01	0,38 \pm 0,03	0,38 \pm 0,04
	Cerveau	0,07 \pm 0,02	0,09 \pm 0,08	0,07 \pm 0,01	0,07 \pm 0,008	0,09 \pm 0,01	0,08 \pm 0,006	0,1 \pm 0,02

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm SEM, pour des groupes de six animaux chacun.

DBAE : Extrait aqueux de bulbe de *D. maritima*, DLAE : Extrait aqueux de feuilles de *D. maritima*.

1 : la forte dose, 2 : la moyenne dose, 3 : la faible dose.

4. Discussion

4.1. Evaluation du potentiel antioxydant des extraits de *D. maritima*

L'attention portée sur les antioxydants d'origine végétale s'est intensifiée récemment, en raison de leur potentiel biologique encourageant dans la lutte contre les dommages induits par les radicaux libres. Les concentrations élevées de composés phénoliques retrouvées dans nos résultats du premier chapitre soulignent l'importance d'analyser leur potentiel antioxydant. Etant donné que la capacité antioxydante d'un extrait est directement liée à sa concentration en composés phénoliques, et en particulier en flavonoïdes (**Bouatrous, 2019**). Dans cette optique, l'activité antioxydante de deux extraits aqueux de *D. maritima* a été examinée en appliquant des méthodes spectrophotométriques spécifiques, à savoir le test de piégeage des radicaux libres DPPH et le test de réduction du fer (FRAP).

Le test DPPH dépend de la réduction de ce radical libre en un produit stable par les molécules antioxydantes donneuses d'hydrogène de l'extrait végétal (**Rjeibi et al., 2016**). Les résultats que nous avons obtenus impliquent que les deux extraits de *D. maritima* fonctionnent comme des antioxydants, en particulier le DLAE en raison de sa forte capacité à piéger les radicaux libres. La présence de substances chimiques phénoliques telles que les flavonoïdes est considérée comme liée à cette capacité antioxydante.

En outre, Les flavonoïdes présentent des propriétés antioxydantes contre les radicaux libres, tels que le radical DPPH, qui rivalisent avec celles d'autres antioxydants naturels. Ils sont également considérés comme des agents thérapeutiques potentiels pour la prévention et le traitement de diverses pathologies. Cependant, il est essentiel de noter que leurs propriétés antioxydantes varient en fonction des plantes et des extraits utilisés. Les feuilles, entre autres, ont montré une activité antioxydante significative, illustrée par des valeurs importantes d'inhibition du radical DPPH (**Aubin et al., 2020**).

Une activité antioxydante similaire a également été observée pour les extraits méthanolique et éthanoliques de *D. maritima*, ainsi que pour ceux du genre *Drimia*, comme le montrent les études de (**Belhaddad et al., 2017; Rezzagui et al., 2020**).

Afin d'approfondir ces observations, l'évaluation du pouvoir réducteur des extraits a été réalisée à travers une activité de réduction de fer. En effet, la mesure de l'activité antioxydante d'une substance peut également s'appuyer sur sa capacité à libérer des électrons dans une réaction d'oxydoréduction, concept connu sous le terme de pouvoir réducteur (**Dar et al., 2017**). Il existe une corrélation notable entre le pouvoir réducteur des

extraits DBAE et DLAE et leurs concentrations en polyphénols.

L'extrait de feuilles de *D. maritima*, plus riche en composés phénoliques, notamment les flavonoïdes et les tanins, exhibe une capacité de réduction plus prononcée par rapport à l'acide ascorbique et au BHT. Ainsi, la puissance du pouvoir réducteur des deux extraits pourrait être attribuée à la présence de groupements hydroxyles dans les composés phénoliques, qui agissent comme donneurs d'électrons. Selon **Dangles. (2020)**, la structure chimique des composés phénoliques leur permet de neutraliser les radicaux libres et d'abaisser les ions métalliques, ce qui renforce leur activité antioxydante et leur potentiel de réduction du fer (**Bouhadjeb et al., 2018; Guettaf et al., 2016**).

4.2.Effet des extraits de *D. maritima* sur la croissance pondérale

Pour évaluer l'état de santé général de l'animal et l'innocuité du produit utilisé, il est indispensable de connaître l'évolution de son poids au cours du temps. En effet l'évaluation du poids corporel est souvent utilisée comme mesure de la croissance et du développement mais aussi comme critère d'évaluation dans les études toxicologiques (**Hou et al., 2021**).

Dans notre expérience, le suivi de la croissance pondérale a révélé que les rats ayant reçu les différents dosages des extraits aqueux de bulbe et de feuilles de *D. maritima* (respectivement DBAE et DLAE) ont gagné plus de masse corporelle par rapport aux rats du groupe témoin. D'une part, une consommation et une absorption suffisantes de nourriture peuvent expliquer cette augmentation de poids. Ces résultats confirment ceux **Abubakar et al., (2019); Mannasaheb et al., (2015)**, qui ont montré que l'administration d'un extrait de plante de la famille des *Asparagaceae* provoque une augmentation considérable du poids corporel. D'autre part, des recherches publiées antérieurement **Ozcan et al., (2014); Trea et al., (2022)** ont montré que ces effets étaient liés à la capacité des substances polyphénoliques contenus dans la plante.

En outre, **Merzoug et al., (2014)** a noté que l'administration de quercétine, un composé polyphénolique appartenant à la classe des bioflavonoïdes, a significativement atténué la perte de poids chez les rats. Cette observation peut être attribuée à la complexité de l'interaction entre la quercétine et le métabolisme, ainsi que d'autres systèmes biologiques de l'organisme, entraînant une diversité d'effets. D'autres recherches ont également signalé une gamme de propriétés potentiellement bénéfiques pour la santé en relation avec l'administration des composés phénoliques, aussi bien chez les animaux que chez les humains (**Lambert et al., 2018**). L'abondance de *D. maritima* dans ces composés bioactifs

a également été reconnue par **Rhimi et al., (2019)**, ce qui montre l'action anabolisante avantageuse de la plante.

En général, toute modification du poids relatif d'un organe peut indiquer une potentielle réaction à un médicament (**Loha et al., 2019**). L'expérimentation avec les deux extraits de *D. maritima* sur des rats n'a révélé aucun changement notable dans le poids du foie et du cerveau, ce qui suggère que *D. maritima* est sans effet délétère sur ces fonctions. Toutefois, une diminution marquée du poids relatif des reins a été observée chez les rats soumis à une forte dose de l'extrait de bulbe (DBAE). L'absence d'effet significatif de l'extrait de feuilles (DLAE) indique que seules les doses subaiguës élevées de DBAE peuvent entraîner des conséquences négatives sur les reins.

4.3. Effet des extraits de *D. maritima* sur les paramètres hématologiques

Le système hématopoïétique assume une fonction prédictif significative dans l'état pathologique des êtres humains et des animaux, Il se distingue en tant qu'indicateur sensible des perturbations potentielles, car il est l'un des profils récepteurs de plusieurs médicaments et xénobiotiques (**Abubakar et al., 2019**). Ces substances étrangères peuvent affecter la production et la fonction des cellules sanguines. et perturber la régulation de l'homéostasie sanguine, comme mentionné par (**Scharf et al., 2020**).

En ce qui concerne l'analyse des paramètres sanguins, nos résultats n'ont montré aucune différence significative entre les rats des groupes traités et ceux du groupe témoin, indiquant une production régulière de cellules sanguines, ce qui suggère que les extraits ne sont pas toxiques pour le système sanguin.

Ces résultats sont cohérents avec d'autres études (**Rezzagui et al., 2020**) qui affirment que l'administration de l'extrait d'acétate d'éthyle et éthanolique de fleurs de *D. maritima* prévient l'hémolyse en augmentant la résistance des globules rouges, ce qui prouve l'action anti-hémolytique de cette plante. Cette constatation est étayée par d'autres études qui ont indiqué que les flavonoïdes stabilisent les membranes plasmiques des hématies, entravant ainsi leur hémolyse (**Torello et al., 2021**). Cependant, le nombre de globules blanc n'a augmenté de manière significative qu'avec le dosage élevé des extraits de bulbe (DBAE 1) et de et de feuilles (DLAE 1).

Une synthèse excessive des substances régulant la croissance des cellules souches productrices de leucocytes pourrait être à l'origine de cette réponse du système

immunitaire. Nos résultats sont en accord avec les recherches de **Jorum & Piero, (2016)** qui rapportent que cette surproduction est liée à l'activité immunostimulante des glycosides et de certains composés phytochimiques présents dans les extraits de plantes. Il a été démontré que la quercétine atténue la baisse des leucocytes totaux, du nombre et des pourcentages de lymphocytes dans une étude de toxicité (**Merzoug et al., 2014**). De plus, **Lin et al., (2012)** ont mis en évidence l'influence des bioflavonoïdes dans la modulation du système immunitaire.

4.4. Effet des extraits de *D. maritima* sur la fonction hépatique chez les rats

Afin de prédire avec précision l'intégrité membranaire et la fonction des hépatocytes à la suite de la consommation de produits végétaux, il est essentiel de procéder à l'évaluation de l'activité enzymatique de plusieurs marqueurs hépatiques. Il s'agit généralement d'enzymes telles que l'alanine aminotransférase (ALAT), l'aspartate aminotransférase (ASAT), qui sont les marqueurs hépatiques les plus sensibles, et la phosphatase alcaline (PAL). Ces marqueurs enzymatiques jouent un rôle crucial dans l'évaluation de l'impact des substances sur la santé du foie, offrant des indices précieux sur d'éventuels dommages ou dysfonctionnements hépatiques (**Li et al., 2019**).

La présente étude fait état de changements non significatifs dans les taux sériques de ces deux enzymes (ASAT et ALAT), sauf pour l'extrait de bulbe à 98 mg/kg pc. Ceci peut être attribué à des changements dans la perméabilité de la membrane, qui sont souvent liés à la présence de scillarène, le puissant hétéroside présent dans le bulbe de *D. maritima*. De plus, l'augmentation des niveaux de PAL observée dans le foie, marquant une perturbation du transit hépatobiliaire, suggère que le scillarène pourrait influencer l'activité de l'enzyme Na^+/K^+ ATPase, réduisant ainsi la production de bile dans les canaux, ce qui pourrait affecter la fonction hépatique (**Bozorgi et al., 2017; Manganyi et al., 2021**).

Le foie synthétise une protéine plasmatique essentielle, l'albumine, dont la fluctuation indique un risque de maladie hépatique (**Liu et al., 2015**). Cela ressort clairement des résultats de l'étude, qui révèlent que seul le DBAE à forte dose a entraîné une baisse modeste des taux d'albumine, tandis que les taux des autres groupes se situaient dans la fourchette de référence du groupe témoin. En outre, aucun changement significatif n'a été observé au niveau de la bilirubine totale, protéines totales et de la lactate déshydrogénase, ce qui confirme également la réduction du risque de lésions hépatobiliaires et démontre

l'absence d'hépatotoxicité des extraits. Ces résultats sont renforcés par la non-significativité du changement du poids absolu ainsi que relatif du foie par rapport au groupe témoin.

En outre, l'extrait de feuilles de *D. maritima* n'a pas provoqué de changements significatifs dans les taux sériques d'enzymes hépatiques, de bilirubine totale, protéines totales, d'albumine et de LDH chez les rats traités par rapport aux rats témoins, ce qui indique que les fonctions hépatiques ne sont pas affectées par l'administration de DLAE, probablement en raison de la concentration en flavonoïdes, qui sont les principaux constituants de cet extrait. En effet, des recherches ont indiqué que les flavonoïdes et les phénols peuvent participer à la préservation de la santé du foie en atténuant les dommages oxydatifs et l'inflammation (**Zou et al., 2020**). On suppose que leur capacité à stabiliser les membranes plasmiques des hépatocytes et à inhiber l'hémolyse pourrait constituer un mécanisme potentiel expliquant leur effet hépatoprotecteur. Ces résultats sont cohérents avec ceux de **He et al., (2019)**, qui ont démontré les effets hépatoprotecteur de cinq types de flavonoïdes, à savoir les polyphénols flavonoïdes, les flavones monomères, les flavonols, les flavanols et les flavanones.

Un fonctionnement optimal du foie est indispensable pour maintenir un équilibre adéquat des taux de cholestérol. En effet, le foie assume le rôle de produire et d'éliminer le cholestérol, tout en participant à la synthèse des lipoprotéines qui assurent le transport du cholestérol et d'autres lipides dans la circulation sanguine. Cette interrelation souligne l'importance du foie dans la régulation des niveaux de cholestérol dans l'organisme (**Qin et al., 2020**). Les résultats du profil lipidique indiquent une réduction non significative du taux de cholestérol total à toutes les doses de DBAE par rapport au groupe témoin.

Ces observations pourraient être attribuées aux propriétés hypolipidiques de la plante. Nos résultats concordent avec les recherches menées par **Hadarbegi. (2015)**, démontrant que l'administration de différentes doses d'un extrait alcoolique de *D. maritima* chez les rats a entraîné une baisse significative du taux de cholestérol total et des triglycérides. De même, les résultats de **Belhaddad et al., (2017)**; **Manganyi et al., (2021)** confirment ces observations et ont souligné que les stérols présents dans différentes parties de la plante *D. maritima* sont responsables de ces effets, agissant en équilibrant les bicouches phospholipidiques des membranes cellulaires. **Mahboubi et al., (2019)** a également noté que le mécanisme par lequel cette plante contribue à lutter contre les maladies hépatiques repose sur la réduction des triglycérides et du cholestérol sérique.

L'examen histopathologique du tissu hépatique de chaque groupe expérimental n'a montré aucune variation dans la composition structurale des hépatocytes. Comme aucune lésion macroscopique ou microscopique n'a été observée au cours de cette étude, il semble que l'extrait de bulbe et de feuilles de *D. maritima* ne présentent pas de dommages hépatiques aux doses de 98, 49 et 24,5 mg/kg de poids corporel/jour. Ces résultats sont cohérents avec la référence **Zhu et al., (2010)**, qui a montré que la présence de composés phénoliques est responsable de l'absence d'altérations structurales dans le foie après l'administration d'un extrait aqueux d'*Asparagus officinalis*.

4.5. Effet des extraits de *D. maritima* sur la fonction rénale chez les rats

Les reins jouent un rôle important dans la survie de l'organisme en maintenant une excrétion tubulaire constante et une concentration d'électrolytes dans le sang (**Costello et al., 2022**). Pour ce faire, l'état fonctionnel rénal a été évalué en mesurant plusieurs indicateurs, dont la créatinine, l'urée et l'acide urique.

Dans la présente étude, les augmentations substantielles des taux d'urée, de créatinine et d'acide urique dans le sang ont été constatées uniquement avec une dose élevée d'extrait de bulbe (DBAE). Cette corrélation peut potentiellement être attribuée à la présence de glycosides dans l'extrait, soulignant l'importance de la dose dans les effets rénaux observés. Des résultats similaires ont été obtenus par **Dizaye & Hamed. (2010)**; **Mahboubi et al., (2019)** dans lesquels les glycosides cardiaques de *D. maritima* agissent sur les protéines transmembranaires, augmentant les niveaux d'urée et d'acide urique dans le sang après une injection intraveineuse des extraits alcooliques de la plante. D'autres études de **Housecroft. (2020)** indiquent l'abondance des glycosides cardiaques bufadiénolides dans le bulbe de *D. maritima* qui agissent comme antagonistes des enzymes membranaires. Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'une exposition à des niveaux significativement élevés de DBAE pour induire des changements discernables dans les indicateurs biochimiques rénaux. En revanche, le DLAE ne présente pas d'effets néfastes sur le système rénal.

Par ailleurs, l'administration des extraits de *D. maritima* n'a engendré aucune altération tissulaire au niveau des reins des animaux traités, les structures tubulaires et glomérulaires demeurant intactes. Ces observations histopathologiques confirment que *D. maritima* ne présente aucun effet néfaste sur le système rénal après la période de 28 jours de l'étude *in vivo*. Ces résultats corroborent les conclusions d'autres chercheurs qui ont démontré que l'administration d'un mélange polyherbal comprenant l'espèce *Drimia* n'affecte pas le

système rénal des animaux de l'expérimentation (Kumar et al., 2022). De même, une étude ethnobotanique a recensé 121 espèces de plantes, dont *D. maritima*, utilisées dans le traitement des maladies rénales (Bencheikh et al., 2021).

4.6. Effet des extraits de *D. maritima* sur les marqueurs du stress oxydatif

L'organisme génère principalement des espèces réactives de l'oxygène (ERO) principalement pour contribuer au processus de diverses fonctions cellulaires, notamment la détoxification et le métabolisme des macromolécules cellulaires, engendrant ainsi des impacts tant positifs que négatifs sur la santé cellulaire (Manganyi et al., 2021). La formation des ERO, en tant que sous-produits secondaires résultant de réactions métaboliques et oxydatives, peut occasionner un déséquilibre en faveur des ERO par rapport aux systèmes antioxydants, conduisant à un excès de ces molécules. Cette situation contribue directement à la création de dommages oxydatifs (Belaid & Sbartaï, 2021).

Au cours de cette étude, les niveaux de MDA, un marqueur employé pour évaluer le stress oxydatif et les dommages cellulaires dans le foie, les reins et le cerveau, n'ont manifesté aucune variation significative à la suite de l'administration de DBAE et de DLAE à différentes doses de traitement. Ces résultats suggèrent l'absence de dommages oxydatifs, compte tenu que le MDA constitue le principal biomarqueur de la peroxydation des acides gras polyinsaturés au sein des membranes cellulaires (Fan et al., 2020). Ainsi, cette constatation renforce l'idée que les extraits étudiés n'ont pas engendré de perturbations oxydatives marquées dans les organes examinés.

En tant que principal antioxydant intracellulaire et agent de conjugaison, le glutathion (GSH) joue un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre redox et la préservation de l'intégrité cellulaire, et ce à plusieurs égards. Le GSH, qui est constitué d'un tripeptide contenant une cystéine, à la capacité de détruire directement les radicaux libres, il neutralise les espèces réactives de l'oxygène (ERO) lors de la synthèse du disulfure de glutathion (GSSG) et participe activement à la conjugaison du glutathion réduit (GSH) pour éliminer les xénobiotiques (Alibakhshi et al., 2018; Marzban et al., 2020). De plus, il fonctionne comme un substrat important pour l'action de la glutathion peroxydase (GPx) et de la glutathion-s-transférase (GST), comme l'ont noté (Hanfer et al., 2018). En outre, la teneur en GSH, a été observée à un niveau équivalent à celui du contrôle dans tous les groupes de traitement. Cela justifie le pouvoir antioxydant des extraits de bulbe et de feuilles pour prévenir les dommages oxydatifs. Ces résultats sont en accord avec plusieurs recherches

démontrant les propriétés antioxydantes du genre *Drimia* (Aswal et al., 2019; Manganyi et al., 2021).

La première défense de l'organisme contre le stress oxydatif et les espèces réactives de l'oxygène passe par les systèmes de détoxification endogènes, notamment les enzymes antioxydantes telles que la glutathion peroxydase (GPx) et les enzymes multifonctionnelles telles que les glutathion transférases (GST) (Habashy et al., 2019). La GPx réduit les peroxydes de glutathion en glutathion et en oxyde de carbone (CO₂), tandis que les GST agissent comme des enzymes catalytiques, atténuant les altérations cellulaires de divers organes. En effet, ils catalysent la réaction du tripeptide de glutathion avec les sites électrophiles des xénobiotiques, ce qui donne des conjugués plus faciles à excréter et moins toxiques. Ainsi, ces mécanismes enzymatiques préservent l'intégrité cellulaire et réduisent les effets néfastes du stress oxydatif (Gusti et al., 2021).

Dans notre recherche, l'activité de deux enzymes, la GST et la GPx, a été étudiée dans le foie, les reins et le cerveau de rats non traités et traités. Les doses de DBAE et de DLAE utilisées dans l'expérience n'ont pas modifié de manière significative l'activité de cette enzyme. Ce résultat peut être attribué au pouvoir antioxydant des composés phénoliques présents dans les deux parties de *D. maritima*. En outre, Sebai et al., (2015) affirme que ces substances phénoliques peuvent améliorer et renforcer les enzymes antioxydantes en empêchant la génération de ERO. À cet égard, de nombreuses recherches récentes ont prouvé la capacité antioxydante des composants naturels dérivés des plantes, y compris les flavonoïdes et les polyphénols (El Moussaoui et al., 2019; Stagos, 2019).

Cependant, les rats recevant une dose élevée de l'extrait de bulbe ont montré une augmentation non significative de la quantité de glutathion peroxydase (GPx) hépatique, l'enzyme qui contrôle le niveau des ERO. Parallèlement, les reins et le cerveau de tous les groupes traités ont montré des quantités insignifiantes de GPx tout au long des 4 semaines par rapport aux témoins.

Les résultats obtenus révèlent que les extraits de *D. maritima* favorisent et maintiennent efficacement les mécanismes de détoxification cellulaire, ce qui suggère que leurs composants ont un impact positif sur les processus internes de détoxification cellulaire.

Les investigations sur le cerveau peuvent fournir des données précieuses concernant les impacts de la toxicité sur le cerveau. Elles peuvent également être employées pour

examiner les mécanismes d'action de toute substance sur la structure et la fonction cérébrales.

L'acétylcholine, agissant en tant que médiateur de la neurotransmission, joue un rôle crucial dans la fonction cognitive, en particulier dans le maintien de l'apprentissage et de la mémoire. Elle est largement distribuée dans le cortex cérébral (**Sam & Bordoni, 2024**).

En général, la transmission cholinergique est régulée principalement par l'acétylcholinestérase, une enzyme de la famille du cholinestérase comprenant principalement l'acétylcholinestérase (AChE). L'hydrolyse et l'inactivation de l'acétylcholine sont sous la responsabilité de cette enzyme (**Abubakar & Abubakar, 2021**). Cependant, un niveau élevé d'activité de l'acétylcholinestérase a le potentiel de perturber l'équilibre de l'acétylcholine, entraînant une carence constante de cette substance, de ce fait, des modifications dans les processus cognitifs.

Des études récentes ont mis en évidence l'isolement de plusieurs inhibiteurs de l'AChE à partir de plantes médicinales (**Deka et al., 2017; Tundis et al., 2016**). Parmi ceux-ci, les extraits de *D. maritima* ont démontré leur capacité à entraver cette enzyme.

Les variations de l'activité de l'acétylcholinestérase dans le cortex cérébral de tous les rats de l'expérimentation ont été mesurées, révélant l'efficacité de l'extrait de feuilles pour réduire l'activité de l'AChE dans le cerveau des rats. En revanche, des diminutions non significatives ont été observées dans les autres groupes par rapport aux témoins. Les résultats de cette étude présentent des similarités avec des conclusions antérieures (**Maazoun et al., 2017**). De même, des études antérieures ont avancé que l'influence inhibitrice de divers extraits *Drimia* sur l'activité de l'AChE est directement liée aux composés phénoliques présents dans cette espèce (**Zhang et al., 2022**).

En outre, les activités neurobiologiques des polyphénols ont été discutées par d'autres chercheurs **Ramírez et al., (2018)**, confirmant ces observations. D'autres travaux ont également souligné l'efficacité des polyphénols extraits des plantes par rapport à l'activité anticholinestérase (**Shoaib et al., 2023**). Des recherches récentes ont mis en évidence que plusieurs inhibiteurs de l'acétylcholinestérase ne se limitent pas seulement à faciliter la transmission cholinergique, mais ils participent également à des mécanismes non cholinergiques liés aux maladies neurodégénératives (**Alam et al., 2018**).

5. Conclusion

Les alternatives biologiques, qualifiées de biopesticides, offrent généralement plusieurs avantages comparativement aux produits chimiques classiques. *D. maritima* suscite un grand intérêt en raison de ses nombreuses propriétés thérapeutiques, attribuées à sa richesse en composés phénoliques.

Dans une série d'expériences réalisées sur des rats *Wistar* sur une durée de 28 jours, l'administration de différentes doses (DL₅₀/5, DL₅₀/10, DL₅₀/20) d'extraits aqueux provenant des bulbes et des feuilles de *Drimia maritima* a montré des effets notables :

- ✚ Les bulbes et feuilles de *D. maritima* ont démontré une forte activité antioxydante, principalement en raison de la présence d'acides phénoliques dans leur composition chimique.
- ✚ L'administration des extraits aqueux de *D. maritima* a induit une augmentation significative de la croissance globale des rats.
- ✚ Aucune modification significative des marqueurs biochimiques de la fonction hépatique (ASAT, ALAT et PAL) à l'exception de la dose la plus élevée de 98 mg/kg, où une légère augmentation a été observée. Les niveaux de bilirubine totale, de protéines totales, de glycémie, de cholestérol total et de triglycérides sont restés stables pour toutes les autres doses.
- ✚ Aucune variation notable des marqueurs de la fonction rénale (urée, créatinine et acide urique) à l'exception de la dose de 98 mg/kg de l'extrait de bulbe, où une augmentation modérée a été constatée.
- ✚ Absence de peroxydation lipidique (pas de variation dans les niveaux de MDA tissulaire) à toutes les doses testées.
- ✚ Aucun changement dans les niveaux de GSH tissulaire ni dans l'activité des enzymes antioxydantes (GPx et GST) à toutes les doses.
- ✚ Préservation structurale des tissus hépatiques et rénaux, sans altération anatomique notable, a été observée à toutes les doses testées.

***CONCLUSION
GENERALE ET
PERSPECTIVES***

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'établissement d'une corrélation directe entre l'exposition aux produits chimiques de synthèse et leurs impacts sur la santé constitue un défi complexe. Néanmoins, plusieurs études épidémiologiques ont suggéré des effets néfastes sur diverses fonctions corporelles, notamment les altérations métaboliques, les dysfonctionnements hépatiques et rénaux, les problèmes de fertilité, ainsi que les troubles neurologiques et immunitaires. Face à cette problématique, l'exploration des effets biologiques des plantes devient essentielle, motivant ainsi les recherches actuelles dans l'identification de composés actifs issus de sources végétales naturelles.

Cette recherche a exploré les effets des extraits aqueux de *Drimia maritima*, à la fois sur un ravageur des stocks alimentaires, *Ephestia kuehniella*, et sur des rats *Wistar* dans le cadre d'une évaluation de la toxicité de cette plante et du potentiel thérapeutique.

Au terme de cette recherche, dans un premier temps nous avons examiné les effets toxiques de deux extraits provenant de différentes sections de la plante, *D. maritima*, à savoir le bulbe et les feuilles sur des chrysalides d'*E. kuehniella* nouvellement exuviées (âge 0 jour) à des doses de 2,94 µg/2 µl et 6,10 µg/2 µl pour le bulbe et 3,22 µg/2 µl et 7,34 µg/2 µl pour les feuilles par application topique. En effet, ces extraits présentent des propriétés insecticides louables au laboratoire dans les conditions contrôlées. L'évaluation quantitative du contenu en polyphénols totaux, flavonoïdes et les tanins condensés montre la richesse des extraits obtenus à partir du bulbe (DBAE) et des feuilles (DLAE), mettant en lumière leur potentiel bioactif. De plus, les extraits ont démontré une capacité significative à perturber le potentiel reproducteur avec une diminution de la fécondité et à inhiber le développement et de ce lépidoptère par l'augmentation de la durée du développement nymphal, la modification des morphologies à l'émergence avec apparition des types morphologiques, une réduction des teneurs en métabolites biochimiques (glucides, lipides et protéines). Ces effets suggèrent une action perturbatrice profonde sur les régulateurs physiologiques de l'insecte.

Dans un second temps, notre étude a porté sur l'administration de l'extrait aqueux de *D. maritima* à des rats *Wistar*. En utilisant deux méthodes d'évaluation, à savoir le piégeage des radicaux libres DPPH et la réduction du fer (FRAP), nous avons démontré que les composés présents dans l'extrait aqueux de *D. maritima* possèdent une activité antioxydante significative. L'administration subaiguë des doses de 24,5 mg/kg, 49 mg/kg et 98 mg/kg a montré des effets positifs sur la croissance des rats, sans provoquer de perturbations notables au niveau des fonctions hépatiques ou rénales, ni de modifications des structures tissulaires. Ces résultats

mettent en évidence le potentiel antioxydant et l'innocuité de l'extrait à certaines doses, suggérant son intérêt en tant que complément pour le bien-être général.

A partir de ces résultats, nous pouvons garantir l'utilisation de l'extrait aqueux de *D. maritima* comme agent bio-insecticide contre les nuisibles et comme source d'extraits naturels avec des propriétés antioxydantes et thérapeutiques prometteuses pour la santé. Cette dualité d'effets souligne l'importance de poursuivre la recherche sur *D. maritima* pour exploiter pleinement ses applications biologiques et médicinales.

Dans le futur, il serait pertinent de mener des études additionnelles pour acquérir des données plus détaillées concernant les effets de *D. maritima* :

- ✓ Analyser le comportement sexuel chez *Ephestia kuehniella*.
- ✓ Procéder à des mesures de l'ADN et de l'ARNm, accompagnées de tests PCR, pour repérer d'éventuelles altérations génétiques chez *Ephestia kuehniella*.
- ✓ Examiner les variations des hormones impliquées dans le processus de mue après application de *D. maritima*.
- ✓ Identification et caractérisation des composés actifs : Poursuivre l'analyse phytochimique des extraits de *D. maritima* pour isoler, identifier et caractériser les composés bioactifs spécifiques responsables de l'activité insecticide et des effets thérapeutiques. Cela pourrait mener au développement de nouveaux insecticides naturels et de médicaments plus ciblés et efficaces.
- ✓ Explorer les aspects reproductifs et comportementaux chez le rat *Wistar*.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Aarthi, C., Govindarajan, M., Rajaraman, P., Alharbi, N. S., Kadaikunnan, S., Khaled, J. M., Mothana, R. A., Siddiqui, N. A., & Benelli, G. (2018). Eco-friendly and cost-effective Ag nanocrystals fabricated using the leaf extract of *Habenaria plantaginea*: toxicity on six mosquito vectors and four non-target species. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 10317–10327. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9203-2>
- Abbott W.W. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18, 265-267.
- Abdelkhalek, A., Salem, M. Z. M., Kordy, A. M., Salem, A. Z. M., & Behiry, S. I. (2020). Antiviral, antifungal, and insecticidal activities of Eucalyptus bark extract: HPLC analysis of polyphenolic compounds. *Microbial Pathogenesis*, 147, 104383. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104383>
- Abubakar, A., Nazifi, A., Hassan, F., Duke, K., & Edoh, T. (2019). Safety assessment of *Chlorophytum alismifolium* tuber extract (Liliaceae): Acute and sub-acute toxicity studies in Wistar rats. *Journal of Acute Disease*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.4103/2221-6189.250374>
- Abubakar, M. U., & Abubakar, D. (2021). Characterization of Acetylcholinesterase from Various Sources: A Mini Re. *Journal of Environmental Bioremediation and Toxicology*, 4(1), 24–30. <https://doi.org/10.54987/jebat.v4i1.581>
- Agidew, M. G. (2022). Phytochemical analysis of some selected traditional medicinal plants in Ethiopia. *Bulletin of the National Research Centre*, 46(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00770-8>
- Alam, A., Tamkeen, N., Imam, N., Farooqui, A., Ahmed, M. M., Tazyeen, S., Ali, S., Malik, M. Z., & Ishrat, R. (2018). Pharmacokinetic and Molecular Docking Studies of Plant-Derived Natural Compounds to Exploring Potential Anti-Alzheimer Activity. In *In Silico Approach for Sustainable Agriculture* (pp. 217–238). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0347-0_13
- Alibakhshi, T., Khodayar, M. J., Khorsandi, L., Rashno, M., & Zeidooni, L. (2018). Protective effects of zingerone on oxidative stress and inflammation in cisplatin-induced rat nephrotoxicity. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 105(May), 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.085>
- Alqahtani, A. S., Ullah, R., & Shahat, A. A. (2022). Bioactive Constituents and Toxicological Evaluation of Selected Antidiabetic Medicinal Plants of Saudi Arabia. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 1–23. <https://doi.org/10.1155/2022/7123521>
- Amine, D., Mohamed, B., Zoubida, H., Jamal, I., & Laila, N. (2017). Activite Antifongique Des Extraits Aqueux De *Calendula Officinalis* L, *Urginea Maritima* (L.) Baker Et *Chenopodium Ambrosioides* L. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(24), 483. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n24p483>
- Ammar, M. (2014). Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie: État des lieux et perspectives. *Master of Science*, 121.
- Aoues, K., Boutoumi, H., & Benrima, A. (2017). État phytosanitaire du blé dur locale stocké en Algérie. *Revue Agrobiologia*, 7(1), 286-296.
- Askar, S. I., Al-Assaal, M. S., & Nassar, A. M. (2016). Efficiency of some essential oils and insecticides in the control of some Sitophilus insects (Coleoptera: Curculionidae). *Egypt J Plant Pro Res*, 4(2), 39-55.
- Assocle, S. (2022). *Algérie: la production de blé pourrait grimper à 3,3 millions de tonnes en 2022/2023*. Ecofin Pro.
- Aswal, S., Kumar, A., Semwal, R. B., Chauhan, A., Kumar, A., Lehmann, J., & Semwal, D. K. (2019). *Drimia indica*: A Plant Used in Traditional Medicine and Its Potential for Clinical Uses. *Medicina*, 55(6), 255. <https://doi.org/10.3390/medicina55060255>
- Atta-Krah, K., Chotte, J. L., Gascuel, C., Gitz, V., Hainzelin, E., Quintero, M., & Sinclair, F. L. (2022). Transformations agroécologiques pour des systèmes alimentaires durables. *Panorama de La Recherche France-CGIAR*. <https://doi.org/10.23708/fdi:010083985>
- Aubin, K. K., Jules, K. N., Rémi Constant, A. A., Konan, Y., Yao, K., George, M. B., & Witabouna, K.

- M. (2020). Activité Antioxydante Et Teneur En Flavonoïdes De Cinq Plantes De La Famille Des Fabaceae Utilisées Contre De l'Ostéoporose Au Centre De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal ESJ*, 16(3). <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n3p84>
- Auditeau, E., Chassagne, F., Bourdy, G., Bounlu, M., Jost, J., Luna, J., Ratsimbazafy, V., Preux, P.-M., & Boumediene, F. (2019). Herbal medicine for epilepsy seizures in Asia, Africa and Latin America: A systematic review. *Journal of Ethnopharmacology*, 234, 119–153. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.12.049>

B

- Baba, S. P., & Bhatnagar, A. (2018). Role of thiols in oxidative stress. *Current Opinion in Toxicology*, 7, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2018.03.005>
- Badalamenti, N., Bruno, M., Pavela, R., Maggi, F., Marinelli, O., Zeppa, L., Benelli, G., & Canale, A. (2022). Acaricidal Activity of Bufadienolides Isolated from *Drimia panchration* against *Tetranychus urticae*, and Structural Elucidation of Arenobufagin-3-O- α -L-rhamnopyranoside. *Plants*, 11(13), 1629. <https://doi.org/10.3390/plants11131629>
- Badalamenti, N., Rosselli, S., Zito, P., & Bruno, M. (2021). Phytochemical profile and insecticidal activity of *Drimia panchration* (Asparagaceae) against adults of *Stegobium paniceum* (Anobiidae). *Natural Product Research*, 35(22), 4468–4478. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1729154>
- Bakli, D., Kirane-Amrani, L., Soltani-Mazouni, N., & Soltani, N. (2016). Methoxyfenozide, an Ecdysteroid Agonist Insecticide, Alters Oocyte Growth During Metamorphosis of *Ephestia kuehniella* Zeller. *African Entomology*, 24(2), 453–459. <https://doi.org/10.4001/003.024.0453>
- BAŞ, H., & ERSOY, D. E. (2020). Fumigant toxicity of essential oil of *Hypericum perforatum* L., 1753 (Malpighiales: Hypericaceae) to *Tenebrio molitor* L., 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Turkish Journal of Entomology*, 237–248. <https://doi.org/10.16970/entoted.656071>
- Basli, A., Chibane, M., Madani, K., & Oukil, N. (2012). Antibacterial activity of polyphenols extracts from a medicinal plant flora of Algeria: *Origanum glandulosum* Desf. *Phytothérapie*, 10(2–9).
- Belaid, C., & Sbartaï, I. (2021). Assessing the effects of Thiram to oxidative stress responses in a freshwater bioindicator cladoceran (*Daphnia magna*). *Chemosphere*, 268, 128808. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128808>
- Belhaddad, O. E., Charef, N., Amamra, S., Zerargui, F., Baghiani, A., Khennouf, S., & Arrar, L. (2017). Chromatographic fractionation, antioxidant and antibacterial activities of *Urginea maritima* methanolic extract. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30(1), 127–134.
- Bencheikh, N., Elbouzidi, A., Kharchoufa, L., Ouassou, H., Alami Merrouni, I., Mechchate, H., Es-safi, I., Hano, C., Addi, M., Bouhrim, M., Eto, B., & Elachouri, M. (2021). Inventory of Medicinal Plants Used Traditionally to Manage Kidney Diseases in North-Eastern Morocco: Ethnobotanical Fieldwork and Pharmacological Evidence. *Plants*, 10(9), 1966. <https://doi.org/10.3390/plants10091966>
- Bendjedid, H., Yezli.-Touiker, S., Asma, T., Tarek, H., & Nouredine, S. (2021). Phytochemical Composition and Insecticidal Activities of Essential oil of *Thymus munbyanus* (Lamiaceae: Lamiaceae) Aerial Parts and Its Properties Against Biomarkers of *Ephestia kuehniella* zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(4), 792–807. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1984315>
- BENSALEM-DJIDI, F. (2014). *Effet de deux hypotenseurs le lisinopril et l'enalapril sur quelques paramètres de la reproduction d'un ravageur des denrées stockées Ephestia kuehniella (Lépidoptère, Pyralidé)*. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA.
- BHAVANAM, S., & TREWICK, S. A. (2022). Effects of population density on adult morphology and life-history traits of female Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *European Journal of Entomology*, 119, 191–200. <https://doi.org/10.14411/eje.2022.021>
- Bliss CI. (1938). The transformation of percentages for use in the analysis of variance. *Ohio J. Sci.*, 38, 9-12.
- Bouatrous, Y. (2019). In vivo study of the antidiabetic activity of aqueous and acetic extracts of *Drimia maritima* L. *Annals of Phytomedicine: An International Journal*, 8(2), 134–140.

- <https://doi.org/10.21276/ap.2019.8.2.17>
- Bouguerra, N., Tine-Djebbar, F., & Soltani, N. (2018). Effect of *Thymus vulgaris* L. (Lamiales: Lamiaceae) Essential Oil on Energy Reserves and Biomarkers in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) from Tebessa (Algeria). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(4), 1082–1095. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1504696>
- Bouhadjeb, A., Bouzaout, S., & Rezzagui, A. E. (2018). *Evaluation de l'activité antioxydante in vitro des extraits des fleurs d'Urginea maritima*. <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/handle/123456789/981>
- Bozorgi, M., Amin, G., Shekarchi, M., & Rahimi, R. (2017). Traditional medical uses of *Drimia* species in terms of phytochemistry, pharmacology and toxicology. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 37(1), 124–139. [https://doi.org/10.1016/S0254-6272\(17\)30036-5](https://doi.org/10.1016/S0254-6272(17)30036-5)
- Bradford, M. M. (1976a). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1–2), 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Bradford, M. M. (1976b). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72((1-2)), 248-254. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

C

- Campolo, O., Giunti, G., Russo, A., Palmeri, V., & Zappalà, L. (2018). Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control. *Journal of Food Quality*, 2018, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2018/6906105>
- Campos, E. V. R., Proença, P. L. F., Oliveira, J. L., Bakshi, M., Abhilash, P. C., & Fraceto, L. F. (2019). Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*, 105, 483–495. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.038>
- Carocho, M., Ferreira, I. C. F. R., Morales, P., & Soković, M. (2018). Antioxidants and Prooxidants: Effects on Health and Aging. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 1–2. <https://doi.org/10.1155/2018/1472708>
- Castro-Puyana, M., Marina, M. L., & Plaza, M. (2017). Water as green extraction solvent: Principles and reasons for its use. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.03.009>
- Chandi, A. K., & Kaur, A. (2021). Hormone Analogues and Chitin Synthesis Inhibitors. In *Molecular Approaches for Sustainable Insect Pest Management* (pp. 253–282). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3591-5_8
- Chittoor, S. M., Binny, A. J. R., Yadlapalli, S. K., Cheruku, A., Dandu, C., & Nimmanapalli, Y. (2012). Anthelmintic and antimicrobial studies of *Drimia indica* (Roxb.) Jessop. bulb aqueous extracts. *Journal of Pharmacy Research*, 5(5), 3677–3686. www.jpronline.info
- Clements, A. N. (1992). The biology of mosquitoes. In: Development, Nutrition and Reproduction. In *Chapman and Hall, London*. (Vol. 1).
- Costello, H. M., Johnston, J. G., Juffre, A., Crislip, G. R., & Gumz, M. L. (2022). Circadian clocks of the kidney: function, mechanism, and regulation. *Physiological Reviews*, 102(4), 1669–1701. <https://doi.org/10.1152/physrev.00045.2021>

D

- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402–1419. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- Dangles, O. (2020). Le potentiel antioxydant des aliments : mythes et réalités. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 55(4), 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2020.06.001>
- Dar, R. A., Brahman, P. K., Khurana, N., Wagay, J. A., Lone, Z. A., Ganaie, M. A., & Pitre, K. S. (2017). Evaluation of antioxidant activity of crocin, podophyllotoxin and kaempferol by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1119–S1128.

- <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.02.004>
- Deka, P., Kumar, A., Nayak, B. K., & Eloziia, N. (2017). Some plants as a source of acetyl cholinesterase inhibitors. *A Review. Int. Res. J. Pharm*, 8(5), 5–13.
- Di Meo, S., & Venditti, P. (2020). Evolution of the Knowledge of Free Radicals and Other Oxidants. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, 1–32. <https://doi.org/10.1155/2020/9829176>
- Dimanche, J. (2018). *Diagnostic de la filière rizicole haïtienne*. Doctoral dissertation, Université Laval.
- Dizaye, K., & Hamed, B. (2010). Cardiovascular studies of white squill (*Urginea maritima*) extract. *Zanco J Med Sci*, 14(1), 20–27.
- Djeddar, H., Boudjelida, H., & Arroussi, D. E. R. (2021). New alternative for culicid fauna control using *Borago officinalis* and *drimia maritima* plant extracts. *Biodiversitas*, 22(12), 5688–5694. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221255>
- DJEDDAR, H., BOUDJELIDA, H., & ARROUSSI, D. E. R. (2021). New alternative for culicid fauna control using *Borago officinalis* and *Drimia maritima* plant extracts. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(12). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221255>
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654–660. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028>
- Duchateau, G., & Florkin, M. (1959). Sur La Tréhalosémie Des Insectes Et Sa Signification. *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie*, 67(2), 306–314. <https://doi.org/10.3109/13813455909074435>

E

- Edrah, S. (2021). *Herbal Medicinal Effectiveness : Potential Risks and Health Gained without Collateral Damage : A Review of Drimia maritime Acta Scientific MEDICAL SCIENCES (ISSN : 2582-0931) Herbal Medicinal Effectiveness : Potential Risks and Health Gained without Col. March*. <https://doi.org/10.31080/ASMS.2020.05.0878>
- El-Bah, D., Habbachi, W., Ouakid, M. L., & ... (2016). Sublethal effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) on sexual behavior and oviposition in fruit fly *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Entomology* <https://www.entomoljournal.com/archives/2016/vol4issue6/PartI/4-5-192-602.pdf>
- El Moussaoui, A., Jawhari, F. Z., Almehdi, A. M., Elmsellem, H., Fikri Benbrahim, K., Bousta, D., & Bari, A. (2019). Antibacterial, antifungal and antioxidant activity of total polyphenols of *Withania frutescens*.L. *Bioorganic Chemistry*, 93, 103337. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103337>
- Ellman, G. L. (1959). Tissue sulfhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 82(1), 70–77.
- Ellman G.L., Courtney K.D., ANDRES V., F. R. M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7, 88–95.
- Esterbauer, H., Gebicki, J., Puhl, H., & Jürgens, G. (1992). The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL. *Free Radical Biology and Medicine*, 13(4), 341–390. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(92\)90181-F](https://doi.org/10.1016/0891-5849(92)90181-F)

F

- Fan, Y., Zhao, X., Yu, J., Xie, J., Li, C., Liu, D., Tang, C., & Wang, C. (2020). Lead-induced oxidative damage in rats/mice: A meta-analysis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 58, 126443. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.126443>
- FAO. (2023). Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. *Bulletin de La Fao Sur l'offre et La Demande Des Céréales*.
- Farsi, F., Ashouri, A., & Goldansaz, S. H. (2020). Effect of different light spectra on fecundity of *Ephestia kuehniella zeller* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Serbica*, 25((1)), 21–28.
- Fisher RA. & Yates F. (1957). *Statistical tables for biological agricultural and medical research*. (5ème édit).
- Flohé, L., & Günzler, W. A. (1984). Assays of Gluthathione Peroxidase. *Methods in Enzymology*, 105,

114–120.

- Fraga, C. G., Croft, K. D., Kennedy, D. O., & Tomás-Barberán, F. A. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & Function*, *10*(2), 514–528. <https://doi.org/10.1039/C8FO01997E>

G

- Gasparri, M., Forbes-Hernandez, T., Giampieri, F., Afrin, S., Mezzetti, B., Quiles, J., Bompadre, S., & Battino, M. (2017). Protective Effect of Strawberry Extract against Inflammatory Stress Induced in Human Dermal Fibroblasts. *Molecules*, *22*(1), 164. <https://doi.org/10.3390/molecules22010164>
- Gnanamani, R., & Dhanasekaran, S. (2017). Efficacy of azadirachta indica leaf extract on the biochemical estimation of a lepidopteran pest *Pericallia ricini* (Lepidoptera: Arctiidae). *World Journal of Agricultural Sciences*, *13*(2), 63–67.
- Goldsworthy, G. J., Mordue, W., & Guthkelch, J. (1972). Studies on insect adipokinetic hormones. *General and Comparative Endocrinology*, *18*(3), 545–551. [https://doi.org/10.1016/0016-6480\(72\)90034-2](https://doi.org/10.1016/0016-6480(72)90034-2)
- Gong, X., & Ren, Y. (2020). Larvicidal and ovicidal activity of carvacrol, p-cymene, and γ -terpinene from *Origanum vulgare* essential oil against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(15), 18708–18716. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08391-2>
- Guettaf S, Abidli N, Kariche S, Bellebcir L, & B. H. (2016). Screening and antioxidant activity of aqueous extract of *Genista Saharæ* (Coss. & Dur). *Phytochemical Pharmacia Lettre*, *8*, 50–60.
- GUETTAL, S. (2021). *Effets de deux biopesticides d'origine végétale sur un ravageur des denrées stockées*. Université Larbi Tébessi -Tébessa .
- Gusti, A. M. T., Qusti, S. Y., Alshammari, E. M., Toraih, E. A., & Fawzy, M. S. (2021). Antioxidants-Related Superoxide Dismutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathione Peroxidase (GPX), Glutathione-S-Transferase (GST), and Nitric Oxide Synthase (NOS) Gene Variants Analysis in an Obese Population: A Preliminary Case-Control Study. *Antioxidants*, *10*(4), 595. <https://doi.org/10.3390/antiox10040595>

H

- Habashy, W. S., Milfort, M. C., Rekaya, R., & Aggrey, S. E. (2019). Cellular antioxidant enzyme activity and biomarkers for oxidative stress are affected by heat stress. *International Journal of Biometeorology*, *63*(12), 1569–1584. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01769-z>
- Habig, W. H., Pabst, M. J., & Jakoby, W. B. (1974). Glutathione S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, *249*(22), 7130–7139. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)42083-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)42083-8)
- Hadarbegi, F. (2015). *Effect of extract of squill extract on nonalcoholic fatty liver*. Islamic Azad University.
- Hadjira, B., Samira, Y.-T., Asma, T., Tarek, H., & Noureddine, S. (2021). Phytochemical Composition and Insecticidal Activities of Essential oil of *Thymus munbyanus* (Lamiales: Lamiaceae) Aerial Parts and Its Properties Against Biomarkers of *Epehestia kuehniella zeller* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *24*(4), 792–807. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1984315>
- Hamida, Z. C., Farine, J. P., Ferveur, J. F., & Soltani, N. (2021). Pre-imaginal exposure to Oberon® disrupts fatty acid composition, cuticular hydrocarbon profile and sexual behavior in *Drosophila melanogaster* adults. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, *243*, 108981. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.108981>
- Hamilton, J., Wada-Katsumata, A., Ko, A., & Schal, C. (2021). Effects of novaluron ingestion and topical application on German cockroach (*Blattella germanica*) development and reproduction. *Pest Management Science*, *77*(2), 877–885. <https://doi.org/10.1002/ps.6092>
- Hammiche, V., Merad, R., Azzouz, M., & GOETZ, P. (2013). Plantes toxiques à usage médicinal du

- pourtour méditerranéen. In *Collection Phytothérapie pratique*. Springer Paris.
- Hammiche, V., Merad, R., & Azzouz, M. (2013). *Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen*. Springer Paris. <https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0375-3>
- Hamzeloo-Moghadam, M., Aghaei, M., Abdolmohammadi, M. H., Khalaj, A., & Fallahian, F. (2018). Cytotoxic effect of *drimia maritima* bulb extract and induction of mitochondrial apoptotic signaling in human breast cancer cells, MCF-7 and MDA-MB-468. *OncoTargets and Therapy*, *11*, 7669–7677. <https://doi.org/10.2147/OTT.S182786>
- Han, W., Tian, Y., & Shen, X. (2018). Human exposure to neonicotinoid insecticides and the evaluation of their potential toxicity: An overview. *Chemosphere*, *192*, 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.149>
- Hanfer, M., Cheriet, T., Menad, A., Seghiri, R., Benayache, S., Benayache, F., & Ameddah, S. (2018). Modulation of Liver Glutathione-Dependent Enzymes and Steatosis by *Linaria tingitana* in Sodium Valproate-Treated Rats. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, *24*(2), 173–184. <https://doi.org/10.1080/10496475.2018.1423597>
- Harrag, M., & Boulfred, Y. (2019). La sécurité alimentaire en Algérie Une étude analytique sur les céréales Food security in Algeria An analytical study on cereals. *Finance and Business Economies Review*, *3*(2), 163-188.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S., Mahmud, J., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*, *9*(8), 681. <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>
- He, Y., Xia, Z., Yu, D., Wang, J., Jin, L., Huang, D., Ye, X., Li, X., & Zhang, B. (2019). Hepatoprotective effects and structure-activity relationship of five flavonoids against lipopolysaccharide/d-galactosamine induced acute liver failure in mice. *International Immunopharmacology*, *68*, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.12.059>
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M. G., Vincieri, F. F., & Romani, A. (2006). Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food Chemistry*, *99*(3), 464-469.
- Hidayat, A. T., Zainuddin, A., Dono, D., Hermawan, W., Hayashi, H., & Supratman, U. (2014). Synthetic and Structure-Activity Relationship of Insecticidal Bufadienolides. *Natural Product Communications*, *9*(7), 1934578X1400900. <https://doi.org/10.1177/1934578X1400900710>
- Hoensch, H. P., & Weigmann, B. (2018). Regulation of the intestinal immune system by flavonoids and its utility in chronic inflammatory bowel disease. *World Journal of Gastroenterology*, *24*(8), 877–881. <https://doi.org/10.3748/wjg.v24.i8.877>
- HOSSAÏN, M. A., ALRASHDÌ, Y. B. A., & TOUBY, S. Al. (2022). A review on essential oil analyses and biological activities of the traditionally used medicinal plant *Thymus vulgaris* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, *9*(1), 103–111. <https://doi.org/10.21448/ijsm.1029080>
- Hou, B., Wang, F., Liu, T., & Wang, Z. (2021). Reproductive toxicity of polystyrene microplastics: In vivo experimental study on testicular toxicity in mice. *Journal of Hazardous Materials*, *405*, 124028. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124028>
- Hould, R. (1984). Techniques d'histopathologie et de cytopathologie. *Ed Maloine* ., *19*(21), 225–227.
- Housecroft, C. E. (2020). Plant toxins: Poison or therapeutic? *Chimia*, *74*(5), 421–422. <https://doi.org/10.2533/CHIMIA.2020.421>
- Hubert, J., Stejskal, V., Athanassiou, C. G., & Throne, J. E. (2018). Health hazards associated with arthropod infestation of stored products. *Annual Review of Entomology*, *63*, 553-573.

I

- Inaba, K., Ebihara, K., Senda, M., Yoshino, R., Sakuma, C., Koiwai, K., Takaya, D., Watanabe, C., Watanabe, A., Kawashima, Y., Fukuzawa, K., Imamura, R., Kojima, H., Okabe, T., Uemura, N., Kasai, S., Kanuka, H., Nishimura, T., Watanabe, K., ... Niwa, R. (2022). Molecular action of larvicidal flavonoids on ecdysteroidogenic glutathione S-transferase Noppera-bo in *Aedes aegypti*. *BMC Biology*, *20*(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s12915-022-01233-2>
- Islam, F., Wang, J., Farooq, M. A., Khan, M. S. S., Xu, L., Zhu, J., Zhao, M., Muñoz, S., Li, Q. X., & Zhou, W. (2018). Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on human and

ecosystems. *Environment International*, *111*, 332–351.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.020>

J

- Jindra, M., & Bittova, L. (2020). The juvenile hormone receptor as a target of juvenoid “insect growth regulators.” *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, *103*(3).
<https://doi.org/10.1002/arch.21615>
- Jollow, D. J., Mitchell, J. R., Zampaglione, N., & Gillette, J. R. (1974). Bromobenzene-Induced Liver Necrosis. Protective Role of Glutathione and Evidence for 3,4-Bromobenzene Oxide as the Hepatotoxic Metabolite. *Pharmacology*, *11*(3), 151–169. <https://doi.org/10.1159/000136485>
- Jorum, O., & M Piero, N. (2016). Haematological Effects of Dichloromethane-Methanolic Leaf Extracts of *Carissa edulis* (Forssk.) Vahl in Normal Rat Models. *Journal of Hematology & Thromboembolic Diseases*, *04*(01), 2–3. <https://doi.org/10.4172/2329-8790.1000232>

K

- Kaaria, L. M. (2019). Effect of *Asparagus racemosus* on selected female reproductive parameters using Wistar rat model. *Discovery Phytomedicine*, *6*(4), 199–204.
<https://doi.org/10.15562/phytomedicine.2019.110>
- Kakouri, E., Kanakis, C., Trigas, P., & Tarantilis, P. A. (2019). Characterization of the chemical composition of *Drimia numidica* plant parts using high-resolution mass spectrometry: study of their total phenolic content and antioxidant activity. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *411*(14), 3135–3150. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01781-7>
- Kaneria, M., Kanani, B., & Chanda, S. (2012). Assessment of effect of hydroalcoholic and decoction methods on extraction of antioxidants from selected Indian medicinal plants. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, *2*(3), 195–202. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60041-0](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60041-0)
- Kathirvelu, C., Hariprasad, Y., & Narayanasamy, P. (2020). Scope of Fly Ash Application as a Replacement for Chemical Pesticides for Pest Control in Certain Crop Pockets of Neyveli and Virudhachalam Regions in Tamil Nadu, India. In *Circular Economy and Fly Ash Management* (pp. 13–25). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0014-5_2
- Kemassi, A., Herouini, A., Hadj, S. A., Cherif, R., & Elhadj, M. O. (2019). Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algerien) sur le *Tribolium castaneum*. *Lebanese Science Journal*, *20*(1), 55–70.
https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22453/LSJ_020.1.055-070
- Khalil, S. S. H., Zinhoum, R. A., Ahmed, S. S., & Ahmed, A. A. I. (2021). Effects of Modified Atmospheres, Phosphine, and Their Combination on Khapra Beetle, *Trogoderma Granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae), Larvae and Wheat Grain Quality. *African Entomology*, *29*(2).
<https://doi.org/10.4001/003.029.0663>
- Kirane-Amrani, L. (2018). Effect of methoxyfenozide on synthesis of major proteins in ovaries of *Ephestia kuehniella* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae). *International Journal of Biosciences (IJB)*, *12*(4), 16–22. <https://doi.org/10.12692/ijb/12.4.16-22>
- Knittel, D. N., Stintzing, F. C., & Kammerer, D. R. (2014). Simultaneous determination of bufadienolides and phenolic compounds in sea squill (*Drimia maritima* (L.) Stearn) by HPLC-DAD-MSn as a means to differentiate individual plant parts and developmental stages. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *406*(24), 6035–6050. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8008-0>
- Koch, W. (2019). Dietary Polyphenols—Important Non-Nutrients in the Prevention of Chronic Noncommunicable Diseases. A Systematic Review. *Nutrients*, *11*(5), 1039.
<https://doi.org/10.3390/nu11051039>
- Kumar, A., Negi, A. S., Chauhan, A., Semwal, R., Kumar, R., Semwal, R. B., Singh, R., Joshi, T., Chandra, S., Joshi, S. K., & Semwal, D. K. (2022). Formulation and evaluation of SGLT2 inhibitory effect of a polyherbal mixture inspired from Ayurvedic system of medicine. *Journal of*

- Traditional and Complementary Medicine*, 12(5), 477–487.
<https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2022.03.003>
- Kumari, P., Jasrotia, P., Kumar, D., Kashyap, P. L., Kumar, S., Mishra, C. N., ... & Singh, G. P. (2022). Biotechnological Approaches for Host Plant Resistance to Insect Pests. *Frontiers in Genetics*, 13.
- Kurogi, Y., Mizuno, Y., Imura, E., & Niwa, R. (2021). Neuroendocrine Regulation of Reproductive Dormancy in the Fruit Fly *Drosophila melanogaster*: A Review of Juvenile Hormone-Dependent Regulation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.715029>
- Kurtuluş, A., Pehlivan, S., Achiri, T. D., & Atakan, E. (2020). Influence of different diets on some biological parameters of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 85, 101554. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101554>

L

- Lafont, R., Balducci, C., & Dinan, L. (2021). Ecdysteroids. *Encyclopedia*, 1(4), 1267–1302. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040096>
- Lambert, K., Hokayem, M., Thomas, C., Fabre, O., Cassan, C., Bourret, A., Bernex, F., Feuillet-Coudray, C., Notarnicola, C., Mercier, J., Avignon, A., & Bisbal, C. (2018). Combination of nutritional polyphenols supplementation with exercise training counteracts insulin resistance and improves endurance in high-fat diet-induced obese rats. *Scientific Reports*, 8(1), 2885. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21287-z>
- Le Bars, M., Sidibe, F., Mandart, E., Fabre, J., Le Grusse, P., & Diakite, C. H. (2020). Évaluation des risques liés à l'utilisation de pesticides en culture cotonnière au Mali. *Cahiers Agricultures*, 29(4).
- Li, H. Bin, Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food Chemistry*, 102(3), 771–776. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.022>
- Li, Y., Fang, D., Bao, Z., He, A., Guan, B., He, S., Zhan, Y., Gong, Y., Li, X., & Zhou, L. (2019). High aspartate transaminase/alanine transaminase ratio predicts poor prognosis in patients with localized upper tract urothelial cancer: a propensity score-matched study in a large Chinese center. *OncoTargets and Therapy*, Volume 12, 2635–2648. <https://doi.org/10.2147/OTT.S193771>
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., & Abete, P. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*, Volume 13, 757–772. <https://doi.org/10.2147/CIA.S158513>
- Lin, C., Yu, Y., Zhao, H., Yang, A., Yan, H., & Cui, Y. (2012). Combination of quercetin with radiotherapy enhances tumor radiosensitivity in vitro and in vivo. *Radiotherapy and Oncology*, 104(3), 395–400. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2011.10.023>
- Liu, X., Meng, Q. H., Ye, Y., Hildebrandt, M. A. T., Gu, J., & Wu, X. (2015). Prognostic significance of pretreatment serum levels of albumin, LDH and total bilirubin in patients with non-metastatic breast cancer. *Carcinogenesis*, 36(2), 243–248. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgu247>
- Liu, Z., Ren, Z., Zhang, J., Chuang, C.-C., Kandaswamy, E., Zhou, T., & Zuo, L. (2018). Role of ROS and Nutritional Antioxidants in Human Diseases. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00477>
- Loha, M., Mulu, A., Abay, S. M., Ergete, W., & Geleta, B. (2019). Acute and Subacute Toxicity of Methanol Extract of *Syzygium guineense* Leaves on the Histology of the Liver and Kidney and Biochemical Compositions of Blood in Rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2019/5702159>
- Lopes-Lutz, D., Alviano, D. S., Alviano, C. S., & Kolodziejczyk, P. P. (2008). Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, 69(8), 1732–1738. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.02.014>
- Loundja, A. khaoula & A. (2020). *Effets insecticides des extraits de Inula viscosa L. et de Ampelodesma mauritanica sur les insectes des céréales stockées Tribolium castaneum (Herbst) et Ephestia kuehniella (zeller)*.

M

- Maazoun, A. M., Belhadj, F., Ben Jemâa, J. M., & Marzouki, M. N. (2018). Assessment of antioxidant potential and α -amylase and acetylcholinesterase inhibitory activities of *Urginea maritima* (L.) Baker bulbs. *J. Mater. Environ. Sci*, 9(12), 3197–3205. <http://www.jmaterenvirosci.com>
- Maazoun, A. M., Hlel, T. Ben, Hamdi, S. H., Belhadj, F., Jemâa, J. M. Ben, & Marzouki, M. N. (2017). Screening for insecticidal potential and acetylcholinesterase activity inhibition of *Urginea maritima* bulbs extract for the control of *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(3), 752–760. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.004>
- Mahboubi, M., Mohammad Taghizadeh Kashani, L., & Mahboubi, M. (2019). Squill (*Drimia maritima* L.) and its novel biological activity. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 19(3), 227–234. <https://doi.org/10.1007/s13596-018-0341-y>
- Malik, S., Kaur, K., Prasad, S., Jha, N. K., & Kumar, V. (2022). A perspective review on medicinal plant resources for their antimutagenic potentials. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(41), 62014–62029. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16057-w>
- Manganyi, M. C., Tlatsana, G. S., Mokoroane, G. T., Senna, K. P., Mohaswa, J. F., Ntsayagae, K., Fri, J., & Ateba, C. N. (2021). Bulbous plants drimia: “a thin line between poisonous and healing compounds” with biological activities. *Pharmaceutics*, 13(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13091385>
- Mannasaheb, B. ., Kulkarni, P., Sangreskopp, M., Savant, C., & Mohan, A. (2015). Protective effect of *Agave americana* Linn. leaf extract in acetic acid-induced ulcerative colitis in rats. *AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda)*, 36(1), 101. <https://doi.org/10.4103/0974-8520.168998>
- Marzban, A., Seyedalipour, B., Mianabady, M., Taravati, A., & Hoseini, S. M. (2020). Biochemical, Toxicological, and Histopathological outcome in rat brain following treatment with NiO and NiO nanoparticles. *Biological Trace Element Research*, 196(2), 528–536. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01941-x>
- Merzoug, S., Toumi, M. L., & Tahraoui, A. (2014). Quercetin mitigates Adriamycin-induced anxiety- and depression-like behaviors, immune dysfunction, and brain oxidative stress in rats. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 387(10), 921–933. <https://doi.org/10.1007/s00210-014-1008-y>
- Milenković, D. A., Dimić, D. S., Avdović, E. H., Amić, A. D., Dimitrić Marković, J. M., & Marković, Z. S. (2020). Advanced oxidation process of coumarins by hydroxyl radical: Towards the new mechanism leading to less toxic products. *Chemical Engineering Journal*, 395, 124971. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124971>

N

- Nasr, H. M., El-Demerdash, F. M., & El-Nagar, W. A. (2016). Neuro and renal toxicity induced by chlorpyrifos and abamectin in rats. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1852–1859. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5448-9>
- ND., P. (1966). The differential effects of environmental factors Upon *Mici bracon hebetor* and its most *Ephestia kuehniella*. *Bull. Mar. Biol. Lab.*
- Neha, K., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019). Medicinal prospects of antioxidants: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 178, 687–704. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.06.010>

O

- Okem, A., Southway, C., Stirk, W. A., Street, R. A., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2015). Effect of cadmium and aluminum on growth, metabolite content and biological activity in *Drimia elata* (Jacq.) Hyacinthaceae. *South African Journal of Botany*, 98, 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.02.013>
- Oueslati, S., Ksouri, R., Falleh, H., Pichette, A., Abdelly, C., & Legault, J. (2012). Phenolic content,

- antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of the edible halophyte Suaeda fruticosa Forssk. *Food Chemistry*, 132(2), 943–947. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.072>
- Ozcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Yılmaz-Ersan, L., & Delikanlı, B. (2014). Phenolics in Human Health. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(5), 393–396. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2014.v5.416>

P

- Pakyari, H., Amir-Maafi, M., Moghadamfar, Z., & Zalucki, M. (2019). Estimating development and temperature thresholds of *Ephestia kuehniella*: toward improving a mass production system. *Bulletin of Entomological Research*, 109(4), 435–442. <https://doi.org/10.1017/S0007485318000718>
- Pan, Y., Wang, K., Huang, S., Wang, H., Mu, X., He, C., Ji, X., Zhang, J., & Huang, F. (2008). Antioxidant activity of microwave-assisted extract of longan (*Dimocarpus Longan* Lour.) peel. *Food Chemistry*, 106(3), 1264–1270. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.033>
- Pang, X., Feng, Y.-X., Qi, X.-J., Wang, Y., Almaz, B., Xi, C., & Du, S.-S. (2020). Toxicity and repellent activity of essential oil from *Mentha piperita* Linn. leaves and its major monoterpenoids against three stored product insects. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 7618–7627. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07081-y>
- Pavela, R., Maggi, F., Iannarelli, R., & Benelli, G. (2019). Plant extracts for developing mosquito larvicides: From laboratory to the field, with insights on the modes of action. *Acta Tropica*, 193, 236–271. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.01.019>
- Payne. (1966). The differential effects of environmental factors Upon *Mici bracon hebetor* and its most *Ephestia kuehniella*. *Bull. Mar. Biol. Lab.*
- Peterson, M. A., McMaster, S. A., Riechers, D. E., Skelton, J., & Stahlman, P. W. (2016). 2,4-D Past, Present, and Future: A Review. *Weed Technology*, 30(2), 303–345. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00131.1>
- Piri, F., Sahragard, A., & Ghadamyari, M. (2014). Sublethal effects of spinosad on some biochemical and biological parameters of *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Plant Protection Science*, 50(3), 135–144. <https://doi.org/10.17221/50/2013-PPS>
- Podsedek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 40(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>
- Pothu, U., ThammiSETTY, A., & Nelakuditi, L. (2019). Evaluation of cholinesterase and lipid profile levels in chronic pesticide exposed persons. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(6), 2073. https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_239_19
- Prakash, D., Upadhyay, G., Gupta, C., Pushpangadan, P., & Singh, K. K. (2012). Antioxidant and free radical scavenging activities of some promising wild edible fruits. *International Food Research Journal*, 19(3), 1109–1116.
- Punia, A., Singh, V., Thakur, A., & Chauhan, N. S. (2023). Impact of caffeic acid on growth, development and biochemical physiology of insect pest, *Spodoptera litura* (Fabricius). *Heliyon*, 9(3), e14593. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14593>

Q

- Qin, W.-H., Yang, Z.-S., Li, M., Chen, Y., Zhao, X.-F., Qin, Y.-Y., Song, J.-Q., Wang, B.-B., Yuan, B., Cui, X.-L., Shen, F., He, J., Bi, Y.-F., Ning, G., Fu, J., & Wang, H.-Y. (2020). High Serum Levels of Cholesterol Increase Antitumor Functions of Nature Killer Cells and Reduce Growth of Liver Tumors in Mice. *Gastroenterology*, 158(6), 1713–1727. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.01.028>

R

- Rahim, N. A., Jantan, I., Said, M. M., Jalil, J., Abd Razak, A. F., & Husain, K. (2021). Anti-Allergic Rhinitis Effects of Medicinal Plants and Their Bioactive Metabolites via Suppression of the Immune System: A Mechanistic Review. *Frontiers in Pharmacology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.660083>
- Rajput, B., Golave, A., Yadav, S., & Jadhav, J. P. (2018). Total phenolic concentrations and antioxidant activities in *Drimia* sp. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 24(1), 28–36. <https://doi.org/10.1080/10496475.2017.1360816>
- Ramírez, J., Suarez, A. I., Bec, N., Armijos, C., Gilardoni, G., Larroque, C., & Vidari, G. (2018). Carnosol from *Lepechinia mutica* and tiliroside from *Vallea stipularis*: Two promising inhibitors of BuChE. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(5), 559–563. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.06.003>
- Raven, P. H., & Wagner, D. L. (2021). Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2). <https://doi.org/10.1073/pnas.2002548117>
- Reid, A.-M., Oosthuizen, C. B., Fibrich, B. D., Twilley, D., Lambrechts, I. A., de Canha, M. N., Rademan, S., & Lall, N. (2018). Traditional Medicine. In *Medicinal Plants for Holistic Health and Well-Being* (pp. 1–11). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812475-8.00001-9>
- Rezzagui, A., Senator, A., Benbrinis, S., & Bouriche, H. (2020). Free Radical Scavenging Activity, Reducing Power and Anti-Hemolytic Capacity of Algerian *Drimia maritima* Baker Flower Extracts. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 10(4), 70–78. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i4.4142>
- Rhimi, W., Ben salem, I., Camarda, A., Saidi, M., Boulila, A., Otranto, D., & Cafarchia, C. (2019). Chemical characterization and acaricidal activity of *Drimia maritima* (L) bulbs and *Dittrichia viscosa* leaves against *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*, 268, 61–66. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.03.003>
- Righi, K., Righi, F. A., Boubkeur, A., Boungab, K., Elouissi, A., & Djendara, A. C. (2018). Toxicity and repellency of three Algerian medicinal plants against pests of stored product: *Ryzopertha dominica* (Fabricius)(Coleoptera: Bostrichidae). *Banat's Journal of Biotechnology*, 9(17), 50-59.
- Rivero-Pino, F., Leon, M. J., Millan-Linares, M. C., & Montserrat-de la Paz, S. (2023). Antimicrobial plant-derived peptides obtained by enzymatic hydrolysis and fermentation as components to improve current food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 135, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.005>
- Rjeibi, I., Saad, A. B., & Hfaiedh, N. (2016). Oxidative damage and hepatotoxicity associated with deltamethrin in rats: The protective effects of *Amaranthus spinosus* seed extract. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 853-860.

S

- Saadane, F. Z., Habbachi, W., Habbachi, S., El Imene Boublata, N., Slimani, A., & Tahraoui, A. (2021). Toxic effects of *Drimia maritima* (Asparagaceae) ethanolic extracts on the mortality, development, sexual behaviour and oviposition behaviour of *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.31893/JABB.21002>
- Sadeghnezhad, R., Abbaszadeh, S., Taghdir, M., Sepandi, M., Fazeli-Dinan, M., & Zazouli, M. A. (2022). Toxicity and Anti-feeding effect of *Aesculushippocastanum*, *Thymus daenensis*, *Artemisia abrotanum*, and *Chrozophora tinctoria* on *Sitophilus oryzae*. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 20(1), 241–249. <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00772-0>
- Sam, C., & Bordoni, B. (2024). Physiology, Acetylcholine. In *StatPearls*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30969667>
- SAS. (2023). *Céréales : vers une production mondiale record en 2023-24 dans un marché tendu*. Pleinchamp.
- Scharf, P., Broering, M. F., Oliveira da Rocha, G. H., & Farsky, S. H. P. (2020). Cellular and Molecular Mechanisms of Environmental Pollutants on Hematopoiesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 6996. <https://doi.org/10.3390/ijms21196996>

- Sebai, H., Jabri, M. A., Souli, A., Hosni, K., Rtibi, K., Tebourbi, O., ... & Sakly, M. (2015). Chemical composition, antioxidant properties and hepatoprotective effects of chamomile (*Matricaria recutita* L.) decoction extract against alcohol-induced oxidative stress in rat. *Gen Physiol Biophys*, 34(3), 263–275. https://doi.org/10.4149/gpb_2014039
- SEHARI, N. H. (2018). *Etude de l'effet de l'huile essentielle du Rosmarinus officinalis et de la Mentha pulegium dans la lutte biologique contre les parasites des denrées stockées*. universite Djillali Liabes de SBA.
- Selmi, S., Rtibi, K., Grami, D., Sebai, H., & Marzouki, L. (2018). Malathion, an organophosphate insecticide, provokes metabolic, histopathologic and molecular disorders in liver and kidney in prepubertal male mice. *Toxicology Reports*, 5, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.021>
- Serino, A., & Salazar, G. (2019). Protective Role of Polyphenols against Vascular Inflammation, Aging and Cardiovascular Disease. *Nutrients*, 11(1), 53. <https://doi.org/10.3390/nu11010053>
- Shabbir, M., Singh, M., Maiti, S., & Saha, S. K. (2021). Organophosphate pesticide (Chlorpyrifos): Environmental menace; study reveals genotoxicity on plant and animal cells. *Environmental Challenges*, 5, 100313. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100313>
- Shahriari, M., Zibae, A., Shamakhi, L., Sahebzadeh, N., Naseri, D., & Hoda, H. (2020). Bio-efficacy and physiological effects of Eucalyptus globulus and Allium sativum essential oils against *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Toxin Reviews*, 39(4), 422–433. <https://doi.org/10.1080/15569543.2018.1554588>
- Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratyneck, C., Newhall, A., & Freidman, L. (1966). A method for the sequential quantitative separation and glycogen from a single rat liver homogenate or from a sub cellular fraction. *Anal. Biochem*, 19, 415-428.
- Shoab, S., Ansari, M. A., Fatease, A. Al, Safhi, A. Y., Hani, U., Jahan, R., Alomary, M. N., Ansari, M. N., Ahmed, N., Wahab, S., Ahmad, W., Yusuf, N., & Islam, N. (2023). Plant-Derived Bioactive Compounds in the Management of Neurodegenerative Disorders: Challenges, Future Directions and Molecular Mechanisms Involved in Neuroprotection. *Pharmaceutics*, 15(3), 749. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030749>
- Siddiqui, A. J., Jahan, S., Singh, R., Saxena, J., Ashraf, S. A., Khan, A., Choudhary, R. K., Balakrishnan, S., Badraoui, R., Bardakci, F., & Adnan, M. (2022). Plants in Anticancer Drug Discovery: From Molecular Mechanism to Chemoprevention. *BioMed Research International*, 2022, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2022/5425485>
- Sies, H. (2019). Oxidative Stress. In *Stress: Physiology, Biochemistry, and Pathology* (pp. 153–163). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813146-6.00013-8>
- Siqueira, C. F. de Q., Cabral, D. L. V., Peixoto Sobrinho, T. J. da S., de Amorim, E. L. C., de Melo, J. G., Araújo, T. A. de S., & de Albuquerque, U. P. (2012). Levels of Tannins and Flavonoids in Medicinal Plants: Evaluating Bioprospecting Strategies. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2012/434782>
- Soltani, A., Haouel-Hamdi, S., Yangui, I., Djebbi, T., Boushah, E., & Mediouni Ben Jemâa, J. (2023). Screening for insecticidal toxicity of *Urginea maritima* (L.) bulbs and *Asphodelus microcarpus* (L.) tubers for the control of *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae). *International Journal of Environmental Health Research*, 33(12), 1652–1663. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2114594>
- Stagos, D. (2019). Antioxidant Activity of Polyphenolic Plant Extracts. *Antioxidants*, 9(1), 19. <https://doi.org/10.3390/antiox9010019>
- Stejskal, V., Stara, J., Pekar, S., Nesvorna, M., & Hubert, J. (2021). Sensitivity of polyphagous (*Plodia interpunctella*) and stenophagous (*Ephestia kuehniella*) storage moths to residual insecticides: effect of formulation and larval age. *Insect Science*, 28(6), 1734–1744. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12889>
- Sultan, A., Khan, M. F., Akbar, M. F., Arain, Q. A., Soomro, F. N., & Siddique, S. (2019). Negative Impact of Selected Insecticides on Functional Response and Susceptibility of *Coccinella septempunctata*. *Southwestern Entomologist*, 44(2), 437-447.

- Taffar, A., Yezli-Touiker, S., Bendjedid, H., & Soltani, N. (2021). Evaluation of azadirachtin, a biopesticides, on growth, development and cuticle secretion of Mediterranean flour moth, *Ephesia kuehniella* Zeller. *Journal of Entomological Research*, 45(3), 436–443. <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2021.00068.2>
- Taha, M. A. I., Badawy, M. E. I., Abdel-Razik, R. K., Younis, H. M., & Abo-El-Saad, M. M. (2021). Mitochondrial dysfunction and oxidative stress in liver of male albino rats after exposing to sub-chronic intoxication of chlorpyrifos, cypermethrin, and imidacloprid. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178, 104938. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104938>
- Tahri, Y., Koubaa, I., Frikha, D., Maalej, S., & Allouche, N. (2020). Chemical Investigation and Biological Valorization of Two Essential Oils Newly Extracted from Different Parts of *Drimia maritima*. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 23(5), 1022–1034. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1854869>
- Taso, O. V., Philippou, A., Moustogiannis, A., Zevolis, E., & Koutsilieris, M. (2019). Lipid peroxidation products and their role in neurodegenerative diseases. *Annals of Research Hospitals*, 3, 2–2. <https://doi.org/10.21037/arh.2018.12.02>
- Tayal, M., Somavat, P., Rodriguez, I., Thomas, T., Christoffersen, B., & Kariyat, R. (2020). Polyphenol-Rich Purple Corn Pericarp Extract Adversely Impacts Herbivore Growth and Development. *Insects*, 11(2), 98. <https://doi.org/10.3390/insects11020098>
- Tobyn, G., Denham, A., & Whitelegg, M. (2011). *Drimia maritima*, squill. *Medical Herbs, 1992*, 155–164. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-10344-5.00020-3>
- Torello, C. O., Alvarez, M. C., & Olalla Saad, S. T. (2021). Polyphenolic Flavonoid Compound Quercetin Effects in the Treatment of Acute Myeloid Leukemia and Myelodysplastic Syndromes. *Molecules*, 26(19), 5781. <https://doi.org/10.3390/molecules26195781>
- Trea, F., Tichati, L., & Ouali, K. (2022). Protective effect of *Thymus munbyanus* aqueous extract against 2,4-dichlorophenoxyacetic acid-induced nephrotoxicity in Wistar rats. *Drug and Chemical Toxicology*, 45(3), 1109–1118. <https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1809669>
- Tsuchiya, H. (2015). Membrane Interactions of Phytochemicals as Their Molecular Mechanism Applicable to the Discovery of Drug Leads from Plants. *Molecules*, 20(10), 18923–18966. <https://doi.org/10.3390/molecules201018923>
- Tuladhar, P., Sasidharan, S., & Saudagar, P. (2021). Role of phenols and polyphenols in plant defense response to biotic and abiotic stresses. In *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites* (pp. 419–441). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822919-4.00017-X>
- Tundis, R., Bonesi, M., Menichini, F., & R. Loizzo, M. (2016). Recent Knowledge on Medicinal Plants as Source of Cholinesterase Inhibitors for the Treatment of Dementia. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 16(8), 605–618. <https://doi.org/10.2174/1389557515666150709104731>

U

- Ullah, F., Gul, H., Desneux, N., Tariq, K., Ali, A., Gao, X., & Song, D. (2019). Clothianidin-induced sublethal effects and expression changes of vitellogenin and ecdysone receptors genes in the melon aphid, *Aphis gossypii*. *Entomologia Generalis*, 39(2), 137–149. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2019/0865>

V

- VEGA, F. A., & MARTIN, C. (1963). Anthocyanins of the Squill. *Nature*, 197(4865), 382–383. <https://doi.org/10.1038/197382a0>
- Virpal Singh, Lokesh kumar S, Sonal D, Satyendra Kumar J, Pradip P, M. P. D. (2016). Phytochemicals and Pharmacological Properties of *Urginea* Species. *Chem Sci Rev Lett*, 5(20), 79–95.

W

Wu, M.-Y., Ying, Y.-Y., Zhang, S.-S., Li, X.-G., Yan, W.-H., Yao, Y.-C., Shah, S., Wu, G., & Yang, F.-L. (2020). Effects of Diallyl Trisulfide, an Active Substance from Garlic Essential Oil, on Energy Metabolism in Male Moth *Sitotroga cerealella* (Olivier). *Insects*, *11*(5), 270. <https://doi.org/10.3390/insects11050270>

X

Xu, D.-P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., Zhang, J.-J., & Li, H.-B. (2017). Natural Antioxidants in Foods and Medicinal Plants: Extraction, Assessment and Resources. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(1), 96. <https://doi.org/10.3390/ijms18010096>

Xu, G., Hou, J., Zhao, Y., Bao, J., Yang, M., Fa, H., Yang, Y., Li, L., Huo, D., & Hou, C. (2019). Dual-signal aptamer sensor based on polydopamine-gold nanoparticles and exonuclease I for ultrasensitive malathion detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *287*, 428–436. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.01.113>

Z

Zbadi, R., Mohti, H., & Moussaoui, F. (2018). Stress oxydatif: évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. *Médecine Thérapeutique*, *24*(2), 134-141. <https://doi.org/10.1684/met.2018.0682>

Zhang, L., Zengin, G., Mahomoodally, M. F., Yıldıztuğay, E., Jugreet, S., Simal-Gandara, J., Roupheal, Y., Pannico, A., & Lucini, L. (2022). Untargeted Phenolic Profiling and Functional Insights of the Aerial Parts and Bulbs of *Drimys maritima* (L.) Stearn. *Plants*, *11*(5), 600. <https://doi.org/10.3390/plants11050600>

Zhu, X., Zhang, W., Zhao, J., Wang, J., & Qu, W. (2010). Hypolipidaemic and hepatoprotective effects of ethanolic and aqueous extracts from *Asparagus officinalis* L. by-products in mice fed a high-fat diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(7), 1129–1135. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3923>

Zou, Q., Wang, N., Gao, Z., Xu, H., Yang, G., Zhang, T., Guo, Z., Zhang, Z., Jia, L., & Chen, X. (2020). Antioxidant and hepatoprotective effects against acute CCl₄-induced liver damage in mice from red-fleshed apple flesh flavonoid extract. *Journal of Food Science*, *85*(10), 3618–3627. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15454>

RESUMES


RESUME

Cette recherche a pour objectif d'évaluer les répercussions toxicologiques potentielles de la plante spontanée *Drimia maritima* sur des organismes cibles (*Ephestia kuehniella* Zeller) et non cibles (rat *Wistar*). L'analyse se concentre sur les propriétés phytochimiques et l'effet toxique des extraits aqueux obtenus à partir du bulbe et de feuilles de *D. maritima*, étudiant leur influence sur divers aspects physiologiques des espèces mentionnées. Les découvertes révèlent que ces extraits renferment une abondance de composés phénoliques, mettant en lumière leur puissant potentiel antioxydant.

Le traitement *in vivo* des extraits aqueux de *D. maritima* sur des chrysalides de *E. kuehniella*, juste après leur mue, a été étudié pour évaluer les effets de l'extrait de bulbe (DBAE) et de feuilles (DLAE) sur plusieurs paramètres : l'inhibition de l'émergence des adultes, le temps nécessaire pour le développement nymphal, les variations morphologiques observées, les changements de poids des chrysalides, les concentrations des métabolites ovariens (protéines, glucides et lipides), les niveaux de consommation des réserves énergétiques (NDI), et l'impact sur la reproduction. Les résultats ont démontré une inhibition significative de l'émergence des adultes, avec une corrélation dose-réponse établie. Les doses inhibitrices (DI) DI_{25} et DI_{50} , calculées via une régression non linéaire, ont été établies à environ 2,948 μg et 6,106 $\mu\text{g}/\text{insecte}$ pour l'extrait de bulbe (DBAE), et à 3,222 μg et 7,347 $\mu\text{g}/\text{insecte}$ pour celui des feuilles (DLAE). Les extraits DBAE et DLAE ont entraîné une prolongation du cycle de développement nymphal, des variations morphologiques, une diminution du poids des chrysalides et des perturbations des niveaux des métabolites ovariens. De plus, cela a négativement affecté la reproduction en allongeant la période de pré-oviposition, en réduisant la durée d'oviposition, la fécondité et la survie des œufs.

Le traitement à différentes doses (98, 49 et 24,5 mg/kg) avec les extraits aqueux de bulbe et de feuilles de *D. maritima* sur des rats de souche *Wistar* a montré des niveaux normaux, à l'exception de la forte dose de DBAE qui a entraîné une légère augmentation des enzymes hépatiques et rénales. En revanche, les niveaux d'enzymes antioxydantes (GST, GPx et GSH) dans le foie, les reins et le cerveau sont restés constants, sans modifications notables des paramètres métaboliques et hématologiques. Aucun changement significatif n'a été observé avec les doses de DLAE. À des doses inférieures à 98 mg/kg de poids corporel, le DBAE s'est révélé généralement non toxique, tandis que le DLAE a été considéré comme sûr à tous les niveaux de dosage.

Ces résultats soulignent le potentiel des extraits aqueux de *D. maritima*, issus du bulbe et des



feuilles, en tant que bio-insecticides. Ils démontrent des effets neurotoxiques, reprotoxiques et insecticides à des doses qui n'affectent pas les organismes non ciblés.

Mots-clés : *Ephestia kuehniella* Zeller, Rat *Wistar*, Toxicité, Physiologie, Extraits aqueux de plante, *Drimia maritima*, Bulbe, Feuilles.

ABSTRACT

The aim of this research is to assess the potential toxicological impact of the spontaneous plant *Drimia maritima* on target (*Ephestia kuehniella* Zeller) and non-target (*Wistar* Rat) organisms. The analysis focuses on the phytochemical properties and toxic effect of aqueous extracts obtained from the bulb and leaves of *D. maritima*, studying their influence on various physiological aspects of the species mentioned. The findings reveal that these extracts contain an abundance of phenolic compounds, highlighting their powerful antioxidant potential.

In vivo treatment of *D. maritima* aqueous extracts on *E. kuehniella* pupae, just after moulting, was studied to assess the effects of bulb (DBAE) and leaf (DLAE) extracts on several parameters: inhibition of adult emergence, time to pupal development, morphological variations observed, changes in pupal weight, concentrations of ovarian metabolites (proteins, carbohydrates and lipids), levels of energy reserve consumption (NDI), and impact on reproduction. The results showed significant inhibition of adult emergence, with an established dose-response correlation. Inhibitory doses (ID) DI_{25} and DI_{50} , calculated via non-linear regression, were established at around 2.948 μg and 6.106 $\mu\text{g}/\text{insect}$ for bulb extract (DBAE), and 3.222 μg and 7.347 $\mu\text{g}/\text{insect}$ for leaf extract (DLAE). The DBAE and DLAE extracts caused a prolongation of the pupal development cycle, morphological variations, a reduction in pupal weight and disturbances in ovarian metabolite levels. In addition, reproduction was adversely affected by prolonging the pre-oviposition period, reducing oviposition time, fecundity and egg survival.

Treatment at different doses (98, 49 and 24.5 mg/kg) with aqueous extracts of *D. maritima* bulb and leaves in *Wistar* rats showed normal levels, except for the high dose of DBAE, which caused a slight increase in liver and kidney enzymes. In contrast, levels of antioxidant enzymes (GST, GPx and GSH) in liver, kidney and brain remained constant, with no significant changes in metabolic or haematological parameters. No significant changes were observed with DLAE doses. At doses below 98 mg/kg body weight, DBAE was generally non-toxic, while DLAE was considered safe at all dosage levels.

These results underline the potential of aqueous extracts of *D. maritima*, derived from the bulb and leaves, as bio-insecticides. They demonstrate neurotoxic, reprotoxic and insecticidal effects at doses that do not affect non-target organisms.

Key words: *Ephestia kuehniella* Zeller, Rat *Wistar*, Toxicity, Physiology, Aqueous plant extracts, *Drimia maritima*, Bulb, Leaves.

الملخص

الهدف من هذا البحث هو تقييم التأثير السمي المحتمل لنبات العُنصل العفوي على الكائنات الحية المستهدفة (*Ephestia kuehniella*) والكائنات الحية غير المستهدفة (فئران ويستار). يركز التحليل على الخواص الكيميائية النباتية والتأثير السمي للمستخلصات المائية المأخوذة من بصلة وأوراق نبات العُنصل، ودراسة تأثيرها على مختلف الجوانب الفسيولوجية لأنواع المذكورة. كشفت النتائج أن هذه المستخلصات تحتوي على وفرة من المركبات الفينولية، مما يسלט الضوء على إمكاناتها القوية المضادة للأكسدة.

المعالجة في الجسم الحي للمستخلصات المائية لنبات العُنصل على شرائح *E. kuehniella*، بعد الانسلاخ مباشرة، لتقييم تأثيرات مستخلص البصلة (DBAE) ومستخلص الأوراق (DLAE) على عدة معايير: تثبيط ظهور البالغين، والوقت اللازم لنمو الخادرة (الخادرة)، والتغيرات المورفولوجية الملاحظة، والتغيرات في وزن الخادرة، وتركيزات المستقلبات المبيضية (البروتينات والكربوهيدرات والدهون)، ومستويات استهلاك احتياطي الطاقة (NDI)، والتأثير على التكاثر. أظهرت النتائج تثبيطاً كبيراً لظهور البالغين، مع وجود علاقة ثابتة بين الجرعة والاستجابة. تم تحديد التركيزات المثبطة DI_{25} (ID) و DI_{50} ، المحسوبة باستخدام الانحدار غير الخطي، عند 2.948 ميكروغرام و 6.106 ميكروغرام/حشرة لمستخلص البصلة (DBAE)، و 3.222 ميكروغرام و 7.347 ميكروغرام/حشرة لمستخلص الأوراق (DLAE). تسببت مستخلصات (DBAE) ومستخلصات (DLAE) في إطالة دورة نمو الخادرة وتغيرات شكلية وانخفاض في وزن الخادرة واضطرابات في مستويات المستقلبات المبيضية. بالإضافة إلى ذلك، فقد أثرت سلباً على التكاثر من خلال إطالة فترة ما قبل التبويض، وتقليل وقت التبويض، والخصوبة وبقاء البيض على قيد الحياة.

أظهرت المعالجة بجرعات مختلفة (98 و 49 و 24.5 ملغم/كغم) بمستخلصات مائية من بصيلات وأوراق د. ماريتيما في فئران ويستار مستويات طبيعية باستثناء الجرعة العالية من العُنصل التي تسببت في زيادة طفيفة في إنزيمات الكبد والكلية. في المقابل، ظلت مستويات الإنزيمات المضادة للأكسدة (GST و GPx و GHS) في الكبد والكلية والدماع ثابتة، مع عدم وجود تغيرات كبيرة في معايير التمثيل الغذائي أو الدم. لم تلاحظ أي تغيرات كبيرة مع جرعات DLAE. عند الجرعات التي تقل عن 98 ملغم/كغم من وزن الجسم، كان DBAE غير سام بشكل عام، في حين اعتبر DLAE آمناً عند جميع مستويات الجرعة.

وتسلط هذه النتائج الضوء على إمكانات المستخلصات المائية لـ *D. maritima*، المشتقة من البصلة والأوراق، كمبيدات حشرية حيوية. وهي تظهر تأثيرات سمية عصبية وتكاثرية ومبيدة للحشرات بجرعات لا تؤثر على الكائنات غير المستهدفة. **الكلمات المفتاحية:** *Ephestia kuehniella*، فأر ويستار، السمية، علم وظائف الأعضاء، المستخلصات النباتية المائية، العُنصل، البصلة، الأوراق.

***PRODUCTION
SCIENTIFIQUES***

PRODUCTION SCIENTIFIQUES

✓ Publications

Soual, R., Amrani, L. K., Baali, B., Hamida, Y. I., Smili, C., & Bairi, A. (2023). Assessment of sub-acute oral administration of an aqueous extract of *Drimia maritima's* bulb and leaves on liver and kidney function in albino *Wistar* rats. *FEB-FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 32, 3343-3354.

Baali, B., Kirane-Amrani, L., Tichati, L., **Soual, R.**, & Ouali, K. (2023). Lipid peroxidation and changes in major antioxidant markers in copper quinolate fungicide-exposed rats. *Toxicology and Industrial Health*, 39(11), 664-678.

Chaima, S., Amina, D., Fella, C., Islam, H. Y., Amira, B., **Rania, S.**, & Abdelmadjid, B. (2023). Assessment of Cognitive Abilities and Impact of Parental Intellectual Level in ASD Children. *UTTAR PRADESH JOURNAL OF ZOOLOGY*, 44(2), 35-40.

✓ Communications

Communications internationales

Soual R., Kirane-Amrani L., Tahraoui A., 2021. Effets des extraits aqueux de *Drimia maritima* (L.) sur quelques paramètres hématologiques chez les rats mâles *Wistar*. Séminaire International Perturbateurs Endocriniens Environnement & Reproduction (PEER 2021), Université Blida, Du 07 au 08 juillet 2021. **(Communication affichée)**

Soual R., Berrhail C., Kirane-Amrani L., 2021. Effets de l'extrait aqueux de *urginea maritima* (Asparagaceae) sur les enzymes hépatiques. Séminaire International sur La Pollution, La Santé, L'environnement et La Biosurveillance (SIPSEB'21), Université de Skikda, décembre 27-28, 2021. **(Communication affichée)**

Communications nationales

Soual R., Kirane-Amrani L., Tahraoui A., 2021. Toxicité Subaiguë d'extrait Aqueux De Feuilles De *Drimia maritima* Sur Quelques Paramètres Biochimiques Des Rats *Wistar*. Séminaire National : Ressources Végétales, Produits Naturels et Santé (RVPNS2021), Université Blida, Le 9,10,11 juin 2021. **(Communication affichée)**

Soual R., Kirane-Amrani L., Tahraoui A., 2021. Evaluation de l'effet hématologique d'extrait de feuilles de *Drimia maritima* (L.) sur des rats mâles *Wistar*. Séminaire National En Ligne Sur La Production Et La Protection Des Plantes, Université de Laghouat, Du 19 au 20 juin 2021. **(Communication affichée)**

Soual R., Kirane-Amrani L., Berrehail C., Tahraoui A., 2021. Evaluation des paramètres

biochimiques sériques chez le rat mâle *Wistar* traité avec l'extrait aqueux de feuilles de *Drimia maritima* (L.). Séminaire National Sur Les Substances Naturelles, Biotechnologie Et Innovation (SNBI 2021), Université de Mila, Le 26 et 27 octobre 2021. **(Communication orale)**

Soual R., Kirane-Amrani L., 2021. Extrait aqueux de la plante *Drimia maritima* et son impact toxicologique sur l'activité rénale du rat mâle *Wistar*". Séminaire National Sur La Gestion Des Ecosystèmes Naturels Face Aux Changements Globaux (CENGEN1 2021), Université de Tlemcen, Le 11 novembre 2021. **(Communication affichée)**

Berrehaïl C., Ferhati H., **Soual R.**, Chouba I., 2021. Le rôle du thé vert dans la modulation de la glycémie chez la ratte stressée. Séminaire National sur l'agroalimentaire (JAGRO, 2021), Université de Blida, Le 10 et 11 décembre 2021. **(Communication affichée)**

Soual R., Berrehaïl C., Kirane-Amrani L., & Tahraoui A., 2022. Activité biologique de l'extrait aqueux obtenu à partir de la plante méditerranéenne *Urginea maritima* (L.) Séminaire National de Toxicologie (Compléments alimentaire), Université d'Annaba, Le 16 et 17 mars 2022. **(Communication affichée)**

Berrehaïl C., Ferhati H., Chouba I., Angel B, **Soual R.**, & Tahraoui A., 2022. Valorisation du pouvoir de l'extrait de Thé vert sur Le Rat wistar (*Camellia Sinensis*). Séminaire National en Biotechnologies et Bioinformatiques (JNBTTBI), Université de Constantine, Le 10 et 11 octobre 2022. **(Communication affichée)**

Soual R., Hamida Y I., Baali B., & Kirane-Amrani L., 2023. Composition phénolique et valorisation de l'activité biologique de l'extrait de feuilles de la plante spontanée *Drimia maritima* (Asparagaceae). Séminaire National d'Ethnobotanique, Ethnobiologie et Valorisation des Substances Naturelles, Université d'Alger 1, le, 25 novembre 2023. **(Communication affichée)**

Soual R., Hamida Y I., Baali B., & Kirane-Amrani L., 2023. Caractéristiques chimiques et activité antioxydante de l'extrait aqueux de bulbe de la plante spontanée *Drimia maritima*. Séminaire National Sciences Appliquées et Innovation (DD-ASI), Université d'Annaba, le 15-16 novembre 2023. **(Communication affichée)**