

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Toxicologie Fondamentale et Appliquée »

THÈME

**Effet toxicogénomique de l'aluminium chez des
gastéropodes traités à un extrait végétal**

Soutenu le : 12 Juin 2024

Présenté Par : **SEBTIOUI Khouloud**

Devant le jury composé de :

Dr. AZIZI Nadia Nawel	MCA	Présidente	UCBET
Mme. LARHEM Aicha Beya	MAA	Examinatrice	UCBET
Dr. TOUMI Mohamed Lamine	MCA	Promoteur	UCBET
Dr. TOUMI-MERZOUG Sameha	MCA	Co-Promotrice	UCBET

Année universitaire 2023 - 2024

Remerciements

Ma reconnaissance et mes vifs remerciements s'adressent :

Au bon Dieu, Le Tout Puissant, de m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens tout particulièrement à remercier Mr TOUMI Mohamed Lamine et Mme TOUMI-MERZOUG Sameha, mes encadrants, qui n'ont pas ménagé le moindre effort pour assister dans le choix du thème et la réalisation du présent mémoire, l'expression de ma profonde gratitude quant à leur patience, leur générosité scientifique, le temps et l'attention qu'ils m'ont consacrés.

Je remercie ensuite l'ensemble des membres du jury, qui nous ont fait l'honneur de bien vouloir évaluer ce travail, et je suis honorée par leur présence également :

À Mme AZIZI Nadia Nawel, qui m'honore en tant que présidente de jury. Qu'elle trouve ici mes sincères gratitude et mes sincères remerciements.

À Mme LARHEM Aicha Beya, d'avoir accepté et consacré son temps précieux pour examiner mon travail. Qu'elle soit assurée de mes respectueuses et très sincères gratitude.

À tous les professeurs de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, en particulier ceux de la spécialité de Toxicologie Fondamentale et Appliquée.

Je remercie aussi chaleureusement tous les techniciens des laboratoires : Mme Hayat, Mr Walid, Mr Zohir, Mr Aissa.

Khouloud Sebtoui

Dédicace

Tout d'abord, je remercie Dieu Le Tout-Puissant de m'avoir accordé la santé, le courage et la patience pour être qui je suis aujourd'hui et pour accomplir cet humble travail.

À mon bon exemple dans la vie, mon père Hocine; Oh mon soutien dans cette vie, toi qui as implanté en moi une ambition qui me pousse toujours en avant, merci de nous consacrer ta vie et de toujours nous encourager à aimer étudier, Puissiez-vous vivre longtemps, maître des hommes, et puissiez-vous vivre longtemps pour moi, mon père

À la source de la tendresse, ma chère maman Fatima; À qui je le préfère à moi-même, et je l'exalte, et sur lui je compte, Au cœur tendre et généreux, à celle dont les prières ont été le secret de ma réussite et qui a été mon premier soutien, Je ne trouve pas de mots pour exprimer sa valeur Ma "mère ange"

À mes très chères sœurs Samira et Asma, proches de mon cœur qui m'ont soutenu à chaque instant; j'espère que Dieu vous protégera pour moi et rendra toute votre vie bonheur et joie.

À mon très cher frère Djamel-Eddine, merci d'être toujours à mes côtés et de m'aider à réaliser cet humble travail; Que Dieu vous protège, mon cœur.. À mon très cher à moi Samir, merci d'être mon soutien et de m'aider beaucoup à mener à bien ce travail. Que Dieu vous protège mon premier supporter

À ma nièce, la princesse Majdoline, je t'aime très fort.. À mes chers collègues Roufaida Amina et Narimene, que Dieu vous accorde la réussite et guide vos pas mes sœurs.. À toute ma famille maternelle et paternelle pour le soutien et vos encouragements mes sincères salutations à vous

Khouloud Sebtoui

ملخص

يعتبر الألمنيوم من أكثر العناصر استخداماً في القشرة الأرضية، يوجد في مجالات مختلفة، مثل الصناعة ومستحضرات التجميل والصحة وأيضاً الزراعة الغذائية، إلا أن استخدامه يؤدي إلى الإصابة بالعديد من الأمراض التي تصيب جسم الإنسان وتصل إلى مختلف أعضائه. في دراستنا هذه، قمنا بتقييم السمية الكبدية الناجمة عن ثلاثي كلوريد الألمنيوم على بطنيات الأقدام كنموذج حيواني تجريبي، واخترنا النبات الطبي إكليل الجبل لتقييم التأثير العلاجي لمستخلصه المائي ضد هذه السمية. استخدمنا العديد من التقنيات التجريبية مثل جرعة الجلوتاثيون المخفض، وجرعة الكاتالاز، وقياس العوامل الفيزيائية للمستخلص مثل المظهر الطيفي للأشعة فوق البنفسجية، ومعامل الانكسار واللزوجة.

أظهرت نتائجنا انخفاض معدل الجلوتاثيون المخفض في الكبد البنكرياسي المعرض للألمنيوم، وزيادة نشاط أنزيم الكاتالاز في البنكرياس الكبدية للمجموعات المعالجة بثلاثي كلوريد الألمنيوم بسبب تراكمه في الأنسجة. أظهر المستخلص المائي لنبات إكليل الجبل الطبي قمتين قويتين في الامتصاص بسبب الجزيئات النشطة بيولوجياً التي يحتوي عليها، ولذلك تأكدنا أن التأثير الوقائي للنبات الطبي إكليل الجبل على مستوى الكبد البنكرياسي المعرض للألمنيوم.

الكلمات المفتاحية

الألمنيوم، السمية الكبدية، بطني الأقدام، إكليل الجبل، الجلوتاثيون المخفض، الكاتالاز.

Abstract

Aluminum is one of the most used elements in the earth's crust. It is found in various fields, such as industry, cosmetics, health, and also food agriculture, but its use leads to many diseases that affect the human body and reach its various organs. In our study, we evaluated the hepatotoxicity induced by aluminum trichloride on the gastropod *Helix aspersa* as an experimental animal model, and we chose the medicinal plant *Rosmarinus officinalis L.* for the evaluation of the therapeutic effect of its extract. aqueous against this toxicity. We used several experimental techniques such as the reduced glutathione (GSH) assay, the catalase (CAT) assay, the measurement of physical parameters of the extract such as the ultraviolet spectral profile, the refractive index and viscosity.

Our results show a decrease in GSH levels in the hepatopancreas subjected to aluminum, and an increase in the activity of the catalase enzyme in the hepatopancreas of the groups treated with aluminum trichloride due to its accumulation in tissues, and the *Rosmarinus officinalis L.* plant extract showed two high absorbance ranges due to the biologically active molecules it contains, We therefore confirmed the preventive effect of the *Rosmarinus officinalis L.* plant at the level of the hepatopancreas exposed to AlCl₃.

Keywords

Aluminum, Hepatotoxicity, *Helix aspersa*, *Rosmarinus officinalis*, reduced glutathione, catalase.

Résumé

L'aluminium est l'un des éléments les plus utilisés dans la croûte terrestre, On le retrouve dans divers domaines, comme l'industrie, la cosmétique, la santé, aussi l'agriculture alimentaire, mais son utilisation entraîne de nombreuses maladies qui affectent le corps humain et atteignent ses différents organes. Dans notre étude, nous avons évalué l'hépatotoxicité induite par le trichlorure d'aluminium sur le gastéropode *Helix aspersa* comme modèle animal expérimental, et nous avons choisi la plante médicinale *Rosmarinus officinalis L.* pour l'évaluation de l'effet thérapeutique de son extrait aqueux contre cette toxicité. Nous avons utilisé plusieurs techniques expérimentales telles que le dosage du glutathion réduit (GSH), le dosage de la catalase (CAT), la mesure des paramètres physiques de l'extrait tels que le profil spectral à l'ultraviolet, l'indice de réfraction et la viscosité.

Nos résultats montrent une diminution de taux de GSH dans l'hépatopancréas soumis à l'aluminium, et une augmentation de l'activité de l'enzyme catalase au niveau de l'hépatopancréas des groupes traités avec le trichlorure d'aluminium due à son accumulation dans les tissus, et l'extrait de plante *Rosmarinus officinalis L.* a montré deux plages de forte absorbance dues à les molécules biologiquement actives qu'il contient. Nous avons donc confirmé l'effet préventif de la plante *Rosmarinus officinalis L.* au niveau de l'hépatopancréas exposé à $AlCl_3$.

Mots clés

Aluminium, Hépatotoxicité, *Helix aspersa*, *Rosmarinus officinalis*, glutathion réduit, catalase.

Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
1	Les propriétés de l'Aluminium pur	6
2	Protocole du dosage de l'activité de la catalase	27
3	Comparaison des moyennes du poids corporel des escargots	29
4	Analyse de variance du poids corporel des escargots	29
5	Comparaison multiple (Post-Hoc) du poids corporel des escargots	29
6	Comparaison des moyennes du poids de l'hépatopancréas des escargots	30
7	Analyse de variance du poids de l'hépatopancréas des escargots	30
8	Comparaison des moyennes du taux de GSH dans l'hépatopancréas	31
9	Analyse de variance du taux de GSH dans l'hépatopancréas	31
10	Comparaison des moyennes de l'activité de catalase dans l'hépatopancréas	32
11	Analyse de variance de l'activité de catalase dans l'hépatopancréas	33
12	Indice de réfraction et viscosité de l'extrait aqueux de <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	34

Liste des Figures

N°	Titre	Page
1	L'aluminium non allié et sa structure CFC	4
2	Consommation d'aluminium par secteur d'activité en Europe en 2011	9
3	La plante de romarin	18
4	Extrémité d'un romarin en fleurs	18
5	Morphologie de l'escargot <i>Helix aspersa</i>	21
6	Anatomie de l'escargot <i>Helix aspersa</i>	22
7	L'élevage des escargots	22
8	Quelques étapes de l'extraction de la plante <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	23
9	La concentration de trichlorure d'aluminium (AlCl ₃)	24
10	Le matériel utilisé pour les mesures et la dissection	24
11	L'immersion de la salade dans l'extrait de <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	25
12	Poids corporel des escargots des groupes expérimentaux	30
13	Poids de l'hépatopancréas des escargots des groupes expérimentaux	31
14	Taux du glutathion réduit dans l'hépatopancréas des groupes expérimentaux	32
15	Activité de catalase dans l'hépatopancréas des groupes expérimentaux	33
16	Profil spectral UV de l'extrait aqueux de <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	33

Table des Matières

<i>Section</i>		<i>Page</i>
1	Introduction	1
2	Lumière Bibliographique	4
2.1	Aluminium	4
2.1.1	Définition de l'aluminium	4
2.1.2	Historique de l'aluminium	4
2.1.3	Propriétés physiques et chimiques de l'aluminium pur	5
2.1.4	Les caractéristiques de l'aluminium	6
2.1.4.1	Légèreté	6
2.1.4.2	La conductivité électrique et thermique	6
2.1.4.3	La tenue à la corrosion	7
2.1.4.4	Aptitudes aux traitements de surface	7
2.1.4.5	Le recyclage	7
2.1.4.6	Propriétés mécaniques	8
2.1.5	Production de l'aluminium	8
2.1.6	Alliages à base d'aluminium	8
2.1.6.1	Alliages corroyés	9
2.1.6.2	Alliages de moulage	9
2.1.6.3	Alliages de frittage	9
2.1.7	Utilisation	9
2.1.8	Exposition de l'être humain à l'aluminium	10
2.1.8.1	Exposition chez les professionnels de l'aluminium	10
2.1.9	Les sources d'exposition chez la population en général	11
2.1.9.1	Exposition par l'air	11
2.1.9.2	Exposition par l'eau	11
2.1.9.3	Exposition alimentaire	11
2.1.9.4	Les aliments pouvant contenir de l'aluminium	11
2.1.9.5	Les additifs alimentaires	12

2.1.9.6	Les objets au contact des aliments	12
2.1.10	Exposition par les produits cosmétiques	12
2.1.11	Exposition par les produits de santé	13
2.1.11.1	Médicaments antiacides et pansements gastro-intestinaux	13
2.1.11.2	Nutrition parentérale	13
2.1.11.3	Produits de dialyse	13
2.1.11.4	Les vaccins	13
2.1.12	Toxicité de l'aluminium	13
2.1.12.1	Toxicité aiguë	13
2.1.12.2	Toxicité chronique	14
2.1.12.2.1	Effets neurologiques	14
2.1.12.2.2	Effets immunitaires et allergiques	14
2.1.12.2.2.1	Sclérose en plaques	14
2.1.12.2.2.2	Réaction allergiques	15
2.1.12.2.3	Effets cancérigènes	15
2.1.12.2.4	Les autres effets	15
2.2	Phytothérapie et plantes médicinales	16
2.2.1	Plantes médicinales	16
2.2.1.1	Généralités sur les plantes médicinales	16
2.2.1.2	Définition	16
2.2.1.3	Origine des plantes médicinales	16
2.2.1.3.1	Plantes de cueillettes	17
2.2.1.3.2	Plantes de cultures	17
2.2.1.3	Intérêts des plantes médicinales	17
2.2.2	Phytothérapie à base de <i>Rosmarinus Officinalis</i>	18
2.2.2.1	Classification et synonymie	19
2.2.2.2	Principes actifs	19
2.2.2.3	Répartition géographique	19
2.2.2.4	Son utilisation	19
2.2.2.5	Activités antioxydante du romarin	20
3	Matériel et Méthodes	21
3.1	Lieu et période de travail	21

3.2	Modèle animal	21
3.3	Collection et adaptation	22
3.4	Plante médicinale: <i>Rosmarinus officinalis L.</i>	22
3.5	Extraction	23
3.5.1	Préparation de la plante récoltée	23
3.5.2	Protocole d'extraction	23
3.6	Solution-mère de trichlorure d'aluminium	23
3.7	Protocole expérimental	24
3.7.1	Dissection	24
3.7.2	Groupes expérimentaux	25
3.7.3	Dosage du glutathion réduit (GSH)	26
3.7.4	Dosage de la catalase (CAT)	27
3.8	Détermination des paramètres physiques de <i>Rosmarinus officinalis L.</i>	28
3.8.1	Profil spectral à l'ultraviolet	28
3.8.2	Indice de réfraction	28
3.8.3	Viscosité	28
3.9	Analyses statistiques	28
4	Résultats	29
4.1	Poids corporel des escargots	29
4.2	Poids de l'hépatopancréas des escargots	30
4.3	Taux du glutathion réduit (GSH) dans l'hépatopancréas	31
4.4	Activité de catalase dans l'hépatopancréas	32
4.5	Profil spectral à l'ultraviolet	33
4.6	Indice de réfraction et viscosité de l'extrait	34
5	Discussion	35
6	Conclusion et Perspectives	38
	Références Bibliographiques	39

1. Introduction

Les matériaux en général et les métaux en particulier prennent une place importante dans tout développement industriel ou progrès technologique. On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5 g/cm^3 . Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces, notamment le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre, l'arsenic, le nickel, le zinc, le cobalt et le manganèse (Arriss, 2008). D'un point de vue chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux. D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou, dans certains cas, métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g/cm^3 (Adriano, 2001).

L'aluminium est le troisième élément le plus présent sur terre, après l'oxygène et le silicium, c'est un métal blanc argenté très malléable (Serradj et al., 2019 ; Serradj et al., 2010). L'aluminium est un élément chimique symbolisé par Al et possédant un numéro atomique 13. Il appartient au groupe 13 du tableau périodique ainsi qu'à la famille des métaux pauvres. En industrie, l'aluminium est le second métal le plus utilisé après le fer et les aciers (Belghit et al., 2018), sa production industrielle n'a commencé qu'au début du 20ème siècle (Marioara et al., 2003 ; Birol, 2013) avec un vaste volume de production (Zhao et al., 2016). La partie la plus grande d'ingestion d'aluminium est fournie par l'alimentation : nourriture contaminée, eau souillée, et nourriture industrialisée contenant l'aluminium en tant que conservant et/ou colorant (Martyn et al., 1997).

Plusieurs organes du corps humain (reins, foie, pancréas) sont aussi exposés à l'aluminium provenant, principalement, de l'alimentation. Il peut provoquer des lésions oxydatives dans les reins et le foie qui entraînent une dégénérescence et une nécrose des tissus, ainsi que des troubles biochimiques sériques associés. Les lésions hépatiques et pancréatiques provoquent des modifications du métabolisme (Mailloux et al., 2011 ; Xu et al., 2017).

Le stress oxydatif, à travers les éléments chimiques causatifs tel que l'aluminium, a un effet toxicogénomique qui se traduit par un changement d'expression de plusieurs gènes impliqués dans la défense antioxydante, y compris le gène de catalase (CAT). Le gène CAT fournit des instructions pour fabriquer des sous-unités d'une enzyme appelée catalase. Quatre sous-unités identiques, chacune liée à une molécule contenant du fer appelée groupe hème, forment l'enzyme

fonctionnelle. La catalase est active dans les cellules et les tissus de tout le corps, où elle décompose les molécules de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en oxygène (O_2) et en eau (H_2O). Le peroxyde d'hydrogène est produit par des réactions chimiques au sein des cellules. À de faibles niveaux, il est impliqué dans plusieurs voies de signalisation chimique, mais à des niveaux élevés, il est toxique pour les cellules. Si le peroxyde d'hydrogène n'est pas décomposé par la catalase, des réactions supplémentaires le convertissent en composés appelés espèces réactives de l'oxygène, qui peuvent endommager l'ADN, les protéines et les membranes cellulaires (Kirkman et Gaetani, 2006). Par conséquent, il a été démontré que les changements d'expression de CAT, et donc de l'activité de catalase, pourraient influencer le risque qu'une personne développe des maladies chroniques (Goth et al., 2004).

Les plantes restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments ; elles sont considérées comme la matière première essentielles pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (Maurice, 1997). Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux et un véritable trésor pour l'humanité ; elles sont très demandées dans le monde et plus particulièrement dans les pays en voie de développement. L'Algérie possède une grande richesse en plantes utilisées en médecine traditionnelle (Salhi et al., 2010).

Dans notre étude, nous avons choisi une plante médicinale très connue par ses propriétés stimulantes. Le romarin *Rosmarinus officinalis* fait partie des plantes qui sont en usage depuis l'antiquité et qui, au travers des siècles, a su garder une place dans l'inventaire des remèdes des tradipraticiens de tout le bassin méditerranéen (González-Minero et al., 2020). Le romarin contient de nombreux composés phytochimiques qui sont des sources potentielles d'antioxydants naturels : les terpènes, les flavonoïdes, les tanins et les acides phénoliques (Erkan et al., 2008). Le romarin est une plante aromatique de la famille des Lamiaceae (Mwithiga et al., 2022). Aux États-Unis et en Europe, le romarin est une épice disponible dans le commerce pour son utilisation comme antioxydant (Basaga et al., 1997 ; Zeroual et al., 2021).

Les extraits de romarin ont été utilisés dans le traitement de maladies, en raison de leur potentiel hépatoprotecteur, de leur potentiel thérapeutique pour la maladie d'Alzheimer et de leur effet antitumoral (Ribeiro-Santos et al., 2015 ; Gurbuz et al., 2016 ; Zeroual et al., 2021). D'autre part, ils ont été utilisés dans la conservation des aliments, car ils empêchent l'oxydation et la contamination

microbienne (Ribeiro-Santos et al., 2015). Par conséquent, l'extrait du romarin pourrait être utile pour remplacer ou même diminuer les antioxydants synthétiques dans les aliments (Almela et al., 2006). En tant que conservateurs, les extraits du romarin offrent plusieurs avantages technologiques et des bénéfices aux consommateurs (Ribeiro-Santos et al., 2015 ; Nieto et al., 2018).

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la capacité protectrice de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis* contre les effets toxiques de l'aluminium sur l'hépatopancréas de l'escargot *Helix aspersa*.

2. Lumière bibliographique

2.1 Aluminium

2.1.1. Définition de l'aluminium

L'aluminium parmi les métaux les plus abondants dans la croûte terrestre, c'est un élément métallique, du troisième groupe de la classification de Mendeleïev juste après le silicium et l'oxygène, dont le numéro atomique 13, la masse atomique 26.981539 g/mol (environ 27) et la structure cristalline de type cubique à faces centrées (Hadouche, 2014)

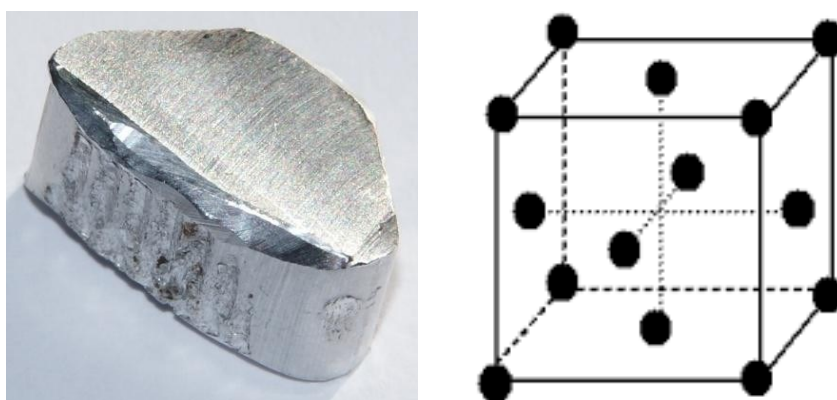


Figure 1 : L'aluminium non allié et sa structure CFC (Bahrami et Mehr, 2019).

2.1.2. Historique de l'aluminium

La découverte de l'aluminium date de la première moitié du XIXe siècle. Plusieurs savants de cette époque y ont contribué, la production industrielle n'a vraiment commencé, initialement en Europe, qu'à partir de 1890.

L'oxyde d'aluminium Al_2O_3 a été isolé pour la première fois en 1754 par le chimiste allemand Andreas Sigismund Marggraf à partir de l'alun de potassium $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24 H_2O$ qui est un sulfate double d'aluminium et de potassium. (Vargel et Christian, 2008).

La voie chimique fut explorée par le physicien danois Hans Christian Oersted qui réussit à produire de l'aluminium, en 1825, par réduction du chlorure d'aluminium (préparé par chloration d'un mélange de charbon et d'alumine) avec un amalgame de potassium, ensuite distillé pour obtenir une poudre d'aluminium (Vargel et Christian, 2010).

En 1845, le scientifique allemand Friedrich Wöhler obtient des particules d'aluminium impur. En améliorant le procédé d'Oersted et en utilisant le potassium métallique, il fut le premier à mesurer la densité de l'aluminium et à montrer sa légèreté (Vargel et Christian, 2010).

En 1854, en France, Henri Sainte-Claire Deville obtient un métal (Chlorure double d'aluminium et de sodium) réduit par le sodium. Aidé par le soutien financier de Napoléon III, Deville créa une usine expérimentale et exposa l'aluminium pur, sous le nom d'argile transformée en argent, à l'Exposition internationale de Paris en 1855 (Vargel et Christian, 2010).

En 1885 les frères Cowle ont produit le premier alliage d'aluminium contenant du fer et du cuivre (Vargel et Christian, 2010).

En 1886, Paul Louis Toussaint Héroult en France et Charles Martin Hall aux Etats Unis déposent indépendamment leurs brevets sur la production d'aluminium par électrolyse à chaud à partir de l'alumine, et de l'oxyde déshydraté de l'aluminium, dissout dans de la cryolithe fondue (fluorure double de sodium et d'aluminium) (Simon et al., 1987 ; Hamour et al., 2011).

En 1887, le chimiste autrichien Karl Joseph Bayer fait breveter un procédé de transformation (Hamour et al., 2011).

Aujourd'hui, le procédé HEROULT est toujours la méthode fondamentale utilisée dans la production d'aluminium dont l'utilisation est devenue usuelle.

2.1.3. Propriétés physiques et chimiques de l'aluminium pur

L'aluminium est un élément de symbole Al de numéro atomique 13, il est du IIIème groupe de la classification de Mendeleïev et son état d'oxydation le plus stable est +3. Sa structure est (et reste) cubique à faces centrées à toute température inférieure à sa température de fusion (660 °C). L'aluminium représente environ 7.5% en masse dans l'écorce terrestre (Guy, 2010). En résumant ci-dessous les propriétés générales de l'aluminium :

Tableau 1 : Les propriétés de l'Aluminium pur (Michel, 2008).

Symbole	Al
Numéro atomique	13
Masse molaire atomique	27 g. mol⁻¹
Système cristallin	Cubique à faces centrées
Point de fusion	660 °C
Point d'ébullition	2056 °C
Densité	2,7
Résistance électrique	2,7.10⁻⁸ Ohm. m
Résistivité électrique à 20 °C	2.63 μΩ cm
Conductivité thermique	22 W. m⁻¹ .K⁻¹
Capacité thermique massique	9,102 J. Kg⁻¹. K⁻¹
Capacité thermique massique	9,102 J. Kg⁻¹. K⁻¹
Coefficient de dilatation	24.10⁻⁶ K⁻¹
Retrait volumique	5.6 %
Module d'élasticité	69000 MPa
Charge de rupture	80 à 100 MPa

2.1.4. Les caractéristiques d'aluminium

2.1.4.1. Légèreté

L'aluminium est plus léger, et présente des caractéristiques mécaniques très élevées, il est largement utilisé dans les transports terrestres rapides et la fabrication des carrosseries des véhicules. La production d'aluminium n'est seulement un peu plus 2 % de celle de l'acier ce métal et ses alliages qui en dérivent arrivent en second position en ce qui concerne la production et l'utilisation des matériaux métalliques. L'expérience montre que l'allégement obtenu avec une structure en alliage d'aluminium peut atteindre 50% par rapport à une structure équivalente en acier inoxydable (DIN-STIRBU, 2005).

2.1.4.2. La conductivité électrique et thermique

L'aluminium fournit une excellente prise électrique, et est utilisé de plus en plus pour les lignes à haute tension parce qu'un poids inférieur à celui du cuivre, et aussi il offre un fort pouvoir caloporteur comme l'utilisation dans des dispositifs de refroidissement (Baïllon et Dorlot, 2000).

2.1.4.3. La tenue à la corrosion

L'aluminium et ses alliages ont généralement une bonne tenue à la corrosion (atmosphérique, en milieu marin). L'aluminium est couramment utilisé par les architectes, ainsi que dans les bâtiments publics (La pyramide du Louvre « constituée de verre et de métal »). Toute offre de nombreuses possibilités de formes et de traitements de surface, des structures de construction, transformation de l'aluminium nécessite beaucoup d'entretien et de la résistance au fil du temps. Cette bonne tenue à la corrosion alliée à sa faible densité a permis un développement des applications de l'aluminium dans le bâtiment. Les utilisateurs disposent ainsi :

- D'une durée de vie des équipements accrue. Il n'est pas rare de trouver intacts des toitures, des bardages, des équipements de portes, des bateaux..., vieux de plusieurs décennies (DIN-STIRBU, 2005 ; Vargel, 1999).
- D'une esthétique pérenne. Les produits de corrosion de l'aluminium sont blancs et propices à traitements de coloration (Vargel, 1999).

2.1.4.4. Aptitudes aux traitements de surfaces :

Les traitements de surfaces sur l'aluminium ont plusieurs objectifs parmi lesquels (Hatch et Park, 1984) :

- La protection de certains alliages, quand leur résistance à la corrosion « naturelle » est jugée insuffisante.
- La pérennité de l'aspect en évitant la corrosion par piqûre ou le noircissement.
- La modification des propriétés de surface comme la dureté superficielle.
- La décoration du métal par anodisation puis colmatage pigmentaire.

2.1.4.5. Le recyclage

Le recyclage de l'aluminium plus efficace par rapport à d'autres métaux, et ne représente que 5% de l'énergie nécessaire à l'élaboration du métal à partir d'un minerai, et l'expérience montre que les déchets d'aluminium ont une valeur marchande supérieure à celle des ferrailles car une tonne d'aluminium recyclé

permet d'économiser quatre tonnes de bauxite, en évitant l'étape de l'électrolyse, ce qui nécessite beaucoup d'énergie et d'éviter les polluants associés émissions. L'aluminium est quasiment recyclable à l'infini sans perdre ses qualités (DIN-STIRBU, 2005 ; Vargel, 1999).

2.1.4.6. Propriétés mécaniques

L'aluminium commercialement pur dans l'état recuit a une faible propriété mécanique mais peut grandement améliorer ces propriétés par écrouissage, par addition d'éléments d'alliage ou par traitements thermiques, selon les cas. Ainsi, il apparaît à l'état recuit une excellente ductilité par rapport aux aciers. L'aluminium est un matériau relativement élastique mais peu malléable (Baïllon et Dorlot, 2000 ; Hatch et Park, 1984).

2.1.5. Production de l'aluminium

La production industrielle de l'aluminium est un processus délicat à cause de la difficulté de la séparation de celui-ci à partir du minerai (Serradj, 2014). Les bauxites, seule source de l'aluminium (Bayarassou, 2018), sont des roches riches en aluminium (Djabri, 2016) ou la bauxite est le minerai le plus utilisé pour obtenir de l'alumine ; matière intermédiaire nécessaire à la fabrication de l'aluminium (Colombié et coll, 2008) ; la bauxite est formée par l'altération vite des roches granitiques en climat chaud et humide (Bayarassou, 2018 ; Lemmadi, 2014)

L'aluminium a une faible masse volumique (2,7 g.cm⁻³) (Fareh, 2012) il résiste bien, naturellement, à la corrosion atmosphérique grâce à la formation d'une fine couche superficielle d'alumine Al₂O₃. Cette couche le protège contre les ravages de l'air, de la température de l'humidité et des attaques chimiques (LOÏC Oger, 2017).

L'alumine est un composé très dur, mais à la température ambiante, l'alumine devient insoluble dans tous ses composés chimiques courants avec une mauvaise conduction électrique (Bayarassou, 2018 ; Serradj, 2014).

2.1.6. Alliages à base d'aluminium

Afin d'améliorer les mécaniques de l'aluminium non allié à caractéristiques très réduite, on procède souvent à l'addition d'autres éléments de nature différentes, ces éléments entrent en solution solide et peuvent également être présents sous forme de phase intermétallique. La composition des phases, leur finesse, répartition et

cohérence avec la matrice d'aluminium, fragilité intrinsèque et stabilité thermique et mécanique sont également déterminantes pour les propriétés d'alliage d'aluminium (Cornet et Hlawka, 2010).

On distingue trois grandes catégories d'alliages d'aluminium :

2.1.6.1. Alliages corroyés :

Produits obtenus par les procédés de déformation plastique à chaud ou à froid tels que le filage, le laminage et le formage (Cornet et Hlawka, 2010).

2.1.6.2. Alliages de moulage :

Produits obtenus par fonderie par coulée en sable (moule en sable) ou en coquille (moule en fonte ou en acier) ou encore par coulée sous pression (Cornet et Hlawka, 2010).

2.1.6.3. Alliages de frittage :

Produits obtenus par la méthode de la métallurgie des poudres qui est une méthode révolutionnaire d'élaboration de pièces mécaniques (Cornet et Hlawka, 2010).

2.1.7. Utilisation

L'aluminium est un élément chimique qui, en dehors de son utilisation comme métal à l'état pur, est utilisé sous forme de sels. Les plus courants sont l'oxyde, l'hydroxyde, le sulfate, le phosphate, le chlorhydrate et le silicate d'aluminium. Ces sels sont employés dans des secteurs aussi nombreux que variés :

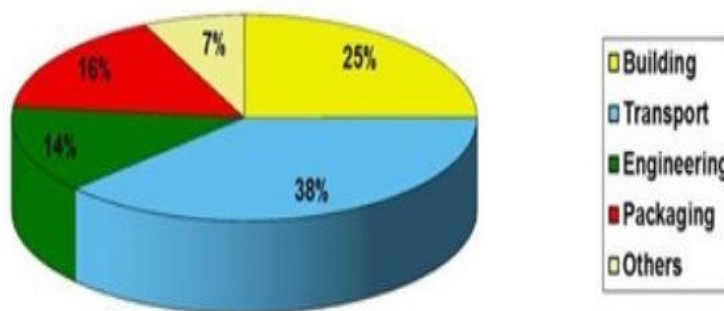


Figure 2 : Consommation d'aluminium par secteur d'activité en Europe en 2011 (<http://www.alueurope.eu/about-aluminium/facts-and-figures/>)

- Le bâtiment, sous forme d'alliages avec d'autres métaux pour la fabrication des fenêtres, portes et gouttières
- Les transports, également sous forme d'alliages pour des pièces automobiles, ferroviaires, maritimes, aéronautiques et aérospatiales
- L'ingénierie, pour la fabrication de composants électriques et d'objets électroniques (comme les ordinateurs, les téléphones portables)
- La pharmacie, pour les solutions parentérales et les médicaments. Dans ces derniers, ces sels sont aussi bien utilisés comme principes actifs dans les antiacides (ils diminuent l'acidité gastrique grâce à un effet tampon) et pansement gastro-intestinaux (ils adhèrent aux parois des muqueuses) que comme excipients ou adjuvants dans les vaccins (même si leur mécanisme d'action reste inconnu, ils stimulent la réponse immunitaire)
- La chirurgie, dans des céramiques ou alliages pour la chirurgie dentaire et orthopédique
- La cosmétologie, pour les colorants capillaires, crèmes de soins corporelles, produits de rasage ou de maquillage pour le visage, les anti-transpirants et les dentifrices
- L'agroalimentaire, pour les ustensiles de cuisine, l'emballage mais aussi pour les colorants, les conservateurs ou les additifs
- Le traitement des eaux d'alimentation (le sulfate d'aluminium est utilisé comme agent clarifiant et floculant) (Sonthonnax, 1989).

2.1.8. Exposition de l'être humain à l'aluminium

2.1.8.1. Exposition chez les professionnels de l'aluminium

L'exposition de l'organisme humain à l'aluminium dépend des teneurs présentes dans les milieux de contact. Chez les professionnels de l'aluminium, cette exposition va donc dépendre du secteur d'activité. Les concentrations constatées dans l'air des ateliers de soudage sur aluminium sont comprises entre 0,2 et 37,2 mg/m³. Celles des ateliers de production de poudre d'aluminium sont comprises entre 5 et 21 mg/m³ et celles des unités d'affinage électrolytique entre 0,2 et 4,9 mg/m³. Avec

moins de 1 mg/m³, la fonderie est le secteur où l'on a constaté les plus faibles concentrations d'aluminium dans l'air des ateliers.

Ainsi, à titre d'exemple, un travailleur d'un atelier de soudage sur aluminium peut inhaler (pour une période de 8 heures par jour, 5 jours par semaine et avec un débit ventilatoire moyen de 10 m³/8 heures) jusqu'à 1,86 g d'aluminium par semaine (Frery C et Frery N, 2004).

2.1.9. Les sources d'exposition chez la population en générale

2.1.9.1. Exposition par l'air

Selon les études, les concentrations atmosphériques d'aluminium sont généralement comprises entre 0,008 µg/m³ et 7 µg/m³. Ce large écart s'explique par la présence éventuelle, près du lieu de prélèvement, d'une source géologique ou d'un site industriel de production d'aluminium. Ces concentrations correspondent à des inhalations de 16 x 10⁻⁵ à 0,14 mg d'aluminium par jour (avec un débit ventilatoire de 20 m³/jour) (Frery C et Frery N, 2004).

2.1.9.2. Exposition par l'eau

▫ Eaux du robinet : l'aluminium présent dans l'eau peut avoir deux origines naturelles ou issues du traitement visant à transformer l'eau "brute" en "potable".

▫ Eaux embouteillées : les eaux embouteillées peuvent également contenir de l'aluminium, On distingue plusieurs types d'eaux embouteillées : les eaux minérales naturelles, les eaux de sources et les eaux rendues potables par traitement.

2.1.9.3. Exposition alimentaire

L'aluminium présent dans l'alimentation de l'Homme peut avoir plusieurs origines : l'aliment en tant que tel, les additifs et les conditionnements alimentaires.

2.1.9.4. Les aliments pouvant contenir de l'aluminium

En raison de sa présence naturelle dans l'environnement, tous les aliments peuvent contenir de l'aluminium. La grande majorité des denrées alimentaires consommées par l'homme contiennent des teneurs comprises entre 1 et 10 mg d'aluminium/kg de

poids frais. Avec des valeurs supérieures à 3 mg/kg, c'est le thé, le pain, les biscottes, les céréales, les biscuits, les légumes, les fruits secs et graines oléagineuses, les glaces, le chocolat ainsi que les crustacés qui en contiennent le plus.

2.1.9.5. Les additifs alimentaires

Pour les denrées transformées ou en conserves, l'aluminium présent peut provenir de l'ajout d'additifs alimentaires. Les additifs alimentaires à base d'aluminium sont principalement utilisés comme (Belle, 2010) :

- colorants (E 173 : aluminium métallique)
- anti-agglomérant (E 554, E 555, E 556, E 559)
- agents raffermissants et épaississants (E 520, E 521, E 522)
- correcteur de pH (E 523)
- stabilisant (E 541).
- des produits secs comme les poudres de lait et lactosérums
- des fruits et légumes cristallisés et glacés pour les pâtisseries, cake et glaces
- des génoises de biscuits et pâtisseries.

2.1.9.6. Les objets au contact des aliments

Les objets en aluminium qui sont en contact avec les denrées alimentaires peuvent être divisés en 3 catégories : les emballages et les objets de conditionnement (canettes de soda, boîtes de conserve et boîtes Tetra Pack®), les ustensiles de cuisine (l'aluminium est léger et il conduit bien la chaleur) et les sucettes ou tétines pour enfants.

2.1.10. Exposition par les produits cosmétiques

L'aluminium entre dans la composition de nombreux produits cosmétiques. Il est utilisé pour diverses fonctions :

- antitranspirant dans les déodorants
- abrasif dans les produits dentaires et les produits pour le visage et le corps
- agent de viscosité dans les produits de soins et de maquillage
- absorbant dans les masques pour le visage.

2.1.11. Exposition par les produits de santé

2.1.11.1. Médicaments antiacides et pansements gastro-intestinaux

L'aluminium (le plus souvent sous forme de sel de phosphate ou d'hydroxyde) est utilisé comme principe actif dans les médicaments antiacides et les pansements gastro-intestinaux. Son action antiacide repose à la fois sur le pouvoir tampon de l'aluminium et sur sa capacité à complexer l'acide chlorhydrique (responsable de l'acidité de l'estomac). L'indication de ces médicaments dans le reflux gastro-œsophagien ou l'ulcère peptique doit être uniquement symptomatique et réservée à des traitements de courte durée.

2.1.11.2. Nutrition parentérale

Pour la nutrition parentérale, la contamination des solutés peut avoir 3 origines : les matériaux de conditionnement, les substances actives et l'eau.

2.1.11.3. Produits de dialyse

L'aluminium présent dans ces solutions de dialyse peut donc avoir plusieurs origines. Tout d'abord, pour la dilution, on va utiliser de l'eau du robinet qui comme on l'a déjà vu, peut contenir des sels d'aluminium.

2.1.11.4. Les vaccins

L'aluminium est utilisé dans les vaccins comme adsorbant et comme adjuvant pour stimuler l'immunité (Sonthonnax, 1989).

2.1.12. Toxicité de l'aluminium

L'aluminium aurait un pouvoir toxique pour l'Homme. Cette toxicité est relative et s'observerait uniquement chez des sujets particuliers et exposés à de fortes doses d'aluminium pour certains chercheurs, et pour d'autres ce métal qui est omniprésent dans notre quotidien posséderait une toxicité au long cours, même pour des sujets exposés à des faibles doses d'aluminium.

2.1.12.1. Toxicité aiguë

Les cas d'intoxications aiguës à l'aluminium sont très rares, Chez l'homme, il y a peu de cas de décès par ingestion d'une importante quantité d'aluminium. Les cas recensés sont liés à des ingestions volontaires (suicides) ou accidentelles de

pesticides (présence de phosphore d'aluminium). Dans ces cas-là, ce n'est pas directement l'aluminium qui a été mis en cause, mais le gaz phosphine qui a été produit au niveau gastro-intestinal. La réelle toxicité de l'aluminium va donc s'observer dans le cadre d'expositions chroniques (AFSSAPS, 2011)

2.1.12.2. Toxicité chronique

2.1.12.2.1. Effets neurologiques

- Encéphalopathie

Cette pathologie peut être soit liée à un apport chronique de faibles quantités d'aluminium ou à l'inverse à de fortes quantités sur une durée plus faible. Puisque ce dernier type d'événement est plutôt rare, c'est bien l'exposition chronique qui est la plupart du temps à l'origine du développement de cette pathologie.

- Troubles psychomoteurs

Des troubles psychomoteurs ont également été mis en évidence chez les professionnels de l'aluminium, les dialysés et les nouveau-nés prématurés ayant reçu une nutrition parentérale prolongée (avec une concentration en aluminium importante).

- Maladie d'Alzheimer

Il existe un lien entre l'aluminium et la maladie d'Alzheimer remonte aux années 70. En effet, c'est en 1976 que pour la première fois, Crapper et son équipe ont découvert, au cours d'une observation histologique du cerveau de sujets atteints de cette pathologie, de l'aluminium dans les plaques séniles et les amas neurofibrillaires. Ensuite, c'est au milieu des années 80 que se lance le débat sur le rôle de l'aluminium dans les démences et la maladie d'Alzheimer (AFSSA, AFSSAPS, 2003).

2.1.12.2.2. Effets immunitaires et allergiques

2.1.12.2.2.1. Sclérose en plaques

Le lien entre l'aluminium et la Sclérose en plaques a été suggéré la première fois en 2004 dans une étude menée par Hernan. Selon lui, l'aluminium présent dans les vaccins contre l'hépatite B serait responsable de l'apparition des Sclérose en plaques

"post- vaccinales" observées quelques années après la vaccination. D'après ses observations, le risque de développer une Sclérose en plaques serait 3,1 fois plus élevé trois ans après la vaccination contre l'hépatite B (Herman M et al., 2004).

2.1.12.2.2.2. Réactions allergiques

Des réactions allergiques à l'aluminium ont été observées. Ces réactions s'expriment principalement par des réactions locales au point d'injection après une vaccination et des irritations cutanées après application de déodorant à base de sels d'aluminium. Concernant les réactions locales au point d'injection après vaccination, des études comme celle de Barbaud en 1995 mettent en évidence que ce sont bien les sels d'aluminium qui sont responsables de ces réactions, surtout pour les vaccins contenant de l'hydroxyde et de l'oxyde d'aluminium.

Les réactions apparaissent très rapidement après l'injection et se manifestent par un érythème et une induration. Ensuite, un nodule peut apparaître. Ce dernier est sensible à la palpation et peut persister quelques semaines pour enfin disparaître spontanément.

2.1.12.2.3. Effets cancérigènes

Les effets cancérigènes de l'aluminium ont principalement été rapportés chez les professionnels. Dans la population générale, des études se sont intéressées aux effets cancérigènes de l'aluminium par voie cutanée. L'impact des autres voies d'exposition n'a pour l'instant pas été étudié pour la population générale.

Chez les professionnels de l'aluminium, les études réalisées depuis les années 70 mettent en évidence plusieurs zones cancéreuses. Les plus fréquemment observées se situent au niveau du poumon et de la vessie.

L'étude la plus récente sur le sujet a été menée par Schroeder en 1997. Elle a porté sur 667 cas (travailleurs au contact de l'aluminium dans l'industrie automobile et décédés d'un cancer du poumon) et 3041 témoins (Schroeder et al., 1997).

2.1.12.2.4. Les autres effets

En plus des principaux effets toxiques évoqués précédemment, l'aluminium pourrait également provoquer des effets sur la sphère osseuse, respiratoire, hématologique et sur les fonctions de reproduction.

2.2. Phytothérapie et plantes médicinales

2.2.1. Plantes médicinales

2.2.1.1. Généralités sur les plantes médicinales

Depuis l'origine du temps, l'Homme s'est tourné vers les végétaux pour y trouver l'essentiel de sa nourriture, de sa médication et de sa survie (Fuinel, 2002).

Dans le monde, il pousse plus de 20.000 espèces de végétaux à usages condimentaires médicinaux ou cosmétiques (Lesley, 2005).

D'après le Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, les plantes médicinales sont surtout utilisées en médecine et en pharmacie mais aussi en aromathérapie sous forme d'huiles essentielles, en cosmétique, pour éloigner les moustiques, et même dans l'industrie où certaines plantes sont utilisées en extraits comme désodorisants.

Les grands types de plantes aromatiques et médicinales utiles à l'Homme peuvent être définis par leur principal usage telles que : les tisanes, les cosmétiques, les condimentaires, l'alimentaires et les industrielles (Yvonne et Chadouli, 2012). Actuellement la médication, par les plantes connaît un regain d'intérêt notable, et c'est grâce aux études scientifiques basées sur les méthodes analytiques et les expérimentations nouvelles, que le monde médical découvre le gain des prescriptions empiriques des plantes médicinales (Lahsissene et al., 2009).

2.2.1.2. Définition

Les plantes médicinales sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques, métabolites primaires ou secondaires ou de la synergie entre les différents composés présents (Sanago, 2006).

Les plantes médicinales sont des plantes utilisées en phytothérapie pour leur principes actifs, elles peuvent être vendues en herboristerie, en pharmacie, avec ou sans prescription selon la réglementation du pays (Ramli, 2013).

2.2.1.3. Origine des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont caractérisées par deux origines. Ce sont les plantes spontanées dites "sauvages" ou "de cueillette", et les plantes cultivées (Chabrier, 2010).

2.2.1.3.1. Plantes de cueillettes

Cette catégorie constitue les plus anciennement utilisées et représentant encore aujourd'hui un pourcentage notable du marché mondial. Leur répartition et développement dépend de plusieurs facteurs tels que le type de sol et surtout du climat (Chabrier, 2010). Ces plantes sont en effet influencées par la température, la latitude, l'altitude, la composition du sol, etc. Ces conditions édaphiques font de ces plantes des véritables réservoirs de spécificités génétiques.

2.2.1.3.2. Plantes de cultures

Ces plantes permettent, grâce aux techniques de culture standardisées d'obtenir des matières premières de bonne qualité en quantité suffisante et homogènes. En effet, la culture des plantes médicinales répond à des directives de l'OMS sur les bonnes pratiques agricoles et des bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. Elles s'appliquent à la culture, à la récolte des plantes médicinales et à certaines opérations postérieures à la récolte. Les directives peuvent être adaptées à la réglementation en vigueur dans les différents pays. En plus de tous ces bénéfices sur la qualité, la culture pallie la dispersion ou la disparité des peuplements naturels. L'importante diversité créée au sein des espèces cultivées, bien que très inférieure à celle de la flore spontanée, constitue aussi un réservoir de spécificités génétiques (Chabrier, 2010).

2.2.1.3. Intérêts des plantes médicinales

La plupart des espèces végétales contiennent des substances qui peuvent agir sur l'organisme humain et animal. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie. Elles présentent en effet, des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus (Iserin, 2001).

Les plantes médicinales sont importantes pour la recherche pharmaceutique et l'élaboration des médicaments, directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matière première pour la synthèse des médicaments ou comme modèle pour les composés pharmaceutiques actifs (Decaux, 2002).

La raison fondamentale est que les principes actifs végétaux proviennent de processus biotiques répandus dans tout le monde vivant, alors que l'essentiel des médicaments de synthèse sont des xéno-biotiques aux effets secondaires très mal maîtrisés (Bruneton, 2009).

2.2.2. Phytothérapie à base de *Rosmarinus officinalis*

Le mot phytothérapie se compose étymologiquement de deux racines grecques « photon » et « thérapie » qui signifient respectivement « plante » et « traitement » (Mansour, 2015). Elle est reliée à une expérience pratique et à des observations faites de génération en génération, et transmises de façon orale ou écrite (Grozat, 2001).

La phytothérapie est la science des plantes médicinales ou la médication par les plantes, c'est l'une des sources de traitement des maladies qui demeurent basées sur l'observation ou l'analyse vient confirmer ce qu'on observe depuis déjà des millénaires (Provost, 1991 ; Beloued, 2001).

Le romarin est un arbrisseau qui doit son nom au latin *ros*, rosée et *marinus*, marin. En effet, d'après la légende, le romarin est une plante que l'on retrouvera seulement dans les régions où s'étend la rosée venant de la mer, au petit jour. Dans d'autres régions, on le surnomme "la Rose de mer" en latin *Rosa marina* qui a donné son nom au genre (Escuder, 2007). Le romarin est un symbole des fêtes, funéraires, il était abondamment utilisé pour confectionner des couronnes. Tout d'abord destinées à parer les jeunes épouses lors de la cérémonie, ces feuilles ont par la suite orné les têtes des étudiants en Grèce, car le romarin était reconnu pour avoir une action stimulante sur les fonctions mentales (Bellakhdar, 2006).



Figure 3 : La plante de Romarin (Makhloufi, 2009).



Figure 4 : Extrémité d'un Romarin en fleurs (Berkane, 2015).

2.2.2.1. Classification et synonymie

Le romarin possède plusieurs synonymies selon les différentes régions d'Algérie :

Région de l'Est : Eklil

Région de l'Ouest : Helhal

Région du Centre : Yazir (Med-Chclist, 1986).

La classification botanique du romarin est comme suit (Quezel et Santa, 1963) :

Règne : Plantes Embranchement : Spermaphytes

Classe : Dicotyledones

Ordre : Lamiales (Labiales)

Famille : Lamiaceae

Genre : *Rosmarinus*

Espèce : *officinalis* L.

2.2.2.2. Principes actifs

Les principaux constituants du romarin responsables des différentes propriétés sont :

Les acides phénoliques : acide vanillique, acide caféique, acide p-coumarique. Les flavonoïdes : genkwanine, cirsimaritrine (Ibañez et al., 2003) ériocitrine, heserédine, diosmine, lutéoline (Okamura et al., 1994) et apigénine (Yang et al., 2008).

2.2.2.3. Répartition géographique

Le Romarin se trouve dans toutes les contrées mondiales de l'Europe, plus particulièrement sur le pourtour méditerranéen, de préférence dans les lieux secs et arides, exposés au soleil, à l'état sauvage il se trouve sur des sols calcaires (Zeghad, 2008).

2.2.2.4. Son utilisation

Le Romarin est souvent cultivé pour son huile essentielle. L'huile du Romarin a été largement répandue pendant des siècles, comme un des ingrédients en produits de beauté, savons, aussi bien pour l'assaisonnement et la conservation des produits alimentaires, notamment dans la médecine traditionnelle ses parties aériennes sont utilisées par voie orale pour soulager la colique rénale, les dysménorrhées et comme antispasmodique (Benikhlef, 2014).

2.2.2.5. Activité antioxydante du romarin

Le romarin est largement accepté en tant qu'épices ayant une activité antioxydante très élevée (Wang et al, 2008). Divers modèles d'essai expérimentaux ont été employés pour la caractérisation des propriétés anti oxydantes des extraits aqueux, de quatre herbes appartenant à la famille de Lamiacée : *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* et *Thymus vulgaris*. Les extraits ont montré des degrés variables d'activité dans tous les essais utilisés (Dorman et al., 2003), Plusieurs auteurs ont étudié l'utilisation des extraits du romarin comme antioxydant pour conserver les produits à base de viande (Nassu et al., 2003 ; Balentine et al., 2006 ; Fernandez-Lopez et al., 2005 ; Sebranek et al., 2005).

Dans une autre étude les propriétés antioxydantes et anti-radicalaires de 11 huiles essentielles ont été examinées au moyen du test de blanchissement du β -carotène, le test au DPPH et l'analyse photo-chimiluminescence (PCL). Les résultats ont montré que l'huile essentielle du romarin était parmi les huiles qui ont une activité importante (Sacchetti et al., 2005).

3. Matériel et Méthodes

3.1. Lieu et période de travail

Notre partie expérimentale était au niveau du Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, à l'Université Chadli Bendjedid - El Tarf, pour une durée de trois mois (de mars jusqu'à mai 2024).

3.2. Modèle animal

Notre modèle animal est *Helix aspersa*, il appartient à l'embranchement des mollusques, animaux à corps mous et dépourvus de squelettes. Il fait partie de la classe des gastéropodes, sa masse viscérale présente une torsion de 180° par rapport au pied d'où une asymétrie de certains de ses organes (Bonnet et al., 1990). Il possède un poumon (ou cavité palléale), ce qui le situe dans le super ordre des Pulmonés. Il appartient à l'ordre des Stylomatophores, caractérisés par des yeux à l'extrémité des tentacules oculaires. Son corps entier peut se loger à l'intérieur de la coquille enroulé en spires ce qui caractérise la famille des Hélicidés (Daguzan, 1981) ; sa spirale tourne généralement dans le sens des aiguilles d'une montre.

Selon Bonnet et Vrillon (1990) sa position systématique est la suivante :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Mollusques
- Classe : Gastéropodes
- Sous -classe : Euthyneurs
- Super ordre : pulmonés
- Ordre : stylomatophores
- Famille : Helicidae
- Genre : *Helix*
- Espèce : *aspersa*

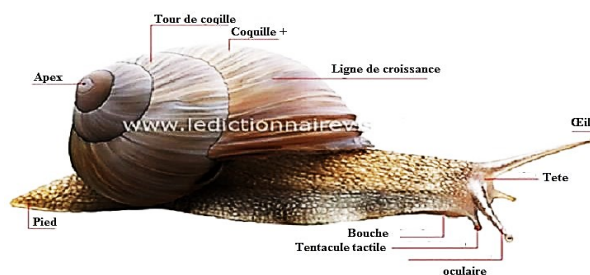


Figure 5 : Morphologie de l'escargot *Helix aspersa* (Bonnet et al., 1990).

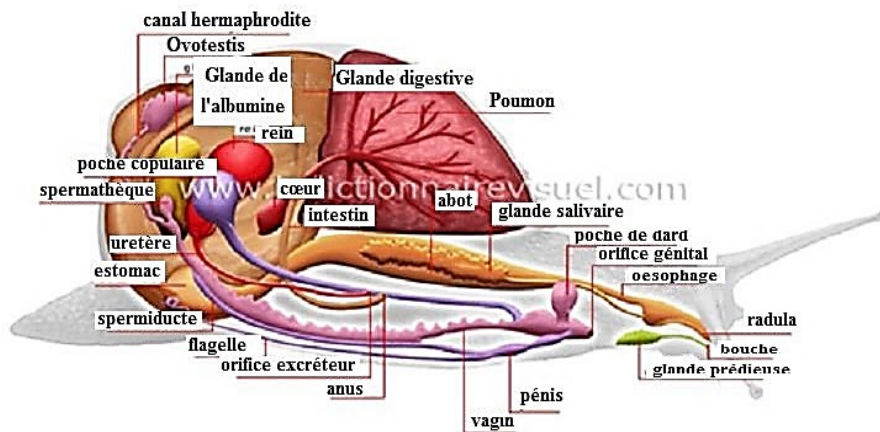


Figure 6 : Anatomie de l'escargot *Helix aspersa* (Bonnet et al., 1990).

3.3. Collection et adaptation

Les escargots ont été collectés en janvier, février et mars dans la région de Bouteldja, d'El Tarf, où ils ont été placés dans un seau en plastique transparent percé pour pouvoir respirer, Ils sont nettoyés quotidiennement avant de les nourrir et une humidité artificielle est assurée par un vaporisateur d'eau, Les escargots ont mangé de la salade pendant toute cette période d'environ vingt-cinq jours avant d'être disséqués.



Figure 7 : L'élevage des escargots.

3.4. Plante médicinale : *Rosmarinus officinalis* L.

Le romarin qui dit le nom rose de mer vient simplement du fait qu'il pousse spontanément au bord de la mer. C'est un arbrisseau de 50 cm à 1 mètre et plus, toujours vert, très aromatique, très rameux et très feuillé.

Les fleurs sont d'un bleu pâle ou blanchâtre. Son écorce s'écaille sur les branches les plus âgées et son odeur est extrêmement odorante et tenace (Makhloufi, 2009). La floraison commence dès le mois de février (ou janvier parfois) et se poursuit jusqu'à avril-mai (Mostefai, 2012). Selon Mathias (2008), le romarin fait partie à la famille de Lamiaceae sous le nom scientifique *Rosmarinus officinalis*. Son pollen est caractérisé par la couleur blanc grisâtre.

3.5. Extraction

3.5.1. Préparation de la plante récoltée

Après avoir collecté la plante de la zone d'El Zitouna (El Tarf) en Novembre 2023, elle a été bien nettoyée puis séchée à l'ombre pendant quelques jours. Après cela, nous l'avons stockée dans du papier kraft avec une étiquette contenant tout ce qui s'y rapporte (genre, espèce, date de la récolte).

3.5.2. Protocole d'extraction

L'extraction a été réalisée par procédé d'hydrodistillation, où ont été introduits 500 ml d'eau distillée et 37.3 g des feuilles séchées de *Rosmarinus officinalis* L., dans le ballon de l'hydro-distillateur. On réalise le montage d'hydro-distillateur qui porte le mélange jusqu'à l'ébullition. L'extrait obtenu est collecté après trois heures et conservé dans un flacon en verre protégé par du papier d'aluminium et conservé au réfrigérateur.



Figure 8 : Quelques étapes de l'extraction de la plante *Rosmarinus officinalis* L.

3.6. Solution-mère de trichlorure d'aluminium

La préparation de la solution-mère de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) s'est fait dans un bécher à une concentration de 0.3 mg d' AlCl_3 /1 ml d'eau distillée.

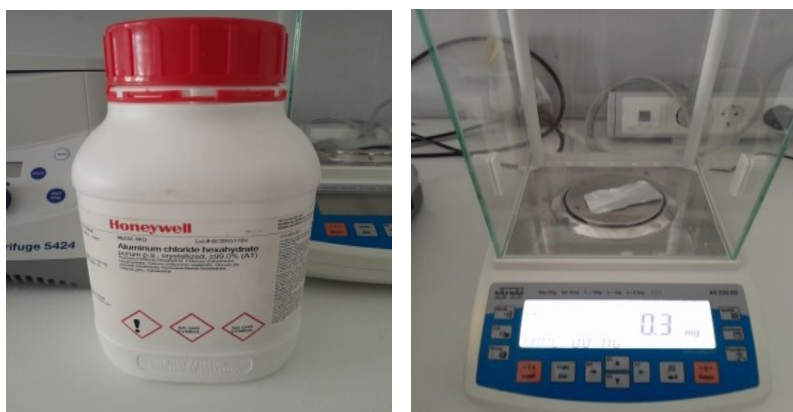


Figure 9 : la concentration de trichlorure d'aluminium (AlCl_3).

3.7 Protocol expérimental

3.7.1. Dissection

Le processus d'anesthésie s'est fait par le froid (-9 à -10 °C), c'est à dire que nous avons mis les escargots au congélateur pendant 20 à 30 minutes avant la dissection. Nous avons mesuré le poids frais de chaque escargot à l'aide d'une balance. Nous avons disséqué les escargots sur une plaque de dissection, et nous avons commencé par retirer les coquilles à l'aide de ciseaux et lames Bistouri, puis coupé la coquille interne et soigneusement séparée du reste de l'organisme pour éviter d'endommager ses organes internes. À l'aide d'une loupe binoculaire, nous avons isolé l'hépatopancréas, qui a été pesé par une balance de précision.



Figure 10 : Le matériel utilisé pour les mesures et la dissection.

3.7.2. Groupes expérimentaux

Les escargots précédents ont été répartis au hasard en quatre groupes, Dans chaque groupe, nous avons placé 8 escargots. La durée du traitement était de 14 jours consécutifs :

- ❖ Groupe 1 (témoin, T) : Les escargots ont mangé les morceaux de la salade durant ces 14 jours et se sont parfois noyés dans l'eau distillée, Chaque organe concerné a été placé dans un morceau de papier d'aluminium et conservé au congélateur.
- ❖ Groupe 2 (traité à l'extrait de *Rosmarinus officinalis L.*, E) : les escargots ont mangé des morceaux de la salade imprégnés dans l'extrait *Rosmarinus officinalis L.*, pendant ces 14 jours. Nous avons laissé la salade dans le mélange pendant 20 minutes, après nous avons mesuré chaque morceau avec une balance de précision.



Figure 11 : L'immersion de la salade dans l'extrait de *Rosmarinus officinalis L.*

Nous avons répété le processus tous ces jours (14 jours) en observant et en mesurant chaque morceau de salade donné.

Le 14^{ème} jour, nous avons disséqué les escargots et pris l'hépatopancréas et avons placé chaque organe dans un morceau de papier d'aluminium, puis nous les avons placés au congélateur.

- ❖ Groupe 3 (traité au trichlorure d'aluminium, A) : Les escargots ont mangé de la salade sans extrait. Au 12^{ème} jour, ils ont été placés dans de l'aluminium par immersion pendant 30 minutes.

- ❖ Groupe 4 (traité à l'extrait de *Rosmarinus officinalis L.* puis au trichlorure d'aluminium, E+A) : Les escargots ont été traités avec l'extrait de *Rosmarinus officinalis L.*

Le 12^{ème} jour, nous avons commencé à leur donner la solution d'aluminium préalablement préparée par immersion pendant 30 minutes. Le 14^{ème} jour, nous les avons disséqués.

Nous avons pris l'hépatopancréas de chaque escargot et l'avons broyé dans un mortier avec la solution de phosphate. Ensuite, nous avons pris l'homogénat et l'avons mis dans un tube Eppendorf et l'avons centrifugé pendant dix minutes à une vitesse de 6000 par minute.

3.7.3. Dosage du glutathion réduit (GSH)

Le principe de ce dosage repose sur la mesure de l'absorbance optique par un spectrophotomètre de l'acide 2-nitro-5-mercaptopurique. Ce dernier résulte de la réduction de l'acide 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque (réactif d'Ellman) par les groupements thiols (-SH) du glutathion. Une fois préparé, le surnageant doit subir une déprotéinisation (par l'acide sulfosalicylique 0,25 %) afin de protéger les groupements -SH du glutathion (Weckbecker et Cory, 1988).

La procédure expérimentale du dosage du GSH est la suivante :

- Prélever 0,8 ml du surnageant.
- Ajouter 0,2 ml d'une solution d'acide sulfosalicylique (SSA) 0,25 %.
- Agiter et laisser pendant 15 minutes dans un bain de glace.
- Centrifuger à 1000 tours/min pendant 5 minutes.
- Prélever 0,5 ml du surnageant.
- Ajouter 1 ml du tampon Tris-EDTA, pH = 9,6.
- Mélanger et ajouter 0,025 ml de l'acide 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque (DTBN) à 0,01 M (dissous dans le méthanol absolu 99%).
- Laisser pendant 5 minutes dans la température ambiante pour la stabilisation de la couleur. La réaction colorimétrique se développe instantanément.
- Mesurer l'absorbance optique à 412 nm par le spectrophotomètre (Specord 210 Plus, Germany). La concentration du glutathion est obtenue par la formule suivante :

$$\text{GSH (nM/mg de tissu)} = (\text{DO} \times 1 \times 1,525) / (13100 \times 0,8 \times 0,5)$$

DO : La densité optique.

1 : Le volume total des solutions utilisées dans la déprotéinisation (0,8 ml homogénat + 0,2 ml SSA).

1,525 : Le volume total des solutions utilisées dans le dosage du GSH au niveau du surnageant (0,5 ml surnageant + 1 ml Tris EDTA + 0,025 ml DTNB).

13100 : Le coefficient d'absorbance (concernant le groupement -SH à 412 nm).

0,8 : Le volume de l'homogénat trouvé dans 1 ml.

0,5 : Le volume du surnageant trouvé dans 1,525 ml.

3.7.4. Dosage de la catalase (CAT)

L'activité de la catalase a été mesurée à 240 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (UVmini-1240 SHIMADZU, Japan) par la diminution de la densité optique consécutive à la dismutation du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en faisant réagir dans 150mM de tampon phosphate pendant une minute à pH 7, 500µl de H₂O₂ (20mM) sur 10µl du surnageant, à une température d'incubation de 25°C. Le Tableau 2 ci-dessous représente les concentrations et les quantités des réactifs nécessaires au dosage de l'activité de la catalase (Aebi, 1973 ; Ogura et Yamazaki, 1983).

Tableau 2 : Protocole du dosage de l'activité de la catalase.

	Essai (µl)	Blanc (µl)
Tampon phosphate (150 mM ; pH 7)	490	500
H ₂ O ₂ (20 mM)	500	500
Surnageant	10	-

La lecture de l'absorption se fait instantanément chaque 5 secondes et durant 30 secondes de mesure, l'activité de la catalase peut être calculée selon l'équation suivante :

$$\text{Activité CAT (unités/ml)} = \frac{\left[\frac{\Delta \text{ABS}(\text{Blanc})}{\text{min}} - \frac{\Delta \text{ABS}(\text{Essai})}{\text{min}} \right] \times 1}{V \times \varepsilon}$$

$$\text{Activité CAT (unités/ml)} = ([\Delta \text{ABS}(\text{Blanc})/\text{min} - \Delta \text{ABS}(\text{Essai})/\text{min}] \times 1) / (V \times \varepsilon)$$

ABS : Absorbance

1 : Le volume de la réaction (1 ml)

V : Le volume de l'échantillon dans la réaction (10 µl = 0.01 ml)

ε : Coefficient d'extinction (0,0436 mM)

Définition de l'Unité : une unité de catalase décomposera 1,0 micromole de peroxyde d'hydrogène en oxygène et en eau par minute à pH 7,0 à 25 °C à une concentration de substrat de 10 mM de peroxyde d'hydrogène.

3.8. Détermination des paramètres physiques de *Rosmarinus officinalis*

3.8.1. Profil spectral à l'ultraviolet

Un balayage spectrophotométrique (Specord 210 Plus, Germany) de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis* a été fait dans le spectre UV (190 à 390 nm) pour déterminer les plages et pics d'absorption.

3.8.2. Indice de réfraction

Quelques gouttes de l'extrait ont été déposées sur le réceptacle du réfractomètre (r2i300, USA) pour savoir l'indice de réfraction (nD).

3.8.3. Viscosité

Un certain volume de l'extrait a été mis au contact de la sonde mobile du viscosimètre (Fungilab, Spain) pour connaître la viscosité.

3.9. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de SPSS (version 24) et Excel (version 2016). Une comparaison des moyennes suivie d'une analyse de variance (ANOVA) ont été appliquées sur les mesures pondéraux, le taux de GSH et l'activité de catalase. Un test Post-Hoc a été fait lorsque l'ANOVA indique une différence significative entre les groupes expérimentaux. Les résultats sont présentés dans des tableaux et histogrammes sous forme de moyennes \pm écart-type.

4. Résultats

4.1. Poids corporel des escargots

Le poids corporel : Chez les groupes (T) et (E+A), les résultats sont respectivement $9,41 \pm 2,07$ g et $14,26 \pm 2,67$ g. Chez le groupe (E), les escargots pèsent $11,56 \pm 1,73$ g. Cette mesure se situe chez le groupe (A) à $11,24 \pm 2,15$ g.

Tableau 3 : Comparaison des moyennes du poids corporel des escargots (en gramme).

PoidsCorporel			
Groupes	Moyenne	Ecart type	Erreur standard de la moyenne
A	11.2400	2.15375	.76146
E	11.5650	1.73201	.61236
E+A	14.2638	2.67000	.94399
T	9.4150	2.07327	.73301
Total	11.6209	2.72060	.48094

Tableau 4 : Analyse de variance du poids corporel des escargots.

		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
PoidsCorporel * Groupes	Inter-groupes (Combinée)	95.991	3	31.997	6.713	.001
	Intra-groupes	133.461	28	4.766		
	Total	229.451	31			

Tableau 5 : Comparaison multiple (Post-Hoc) du poids corporel des escargots.

Variable dépendante: PoidsCorporel
Différence significative de Tukey

(I) Groupes	(J) Groupes	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
				Borne inférieure		Borne supérieure
A	E	-.3250	1.09161	.991	-3.3054	2.6554
	E+A	-3.0238*	1.09161	.046	-6.0042	-.0433
	T	1.8250	1.09161	.357	-1.1554	4.8054
E	A	.3250	1.09161	.991	-2.6554	3.3054
	E+A	-2.6988	1.09161	.087	-5.6792	.2817
	T	2.1500	1.09161	.223	-.8304	5.1304
E+A	A	3.0238*	1.09161	.046	.0433	6.0042
	E	2.6988	1.09161	.087	-.2817	5.6792
	T	4.8488*	1.09161	.001	1.8683	7.8292
T	A	-1.8250	1.09161	.357	-4.8054	1.1554
	E	-2.1500	1.09161	.223	-5.1304	.8304
	E+A	-4.8488*	1.09161	.001	-7.8292	-1.8683

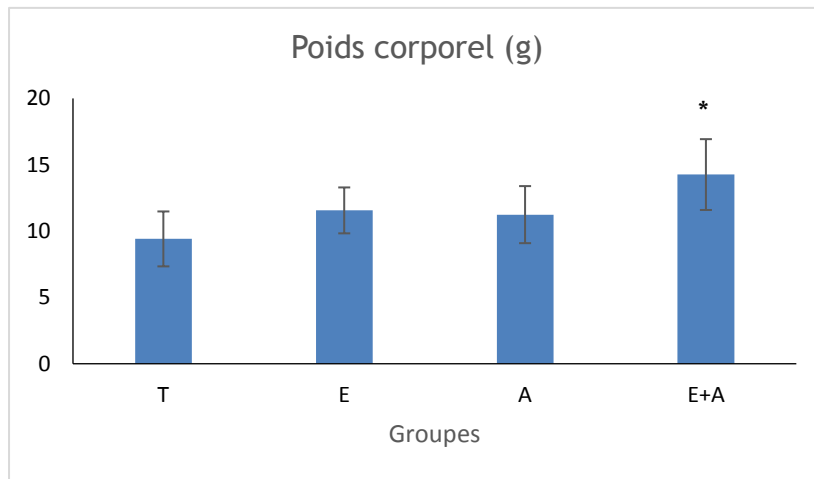


Figure 12 : Poids corporel des escargots des groupes expérimentaux (* P < 0,05 par rapport aux groupes T et A).

4.2. Poids de l'hépatopancréas des escargots

Le poids de l'hépatopancréas : Chez les groupes (T) et (E+A), les résultats sont respectivement $1,55 \pm 0,13$ g et $1,95 \pm 0,36$ g. Chez le groupe (E), cet organe pèse $2,11 \pm 0,24$ g. Cette mesure se situe chez le groupe (A) à $2,19 \pm 0,76$ g.

Tableau 6 : Comparaison des moyennes du poids de l'hépatopancréas des escargots (en gramme).

PoidsHépatopancréas			
Groupes	Moyenne	Ecart type	Erreur standard de la moyenne
A	2.192486	.7601973	.2873276
E	2.110333	.2408126	.1390332
E+A	1.952629	.3661583	.1383948
T	1.556971	.1369366	.0517572
Total	1.926900	.5131988	.1047563

Tableau 7 : Analyse de variance du poids de l'hépatopancréas des escargots.

		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
PoidsHépatopancréas * Groupes	Inter-groupes (Combinée)	1.557	3	.519	2.307	.108
	Intra-groupes	4.500	20	.225		
	Total	6.058	23			

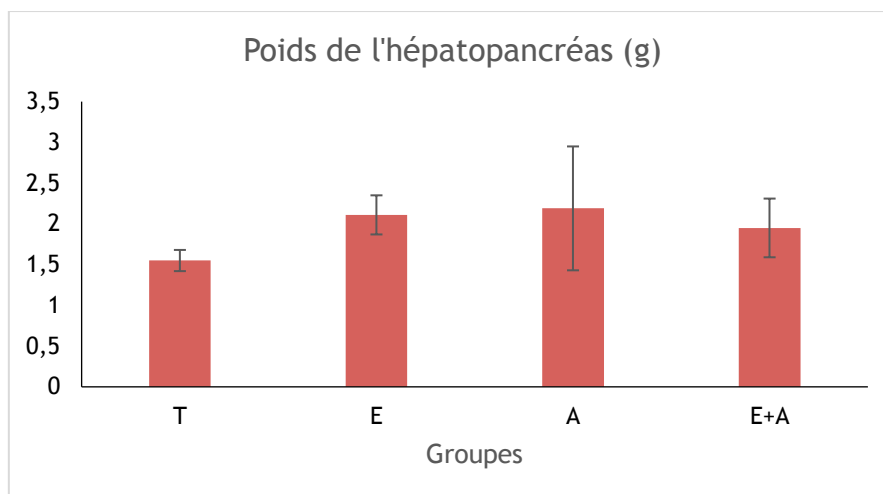


Figure 13 : Poids de l'hépatopancréas des escargots des groupes expérimentaux.

4.3. Taux du glutathion réduit (GSH) dans l'hépatopancréas

Les tableaux 8 et 9 montrent les variations des taux du GSH au niveau de l'hépatopancréas chez les différents groupes expérimentaux. L'application d'AlCl₃ conduit à une réduction non significative de la teneur du GSH par rapport au groupe T, Chez les groupes E et E+A une diminution non significative aussi de la teneur du GSH par rapport au groupe T a été enregistrée.

Tableau 8 : Comparaison des moyennes du taux de GSH dans l'hépatopancréas (en nM/mg de tissu).

GSH			
Groupes	Moyenne	Ecart type	Erreur standard de la moyenne
A	.56857	.137736	.052059
E	.65357	.217921	.082366
E+A	.68843	.122091	.046146
T	.76214	.209252	.079090
Total	.66818	.181204	.034244

Tableau 9 : Analyse de variance du taux de GSH dans l'hépatopancréas.

		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
GSH * Groupes	Inter-groupes (Combinée)	.136	3	.045	1.445	.255
	Intra-groupes	.751	24	.031		
	Total	.887	27			

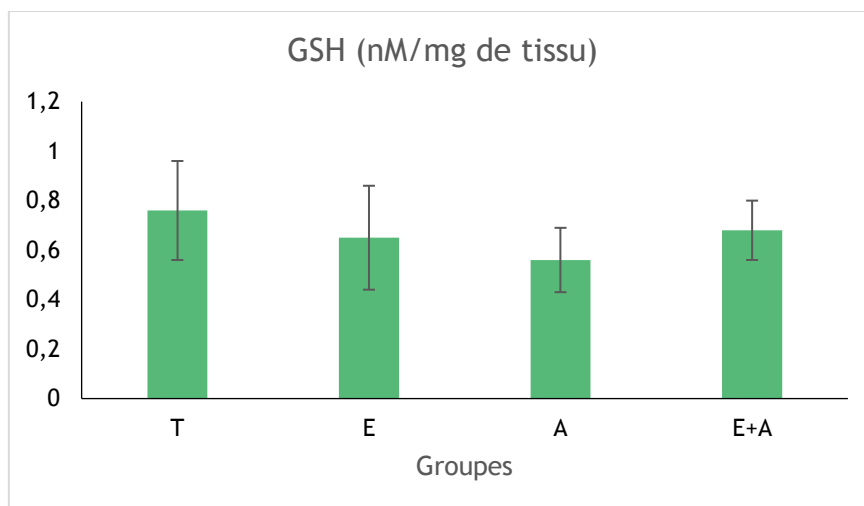


Figure 14 : Taux du glutathion réduit dans l'hépatopancréas des groupes expérimentaux.

4.4. Activité de catalase dans l'hépatopancréas

Les tableaux 10 et 11 montrent les variations des taux de catalase au niveau de l'hépatopancréas chez les différents groupes expérimentaux. L'application d'AlCl₃ entraîne une augmentation non significative de l'activité de la catalase par rapport au groupe T, également chez le groupe E une augmentation non significative de l'activité de la catalase par rapport au groupe T, mais chez le groupe E+A une diminution non significative de l'activité de la catalase par rapport au groupe témoin a été enregistrée.

Tableau 10 : Comparaison des moyennes de l'activité de catalase dans l'hépatopancréas (en Unités/ml).

CAT			
Groupes	Moyenne	Ecart type	Erreur standard de la moyenne
A	135.3933	14.69848	6.00063
E	131.9517	7.01857	2.86532
E+A	120.8650	17.34666	7.08175
T	123.5050	31.22326	12.74684
Total	127.9288	19.28476	3.93648

Tableau 11 : Analyse de variance de l'activité de catalase dans l'hépatopancréas.

		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
CAT * Groupes	Inter-groupes (Combinée)	848.220	3	282.740	.734	.544
	Intra-groupes	7705.521	20	385.276		
	Total	8553.741	23			

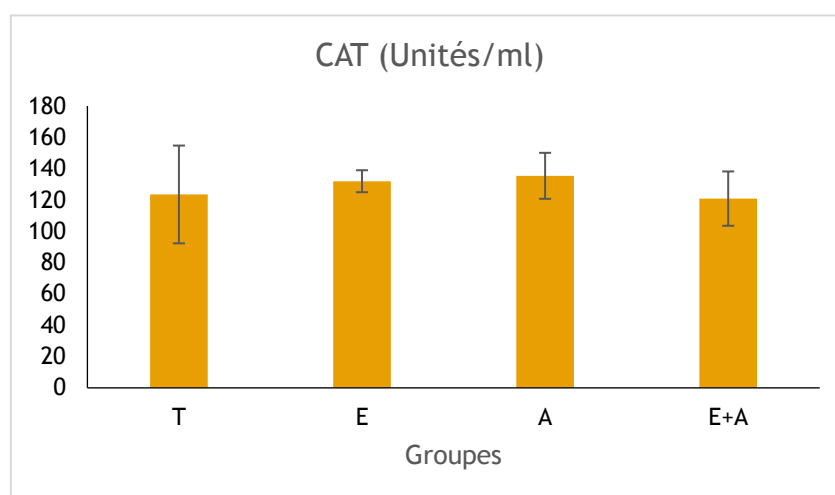


Figure 15 : Activité de catalase dans l'hépatopancréas des groupes expérimentaux.

4.5. Profil spectral à l'ultraviolet de l'extrait

L'analyse spectroscopique UV de l'extrait de *Rosmarinus officinalis* permet de démontrer la présence de deux bandes d'absorption : le premier pic d'absorbance est 190 nm, et entre l'intervalle [320 nm-475 nm] on a observé un nombre très important de pics d'absorbance. Les résultats sont présentés dans la figure 16.

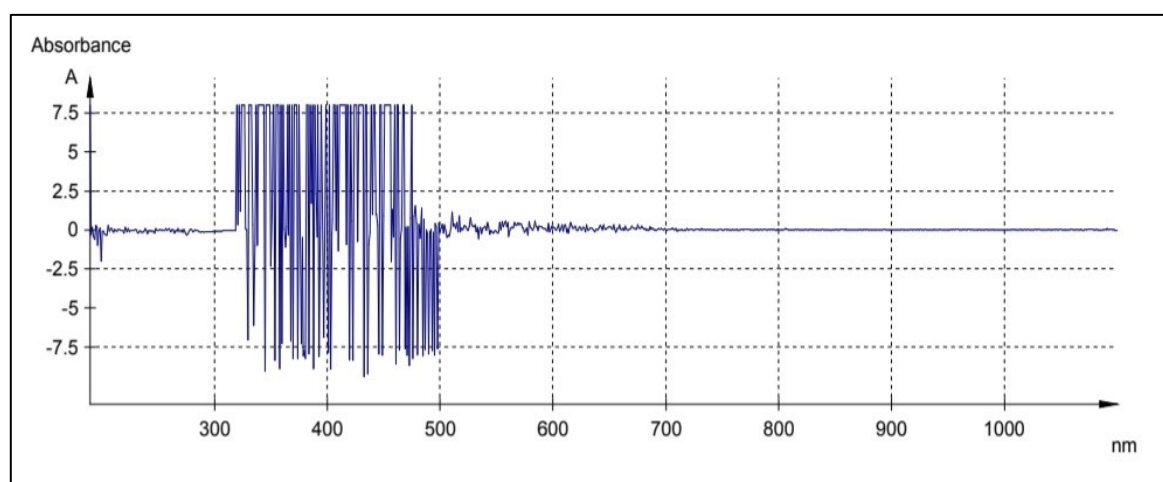


Figure 16 : Profil spectral UV de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis* L.

4.6. Indice de réfraction et viscosité de l'extrait

Le Tableau 12 montre les mesures relatives à la réfraction et la viscosité de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis L.*

Tableau 12 : Indice de réfraction et viscosité de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis L.*

L'indice de réfraction (à 17,7°C)	1,3333 nD
La viscosité (à 17,7°C)	0,6 - 0,7 Pa.s

5. Discussion

Notre étude est basée sur les effets toxiques d'un élément trace métallique l'un des éléments les plus dangereux sur la santé humaine, l'aluminium, sur l'hépatopancréas chez un modèle animal qui possède une capacité de bioaccumulation importante pour de nombreux polluants métalliques, le gastéropode *Helix aspersa*, et l'évaluation de la capacité thérapeutique et hépato-protectrice de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis* contre cette toxicité. Les facteurs étudiés dans ce travail sont les paramètres pondéraux, le dosage du glutathion réduit (GSH), la mesure de l'activité de catalase, ainsi que l'indice de réfraction, la viscosité et le profil spectral UV de *Rosmarinus officinalis*.

L'aluminium (Al) est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre (Exley et House, 2011), La toxicité de l'aluminium découle principalement de son activité pro-oxydante qui entraîne un stress oxydatif, une attaque des radicaux libres et une oxydation des protéines et des lipides cellulaires (Exley, 2013).

Le glutathion réduit (GSH), un thiol endogène joue un rôle d'antioxydant. En outre, il est un réducteur physiologique responsable de maintenir le statut redox intracellulaire. Il joue aussi un rôle major dans la protection et la détoxification des composés pro-oxydants en agissant comme cosubstrat d'enzymes antioxydantes (Mahieu et al., 2005 ; Nehru et Anand, 2005).

Dans notre travail nous avons montré que l'effet de l'aluminium sur l'escargot *Helix aspersa* provoque une diminution du taux de GSH au niveau de l'hépatopancréas chez les groupes traités par l'aluminium par rapport au groupe témoin. On peut donc dire que l'aluminium a un effet toxique sur l'activité antioxydante du glutathion. Nos résultats sont similaires à ceux retrouvés par Viezelienė et al., (2011) montrent que le traitement des souris par une injection intrapéritonéale du chlorure d'aluminium (25 mg/kg PC) provoque une augmentation du glutathion oxydé (GSSG) et une diminution du glutathion réduit ainsi que de l'activité des enzymes GSH-dépendantes.

Les catalases sont présentes dans un grand nombre de tissus. Ce sont des enzymes tétramétriques, chaque unité porte une molécule d'hème et une molécule de NADPH. Ces enzymes interviennent dans la défense de la cellule contre le stress oxydant en éliminant les espèces oxygénées, en accélérant la réaction spontanée de

dismutation du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) toxique pour la cellule, en eau et en oxygène (Regoli et Principato, 1995).

Dans notre travail, l'activité de catalase au niveau de l'hépatopancréas tend à augmenter chez les groupes traités par l'aluminium par rapport au groupe témoin, On peut dire que l'aluminium peut provoquer un stress oxydant, les résultats obtenus dans notre étude confirme ceux obtenus par Prakash et Kumar, (2009) et Shrivastava, (2012) ont montré une augmentation de la peroxydation lipidique et des dommages oxydatifs provoque des perturbations remarquables dans l'activité des enzymes antioxydantes (GPx, CAT, SOD), Cette dernière est considérée comme la première ligne de défense cellulaire contre les dommages oxydatifs. Ils préviennent le stress oxydatif, maintiennent l'homéostasie cellulaire et jouent un rôle important dans l'élimination des espèces réactives de l'oxygène.

Bien que l'aluminium soit un minéral rédox relativement faible, il peut induire des dommages oxydatifs par de multiples mécanismes. Il peut se lier aux phospholipides chargés négativement, qui contiennent des acides gras polyinsaturés et sont facilement attaqués par les espèces réactives de l'oxygène telles que $O_2^{\cdot -}$, H_2O_2 et OH^{\cdot} (Verstraeten et al., 1997). L'aluminium peut également stimuler la peroxydation lipidique initiée par le fer dans la réaction de Fenton, qui provoque la formation d'un autre élément métallique très toxique, le Fe^{3+} (Exley, 2004). Il a été trouvé que l'aluminium inhibe l'activité catalase chez deux espèces de vertébrés poïkilothermes, mais cet effet pourrait ne pas être significatif chez les individus capables de maintenir leur capacité antioxydante jusqu'à un âge avancé (Jena et al., 2002). Par contre, chez un modèle murin, deux doses de ce métal (50 mg et 100 mg Al/L dans l'eau potable) n'avaient pratiquement aucun effet sur l'activité de la SOD ou de la CAT ; seule la GR s'est révélée sensible à l'exposition des souris expérimentales à ces doses croissantes de l'aluminium dont l'activité GR a augmenté jusqu'à 23% et 33%, respectivement (Sadauskiene et al., 2020). Tout cela révèle que l'aluminium peut influencer l'expression génique et/ou l'activité enzymatique associées au système antioxydant biologique, d'où l'effet toxicogénomique issu de l'exposition des organismes aux polluants métalliques.

A l'échelle écotoxicologique, l'aluminium est clairement disponible pour l'escargot en général, la voie d'entrée la plus probable étant l'intestin. Cela pourrait faciliter l'entrée du métal dans la chaîne alimentaire. Les rôles possibles de la glande digestive (hépatopancréas) dans la manipulation de l'aluminium ont été

rapportés (Elangovan et al., 1997). L'absorption entérale de l'aluminium a été démontrée chez les invertébrés, notamment la drosophile (Kijak et al., 2013), l'escargot terrestre *Helix aspersa* (Brooks et White, 1995), le l'écrevisse *Pacifastacus leniusculus* (Woodburn et al., 2011), le nématode *Caenorhabditis elegans* (Page et al., 2012) et le ver de terre *Eisenia andrei* (Zhao et Qiu, 2010), mais les détails mécanistiques concernant son absorption sont en grande partie inconnus. Néanmoins, l'organisme-modèle le mieux caractérisé est l'escargot aquatique *Lymnaea stagnalis*.

L'utilisation d'invertébrés pour mieux comprendre les effets sur l'absorption de l'aluminium, en vue d'une éventuelle modélisation de maladies humaines, n'a pas été valorisée. Notre étude vient de considérer l'application d'un modèle animal très répandu, *Helix aspersa*, dans la recherche des effets néfastes de l'aluminium en tant que polluant environnemental touchant l'être humain. Une étude précédente a montré que *Helix aspersa* accumule de l'aluminium dans la glande digestive et les reins après une alimentation de 24 heures en $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ (500 $\mu\text{g Al/g}$ Nourriture) ; les concentrations tissulaires augmentant de 5 à 6 fois dans ces organes 48 heures après la fin de l'alimentation toxique (Brooks et al., 1992). Une autre étude a indiqué que les niveaux de ce métal dans la glande digestive de *Lymnaea stagnalis* suite à une exposition chronique dans l'eau à de l'aluminium neutralisé, à 500 $\mu\text{g/L}$, étaient d'environ 2000 $\mu\text{g/g}$ au jour 15 (Dobranskyte et al. 2004).

Le profil spectral UV de *Rosmarinus officinalis* est caractérisé par deux plages de forte absorbance cela permis de la détection de plusieurs molécules bioactives dans cette plante, elles peuvent nous en révéler la présence des flavonoïdes, des phénols et des terpénoïdes. Selon Johar et al. (2015), l'extrait de romarin contient des différents composés phytochimiques tels que les flavonoïdes, les phénols, les huiles volatiles, les terpénoïdes. De plus, Megateli et Krea (2018) ont trouvé une teneur de $14,48 \pm 1,5$ mg EQ/g et les résultats de Nagy et al. (2014) qui ont trouvé une teneur de 13,25 mg EQ/g ES. De plus, Francisco José et al. (2020) ont montré que les propriétés antioxydantes du romarin sont dues à sa richesse en huiles essentielles, qui agissent comme piègeuses des radicaux libres, et comme chélateurs des espèces réactives de l'oxygène (ROS).

6. Conclusion et Perspectives

Au terme de ce travail qui vise à étudier et évaluer les effets protecteurs et thérapeutique d'une plante médicinale, *Rosmarinus officinalis L.*, et les effets toxiques causés par l'aluminium sur l'hépatopancréas chez un modèle animal, le gastéropode *Helix aspersa*, nous concluons, d'après les résultats obtenus, que l'exposition au trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ provoque des effets toxiques à travers la diminution du taux de GSH et l'augmentation de l'activité de catalase chez les escargots traités par l'aluminium par rapport aux témoins, et que la plante médicinale *Rosmarinus Officinalis L.* a un effet antioxydant très important ; son extrait montre de forts pics d'absorbance, dus aux substances actives qu'il possède, donc on peut dire que le romarin est une plante très utile qui devrait être utilisée dans la thérapie médicale et pharmaceutique.

Nous estimons intéressant d'approfondir et de perfectionner ce travail par l'étude d'autres points tels que :

- Evaluer l'activité antioxydante de l'extrait de la plante en utilisant différentes méthodes tels que : l'ABTS et le superoxyde DMSO alcalin, DPPH.
- Tester les effets toxiques à long terme de l'aluminium sur d'autres organes.
- Confirmer la toxicité de l'aluminium grâce à une étude histologique approfondie.

Références Bibliographiques

- Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.
- Aebi, H., in *Methods of Enzymatic Analysis*, Bergmeyer, H.U., ed., VerlagChemie (Weinheim: 1973), pp 673-684.
- AGENCE FRANCAISE DE SECURITE SANITAIRE DES PRODUITS DE SANTE. Évaluation du risque lié à l'utilisation de l'aluminium dans les produits cosmétiques. AFSSAPS, 2011. 44 p.
- Alain Cornet et Françoise Hlawka, *Métallurgie mécanique du microscopique au macroscopique*, Science des Matériaux, nouvelle édition, Technosup, Ellipses Edition Marketing S.A. 2010.
- Almela, L., Sánchez-Muñoz, B., Fernández-López, J. A., Roca, M. J., & Rabe, V. (2006). Liquid chromatographic-mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material. *Journal of Chromatography A*, 1120, 221-229.
- Arriss., 2008., « Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sous produits de céréale » Thèse de doctorat de l'université de Constantine- Algérie.
- Bahrami A., M.Y. Mehr, Modeling electrical resistivity of naturally aged Al-Mg-Si alloys, *Metals*, 9 (2019) 310.
- Baïllon JP, J.M.Dorlot, troisième édition, Montréal. Ecole Polytechnique de Montréal, p480(2000)
- Balentine C., W Crandall P G., O'Bryan C A .(2006) .The pre-and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and during storage of ground beef. *Meat Science*.73, 413-421.
- Basaga, H., Tekkaya, C., & Acikel, F. (1997). Antioxidative and free radical scavenging properties of rosemary extract. *LWT-Food Science and Technology* 30, 105-108
- Bayarassou M : Effet des traitements de vieillissement sur l'évolution de la structure et les propriétés mécaniques des fils en alliages d'aluminium (AGS) tréfilés à L'ENICAB. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, (2018).
- Belghit H, H. Farh, T. Ziar, M. Zidani, M. Guemini, Study of mechanical properties and precipitation reactions in low copper containing Al-Mg-Si alloy, *Arch. Metall. Mater*, 63 (4) (2018) 1643-1648
- Bellakhdar Jamal. (2006). Précis de phytothérapie moderne ; plantes médicinales au Maghreb et soin de base / Ed le Fennec. 294-295.
- Belle V. Quand l'aluminium nous empoisonne. Paris : Max Milo, 2010. ISBN : 9782353410989 2353410987.
- Beloued, 2001. (Plantes médicinales d'Algérie. Office des publications universitaires. Alger :124 p
- Benikhlef A., 2014- Comparaison entre les huiles essentielles et leurs effets antibactériens sur *Rosmarinus officinalis* de la région de Bechar et Ouargla. Mémoire Master. Université Abou bakr Belkaid-Tlemcen, 27p.
- Berkane A., 2015- Détermination des propriétés thermodynamiques d'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* L. Mémoire Master. Université Djilali Bounaama - Khemis Miliana, 38p.
- Birol Y, Precipitation during homogenization cooling in AlMgSi alloys, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 23 (2013) 1875-1881.
- Bonnet, J.C., Aupinel, P. et Vrillon, J.L. (1990). L'escargot *Helix aspersa*, biologie, élevage. INRA, Quae, Paris.
- Bouguerra I et Diabi D .2019. Amélioration de la tenue mécanique des alliages d'aluminium par modification des états métallurgiques : Etude multi-échelles. Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie des Matériaux. Ecole Nationale Polytechnique.
- Brooks, A. W. and White, K. N. (1995). The localization of aluminum in the digestive gland of the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Tissue & Cell*, 27, 61-72.

Références Bibliographiques

- Brooks, A. W., White, K. N. and Bailey, S. E. R. (1992). Accumulation and excretion of aluminum and iron by the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Comparative Biochemistry and Physiology C-Pharmacology Toxicology & Endocrinology*, 103, 577-583.
- Chabrier JY. 2010. Plantes médicinales et formes d'utilisation en Phytothérapie. Thèse de Pharmacie, Sciences du Vivant [q-bio] / Sciences Pharmaceutiques, Université Henri Poincaré, Nancy 1, 184 p.
- Chance, B., Sies, H., Boveris, A., 1979. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiol. Rev.* 59,527-605.
- Claiborne, A., 1985. Catalase activity. In: Greenwald. R.A (Ed). *Handbook of Methods for Oxygen Radical Research*. CRC Press Inc., pp. 283-284.
- Claiborne, A., 1985. Catalase activity. In: Greenwald, R.A (Ed.), *Handbook of*
- Colombié M et coll : *Matériaux Métalliques 2ème édition* ; Dunod, Paris, 2001, 2008, ISBN 978-2-10-053918-5.
M. Colombié et coll : *Matériaux Métalliques 2ème édition* ; Dunod, Paris, 2001, 2008, ISBN 978-2-10-053918-5
- Decaux, 2002- *Phytothérapie: mode d'emploi*. Ed Le Bien Public , Pp 6
- Djabri K : *Etude de l'influence des traitements thermiques sur les propriétés des alliages Al-Mg-Si contenant différents teneurs des éléments d'additions*. Mémoire de Master, Université de Larbi Tebbesi, Tebessa, (2016).
- Dobranykyte, A., Jugdaohsingh, R., Stuchlik, E., Powell, J. J., White, K. N. and McCrohan, C. R. (2004). Role of exogenous and endogenous silicon in ameliorating behavioural responses to aluminium in a freshwater snail. *Environmental Pollution*, 132, 427-433.
- Dorman H J D., Peltoketo A., Hiltunen R., Tikkanen M J. (2003). Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. Elizabeth Kunchandy, Rao MNA. Oxygen radical scavenging activity of curcumin. *Int J Pharm.*1990 ; 58: 237-240.
- Elangovan R., K.N. White, C.R. McCrohan (1997) Bioaccumulation of aluminium in the freshwater snail *Lymnaea stagnalis* at neutral pH. *Environmental Pollution* 96(1):29-33.
- Elena DIN-STIRBU, thèse de doctorat Université de Pitesti Roumanie.(2005)
- Erkan N., Ayranci G., & Ayranci E., (2008). Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food chemistry* 110, 76-82.
- Escuder O. (2007). *Plantes médicinales mode d'emploi*. Paris : Ulmer, 255. *d Chem.* 83: 255- 262.
- Exley C: The pro-oxidant activity of aluminum. *Free Radic Biol Med.* 2004, 36 (3): 380-387.
- Exley, C. 2013. Human exposure to aluminium. *Environ Sci Process Impacts*, 15(10), 1807-1816.
- Exley, C., House, E.R. 2011. Aluminium in the human brain. *Monatshefte Für Chem.-Chem. Mon.*, 142, 357-363.
- Fareh H : *Etude de l'évolution de la microstructure et des propriétés thermomécaniques d'une série d'alliage d'aluminium*. Thèse de doctorat, Université de Larbi Ben M'hidi , Oum El Bouaghi, (2012).
- Federici, Giorgio (2003). "Determination of blood total, reduced, and oxidized glutathione in pediatric subjects".*Clin.Chem.*47(8):1467-1469.
- Fernandez-lopez J., Zihi, N ., Aleson-carbonel L., Pérez-Alvarez J., Kuri V .(2005). Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. *Meat science* .69:371-380.
- Fuinel, G. 2002- *Arbres et plantes médicinales du jardin*. Edition, Lanore. Collection, Jardins Du Bien-Etre. 161p
- Geyikoglu F, Turkez H, Bakir T O & Cicek M (2012) *Toxicol Ind Hlth* DOI: 10.1177/0748233712440140
- González-Minero, F. J., Bravo-Díaz, L., & Ayala-Gómez, A. s. d. (2020). « *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary): An Ancient Plant with Uses in Personal Healthcare and Cosmetics », *Cosmetics*, 7, 77.

Références Bibliographiques

- Goth L, Rass P, Pay A. Catalase enzyme mutations and their association with diseases. *Mol Diagn.* 2004;8(3):141-9.
- GOURIER-FRERY C., FRERY N. « Aluminium ». EMC - Toxicol.-Pathol. juillet 2004. Vol. 1, n°3, p. 79-95.
- Grozat S. 2001 - Contribution de l'ethnobotanique à la restauration des Jardins historiques recherches appliquées sur l'histoire des végétaux .Ed les nouvelles de l'archéologie paris, pp 83 - 84.
- Gurbuz, B. Bahtiyarca Bagdat, R. Uyanik, M. & Kiarash Afshar, P. (2016). « Rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) Cultivation Studies under Ankara Ecological Conditions ». *Industrial Crops and Products* 88, 12-16.
- GUY M, aide mémoire de métallurgie : Métaux, Alliage, Propriétés. Dunod, Paris. 2004, 2010. p.330.
- HAMOUR, Djamel. OUDJEDI, Yahia. Traitement de surface par procédé électrolytique sur un alliage d'aluminium. Mémoire fin d'étude : Génie des Matériaux. Alger : Ecole Nationale Polytechnique, 2011. 88 pages.
- Haroon K, Mohammad FK, Naseem U, Muhammad M, Naheed H, Barkat AK, Abdul W, Arshad F, Kamal S (2011). Effect of Aluminum Acetyl Acetonate on the Chemical Status of Glutathione by Influential Parameters in Aqueous Medium. *IJBMS* 1(1):23-26
- Hatch JE, Metals Park, p319, (1984).
- HERMAN M., JICK S., OLEK M., JICK H. « Recombinant hepatitis B vaccine and the risk of multiple sclerosis: a prospective study ». *Neurology.* septembre 2004. Vol. 5, n°63, p. 838-842.
- Ibañez E., Kubátová A., Señoráns F J., Cavero S., Reglero G., Hawthorne S B Subcritical. (2003). water extraction of antioxidant compounds from rosemary Plants. *Journal of Agricultural and Food Chem.*, 51 (2): 375-382.
- INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE. Aluminium : quel risque pour la santé ? - Synthèse des études épidémiologiques. 2003. 184 p.
- INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE. Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium : eaux, aliments, produits de santé. INVS, AFSSA, AFSSAPS, 2003. 193 p.
- Iserin P., 2001- Encyclopédie des plantes médicinales. Ed. Larousse-bordas, paris :275 p. Bruneton, 2009 - Pharmacognosie-Phytochimie-Plantes médicinales. Technique et documentation. Lavoisier 3ème édition 17(5): 54-61 p.
- Jena BS, Nayak SB, Patnaik BK. Age-related effect of aluminium on the catalase activities of the brains of two species of poikilothermic vertebrates. *Gerontology.* 2002 Jan-Feb;48(1):34-8.
- Kijak E, Rosato E, Knapczyk K, Pyza E. *Drosophila melanogaster* as a model system of aluminum toxicity and aging. *Insect Sci.* 2014 Apr;21(2):189-202.
- Kirkman HN, Gaetani GF. Mammalian catalase: a venerable enzyme with new mysteries. *Trends Biochem Sci.* 2007 Jan;32(1):44-50.
- Kumar V., Bal A., Gill K., 2009. Susceptibility of mitochondrial superoxide dismutase to aluminium induced oxidative damage. *Toxicology.* 255, 117-123.
- LAHSISSENE H., KAHOUADJI A., Tijane M. & HSSEINI S. 2009- Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de zaër (Maroc Occidental)
- Lemmadi FZ : Caractérisations des alliages à base d'aluminium et étude de l'effet des traitements thermiques sur la microstructure et la taille des grains. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, (2014).
- Lesley, B. 2005- Plantes aromatiques et médicinales. Editeur, Larousse. ISBN, 2035604052.304 p.
- LOÏC Oger M : Corrosion sous contrainte et fragilisation par l'hydrogène d'alliages d'aluminium de la série 7xxx (Al-Zn-Mg): identification des paramètres microstructuraux critiques pilotant l'endommagement à l'échelle locale. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse), Toulouse, (2017).

Références Bibliographiques

- Mailloux, R.J., Lemire, J., Appanna, V.D. 2011. Hepatic response to aluminum toxicity: dyslipidemia and liver diseases. *Exp Cell Res.*, 317, 2231-2238.
- Makhloufi A., 2009- Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Mémoire doctorat. Université Aboubaker Belkaid Bechar, 136p.
- Makhloufi A., 2009- Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Mémoire doctorat. Université Aboubaker Belkaid Bechar, 136p.
- Mansours., 2015-Evolution de l'effet anti-inflammatoire de trois médicinales *Artemisia obsinthuim* L, *Artemisia herba alba* Asso, et *hypericum scarboides*. Etude in vivo. Thèse de doctorat Unio Mohamed Boudiaf, Oran, p19.
- Marioara C, S. Andersen, J. Jansen and H. Zandbergen, The influence of temperature and storage time at RT on nucleation of the β'' phase in a 6082 Al-Mg-Si alloy, *Acta Mater*, 51 (2003) 789-796 .
- Martyn CN, Coggan D, Inskip H, Lacey RF, Young WF. Aluminum concentrations in drinking water and risk of Alzheimer's disease. *Epidemiology* 1997 May; 8(3):281-6.
- Mathias M., 2008- Filière plantes aromatique et à parfum. Fiche technique de Lycée Agricole de Rivesaltes, 8p.
- Maurice, N., (1997). De l'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXI^e Siècle. Édition, Lavoisier. Paris. 12p.
- Med-Chclist. (1986) .Edition W.Greuter.H.M.Burdet-volume : 3; 2316.
- Megateli, S., & Krea, M. (2018). Enhancement of total phenolic and flavonoids extraction from *Rosmarinus officinalis* L using electromagnetic induction heating (EMIH) process. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 24, 889-897.
- Mostefai A., 2012- Contribution à une étude morphométrique de *Rosmarinus officinalis* L (Lamiacées) dans la région de Tlemcen. Mémoire Master. Université Abou beker Belkaid, 100p.
- Mwithiga, G., Maina, S., Gitari, J., & Muturi, P. (2022). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) growth rate, oil yield and oil quality under differing soil amendments. *Heliyon*, 8(4), e09277.
- Nagy, M., Tofana, M. A., Socaci, S., Pop, A. V., Bors, M. D., Farcas, A., & Moldovan, O. (2014). Total phenolic, flavonoids and antioxidant capacity of some medicinal and aromatic plants. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 71, 209-210
- Naseem U, Muhammad FK, Haroon K, Muhammad M (2011). Modulation métabolique du glutathion dans les composants du sang total contre la toxicité induite par le plomb A. *J. Biotechnol.* 10(77):17853-17858
- Nassu R T., Guaraldo Goncalves L A., Azevedo Pereira da Silva M A., Beserra F J.(2003). Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *Meat Science.* 63: 43-49.
- Nayak P, Sharma S B & Chowdary N V S (2010) *Neurochem Res* 35, 1681-1690
- Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (2018). Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A review. *Medicines*, 5, 98.
- Ogura, Y., and Yamazaki, I., *J. Biochem.*, 94, 403- 408 (1983).
- Okamura N., Haraguchi H., Hashimoto K ET Yaghi A. (1994). Flavonoids in *Rosmarinus officinalis* leaves. *Phytochemistry*, 37 (5): 1463-1466.
- Page, K. E., White, K. N., McCrohan, C. R., Killilea, D. W. and Lithgow, G. J. (2012). Aluminium exposure disrupts elemental homeostasis in *Caenorhabditis elegans*. *Metallomics*, 4, 512-522.
- Pastore A, Piemonte F, Locatelli M, Russo AL, Gaeta LM, Tozzi G,

Références Bibliographiques

- Prakash A., Kumar A., 2009. Effect of Nacetyl cystein against aluminium induced cognitive dysfunction and oxidative damage in rats. *Basic & Clinical Pharmacology Toxicology*. 105, 98-104.
- Priya A, Bimla N (2006). Alteration in glutathione system in adult and pups rate brains following chronic aluminum exposer. *Ind, J. Ocup. Environ. Med.* 10(3):128-132.
- Provost M. 1991 - Des plantes qui guérissent .Ed .bibliothèque Québécoise, Canada 13 p
- QUEZEL P., SANTA S .(1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II, CNRS, Paris. 600(1963).
- Ramli, I. 2013-.Etude, in vitro, de l'activité anti leishmanienne de certaines plantes médicinales locales : cas de la famille des lamiacées. Thèse du magister en Biologie appliquée : Université de Constantine.85p.
- Ribeiro-Santos, R., Carvalho-Costa, D., Cavaleiro, C., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Castilho, M. C., ... & Sanches-Silva, A. (2015). A novel insight on an ancient aromatic plant: The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Trends in Food Science & Technology*, 45, 355-368.
- Rikans, I.,F., Hornbrook, K.R., 1997, Lipid peroxidation. Antioxidant protection and ageing, *Biochim. Biophys. Acta* 1362. 116-127.
- Sacchetti G., Maietti S., Muzzoli M., Scaglianti M., Manfredini S., Radice M., Bruni R.(2005). Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chem.* 91: 621-632.
- Sadauskiene I, Liekis A, Staneviciene I, Naginiene R, Ivanov L. Effects of Long-Term Supplementation with Aluminum or Selenium on the Activities of Antioxidant Enzymes in Mouse Brain and Liver. *Catalysts*. 2020; 10(5):585.
- Salhi, S., Fadli, M., Zidane, L., et Douira, A., (2010). Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroo*, 31 : 133-146.
- Sanogo, R. 2006-Le Rôle des Plantes Médicinales en Médecine Traditionnelle. Développement, Environnement et Santé. 10ème école d'été de l'IEPF et SIFEE du 06 au 10 juin 2006, 53 p
- SCHROEDER J., TOLBERT P., EISEN E., MONSON R., HALLOCK M. « Mortality studies of machining fluid exposure in the automobile industry IV; a case-control study of lung cancer ». *Am. J. Ind. Med.* mai 1997. Vol. 5, n° 31, p. 525 533.
- Sebranek J G., Sewalt V J H., Robbins K L., Houser TA. (2005). Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Science*.69: 289-296.
- Serradj F : Etude de la cinétique de précipitation dans les alliages Al-Mg-Si contenant différents teneurs des éléments d'additions. Thèse de Doctorat, Université Mentouri, Constantine, (2014).
- Serradj F, H. Farh, B. Belfarhi : Study of precipitation hardening in two Al-Mg-Si alloys with and without copper and excess silicon using Kissinger and Boswell methods, *Defect and Diffusion Forum* 397(2019) 101-110.
- Serradj F, R. Guemini, H. Farh and K. Djemmal, Study of mechanical and electrical properties of Al-Mg-Si alloys, *Ann. Chim. Sci. Mat*, 35 (2010) 59-69.
- Shrivastava S., 2012. Combined effect of HEDTA and selenium against aluminium induced oxidative stress in rat brain. *J of trace Elements in Medicine and Biology*. 26, 210- 214.
- Shuchang H, Qiao N, Piye N (2008). Protective effects of *gastrodia elata* on aluminium-chloride-induced learning impairments and alterations of amino acid neurotransmitter release in adult rats. *Restor. Neurol. Neurosci.* 26(6):467-473.
- SIMON, Wernick. ROBERT, Pinner. PETER, Sheasby. The surface treatment and finishing of aluminium and its alloys, Volume 1. Fifth Edition. Teddington, Middlesex, England: Finishing Publications LTD, 1987, 661 pages. ISBN 0-904477-09- 6
- Sonthonnax, J (1989) L'aluminium et son potentiel toxique. Thèse de doctorat, Université de Lillumoges, 140.

Références Bibliographiques

- Vargel C, corrosion de l'aluminium, paris p501 (1999)
- VARGEL, Christian. Métallurgie de l'aluminium. Technique de l'Ingénieur. Fiche M4663. 2010.
- VARGEL, Christian. Propriétés générales de l'aluminium et ces alliages. Technique de l'Ingénieur. Fiche M4661. 2008.
- Verstraeten SV, Nogueira LV, Schreier S, Oteiza PI: Effect of trivalent metal ions on phase separation and membrane lipid packing: role in lipid peroxidation. Arch Biochem Biophys. 1997, 338 (1): 121-127.
- Viezeliene D., Jansen E., Rodovicius H., Kasauskas A., Ivanov L., 2011. Protective effect of selenium on aluminium induced oxidative stress in mouse liver in vivo. Environmental Toxicology Pharmacology. 31, 302-306.
- Vina J, Lloret, A, and Orti D (2004). Molecular bases of the treatment of Alzheimer's disease with antioxidants. Mol. Aspect Med, 25, 117.
- Wang W., Wu N., Zu Y G., Fu Y J. (2008). Antioxidative activity of Rosmarinus officinalis L. essential oil compared to its main components. Food Chem. 108: 1019-1022.
- Woodburn, K., Walton, R., McCrohan, C. and White, K. (2011). Accumulation and toxicity of aluminium-contaminated food in the freshwater crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. Aquatic Toxicology, 105, 535-542.
- Xiao DY, Qian QZ, Rong FC, Ren FS (2006). Speciation of aluminum complexes with oxidized glutathione in aqueous solutions. Jpn. Sci. Anal. Chem. 24(1):1005-1012.
- Xu, F., Ren, L., Song, M., Sha o, B., Han, Y., Cao, Z., Li, Y. 2018. Fas- and mitochondria-mediated signaling pathway involved in osteoblast apoptosis induced by AlCl₃. Biol Trace Elem Res., 184(1), 173-185.
- Yang R Y., Lin S ., Kuo G. (2008). Content and distribution of flavonoids among 91 edibles plant species. Asia of pacific journal of clinical nutrition. 17 (S1): 275-279.
- Yvonne et Chadouli, 2012- Les plantes aromatiques et médicinales. Un exemple de développement humain au Maroc la coopérative féminine de Ben Karrich - Tétouan
- Zeghad N., 2008- Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Mémoire magister. Université Mentouri Constantine, 96p.
- Zeroual A, El Hassan S, Mahjoubi F, Chaouch M, Chaqroune A, & Taleb M. (2021). « Effects of Extraction Technique and Solvent on Phytochemicals, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of Cultivated and Wild Rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) from Taounate Region (Northern Morocco) ». Biointerface Research in Applied Chemistry 12, 8441 - 52.
- Zhao Q, X. Yuan, H. Huang, P. Zhao, Effect of aging treatment technology on properties of Al-Mg-Si-Cu-Zr-Er alloy for auto sheets, Materials Science Forum, 850 (2016) 815-822.
- Zhao, L. and Qiu, J. P. (2010). Aluminum bioaccumulation in the earthworm and acute toxicity to the earthworm. Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 2010 4th International Conference on, China, 1-4.



University of Chadli Bendjedid - El Tarf
Faculty of Natural and Life Sciences
Laboratory of Functional and Evolutionary Ecology

National Conference on Phytobiotechnology

17 & 18 December 2023

Certificate of Attendance

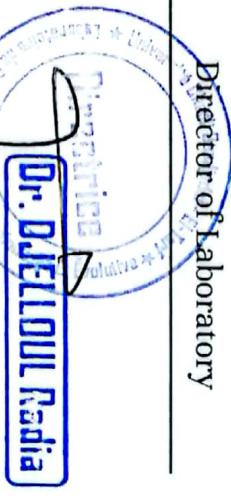
This certificate is proudly presented to

SEBTOUI Khouloud

TOUMI Mohamed Lamine, MERZOUG Sameha &
DJELLOUL Radia

President of Organizing Committee

Director of Laboratory



Dean of Faculty



For their *e-Poster communication* entitled : [Etude spectrophotométrique de la plante médicinale Rosmarinus officinalis]