

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE DE BADJI MOKHTAR-ANNABA

جامعة باجي مختار - عنابة -

BADKI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY

UNIVERSITE DE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة -

Faculté des Sciences

Département de Biologie

## THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle

Intitulé

**Caractérisation chimique et activités biologiques des substances issues de *Drimia numidica* (Jord. & Fourr.) J.C.Manning & Goldblatt du nord-est Algérien.**

Option : Biologie Végétale et Pharmacognosie

Par : KHENNICHE FARES

Devant le Jury :

N°	Nom & Prénom	Grade	Etablissement de rattachement	Qualité
01	HABBACHI Wafa	Prof.	Université Badji Mokhtar-Annaba	Présidente
02	HAMEL Tarek	Prof.	Université Badji Mokhtar-Annaba	Examineur
03	TREA Saliha	MCA	Université Badji Mokhtar-Annaba	Examinatrice
04	BOUTABIA Lamia	MCA	Université Chadli Bendjedid - El Tarf	Examinatrice
05	DELIMI Amel	MCA	Université Chadli Bendjedid - El Tarf	Examinatrice
06	SLIMANI Abderachid	MCA	Université Badji Mokhtar-Annaba	Directeur de thèse

Année : 2023/2024

## **REMERCIEMENTS**

MERCI À ALLAH AVANT TOUT.

MERCI À MES PARENTS, ET LES MEMBRES DE MA FAMILLE POUR LEUR INCONDITIONNEL L'AMOUR, LE SOUTIEN ET LES PRIÈRES QUI M'ONT PORTÉ ET SOUTENU DANS CE VOYAGE.

JE TIENS À REMERCIER MON ENCADRANT, M. ABDERACHID SLIMANI POUR LEUR AIDE ET LEURS CONSEILS TOUT AU LONG DU PROCESSUS DE CETTE RECHERCHE.

MON HONNEUR SPÉCIAL EST ADRESSÉ AU PROF. HABBACHI WAFÀ, PROF. HAMEL TAREK, DR. TREA SALIHA, DR. BOUTABIA LAMIA, ET DR. DELIMI AMEL POUR AVOIR ACCEPTÉ DE FAIRE PARTIE DE L'ÉQUIPE SCIENTIFIQUE COMITÉ D'EXAMEN.

MES REMERCIEMENTS VONT À CENTRE DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE (CRBT)- CONSTANTINE –ALGÉRIE ET CENTRE DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE EN ANALYSES PHYSICO- CHIMIQUES (CRAPC) - BISKRA-. ET TOUS LES EMPLOYÉS QUI M'A AIDÉ

JE VOUDRAIS MENTIONNER ET ÉTENDRE MON UN MERCI SPÉCIAL À DR. NADIR BOUTASSETA, DR. SALAH NECAIBIA, POUR ME CONSEILLANT ET ME GUIDANT SURDIVERSES QUESTIONS CONCERNANT LA RECHERCHE.

# Résumé

La Scille est une plante qui pousse dans les régions bordant la mer Méditerranée, y compris en Algérie. Dans le passé, La Scille était utilisée en médecine en raison de ses nombreuses propriétés médicinales, notamment la variété blanche. La variété rouge était utilisée uniquement pour tuer les souris et les rats. La classification de La Scille a été améliorée à l'époque moderne, avec plus de six espèces différentes identifiées. Toutes ces espèces sont regroupées sous le nom de *Drimia maritima*.

L'une des espèces appartenant au groupe *Drimia maritima* est *Drimia numidica*. L'objectif de cette étude était de mettre en évidence les caractéristiques chimiques, d'évaluer les activités biologiques (activité antioxydante et antifongique) et la teneur totale en phénols de cette espèce au niveau du laboratoire.

Le criblage phytochimique spécifique à l'aide des extraits aqueux et méthanoliques a montré une diversité de composés chimiques présents dans les six parties de *Drimia numidica*, tels que les saponines, les glycosides cardiaques, les flavonoïdes, les phénols, les alcaloïdes, les stéroïdes, le terpène, les sucres réducteurs, ...etc. Il convient de mentionner que ces composés peuvent varier d'une partie à l'autre de la plante.

L'estimation quantitative de la teneur totale en polyphénols des extraits hydro-méthanoliques et de leurs fractions (pour les six parties de la plante) a révélé la présence de polyphénols à des concentrations variables selon l'échantillon. L'acétate d'éthyle dérivé a présenté la plus forte teneur en phénols dans toutes les parties de la plante.

L'analyse GC-MS des 29 échantillons a montré une variété de composés dans chaque échantillon utilisé (extraits hydro-méthanoliques et leur fractions des six parties de la plante). En raison de la faible solubilité des échantillons dans le solvant après filtration, les particules restantes se sont retrouvées piégées dans le filtre en microfiltre, ce qui a entraîné une diminution des composés présents dans les résultats obtenus et l'absence de certains composés dans certains échantillons. Néanmoins, plusieurs composés présentant des activités biologiques importantes tels que le benzofurane et le 1-dodécane ont été détectés.

L'activité antifongique a été évaluée en laboratoire en utilisant une souche de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* et les extraits hydro-méthanoliques des six parties de la plante. Les résultats de l'effet des extraits sur la croissance du champignon étaient variables, avec les extraits de la capsule donnant les meilleurs résultats (30,32±02%), mais n'atteignant pas la valeur de CI50.

L'activité antioxydante a été évaluée en laboratoire en utilisant des tests de particules d'argent nanométriques, DPPH, pouvoir réducteur, phénanthroline, CUPRAC et ABTS. Les échantillons des extraits hydro-méthanoliques et de leurs fractions (pour les six parties de la plante) ont montré des valeurs significatives pour les propriétés antioxydantes, les résultats variant selon l'échantillon et le test. Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant la corrélation et l'ANOVA. Généralement, les extraits d'acétate d'éthyle ont montré la plus grande activité antioxydante dans tous les tests, à l'exception des particules d'argent nanométriques, pour lesquelles les extraits de cyclohexane ont donné les meilleurs résultats. De manière générale, il existe une corrélation entre la teneur en phénols et l'activité antioxydante, bien que certaines méthodes n'aient montré aucune corrélation.

**Mots clés :** *Drimia numidica*, *Drimia maritima*, activité antioxydante, activité antifongique, GC-MS, extraits hydro-méthanoliques et leurs fractions, teneur totale en phénols.

# Summary

Squill is a plant that grows in regions bordering the Mediterranean Sea, including Algeria. In the past, Squill was used in medicine due to its numerous medicinal properties, especially the white variety. The red variety was used solely for killing mice and rats. The classification of Squill has been improved in modern times, with more than six different species identified. All these species are grouped under the name *Drimia maritima*.

One of the species belonging to the *Drimia maritima* group is *Drimia numidica*. The aim of this study was to highlight the chemical characteristics, evaluate biological activities (antioxidant and antifungal activity), and assess the total phenol content of this species in the laboratory.

Specific phytochemical screening using aqueous and methanolic extracts showed a diversity of chemical compounds present in all six parts of *Drimia numidica*, such as saponins, cardiac glycosides, flavonoids, phenols, alkaloids, steroids, terpenes, reducing sugars, ...etc. It should be noted that these compounds may vary from one part of the plant to another.

Quantitative estimation of the total polyphenol content of hydro-methanolic extracts and their fractions (for all six parts of the plant) revealed the presence of polyphenols at varying concentrations across samples. The ethyl acetate derivative showed the highest phenol content in all parts of the plant.

GC-MS analysis of the 29 samples showed a variety of compounds in each sample (hydro-methanolic extracts and their fractions from all six parts of the plant). Due to the low solubility of the samples in the solvent after filtration, remaining particles were trapped in the microfilter, leading to a decrease in compounds present in the obtained results and the absence of certain compounds in some samples. Nevertheless, several compounds with significant biological activities, such as benzofuran and 1-dodecanol, were detected.

Antifungal activity was evaluated in the laboratory using a strain of *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* and hydro-methanolic extracts from all six parts of the plant. The results regarding the effect of extracts on fungal growth were variable, with capsule extracts yielding the best results ( $30.32 \pm 0.02\%$ ), but not reaching the IC<sub>50</sub> value.

Antioxidant activity was assessed in the laboratory using tests for nanosilver particles, DPPH, reducing power, phenanthroline, CUPRAC, and ABTS. Hydro-methanolic extracts and their fractions (for all six parts of the plant) showed significant values for antioxidant properties, with results varying across samples and tests. Statistical analyses were performed using correlation and ANOVA. Generally, ethyl acetate extracts exhibited the highest antioxidant activity in all tests, except for nanosilver particles, where cyclohexane extracts yielded the best results. Overall, there is a correlation between phenol content and antioxidant activity, although some methods showed no correlation.

Keywords: *Drimia numidica*, *Drimia maritima*, antioxidant activity, antifungal activity, GC-MS, hydro-methanolic extracts and their fractions, total phenol content.

## خلاصة

العنصلان هو نوع نباتي ينمو في المناطق التي تطل على البحر الأبيض المتوسط، بما في ذلك الجزائر. في الماضي، استُخدم العنصلان في الطب بسبب الخصائص الطبية المتنوعة التي يتمتع بها، وخاصة النوع الذي يحتوي على البصلة ذات اللون الأبيض. أما النوع ذو اللون الأحمر، فقد استُخدم فقط لقتل الفئران. تم تحسين تصنيف العنصلان في العصر الحديث، حيث تم تقسيمها إلى أكثر من ستة أنواع مختلفة. جميع هذه الأنواع مجمعة تحت مجموعة تسمى *drimia maritima*.

واحدة من الأنواع التي تنتمي إلى مجموعة *drimia maritima* هي *drimia numidica* حيث كان الهدف من هذا العمل هو اظهار الخصائص الكيميائية وتقييم النشاطات البيولوجية (النشاط المضاد للأوكسدة والنشاط المضادة للفطريات) ومحتوى الفينول الكلي لهذا النوع على مستوى المخبر.

الفحص الكيميائي النوعي باستعمال المستخلصان المائي والميثانولي اظهر توصيفا متنوعا للمركبات الكيميائية الموجودة في اجزاء *drimia numidica* الستة حيث أظهرت وجود العفص، جليكوسيدات القلب، الفلافونويد، الفينولات، الصابونين، القلويدات، ستيرويد، تيربين، سكر منخفض... الخ. يجدر الإشارة الى ان هذه المركبات يمكن ان تظهر في جزء دون اخر.

التقدير الكمي لمحتوى الفينول الكلي للمستخلصات الهيدروميتانولية ومشتقاتها (للأجزاء الستة للنبات) اظهر وجود مادة البوليفينول بتركيز متفاوتة حسب العينة. مشتقة أسيتات الإيثيل كانت العينة ذات المحتوى الأعلى من الفينول في جميع أجزاء النبات.

تحليل الGC-MS للعينات ال29 اظهر مركبات متنوعة في كل عينة من العينات المستعملة (للمستخلصات الهيدروميتانولية ومشتقاتها للأجزاء الستة للنبات). نظراً لضعف قابلية الذوبان للعينات في المذيب بعد الترشيح، انتهى الأمر بالجسيمات المتبقية عالقة في المكروفلتر. أدى ذلك إلى انخفاض في المركبات الموجودة في النتائج التي تم الحصول عليها وعدم ظهور اي مركب في بعض العينات رغم ذلك فقد ظهرت عدة مركبات ذات أنشطة بيولوجية مهمة على غرار benzofurane و 1-dodécanol.

تم تقييم النشاط المضاد للفطريات في المختبر بأخذ نوع من *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* ومستخلصات الهيدروميتانول لأجزاء النبات الستة. نتائج تأثير المستخلصات على نمو الفطر كانت متفاوتة كما أظهر مستخلصات الكبسولات أفضل نتيجة (30.32±02%) غير انها لم تصل الى قيمة CI50.

تم تقييم النشاط المضاد للأوكسدة في المختبر عن طريق اختبارات جزيئات الفضة النانوية، اختبار DPPH، اختبار reducing power، اختبار الفينانثرولين، اختبار CUPRAC، اختبار ABTS. أظهرت العينات للمستخلصات الهيدروميتانولية ومشتقاتها (للأجزاء الستة للنبات) تسجيل قيم مهمة للخصائص المضادات الاكسدة حيث كانت النتائج مختلفة حسب العينة من جهة وحسب الاختبار، تم إجراء التحليل الاحصائي باستعمال Correlation و ANOVA، تم تسجيل اعلى نشاط لمضادات الاكسدة في جزء أسيتات الإيثيل في جميع الاختبارات باستثناء اختبار الجسيمات النانوية الفضية الذي سجلت فيه مستخلصات الهكسان الحلقي أفضل النتائج. بالنظر إلى الطرق المستخدمة بشكل عام، هناك ارتباط بين المحتوى الفينولي وأعلى نشاط مضاد للأوكسدة، ولكن هناك بعض الطرق التي لم تسجل أي ارتباط.

الكلمات المفتاحية : *Drimia numidica*, *Drimia maritima*, النشاط المضاد للأوكسدة, النشاط المضاد للفطريات, GC-MS, المستخلصات الهيدروميتانولية و مشتقاتها, المحتوى الفينولي الكلي.

# Table Des Matières

REMERCIEMENTS .....	i
Résumé.....	ii
Table Des Matières.....	vii
Liste des Figures.....	xi
Liste des Tableaux .....	xiii
Liste des abréviations.....	xvi
INTRODUCTION GENERALE .....	1
PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
CHAPITRE I : APERÇU SUR LES MÉTABOLITES SECONDAIRES DES PLANTES .....	5
1. INTRODUCTION .....	6
2. CLASSIFICATION .....	7
2.1. PHÉNOLIQUES ET POLYPHÉNOLIQUES .....	7
2.1.1 FLAVONOÏDES .....	7
2.1.1.1 LES FLAVONES .....	9
2.1.1.2 LES FLAVONOLS .....	9
2.1.1.3 LES FLAVANONES.....	10
2.1.1.4 LES ISOFLAVONES .....	11
2.1.1.5 FLAVANOLS .....	12
2.1.1.6 LES ANTHOCYANES .....	13
2.1.1.7 LES CHALCONES.....	14
2.1.2 NON-FLAVONOÏDES.....	15
2.1.2.1 LES ACIDES PHÉNOLIQUES.....	15
2.1.2.1.1 LES ACIDES HYDROXYBENZOÏQUES.....	15
2.1.2.1.2 LES ACIDES HYDROXYCINNAMIQUES .....	16
2.1.2.2 LES XANTHONES.....	16
2.1.2.3 LES ANTHRAQUINONES .....	17
2.1.2.4 LES LIGNANES ET LES NEOLIGNANES.....	18
2.1.2.5 LES CURCUMINOÏDES .....	19
2.1.2.6 LES STILBÈNES .....	19
2.2 COMPOSÉS CONTENANT DE L'AZOTE .....	20
2.2.1 ALCALOÏDES .....	20
2.2.1.1 CLASSIFICATION CHIMIO-MOLÉCULAIRE DES ALCALOÏDES .....	21
2.2.1.2 CLASSIFICATION DE FORME BIOSYNTHÉTIQUE DES ALCALOÏDES .....	21
2.2.1.2.1 VRAIS ALCALOÏDES.....	21

2.2.1.2.2	PROTOALCALOÏDES .....	22
2.2.1.2.3	PSEUDOALCALOÏDES.....	22
2.2.2	GLYCOSIDES CYANOGENES.....	23
2.2.2.1	GLUCOSINOLATES.....	24
2.2.2.2	ACIDE AMINE NON PROTEIQUE .....	24
2.3	TERPENES/TERPENOÏDES .....	25
2.3.1	MONOTEPRENOÏDES .....	25
2.3.2	SESQUITERPENOÏDES.....	26
2.3.3	DITERPENOÏDES.....	27
2.3.4	SESTERTERPENOÏDES.....	28
2.3.5	TRITERPENOÏDES .....	29
2.3.6	SESQUARTERPENOÏDES .....	30
2.3.7	TETRATERPENOÏDES .....	30
2.3.8	POLYTERPENOÏDES .....	30
2.4	COMPOSES CONTENANT DU SOUFRE.....	31
2.4.1	PHYTOCHELATINES .....	32
2.4.2	GLUCOSINOLATE.....	33
2.4.3	PHYTOALEXINES .....	33
2.4.4	DEFENSINES .....	34
2.4.5	THIONINES .....	35
Chapitre II : Aperçu sur le Stress oxydatif et les antioxydants d'origine des plantes .....		37
1	INTRODUCTION .....	38
2	LES ESPECES REACTIVES (LES OXYDANTS).....	39
2.1	LES ESPECES REACTIVES DE L'OXYGENE (ERO).....	39
2.2	ESPECES REACTIVES DE L'AZOTE (ERA).....	40
2.3	LES ESPECES REACTIVES DU SOUFRE (ERS).....	41
2.4	LES ESPECES REACTIF CARBONYLE (ERC).....	41
3	LES ANTIOXYDANTS .....	41
3.1	CLASSIFICATION DES ANTIOXYDANTS .....	42
3.2	SOURCES D'ANTIOXYDANTS POUR L'HOMME.....	43
3.3	TECHNIQUES DE MESURE DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANT .....	44
CHAPITRE III. APERÇU SUR SCILLE ET L'ESPECE <i>DRIMIA NUMIDICA</i> .....		45
1	INTRODUCTION .....	46
2	L'UTILISATION DE LA SCILLE ENTRE LE PASSE ET LE PRESENT.....	46
2.1	GENERALITE.....	46
2.2	DANS LE PASSE.....	49

2.2.1	CLASSIFICATION.....	49
2.2.2	LA SCILLE COMME UNE PLANTES MEDICINALES (BULBE BLANC) .....	49
2.2.3	LA SCILLE COMME UNE RODENTICIDE (BULBE ROUGE).....	50
2.3	LA SCILLE DANS LE PRESENT .....	51
2.3.1	CLASSIFICATION.....	51
2.3.2	UTILISATION .....	52
3	COMPOSITION CHIMIQUE DE <i>D.MARITIMA</i> .....	52
4	LA REALITE DE <i>D.MARITIMA</i> .....	53
5	<i>DRIMIA NUMIDICA</i> .....	53
5.1	L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE DE <i>D. NUMIDICA</i> .....	55
5.2	L'ACTIVITE ANTIOXYDANT ET COMPOSES CHIMIQUE DE <i>D. NUMIDICA</i> .....	55
PARTIE II : Pratique.....		56
CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES.....		57
1	MATERIELS.....	58
2	METHODES.....	61
2.1	TESTS DE CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE .....	61
2.1.1	SUCRES REDUCTEURS.....	61
2.1.2	TANNINS .....	61
2.1.3	GLYCOSIDES CARDIAQUES,.....	61
2.1.4	FLAVONOÏDES .....	61
2.1.5	PHENOLS.....	62
2.1.6	SAPONINES .....	62
2.1.7	HUILES ESSENTIELLES .....	62
2.1.8	PROTEINES .....	62
2.1.9	ALCALOÏDES .....	62
2.2	ANALYSE DE GC-MS.....	63
2.2.1	PREPARATION D'ECHANTILLON.....	63
2.2.2	Le GC-MS .....	63
2.2.2.1	LIGNE ANALYTIQUE .....	63
2.2.2.2	PROGRAMME GC .....	64
2.2.2.3	DONNEES GENEREES PAR LE SPECTROMETRE DE MASSE (MS) PENDANT UNE ANALYSE : .....	64
2.3	ACTIVITE ANTIFUNGIQUE.....	64
2.3.1	METHODE UTILISEE .....	64
2.4	ACTIVITES ANTIOXYDANTE ET TCP .....	65
2.4.1	PREPARATION DES EXTRAITS.....	65

2.4.1.1	EXTRACTION SOLIDE-LIQUIDE.....	65
2.4.1.2	EXTRACTION LIQUIDE – LIQUIDE.....	65
2.4.2	DETERMINATION DU TCP.....	66
2.4.3	DETERMINATION DES ANTIOXYDANTS.....	66
2.4.3.1	TEST DPPH.....	66
2.4.3.2	TEST ABTS .....	66
2.4.3.3	TEST CUPRAC .....	67
2.4.3.4	TEST DE PHENANTHROLINE .....	67
2.4.3.5	TEST PR .....	67
2.4.3.6	TEST DES NPA .....	67
2.5	ANALYSES STATISTIQUES .....	67
Chapitre II : Résultats et discussion.....		68
1.	RESULTATS .....	69
1.1	CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE.....	69
1.2	ANALYSE GC-MS.....	70
1.2.1	LES ABREVIATIONS UTILISEES DANS LES TABLEAUX .....	70
1.3	ACTIVITES ANTIFUNGIQUES .....	100
1.4	ACTIVITES ANTIOXYDANTE ET TCP .....	101
1.4.1	TCP.....	101
1.4.2	ACTIVITE ANTIOXYDANTE .....	101
1.4.2.1	TEST DE DPPH .....	101
1.4.2.2	TEST ABTS .....	101
1.4.2.3	TEST CUPRAC .....	102
1.4.2.4	TEST DE PHENANTHROLINE .....	102
1.4.2.5	TEST PR .....	102
1.4.2.6	NANOPARTICULES D'ARGENT .....	103
1.4.3	CORRELATION ENTRE ACTIVITE TCP ET ANTIOXYDANT .....	103
2	DISCUSSION.....	127
2.1	CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE.....	127
2.2	ANALYSE GC-MS.....	128
2.3	ACTIVITES ANTIFUNGIQUES .....	129
2.4	ACTIVITES ANTIOXYDANTE ET TCP .....	130
CONCLUSION .....		141
REFERENCES .....		143
ANNEXES .....		151

# Liste des Figures

Figure 1. Structure de base pour les flavonoïdes (Cosme et al., 2020).	8
Figure 2. Flavone (Stefova et al., 2003).	9
Figure 3. Flavonol (Stefova et al., 2003).	10
Figure 4. Flavanone (Stefova et al., 2003).	11
Figure 5. Isoflavone (Hernández-Rodríguez et al., 2019).	12
Figure 6. Flavanol (Azmi et al., 2020).	13
Figure 7. Anthocyanin (Durazzo et al., 2019).	14
Figure 8. Chalcone (Hernández-Rodríguez et al., 2019).	15
Figure 9. Acide salicylique (Protasiuk and Olejnik, 2018).	16
Figure 10. Acide férulique (Lin et al., 2012).	16
Figure 11. Xanthone (Hernández-Rodríguez et al., 2019).	17
Figure 12. Structure chimique des dérivés d'antraquinone. R = H: anthraquinone; R = SO <sub>3</sub> Na: sulfonated 9,10-antraquinone (Werner et al., 2018).	18
Figure 13. A : Lignan ; B : Neolinien (Lopes et al., 2017).	18
Figure 14. A: curcumin; B: demethoxycurcumin ; C: bisdemethoxycurcumin (Monton et al., 2016).	19
Figure 15. Structure chimique de stelben (Shelan et al., 2018).	20
Figure 16. Moprhine, exemple de protoalkaloïde (Aniszewski, 2015).	22
Figure 17. Mescaline, exemple de protoalkaloïde (Aniszewski, 2015).	22
Figure 18. Caffeine, exemple de pseudoalcaloïdes (Aniszewski, 2015).	23
Figure 19. Structures chimiques d'α- and β-pinene, bicyclique insaturé (Vespermann et al., 2017).	26
Figure 20. A: Farnesol, Structures chimiques, sesquiterpénoïdes acycliques; B: δ-Cadinene, sesquiterpénoïdes Bicyclique; C ; β-Bisabolene, Monocyclique sesquiterpénoïdes; D: Khushimol, sesquiterpénoïdes Tricyclique (Ludwiczuk et al., 2017).	27
Figure 21. A: Phytol, Diteprénoïdes acycliques; B: Geranylα-teprineol, Diteprénoïdes monocycliques; C: Sclareol, Diteprénoïdes bicycliques D: Gibberellin A1, Diteprénoïdes tétracycliques E: Acide Abietic, Diteprénoïdes tricycliques F: Taxol, Diteprénoïdes macrocycliques (Ludwiczuk et al., 2017).	28
Figure 22. Exemple des sesterterpénoïdes : A : hippolide E, Acycliques sesterterpénoïdes, B : Hélicide H1, Sesterterpénoïdes tricycliques, C : Manoalide, Sesterterpénoïdes monocycliques, D : Sesterstatine 7, Sesterterpénoïdes tétracycliques, E : Leucoscéprine, Sesterterpénoïdes bicycliques, F : Nitiol, Sesterterpénoïdes macrocycliques. (Ludwiczuk et al., 2017).	29
Figure 23. A : α-Amyrin; B: exemple naturelles β-Amyrin (Ludwiczuk et al., 2017).	30
Figure 24. Exemple des caroténoïdes (A : Lycopene; B: β-Carotene) (Ludwiczuk et al., 2017).	30
Figure 25. A: Caoutchouc naturel (cis-configuration); B: Gutta percha ou balata (transconfiguration) (Ludwiczuk et al., 2017).	31
Figure 26. Structure chimique de phytochélatine (Adam et al., 2005).	32
Figure 27. Structure chimique de glucosinolate (Kamal et al., 2022).	33
Figure 28. Structure chimique de la théonine (Yang et al., 1999).	35
Figure 29. Scille (F. KHENNICHE).	48
Figure 30. Région de récolte de la plante étudiée ( <i>Drimia numidica</i> ) (F. KHENNICHE).	58
Figure 31. Champ de <i>D.numidica</i> dans la région de récolte (F. KHENNICHE).	59
Figure 32. La plante <i>Drimia numidica</i> : (A) Feuilles, bulbes et racine (B) Bulbe et Racines (F. KHENNICHE).	59
Figure 33. La plante <i>D.numidica</i> durant la floraison : (A, B) fleurs dans les tiges, (C) la fleur (F. KHENNICHE).	60

Figure 34. <i>Drimia numidica</i> à l'apparition de capsules : (A) Capsules dans les tiges, (B) Capsules isolées (F. KHENNICHE).....	60
Figure 35. Teste de DPPH : Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de <i>D. numidica</i> , A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.....	111
Figure 36. Teste de ABTS : Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de la plante <i>D. numidica</i> , A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.....	114
Figure 37. Teste de CUPRUC : Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de <i>D. numidica</i> , A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.....	117
Figure 38. Teste de phénanthroline : Histogramme, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de <i>D. numidica</i> , A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.....	120
Figure 39. Teste de pouvoir réducteur Histogramme, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de <i>D. numidica</i> , A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines. ....	123
Figure 40. Teste des nanoparticules d'argent Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de <i>D. numidica</i> , A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines. ....	126

# Liste des Tableaux

Tableau 1. Description de la plante <i>D.maritima</i> (Al-Tardeh et al., 2006; Cuénod, 1954).....	47
Tableau 2. Les noms scientifiques de la Scille selon les années. ....	51
Tableau 3. La classification botanique de l'espèce <i>D.maritima</i> . ....	52
Tableau 4. Exemples de différentes espèces végétales de <i>D.maritima</i> avec leurs couleur de bulbe. ....	53
Tableau 5. Les composés chimiques identifiant <i>D. maritima</i> dans les régions de Tunisie et Sardaigne.....	54
Tableau 6. Programme de température du four. ....	63
Tableau 7. Caractérisation chimique des extraits méthanoliques (80%) de <i>D. numidica</i> . ....	69
Tableau 8. Caractérisation chimique des extraits aqueux de <i>D. numidica</i> . ....	69
Tableau 9. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des bulbes. ....	71
Tableau 10. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des bulbes. ....	71
Tableau 11. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction d'acétate d'éthyle des Bulbes. ....	72
Tableau 12. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction d'acétate d'éthyle de Bulbe. ....	73
Tableau 13. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction n-butanol des bulbes. ....	74
Tableau 14. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction n-butanol des bulbes. ....	74
Tableau 15. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'Extrait hydrométhanolique des racines. ....	75
Tableau 16. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de hydrométhanolique des racines. ....	76
Tableau 17. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction cyclohexane des racines. ....	77
Tableau 18. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction cyclohexane des racines. ....	77
Tableau 19. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction chloroforme des racines. ....	78

Tableau 20. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction chloroforme des racines. ....	79
Tableau 21. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction d'acétate d'éthyle des racines. ....	80
Tableau 22. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait. ....	80
Tableau 23. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction n-butanol des Racines. ....	80
Tableau 24. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction n-butanol des Racines. ....	81
Tableau 25. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des feuilles. ....	82
Tableau 26. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des feuilles. ....	82
Tableau 27. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction cyclohexane des feuilles. ....	83
Tableau 28. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction cyclohexane des feuilles. ....	84
Tableau 29. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction d'acétate d'éthyle des feuilles. ....	84
Tableau 30. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction d'acétate d'éthyle des feuilles. ....	85
Tableau 31. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des tiges. ....	85
Tableau 32. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des tiges. ....	86
Tableau 33. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction chloroforme des tiges. ....	87
Tableau 34. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction chloroforme des tiges. ....	87
Tableau 35. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction n-butanol des tiges. ....	88
Tableau 36. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction n-butanol des tiges. ....	89
Tableau 37. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des fleurs. ....	90

Tableau 38. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des fleurs. ....	90
Tableau 39. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction chloroforme des fleurs. ....	91
Tableau 40. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction chloroforme des fleurs. ....	92
Tableau 41. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des capsules. ....	92
Tableau 42. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des capsules. ....	93
Tableau 43. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction cyclohexane des capsules. ....	94
Tableau 44. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction cyclohexane des capsules. ....	94
Tableau 45. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction chloroforme des capsules. ....	95
Tableau 46. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction chloroforme des capsules. ....	96
Tableau 47. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction d'acétate d'éthyle des capsules. ....	96
Tableau 48. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction d'acétate d'éthyle des capsules. ....	97
Tableau 49. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction n-butanol des capsules. ....	98
Tableau 50. Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction n-butanol des capsules. ....	98
Tableau 51. Tableau de l'inhibition (%) du champignon : <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>lycopersici</i> (FOL) strain. ....	100
Tableau 52. Teneur totale en composés phénoliques de tous les échantillons (29 échantillons) de <i>D. numidica</i> . ....	104
Tableau 53. Valeurs CI50/A0.50 des capacités antioxydantes de 29 échantillons de <i>D. numidica</i> . ....	105
Tableau 54. Corrélation entre les valeurs de CI50/A0.5 d'antioxydant et TCP. ....	108

# Liste des abréviations

**CI50** : concentration inhibitrice demi-maximale.

**MP** : métabolites primaires

**MS** : métabolite secondaire

**PC** : Les phytochélatines

**LD50** : Dose Létale 50%

**ERO** : Les espèces réactives de l'oxygène

**ER** : espèces réactives

**ERA** : espèces réactives de l'azote

**ERC** : espèces réactives du carbonyle

**ERS** : espèces réactives du soufre

**CUPRAC** : capacité antioxydante réductrice cuivrique

**PR** : pouvoir réducteur

**NPA** : nanoparticules d'argent

**FOL** : *Fusarium oxysporum* \_f. sp \_lycopersici

**TCP** : Teneur totale en composés phénoliques

**A0.50** : concentration à 0,50 absorbance

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

L'histoire de la pharmacie a été pendant des siècles identiques à l'histoire de la pharmacognosie, ou l'étude de *materia medica*, obtenue à partir de sources naturelles principalement des plantes. De nombreux médicaments couramment utilisés aujourd'hui (par exemple, l'aspirine) ont été utilisés grâce à l'étude des remèdes indigènes (Heinrich et al., 2018). L'examen complet des médicaments à usage humain soumis entre 1981 et 2006 indique qu'environ 62 % des nouveaux médicaments à petites molécules avaient un lien avec les produits naturels. Et cela prouve que L'industrie pharmaceutique moderne n'est rien d'autre que la progéniture de la médecine botanique (Ginsburg and Deharo, 2011). Dans le système médical moderne, les substances médicamenteuses naturelles remplissent quatre rôles vitaux et appréciables justifiant ainsi de manière adéquate leur présence légitime dans l'arsenal thérapeutique dominant, à savoir (Kar, 2007):

- 1) Servir de médicaments naturels extrêmement utiles.
- 2) Fournir des composés de base désactivant des molécules médicamenteuses moins toxiques et plus efficaces.
- 3) Exploration de prototypes biologiquement actifs vers de nouvelles et meilleures drogues synthétiques.
- 4) Modification de produits naturels inactifs par des moyens biologiques/chimiques appropriés en médicaments puissants.

Dans une enquête mondiale menée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 20 000 plantes médicinales sont utilisées abondamment soit dans l'industrie pharmaceutique, soit dans les médecines populaires. Fait intéressant, environ 1,4% possèdent des ingrédients actifs sans ambiguïté qui ont fait leurs preuves et sont largement acceptés (Kar, 2007).

Ces dernières années, la pandémie du virus Corona a montré de grands problèmes à l'humanité. Cela est dû au manque de médicaments antiviraux ou de vaccins appropriés. Il y a eu une augmentation des herbes renforçant le système immunitaire dans les pays asiatiques, où les gens ont reçu des doses de plantes médicinales comme : *Tinospora cordifolia*, *Ocimum sanctum*, *Zinziber désactivéicinalis*, *Piper nigra*, ...etc. Des tonnes d'herbes ont été consommées dans le processus, et le renforcement du système immunitaire était la seule alternative. Par conséquent, la dépendance à la phytothérapie se poursuit avec la recherche de molécules bioactives, d'analogues et de dérivés (Ekiert et al., 2021).

Les études ethnobotaniques étaient basées sur un extrait brut contenant de nombreux composés inertes ainsi que le ou les composés actifs. Mais l'avènement de la chimie organique moderne

a conduit au concept d'un ingrédient principal actif qui peut avoir des applications dans les médicaments et la lutte antiparasitaire. L'écologie chimique est basée sur la compréhension des interactions chimiques entre différentes espèces végétales, et entre les plantes et d'autres organismes, et a conduit à la découverte de composés bioactifs aux applications diverses (Katyal, 2022). Les diverses activités biologiques et compositions chimiques des plantes sont dues à la fabrication des métabolites dits secondaires. Son nom vient du constat initial que sa production n'est pas essentielle à la croissance et à la reproduction des organismes, contrairement aux métabolites primaires qui comprennent les lipides, les acides aminés, les glucides et les acides nucléiques. Cependant, les métabolites secondaires sont loin d'être secondaires et le terme métabolites spécialisés émerge pour les décrire. Il est maintenant admis que les métabolites secondaires jouent un rôle clé dans la survie des organismes qui les produisent car les métabolites secondaires déterminent les interactions au sein de leur environnement (Mosunova et al., 2021). Les composés phénoliques sont les métabolites secondaires les plus prononcés trouvés dans les plantes, et leur distribution est montrée tout au long du processus métabolique. Ces substances phénoliques, ou polyphénols, contiennent de nombreuses variétés de composés : flavonoïdes, acides phénoliques, et anthocyanes colorés, ...etc. Les composés phénoliques, dont les composés phytochimiques associés au stress, sont associés à des effets positifs qui résultent de la consommation de fruits et légumes, notamment en raison de leur activité antioxydante. (Lin et al., 2016).

Grâce à sa position biogéographique qui lui confère une diversité écologique et floristique, l'Algérie recèle plus de 3000 espèces végétales dont 15% sont endémiques (Daira et al., 2016). Afin de valoriser les plantes médicinales algériennes, on a sélectionné d'étudier la plante *Drimia numidica* dans sa totalité, Afin de montrer ses caractéristiques chimiques (par criblage phytochimique et l'analyse de GC-MS) et de ses activités biologiques (activités antifongiques et antioxydantes) à partir des extraits qu'elle fournit.

# **PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIO- GRAPHIQUE**

# **CHAPITRE I : APERÇU SUR LES METABOLITES SECONDAIRES DES PLANTE**

## 1. INTRODUCTION

Pour survivre dans la nature, les organismes doivent posséder des mécanismes leur permettant de résister aux différents problèmes qu'ils rencontrent. Contrairement aux vertébrés, les plantes ne disposent pas d'un système immunitaire adaptatif qui les immunise efficacement. De plus, étant sessiles, elles ne peuvent s'échapper de leur environnement immédiat. Cela signifie qu'elles doivent répondre aux défis environnementaux au niveau cellulaire, tout en trouvant des moyens de répandre leur progéniture sur des zones plus larges. Pour y parvenir, elles ont développé des mélanges complexes de composés chimiques qui varient selon l'espèce de plante, son stade de croissance et ses parties (Böttger et al., 2018a; Katyal, 2022). Ces mélanges de composés chimiques peuvent même varier entre des espèces similaires en fonction de plusieurs facteurs, tels que les facteurs écologiques, géographiques et génétiques. (Kumar et al., 2022). Ces produits chimiques sont générés par le processus du métabolisme, qui correspond à l'ensemble des réactions biochimiques réalisées par un organisme. Ils sont appelés métabolites secondaires (les métabolites sont les intermédiaires et les produits du métabolisme et sont généralement limités aux petites molécules) (Thirumurugan et al., 2018).

Le terme "métabolite secondaire" (MS) a été introduit par le biochimiste Albrecht Kossel (Katyal, 2022), pour désigner des molécules qui ne sont pas essentielles à la vie de l'organisme (Thirumurugan et al., 2018) mais qui jouent un rôle important dans la protection des plantes (Harborne, 1999), contrairement aux "métabolites primaires" (MPs), impliqués dans la croissance et la reproduction cellulaire (Rico et al., 2017). Cependant, cette classification est sujette à débat et semble inexacte, car il n'y a pas de distinction nette entre les MPs et les MSs (Harborne, 1999). La frontière entre les deux types de métabolites est floue, car de nombreux intermédiaires des MPs se chevauchent avec ceux des MSs (Thirumurugan et al., 2018). En outre, la distinction entre les MSs et les MPs est parfois difficile, car certains composés terpénoïdes ont des rôles à la fois de MSs et de MPs dans les cellules végétales (Kumar et al., 2022).

Les MSs jouent un rôle crucial dans la signalisation et la régulation des voies métaboliques primaires. Les hormones végétales, qui régulent le développement et le métabolisme des plantes, sont des MSs importants. Les MSs sont également impliqués dans de nombreuses autres fonctions telles que la protection contre les herbivores, les attaques d'insectes et les agents pathogènes, la stimulation de la formation de nodules racinaires, la protection contre les stress biotiques et abiotiques, et la lutte contre les dommages causés par les UV, ... etc (Katyal, 2022;

Sharma et al., 2022; Takshak and Agrawal, 2019; Thirumurugan et al., 2018). En raison de leur activité biologique importante, les MSs des plantes sont utilisés depuis des siècles en médecine traditionnelle et constituent aujourd'hui des composés valorisables pour l'industrie pharmaceutique, la cosmétique, la chimie fine, ou encore la nutraceutique (Bourgau et al., 2001).

Dans ce chapitre, nous mettrons en évidence la classification des MSs et leur importance sur le plan pharmacologique.

## 2. CLASSIFICATION

Sur la base de la voies biosynthétiques et les caractéristiques structurelles communes, les MSs des plantes divise en quatre classes principales (Phénols et Polyphénols, Tétrènes, Composés contenant de l'azote (alcaloïdes), Composés contenant du soufre), ces catégories subdivisé en sous-classes sur la base de leur structure moléculaire, groupes substituants, groupes fonctionnels, et les types de liaison avec modèle de substitution (Crozier et al., 2006; Sharma et al., 2022; Wang et al., 2019).

### 2.1. PHENOLIQUES ET POLYPHENOLIQUES

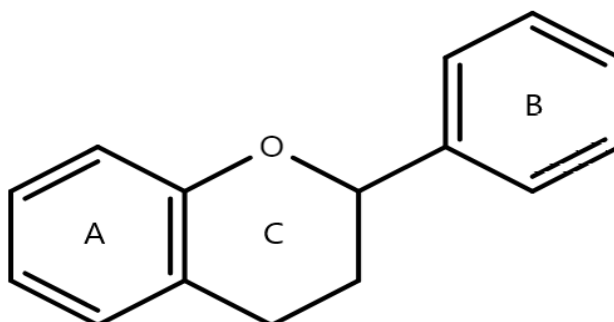
Les composés phénoliques sont largement répandus dans le règne végétal et sont connus pour leur rôle dans la prévention de diverses maladies (Crozier et al., 2006), il a également été largement étudié pour une utilisation dans l'industrie alimentaire afin d'améliorer la durée de conservation des produits périssables (Martillanes et al., 2017). Cette classe de MSs végétaux comprend une grande diversité de produits naturels (Sharma et al., 2022). Les composés Phénoliques peuvent être définis comme des composés qui possèdent au moins un cycle aromatique avec un ou plusieurs groupes hydroxyle attachés. Ils varient en taille et en complexité, allant de petits composés à cycle aromatique unique à des tanins complexes (Crozier et al., 2006).

La classification la plus couramment utilisée dans la littérature divise les composés phénoliques en deux groupes principaux : les flavonoïdes et les phénoliques non flavonoïdes. Ces deux groupes sont classés en fonction du nombre et de la disposition de leurs atomes de carbone et sont souvent liés aux sucres et aux acides organiques (Crozier et al., 2006; Durazzo et al., 2019).

#### 2.1.1 FLAVONOÏDES

Les flavonoïdes représentent environ 60% des polyphénols alimentaires et il existe plus de 4000 variétés de flavonoïdes différents (González-Vallinas et al., 2013). Ils se trouvent sous forme

d'aglycones ou de glycosides dans de nombreux fruits et légumes et ont une structure chimique commune composée de 15 atomes de carbone, comprenant un squelette de phényl-benzo- $\gamma$ -pyran (C6-C3-C6) constitué de deux cycles phényles (A et B) et d'un hétérocycle pyrane (C) (figure 1) (Hernández-Rodríguez et al., 2019).



**Figure 1.** Structure de base pour les flavonoïdes (Cosme et al., 2020).

Les flavonoïdes sont largement distribués dans les feuilles, les graines, l'écorce et les fleurs des plantes. Ils jouent un rôle de pigments de différentes couleurs et remplissent diverses fonctions, telles que la protection contre les rayons ultraviolets, la défense contre les stress abiotiques et contre les phytopathogènes bactériens et fongiques. Plus récemment, des propriétés des flavonoïdes ont été découvertes, montrant qu'ils peuvent agir comme régulateurs endogènes du mouvement de l'auxine chez les plantes (Hernández-Rodríguez et al., 2019).

Divers rôles thérapeutiques et fonctions biologiques associés à cette classe de composés sont dus à leurs caractéristiques structurales telles que le squelette carboné, le schéma de substitution, le niveau d'oxydation, ...etc (Sharma et al., 2022). Ils ont été généralement reconnus comme bénéfiques pour le corps humain et ont des effets positifs sur le maintien de la santé et la prévention des maladies. Les flavonoïdes végétaux présentent un large spectre d'activités biologiques, telles que des activités anti-inflammatoires et anticancéreuses. Ils présentent également un bon potentiel dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Par conséquent, certains flavonoïdes ont été appliqués dans le développement de nutraceutiques et de médicaments (Wen et al., 2017). Ils sont classés en sept groupes : les flavones, les flavonols, les flavanones, les isoflavones, les flavanols, les anthocyanes et les chalcones (Durazzo et al., 2019; González-Vallinas et al., 2013).

### 2.1.1.1 LES FLAVONES

La structure chimique de base des flavones est constituée de deux cycles benzéniques liés par un cycle pyrone hétérocyclique (figure 2). Les principaux flavones présents dans les aliments sont la lutéoline et l'apigénine, qui sont généralement présents sous forme de glycosides. Récemment, Hostetler, Ralston et Schwartz (2017) ont résumé, sur la base d'études existantes, la concentration de flavones dans les thés et les herbes sèches, dans les fruits, les légumes, l'huile d'olive et le miel. Des exemples de sources alimentaires sont l'acérola, l'abricot, la noix de cajou, le haricot, le chou, le cardon, le pissenlit, la pomme, l'artichaut, la mangue, la papaye et l'oignon. Il existe des preuves que l'apport alimentaire en flavones peut aider à réduire la prise de poids au fil du temps dans la population. De plus, une revue systématique des études épidémiologiques a retrouvé une étude de cohorte dans laquelle une réduction significative entre l'incidence du cancer de l'ovaire et l'apport en kaempférol et en lutéoline a été observée. Des effets bénéfiques pour la santé et thérapeutiques, c'est-à-dire sur le diabète, l'amnésie, la maladie d'Alzheimer, la dépression, l'insomnie et le cancer liés à l'apigénine, ont été récemment rapportés en référence à la recherche *in vivo*, à la chimie et aux caractéristiques nutraceutiques (Durazzo et al., 2019).

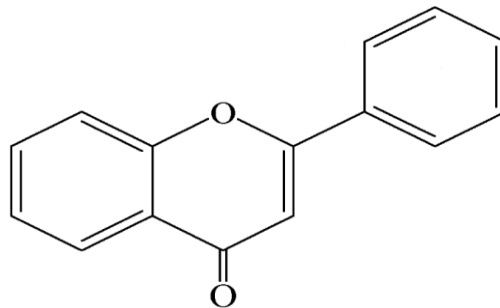


Figure 2. Flavone (Stefova et al., 2003).

### 2.1.1.2 LES FLAVONOLS

Les flavonols (figure 3) sont présents dans plusieurs aliments tels que les oignons, le kaki, le safran, les baies, le brocoli, la laitue, le thé et les fruits (Durazzo et al., 2019; Martillanes et al., 2017). Une méta-analyse d'études épidémiologiques a montré que la consommation de flavonols peut réduire le risque de diabète de type 2. Les deux principales molécules représentatives sont la quercétine et le kaempférol.

La quercétine se trouve principalement dans les oignons, les pommes et les baies. Elle a attiré l'attention des chercheurs pour son activité contre le cancer, l'inflammation chronique et les maladies cardiovasculaires. Les apports moyens estimés en quercétine sont de 29,4 mg par jour. Des preuves cliniques suggèrent que la quercétine peut améliorer la capacité d'exercice d'endurance humaine et la performance d'exercice d'endurance. Le kaempférol est un flavonol naturel présent dans différentes plantes comestibles telles que le thé, le brocoli, le chou, le chou frisé, les haricots, l'endive, le poireau, la tomate, les fraises et les raisins. Il a été décrit comme possédant des propriétés anti-inflammatoires, anticancéreuses et particulièrement protectrices pour le système cardiovasculaire (Durazzo et al., 2019).

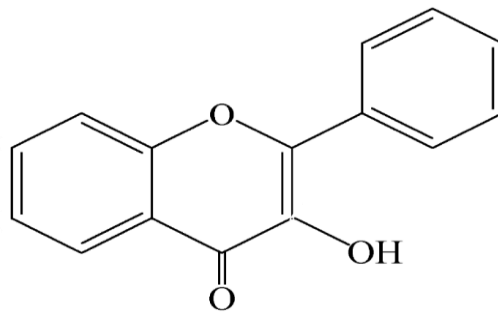


Figure 3. Flavonol (Stefova et al., 2003).

### 2.1.1.3 LES FLAVANONES

Plus de 160 flavanones naturelles appartenant à 36 familles de plantes ont été identifiées. Les flavanones sont présentes dans divers aliments, notamment les légumes (comme la tomate et la pomme de terre), les épices (comme le romarin et la menthe poivrée) et surtout les fruits (comme l'orange, la fraise, la framboise et la prune). La consommation de flavanones a été associée à un risque réduit de diabète et d'obésité. La naringénine, qui est l'aglycone de la naringine, est l'une des flavanones les plus étudiées. On la trouve principalement dans les agrumes et de nombreuses études ont mis en évidence son potentiel bénéfique dans diverses conditions de santé, telles que le stress oxydatif, l'inflammation, les troubles neurologiques, en particulier les maladies cardiovasculaires et métaboliques (Durazzo et al., 2019). Squelette de flavanone dans la figure 4.

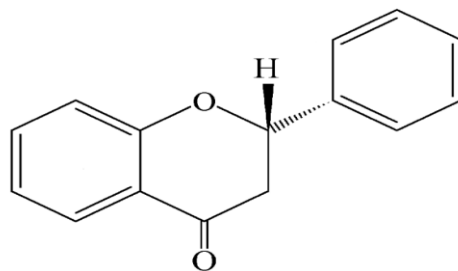
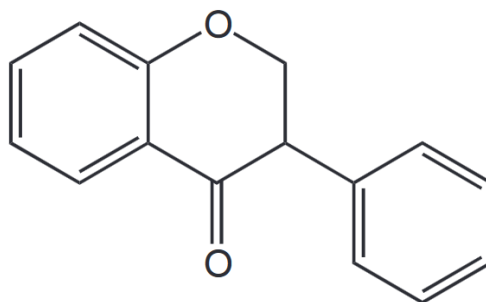


Figure 4. Flavanone (Stefova et al., 2003).

#### 2.1.1.4 LES ISOFLAVONES

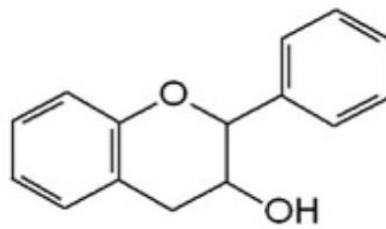
Les isoflavones sont des composés biologiquement actifs qui possèdent des propriétés oestrogéniques et sont souvent appelés phytoestrogènes. Les principaux ingrédients représentatifs sont la génistéine, la daidzéine, la biochanine A et la glyciteine. Les isoflavones se trouvent presque exclusivement dans la famille des légumineuses, bien que d'autres sources aient été signalées dans les pommes, les abricots, les cassis, les cerises, le chou, les patates douces, les pêches, les dattes, les oignons, le blé, le melon et l'ananas. Les préparations contenant des isoflavones sont promues pour soulager les symptômes de la ménopause. Des revues systématiques et une méta-analyse de données cliniques sur les effets bénéfiques potentiels des phytoestrogènes sur la ménopause et la prévention du cancer ont récemment été publiées. Une revue systématique et une méta-analyse d'essais cliniques ont récemment noté qu'une supplémentation spécifique en phytoestrogènes est associée à des réductions modestes de certains symptômes de la ménopause tels que les bouffées de chaleur et la sécheresse vaginale. Il existe également des preuves que la prise de phytoestrogènes pourrait avoir des effets chimiopréventifs contre le cancer. Une revue systématique des données d'observation a conclu que, malgré certaines lacunes, une consommation de soja conforme au régime alimentaire japonais traditionnel pouvait réduire le risque de cancer du sein et de sa récurrence. Une tendance prophylactique similaire pour la réduction du risque de cancer de la prostate a été observée, bien qu'aucune conclusion concluante n'ait pu être tirée compte tenu de la taille et de la durée des essais individuels. En somme, les preuves disponibles suggèrent que les phytoestrogènes peuvent avoir un effet bénéfique, bien que modeste, sur les symptômes de la ménopause. Cependant, il existe des preuves préliminaires que la prise de phytoestrogènes peut réduire l'incidence du cancer de la prostate et du sein. (Durazzo et al., 2019). Squelette d'Isoflavone dans la figure 5.



**Figure 5.** Isoflavone (Hernández-Rodríguez et al., 2019).

### 2.1.1.5 FLAVANOLS

Les flavanols (ou flavan-3-ols) sont la sous-classe la plus complexe de flavonoïdes allant des monomères simples (+)-catéchine et son isomère (-)-épicatéchine, aux proanthocyanidines oligomères et polymères, également connus sous le nom de tanins condensés (Crozier et al., 2006). Les flavanols peuvent former des conjugués d'acide gallique tels que le gallate d'épicatéchine, l'épigallocatechine et le gallate d'épigallocatechine. L'épigallocatechine-3-gallate est abondante dans le thé, dont la consommation a été corrélée à une faible incidence de maladies cardiovasculaires chroniques et de cancers. Récemment, une catéchine O-méthylée unique, à savoir la (-) épigallocatechine 3-O-(3-O-méthyl) gallate, a été identifiée dans les variétés de thé vert et oolong. Les produits à base de cacao, c'est-à-dire le chocolat, sont riches en catéchine et en épicatéchine. D'autres sources sont les fruits, comme les raisins et les mûres, les pommes ou les noix comme les haricots, les amandes et les pistaches. Les flavanols de cacao et de chocolat ont attiré l'attention clinique pour la prévention des maladies cardiovasculaires et métaboliques. Le potentiel anti-obésité des flavanols a également été exploré. Enfin, une revue systématique basée sur 13 essais cliniques a conclu que la consommation de flavanols de cacao peut améliorer la fonction vasculaire, réduire le stress oxydatif induit par l'exercice et modifier l'utilisation des graisses et des glucides pendant l'exercice, mais sans affecter les performances physiques (Durrizzo et al., 2019). Squelette de flavanole dans la figure 6.



**Figure 6.** Flavanol (Azmi et al., 2020).

### 2.1.1.6 LES ANTHOCYANES

Les anthocyanes, sont largement dispersés dans tout le règne végétal, étant particulièrement évidents dans les tissus des fruits et des fleurs où ils sont responsables des couleurs rouges, bleu et violet. De plus, on les trouve également dans les feuilles, les tiges, les graines et les tissus racinaires. Ils participent à la protection des plantes contre la lumière excessive en ombrageant les cellules du mésophylle des feuilles et ont également un rôle important à jouer pour attirer les insectes pollinisateurs (Crozier et al., 2006). La recherche clinique sur les anthocyanes a exploré leur relation potentielle avec les maladies cardiovasculaires et leurs complications, les résultats cognitifs et le cancer. Des données cliniques prometteuses, bien que non convaincantes, basées sur la revue systématique et la méta-analyse, semblent suggérer que la supplémentation en anthocyanes peut affecter positivement le métabolisme du cholestérol et des lipoprotéines chez les patients atteints de dyslipidémie. Les mécanismes possibles impliqués comprennent l'inhibition de l'absorption des lipides et du glucose par l'intestin, l'augmentation de l'excrétion fécale du cholestérol et l'inhibition de la synthèse du cholestérol. De plus, une relation inverse a été trouvée entre l'apport alimentaire d'anthocyanes et le risque de développer un diabète de type 2, On pense que les effets antioxydants et anti-inflammatoires des anthocyanes sont pertinents pour retarder la progression du diabète de type 2. Récemment, une méta-analyse a suggéré une association entre l'apport alimentaire en anthocyanes et un risque réduit de mortalité par maladie cardiovasculaire. Des preuves précliniques solides soutiennent un rôle bénéfique pour les anthocyanes dans la fonction cognitive (Durazzo et al., 2019). Squelette d'Anthocyanin dans la figure 6.

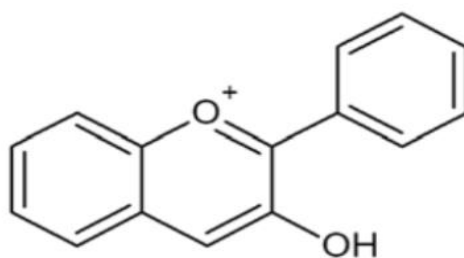
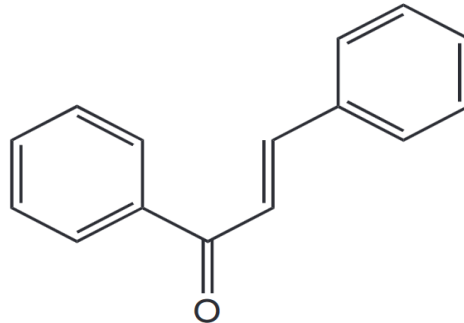


Figure 7. Anthocyanin (Durazzo et al., 2019).

### 2.1.1.7 LES CHALCONES

Le nom Chalcone vient du mot grec *chalcos* (bronze). Chimiquement, ils sont constitués de flavonoïdes à chaîne ouverte dans lesquels les deux cycles aromatiques (A et B) sont reliés par un système carbonyle insaturé à trois carbones *a*, *b*. Les chalcones possèdent la double liaison conjuguée et un système d'électrons *p* complètement délocalisé sur les deux cycles aromatiques. Les chalcones ont été découvertes à l'origine dans les plantes en tant que pigments de fleurs jaunes de *Coreopsis* et d'autres Composées à rayons jaunes. Après cela, ils ont ensuite été trouvés dans d'autres familles de plantes, notamment les solanacées, les anacardiées, les césalpi-niacées, les pipéracées et les apiacées. Les 6<sub>0</sub>-désoxychalcones étaient connues pour être des constituants chimiques des plantes légumineuses, mais il est à peine rapporté qu'elles aient été trouvées dans d'autres espèces végétales. De nombreuses chalcones ont été isolées soit des Composées (*Asteraceae*) soit des Leguminosae (*Fabaceae*), deux familles bien connues pour les accumuler. En outre, diverses prénylchalcones peuvent être trouvées dans les plantes de houblon (*Cannabaceae*). Une attention considérable a été consacrée à la recherche sur les chalcones, qui sont distribuées dans les fruits, les épices, le thé et les aliments à base de soja, en raison de leurs activités pharmacologiques intéressantes et potentielles. La naringénine-chalcone se trouve dans les composées, les lamiacées et les solanacées. La naringénine-chalcone est l'un des flavonoïdes prédominants trouvés dans les tomates (*Solanum lycopersicum*) et s'accumule presque exclusivement dans la peau de la tomate. Ce composé a inhibé la libération d'histamine avec une valeur CI 50 de 68 mg/ml et s'est avéré être le polyphénol antiallergique le plus prometteur de cet extrait. L'effet sur la production de médiateurs pro-inflammatoires naringénine-chalcone dans les macrophages stimulés par les lipopolysaccharides a été examiné.

La naringénine-chalcone a présenté des propriétés anti-inflammatoires en inhibant la production de cytokines pro-inflammatoires dans l'interaction entre les adipocytes et les macrophages (Ninomiya and Koketsu, 2013). Squelette de Chalcone dans la figure 8.



**Figure 8.** Chalcone (Hernández-Rodríguez et al., 2019).

## 2.1.2 NON-FLAVONOIDS

Les composés non flavonoïdes ont des structures légèrement plus variables et ont fait l'objet d'une attention considérable en raison de leur apport lié aux bénéfices de la santé afin de réduire l'incidence des maladies dégénératives chroniques telles que la maladie d'Alzheimer, le cancer, les maladies cardiovasculaires et le diabète (Sharma et al., 2022) Les classes de polyphénols non flavonoïdes sont : Les acides phénoliques; Les xanthones ; Les anthraquinones ; Les lignanes et les néolignanes ; Les curcuminoïdes ; Les stilbènes.(Bellavia et al., 2021).

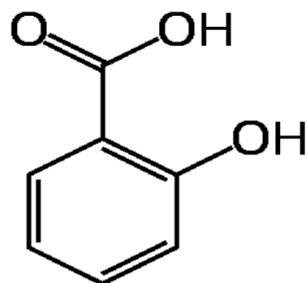
### 2.1.2.1 LES ACIDES PHENOLIQUES

Le nom acides phénoliques, en général, décrit les phénols qui possèdent une fonctionnalité acide carboxylique, participent à la stabilité de la couleur, au profil aromatique et à l'activité antioxydante, qui dépend du nombre de groupes hydroxyle inclus dans la molécule Ils sont classés en acides hydroxybenzoïques et hydroxycinnamiques (Cosme et al., 2020; Robbins, 2003).

#### 2.1.2.1.1 LES ACIDES HYDROXYBENZOÏQUES

Les acides hydroxybenzoïques ont un squelette en C6-C1, sont les acides phénoliques les plus simples que l'on trouve dans la nature. Ils sont fréquemment glycosylés, liés à de petits acides organiques ou à des composés structurels des cellules végétales. La teneur de ces composés dans les plantes comestibles est faible, à l'exception de certains fruits rouges et des oignons.

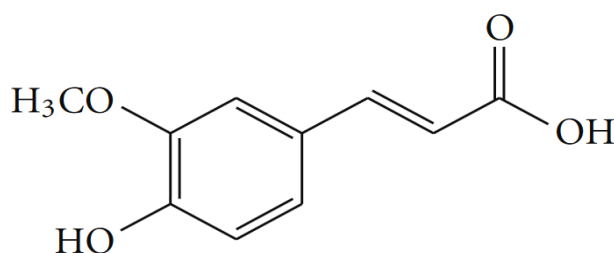
Parmi les acides hydroxybenzoïques les plus courants, on trouve les acides gallique, protocatéchique, vanillique, syringique et salicylique (Cosme et al., 2020). Squelette de salicylique dans la figure 9.



**Figure 9.** Acide salicylique (Protasiuk and Olejnik, 2018).

#### 2.1.2.1.2 LES ACIDES HYDROXYCINNAMIQUES

Les acides hydroxycinnamiques ont un squelette en C6-C3, sont plus courants que les acides hydroxybenzoïques. Les principales sources alimentaires de ces composés sont les fruits tels que les pommes, les cerises, les pêches et les agrumes. Certains exemples d'acides hydroxybenzoïques sont les acides coumarique, caféique, férulique, rosmarinique, et les acides p-coumarique étant les plus abondants dans les fruits (Cosme et al., 2020). Squelette d'acide caféique dans la figure 10.

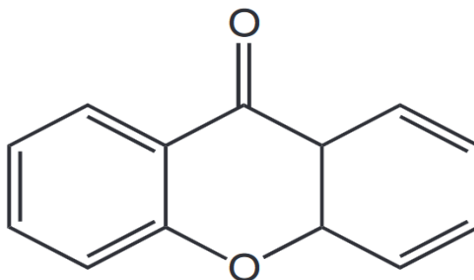


**Figure 10.** Acide férulique (Lin et al., 2012).

#### 2.1.2.2 LES XANTHONES

Les xanthones (figure 11) constituent une classe de composés hétérocycliques contenant de l'oxygène. Avec une coloration jaune et tous ont la dibenzo- $\gamma$ -pyrone comme squelette de base.(Sharma et al., 2022; Tchamo Diderot et al., 2006). De nombreux rapports sont apparus dans la littérature concernant les propriétés pharmacologiques intéressantes des xanthones d'origine naturelle. Les bioactivités de ces composés dépendent de leur noyau tricyclique ainsi que de la nature et/ou de la position de leurs substituants très divers, ce qui en fait une structure

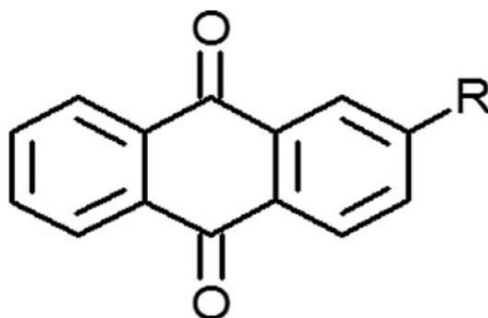
privilegiée susceptible de lier des cibles variées. Ainsi, plus de 250 d'entre eux ont montré des bioactivités significatives, notamment la stimulation de l'action sur le système nerveux central par l'inhibition de la Monoamine oxidase, des activités cardiovasculaire, des activités antifongiques et antibactériennes, propriétés cytotoxiques et antitumorales, propriété antidiabétique, activités hépatoprotectrice, activité antiparasitaire, effets anti-inflammatoires, activité inhibitrice du VIH.(Le Pogam and Boustie, 2016; Tchamo Diderot et al., 2006).



**Figure 11.** Xanthone (Hernández-Rodríguez et al., 2019).

### 2.1.2.3 LES ANTHRAQUINONES

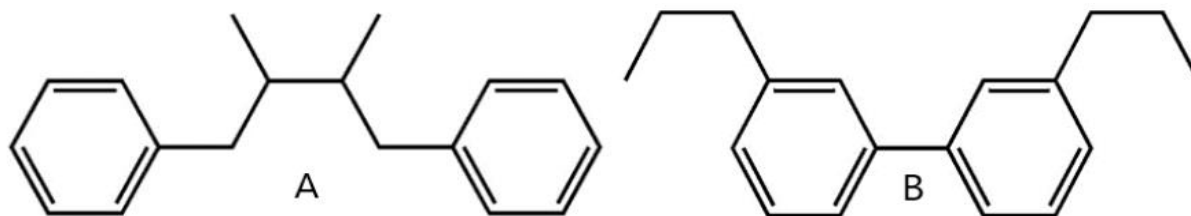
Les anthraquinones (9,10-dioxoanthracènes) constituent une classe importante de composés avec une large gamme d'applications. Les plantes contenant de l'anthraquinone, par exemple la rhubarbe et l'aloès, sont connues et utilisées depuis plus de siècles pour des applications médicales. Les anthraquinones naturelles sont largement utilisées dans la teinture des textiles, les peintures, les appareils d'imagerie, les aliments, les cosmétiques et les produits pharmaceutiques. De plus, ils servent de catalyseurs dans de nombreux processus chimiques et biogéochimiques, tels que la dégradation réductrice des contaminants, en fonction de leur potentiel redox. Les dérivés d'anthraquinone présentent un large éventail d'activités pharmacologiques, notamment des effets laxatifs, anticancéreux, anti-inflammatoires, antiarthritiques, antifongiques, antibactériens, antiviraux, antiplaquettaires et neuroprotecteurs. De plus, ils ont montré un potentiel pour le traitement du paludisme et de la sclérose en plaques ; et il y a un intérêt continu pour le développement de nouveaux dérivés d'anthraquinone présentant des activités biologiques. Des exemples de dérivés d'anthraquinone qui sont utilisés dans la pratique clinique comprennent les anthracyclines et les médicaments anticancéreux apparentés, les hydroxyanthraquinones naturelles utilisées principalement comme laxatifs et le médicament anti-inflammatoire diacérine (Malik and Müller, 2016).



**Figure 12.** Structure chimique des dérivés d'antraquinone. R = H: anthraquinone; R = SO<sub>3</sub>Na: sulfonated 9,10-antraquinone (Werner et al., 2018).

#### 2.1.2.4 LES LIGNANES ET LES NEOLIGNANES

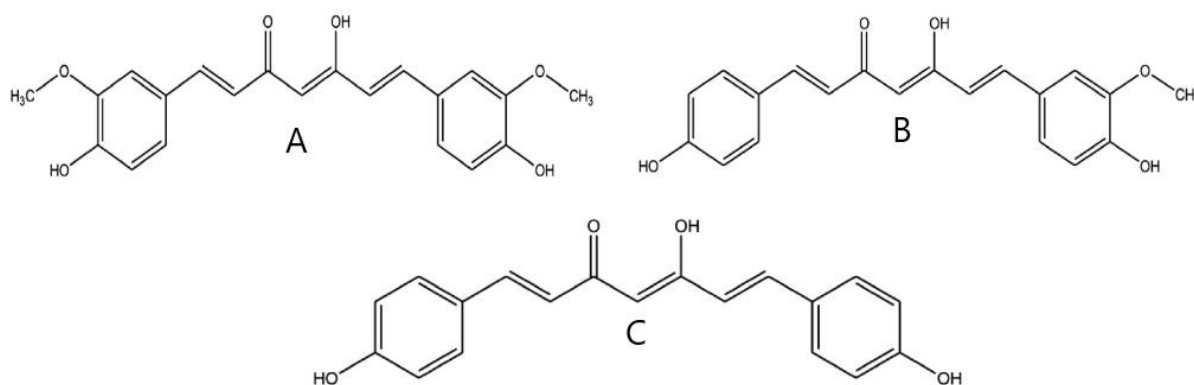
Les lignanes et les néolignanes (figure 13) constituent un vaste groupe de phénols naturels largement répandus dans le règne végétal et dérivés de la voie de biosynthèse de l'acide shikimique. Ces composés présentent des structures dimériques formées par une liaison  $\beta,\beta'$  entre deux unités de phénylpropane C6-C3 avec un degré d'oxydation différent dans la chaîne latérale et un schéma de substitution différent dans les parties aromatiques. Pour des raisons de nomenclature, l'unité C6-C3 numérotée de 1 à 6 dans le cycle, en partant du groupe propyle, et avec le groupe propyle numéroté de 7 à 9, en partant du cycle benzénique. Avec la deuxième unité C6-C3, les numéros sont amorcés. Lorsque les deux unités C6-C3 sont liées par une liaison entre les positions 8 et 8', le composé est appelé "lignane". En l'absence de la liaison C- 8 à C- 8', le dimère formé des deux unités C6-C3 est un "néolignane". En raison de leurs activités biologiques incluant des propriétés antioxydantes, antitumorales, anti-inflammatoires aux propriétés antivirales, ils sont utilisés depuis longtemps tant dans la médecine ethnique que dans la médecine conventionnelle (Teponno et al., 2016).



**Figure 13.** A : Lignan ; B : Neolinien (Lopes et al., 2017).

### 2.1.2.5 LES CURCUMINOÏDES

Sont une classe importante de composés alimentaires heptanoïdes du noyau C6-C7-C6 qui sont responsables de l'importance thérapeutique de *Curcuma longa* (Sharma et al., 2022). Les curcuminoïdes comprennent trois composants principaux, à savoir la curcumine (diferuloylméthane ; 77 %), la déméthoxycurcumine (également appelée curcumine I ; 17 %) et la bisdéméthoxycurcumine (également appelée curcumine II ; 6%) (figure 14).(Sahebkar, 2014). les curcuminoïdes possèdent un large éventail d'activités biologiques, notamment des effets antioxydants, anti-inflammatoires, anticancéreux, antimicrobiens, neuroprotecteurs, cardioprotecteurs et radioprotecteurs(Amalraj et al., 2017).

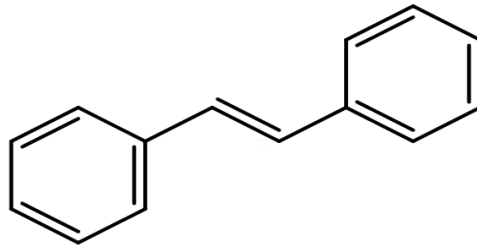


**Figure 14.** A: curcumin; B: demethoxycurcumin ; C: bisdemethoxycurcumin (Monton et al., 2016).

### 2.1.2.6 LES STILBENES

Les stilbènes sont famille dérivés de la voie des phénylpropanoïdes (Chong et al., 2009). à squelette carboné C6-C2-C6 (figure 15), caractérisés par des caractéristiques structurales de 1,2-diphényléthylène et souvent substitués par des groupes hydroxyle, méthoxy et méthyle comme à l'état libre et des glycosides (Sharma et al., 2022). Produits dans un certain nombre d'espèces végétales non apparentées. Au cours des dernières décennies, les stilbènes ont fait l'objet d'une grande attention en raison de leurs applications pharmacologiques potentielles et de leurs activités biologiques (Chong et al., 2009). Comme cardioprotection, neuroprotection, propriétés antidiabétiques, dépigmentantes (par diminution de la production de mélanine et inhibition de l'activité de la tyrosinase), anti-inflammatoires, prévention et traitement du cancer, Neuroprotection, ...etc (Akinwumi et al., 2018; Champ and Kundu-Champ, 2019).

Les stilbènes ne sont présents qu'en faible quantité dans l'alimentation humaine, par conséquent, tout effet protecteur de cette molécule est peu probable avec un apport alimentaire normal (Manach et al., 2004).



**Figure 15.** Structure chimique de stilben (Shelan et al., 2018).

## 2.2 COMPOSES CONTENANT DE L'AZOTE

Les composés contenant de l'azote constituent une autre classe importante de métabolites secondaires végétaux comprenant principalement des alcaloïdes, des glycosides cyanogènes, des glucosinolates et des acides aminés non protéiques. La plupart des MSs des plantes contenant de l'azote sont généralement dérivés d'acides aminés (Sharma et al., 2022).

### 2.2.1 ALKALOÏDES

Il existe plus de 12 000 composés d'alcaloïdes connus (Thirumurugan et al., 2018). Les alcaloïdes sont présents de manière limitée dans les plantes supérieures, se trouvant dans environ 20% des espèces d'angiospermes. Ils sont relativement rares dans les gymnospermes et les fougères et n'ont pas été enregistrés dans les mousses ou les hépatiques (Harborne, 1999). Ces composés sont isolés sous forme cristalline, amorphe, non volatil et non odorant à partir de diverses matrices végétales. Les alcaloïdes ont une importance biologique étendue, étant associés à des effets thérapeutiques, addictifs, toxiques et protecteurs contre les agents pathogènes et les prédateurs. Ils contribuent également à la survie des plantes dans l'écosystème. Les effets bénéfiques ou toxiques dépendent de la dose, de la durée d'exposition et de facteurs biologiques tels que l'âge, les sites d'action et la sensibilité (Sharma et al., 2022). Les différentes classifications des alcaloïdes comprennent les classifications dépendant sur : structure chimique, et voie de biosynthèse (Aniszewski 2015).

### **2.2.1.1 CLASSIFICATION CHIMIO-MOLECULAIRE DES ALCALOÏDES**

Les alcaloïdes peuvent être divisés en différents types en fonction de leurs structures chimiques pures pointant d'abord vers la base alcaloïde, un noyau chimique de base. Voici les types de base d'alcaloïdes : acridones, aromatiques, carboline, éphédras, ergots, imidazoles, indoles, bisindoles, indolizidines, manzamines, oxindoles, quinoléines, quinazoléines, quinolizidines, phénylisoquinoléines, phényléthylamines, pipéridines, purines, pyrrolidines, pyrrolizidines, pyrroloindoles, pyridines, sesquiterpènes, tétrahydroisoquinoléines simples, stéroïdes, tropanes, terpénoïdes, diterpènes et triterpènes (Aniszewski, 2015).

### **2.2.1.2 CLASSIFICATION DE FORME BIOSYNTHETIQUE DES ALCALOÏDES**

Les alcaloïdes sont généralement classés selon leurs précurseurs moléculaires communs, en fonction de la voie biologique utilisée pour construire la molécule. D'un point de vue structurel, les alcaloïdes sont divisés selon la forme, la structure et les précurseurs. Il existe trois principaux types d'alcaloïdes : les vrais alcaloïdes, les protoalcaloïdes et les pseudoalcaloïdes. Les vrais alcaloïdes et protoalcaloïdes sont dérivés d'acides aminés, alors que les pseudoalcaloïdes ne sont pas dérivés à partir de ces composés (Aniszewski, 2015)

#### **2.2.1.2.1 VRAIS ALCALOÏDES**

Les vrais alcaloïdes dérivent d'acides aminés et partagent un cycle hétérocyclique avec l'azote. Ces alcaloïdes sont des substances hautement réactives avec une activité biologique même à faible dose. Tous les vrais alcaloïdes ont un goût amer et se présentent sous la forme d'un solide blanc, à l'exception de la nicotine, qui est un liquide brun. Véritables alcaloïdes forment des sels hydrosolubles. De plus, la plupart d'entre eux sont des substances cristallines bien définies qui s'unissent aux acides pour former des sels. Les vrais alcaloïdes peuvent être présents dans les plantes à l'état libre, sous forme de sels et ou sous forme de N-oxydes. Ces alcaloïdes se produisent dans un nombre limité d'espèces et de familles et sont les composés dans lesquels les acides aminés décarboxylés sont condensés avec une fraction structurelle non azotée. Les principaux précurseurs des vrais alcaloïdes sont des acides aminés tels que la L-ornithine, la L-lysine, la L-phénylalanine/L-tyrosine, le-L tryptophane et la L-histidine. Des exemples de vrais alcaloïdes comprennent des alcaloïdes biologiquement actifs tels que la cocaïne, la quinine, dopamine, morphine (figure 16), et usambarensine (Aniszewski, 2015).

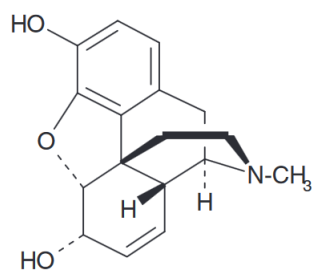


Figure 16. Morphine, exemple de protoalkaloïde (Aniszewski, 2015)

### 2.2.1.2.2 PROTOALCALOÏDES

Les protoalcaloïdes sont des composés alcaloïdes qui ne contiennent pas d'atome d'azote dans leur cycle hétérocyclique, mais plutôt un groupe fonctionnel amine dérivé d'un acide aminé tel que la L-tyrosine ou la L-tryptophane. Bien qu'ils soient structurellement simples, ces alcaloïdes parfaitement cycliques constituent une minorité parmi tous les alcaloïdes. L'hordénine, la mescaline et la yohimbine sont des exemples bien connus de protoalcaloïdes. De nouveaux alcaloïdes, la stachydrine et la 4-hydroxystachydrine, ont été découverts par Chini et ses collègues dans la plante *Boscia angustifolia* de la famille des capparidacées. Ces alcaloïdes basiques, ayant un noyau pyrroline, font partie du genre *Boscia* et ont été utilisés en médecine populaire en Afrique de l'Est et du Sud pour traiter les maladies mentales ainsi que la douleur et la névralgie. Les protoalcaloïdes peuvent être trouvés dans la nature, produits de manière biomimétique ou bionique, ou synthétisés chimiquement (Aniszewski, 2015).

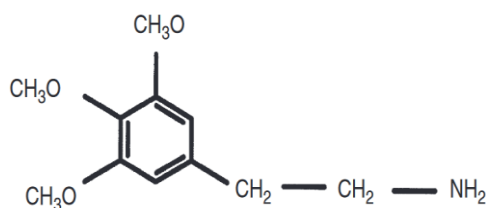
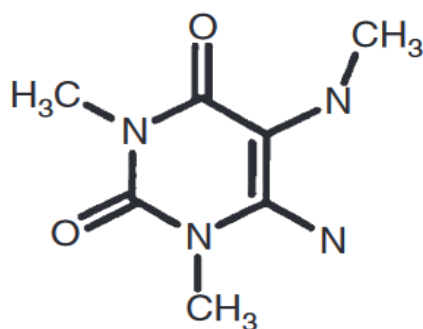


Figure 17. Mescaline, exemple de protoalkaloïde (Aniszewski, 2015).

### 2.2.1.2.3 PSEUDOALCALOÏDES

Les pseudoalcaloïdes sont des composés dont les squelettes carbonés de base ne sont pas dérivés d'acides aminés. En réalité, les pseudoalcaloïdes sont liés aux voies métaboliques des acides aminés. Ils sont dérivés des précurseurs ou postcurseurs (dérivés du processus de dégradation) des acides aminés. Ils peuvent également résulter des réactions d'amination et de transamination

des différentes voies liées aux précurseurs ou postcurseurs d'acides aminés. Ces alcaloïdes peuvent également être dérivés de précurseurs non acides aminés. L'atome N est inséré dans la molécule à un stade relativement tardif, par exemple dans le cas des squelettes stéroïdiens ou terpénoïdes. Certes, l'atome N peut également être donné par une source d'acides aminés à travers une réaction de transamination, s'il existe un aldéhyde ou une cétone appropriée. Les pseudoalcaloïdes peuvent être dérivés de l'acétate et de la phénylalanine ou des terpénoïdes, ainsi que des alcaloïdes stéroïdiens. Des exemples de pseudoalcaloïdes comprennent des composés tels que : la coniine, la capsaïcine, l'éphédrine, la solanidine, la caféine (figure 18), la théobromine et la pinidine. Les pseudoalcaloïdes peuvent être des alcaloïdes naturels, biomimétiques, bioniques et synthétiques (Aniszewski, 2015).



**Figure 18.** Caffeine, exemple de pseudoalcaloïdes (Aniszewski, 2015).

### 2.2.2 GLYCOSIDES CYANOGENES

Les glycosides cyanogéniques peuvent être définis chimiquement comme des  $\beta$ -glycosides dérivés d'acides aminés d' $\alpha$ -hydroxynitriles (cyanohydrines). Ils ont une large distribution parmi les plantes supérieures mais se produisent également dans certaines fougères et deux classes d'animaux (Myriopoda et Insecta) (Bak et al., 2006; Nestel and Macintyre, n.d.). Les glycosides cyanogéniques sont constitués de deux parties principales, un aglycone et un sucre. Le fragment sucre prédominant est le glucose mais de nombreux schémas de substitution de ce fragment glucose existent dans la nature. En ce qui concerne le fragment aglycone, quatre classes de base différentes peuvent être distinguées, les aglycones aliphatiques, cycliques, aromatiques et hétérocycliques.(Yulvianti and Zidorn, 2021). Les glycosides cyanogéniques sont classés comme phytoanticipines (Bak et al., 2006).

### 2.2.2.1 GLUCOSINOLATES

Les glucosinolates sont une autre classe de métabolites secondaires contenant de l'azote qui contiennent des atomes de soufre et d'azote, chimiquement connus sous le nom de  $\beta$ -thioglucosides d'esters de Nhydroximosulfate. Ceux-ci sont dérivés d'acides aminés aliphatiques et de glucose. La structure moléculaire consiste en un atome central qui est lié via un atome de soufre au groupe glycone et via un atome d'azote à un groupe oxime sulfoné. En outre, le carbone central est également lié à un groupe latéral. Différents glucosinolates ont différents groupes latéraux, et des variations de leurs activités biologiques sont également signalées en raison de la variation des caractéristiques structurelles des groupes latéraux (Sharma et al., 2022). Les glucosinolates sont des composés biologiquement actifs que l'on trouve dans les plantes de la famille des Brassicaceae, y compris les plantes comestibles courantes comme le brocoli, le chou, le chou-fleur, le colza, la moutarde et le raifort. Les saveurs fortes tendent à correspondre à des concentrations élevées de glucosinolates. Des études récentes ont révélé des effets bénéfiques des glucosinolates, notamment des fonctions régulatrices dans l'inflammation, la réponse au stress, le métabolisme de phase I et les activités antioxydantes, ainsi que des propriétés antimicrobiennes directes. Cependant, des effets indésirables chez diverses espèces de bétail ont été associés à l'alimentation de rations riches en Brassicaceae, tels que des saveurs désagréables dans les produits animaux, une réduction de la consommation d'aliments et de la croissance, une irritation gastro-intestinale, un goitre, une anémie et des lésions hépatiques. Une teneur élevée en soufre peut être associée à des carences en oligo-éléments et à la polioencéphalomalacie. Par conséquent, bien qu'il s'agisse d'une bonne source de nutrition, il est préférable d'éviter de suralimenter les Brassicacées (Bischdésactivé, 2016).

### 2.2.2.2 ACIDE AMINE NON PROTEIQUE

Les acides aminés non protéiques sont les acides aminés qui ne se trouvent pas dans les chaînes principales des protéines, soit par manque d'ARN de transfert et de triplet de codons spécifiques, soit parce qu'ils ne proviennent pas d'acides aminés protéiques par modification post-traductionnelle (Hunt, 1985). Certains acides aminés non protéiques sont capables d'entrer en compétition dans des voies métaboliques impliquant des acides aminés protéiques, en d'autres termes, ils fonctionnent comme des antimétabolites (Rodgers, 2014). Pour des exemples d'acides aminés non protéiques est leur apparence de structure voir (Yoganathan and Vederas, 2010).

## 2.3 TERPENES/TERPENOÏDES

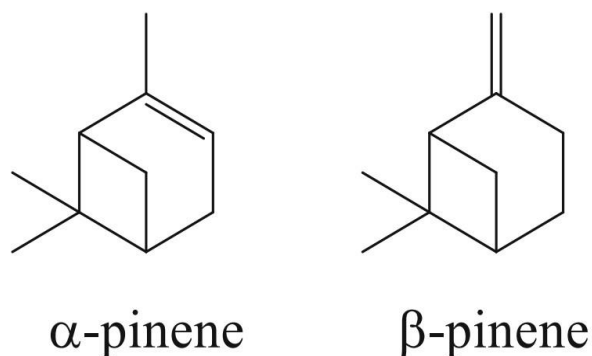
Les terpènes constituent la plus grande classe de métabolites secondaires et sont essentiellement constitués de cinq unités d'isoprène carbonées, assemblées les unes aux autres par de nombreuses combinaisons différentes (Perveen, 2018). Ces précurseurs à cinq atomes de carbone (C5) sont présents dans la cellule sous forme de diphosphates, soit l'isopentényl pyrophosphate, soit son isomère allylique le diméthylallyl pyrophosphate. Leur fusion est principalement tête-bêche (un lien 1,4) mais peut aussi être tête-bêche (un lien 1,1) ou queue-bêche (un lien 4,4) et conduit à la formation de terpènes de longueur différente. Ces structures peuvent être encore modifiées au niveau des groupes méthyle ou en ajoutant des atomes d'oxygène et sont alors appelées terpénoïdes ou isoprénoïdes. (Böttger et al., 2018b). mais le terme terpène est largement utilisé et inclut les terpénoïdes (Sharma et al., 2022). Donc les terpènes sont caractérisés comme des composés à structure hydrocarbonée simple (Masyita et al., 2022). Tandis que les terpénoïdes (hydrocarbures contenant de l'oxygène) sont des types de terpènes modifiée avec différents groupes fonctionnels et des groupes méthyles oxydés déplacés ou retirés à diverses positions (Masyita et al., 2022). On estime qu'entre 20 000 et 40 000 structures différentes sont présentes dans les plantes (Böttger et al., 2018b).

Les terpènes et leurs dérivés sont utilisés comme médicaments antipaludéens, tout comme les artémisinines et les composés apparentés. Pendant ce temps, les terpénoïdes jouent un rôle diversifié dans le domaine des aliments, des médicaments, des cosmétiques, des hormones, des vitamines, etc. Il a également un parfum agréable, c'est pourquoi il est utilisé dans de nombreux arômes et parfums (Masyita et al., 2022; Perveen, 2018). Les terpènes sont classés selon le nombre d'unités d'isoprène (Katerova et al., 2012).

### 2.3.1 MONOTEPRENOÏDES

Les monoterpènes sont constitués de 10 atomes de carbone avec deux unités isoprène et de formule moléculaire C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>. Ceux-ci sont naturellement présents dans les huiles essentielles et fixes des plantes et des sources apparentées. Les monoterpènes sont structurellement divisés en types de composés acycliques, monocycliques et bicycliques. Les composés appartenant à cette classe ont généralement un arôme et une odeur forts et sont utilisés dans de nombreuses sociétés pharmaceutiques. Le mélange de différentes huiles à base de monoterpène est utilisé comme parfum pour la fabrication de parfums et dans d'autres cosmétiques. La plupart des monoterpènes sont actifs biologiquement avec de fortes activités antibactériennes. Plusieurs études ont

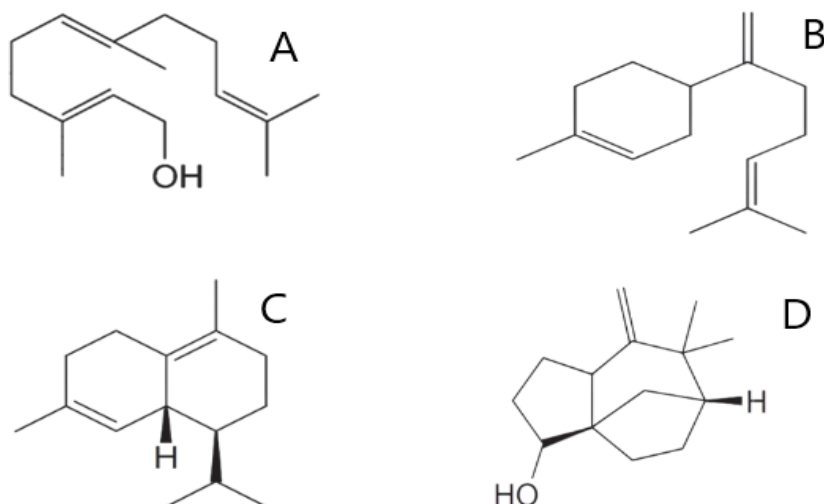
montré l'activité antitumorale *in vitro* et *in vivo* de nombreuses huiles essentielles obtenues à partir de plantes. L'activité antitumorale des huiles essentielles de nombreuses espèces a été liée à la présence de monoterpènes dans leur composition (Perveen, 2018). Squelette d'exemple de bicyclique insaturé dans la (figure 19).



**Figure 19.** Structures chimiques d' $\alpha$ - and  $\beta$ -pinene, bicyclique insaturé (Vespermann et al., 2017).

### 2.3.2 SESQUITERPENOÏDES

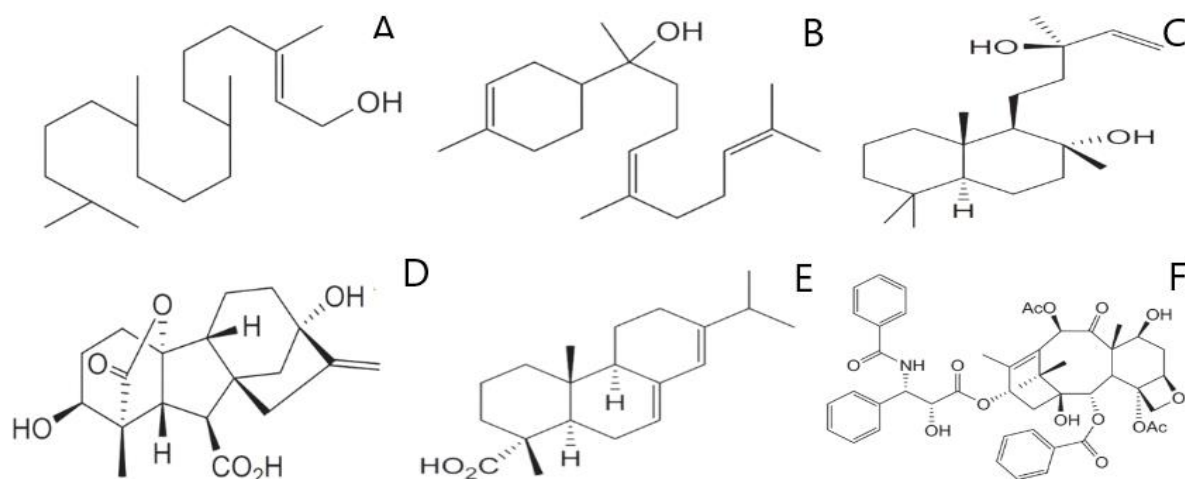
Les sesquiterpènes sont la classe des métabolites secondaires constitués de trois unités isoprène ( $C_{15}H_{24}$ ) et trouvés sous des formes linéaires, cycliques, bicycliques et tricycliques. Les sesquiterpènes sont également présents sous forme de cycle lactone. Une grande partie du latex des plantes productrices de latex contient des sesquiterpènes, et ceux-ci sont de puissants agents antimicrobiens et anti-insecticides. L'artémisinine, une lactone sesquiterpène, l'un des composés les plus actifs des pousses et des racines d'*Artemisia annua* (Perveen, 2018). Les sesquiterpènes sont généralement dérivés des sesquiterpènes par réarrangement et modification du squelette, et ils forment la fraction à point d'ébullition le plus élevé des huiles essentielles. Tout comme les monoterpénoïdes, les sesquiterpénoïdes existent sous diverses formes, telles que des acycliques tels que le farnésol (figure 20) et le  $\beta$ -nérolidol, des monocycliques comme le  $\beta$ -bisabolène (figure 20), l' $\alpha$ -zingibérène et l' $\alpha$ -humulène, des bicycliques tels que le  $\beta$ -santalol, le  $\beta$ -caryophyllène et le  $\delta$ -cadinène (figure 20), ainsi que des sesquiterpénoïdes tricycliques comme le khushimol (figure 20), le thujopsène et le patchoulol. Une autre sous-classe de sesquiterpénoïdes est celle des lactones sesquiterpéniques, qui sont chimiquement distinctes des autres sesquiterpénoïdes. Elles consistent en un système  $\gamma$ -lactone et comprennent des composés tels que l'artémisinine, l'alantolactone, le costunolide et la thapsigargine (Sharma et al., 2022).



**Figure 20.** A: Farnesol, Structures chimiques, sesquiterpénoïdes acycliques; B:  $\delta$ -Cadinene, sesquiterpénoïdes Bicyclique; C ;  $\beta$ -Bisabolene, Monocyclique sesquiterpénoïdes; D: Khushimol, sesquiterpénoïdes Tricyclique (Ludwiczuk et al., 2017).

### 2.3.3 DITERPENOÏDES

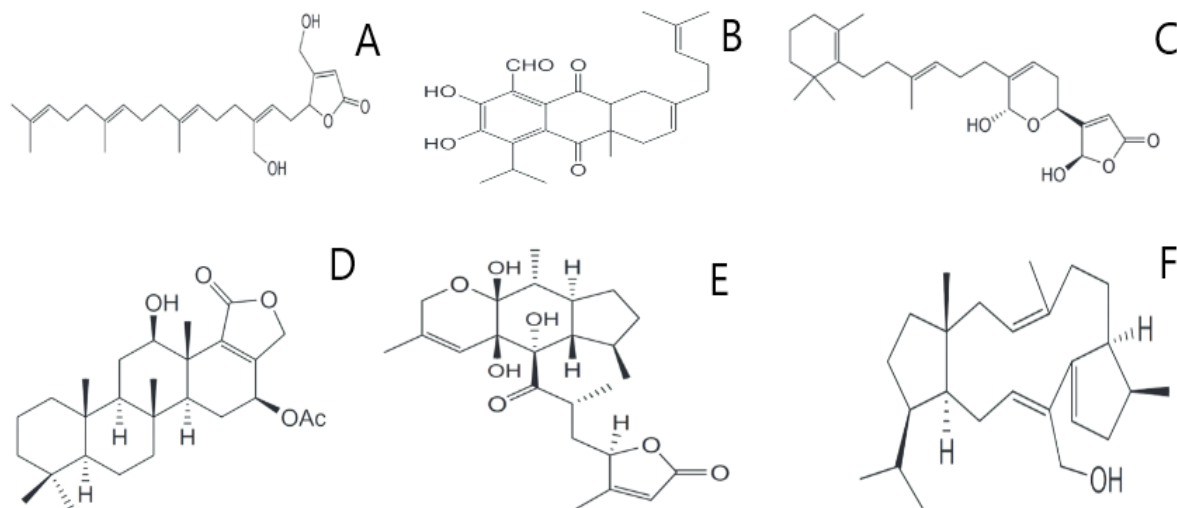
Les diterpénoïdes appartiennent à une classe polyvalente de constituants chimiques trouvés dans différentes sources naturelles ayant une formule moléculaire  $C_{20}H_{32}$  et quatre unités isoprène. Cette classe de composés a montré des activités biologiques importantes, notamment des activités antiinflammatoires, antimicrobiennes, anticancéreuses et antifongiques. Certains des diterpènes ont également une activité cardiovasculaire, comme la grayanotoxine, la forskoline, l'éléanolone, le marrubénol et le 14-désoxyandrographolide. Les diterpènes de type kaurane et pimarane sont également des métabolites biologiquement actifs isolés des racines et des feuilles de différentes plantes (Perveen, 2018). Les composés diterpénoïdes sont fortement distribués dans le règne végétal et sont composés de quatre unités isoprènes (20 atomes de carbone) car le squelette des diterpènes a été réarrangé ou modifié par transfert ou remplacement d'un ou plusieurs atomes du squelette. Ceux-ci sont subdivisés en acycliques (phytol (figure 21), rétinol), bicycliques (9-géranyl- $\alpha$ -terpinéol (figure 21)), tricycliques (sclaréol (figure 21), marrubiine, salvinorine A), tétracycliques (acide abiétique (figure 21), acide carnosique, tanshinone I), pentacycliques (gibbérelline A1 (figure 21), stéviol), ou des diterpènes macrocycliques (taxol (figure 21)) sur la base de leur noyau squelettique. Ceux-ci existent généralement sous forme polyoxygénée avec un groupe céto et hydroxyle estérifié par de petits acides aliphatiques et aromatiques (Sharma et al., 2022).



**Figure 21.** A: Phytol, Ditérpenoïdes acycliques; B: Geranyl $\alpha$ -teprineol, Ditérpenoïdes monocycliques; C: Sclareol, Ditérpenoïdes bicycliques D: Gibberellin A1, Ditérpenoïdes tétracycliques E: Acide Abietic, Ditérpenoïdes tricycliques F: Taxol, Ditérpenoïdes macrocycliques (Ludwiczuk et al., 2017).

### 2.3.4 SESTERTERPENOÏDES

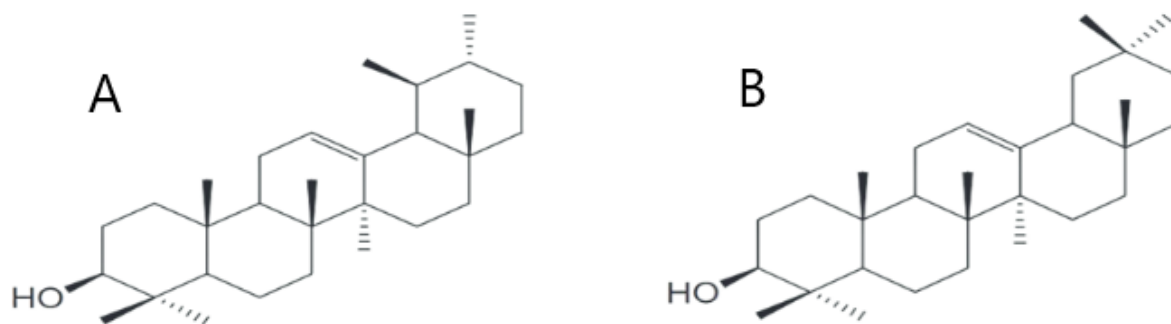
Les sesterpènes sont constitués de 25 atomes de carbone avec 5 unités isoprène et de formule moléculaire  $C_{25}H_{40}$ . Ceux-ci sont naturellement présents dans les champignons, les organismes marins, les insectes, les éponges, les lichens et les cires protectrices des insectes. Ces types de composés sont biologiquement actifs et ont des activités anti-inflammatoires, anticancéreuses, antimicrobiennes et antifongiques (Perveen, 2018). Les sesterterpénoïdes sont des composés dérivés des sesterterpènes, dont le squelette moléculaire a été modifié ou réarrangé. Plusieurs exemples de composés appartenant aux cadres structurels des sesterterpénoïdes sont connus, incluant des structures linéaires (telle que l'hippolide E, illustrée à la figure 22), monocycliques (comme la manoalide, également illustrée à la figure 22), bicycliques (comme la leucosceptrine), tricycliques (comme l'héliocide H1, illustrée à la figure 22), tétracycliques (comme la sesterstatine 7, également illustrée à la figure 22) et macrocycliques (tel que le nitinol) (Sharma et al., 2022).



**Figure 22.** Exemple des sesterterpénoïdes : A : hippolide E, Acycliques sesterterpénoïdes, B : Hélicide H1, Sesterterpénoïdes tricycliques, C : Manoalide, Sesterterpénoïdes monocycliques, D : Sesterstatine 7, Sesterterpénoïdes tétracycliques, E : Leucoscéptrine, Sesterterpénoïdes bicycliques, F : Nitiol, Sesterterpénoïdes macrocycliques. (Ludwiczuk et al., 2017).

### 2.3.5 TRITERPENOÏDES

Les triterpènes contiennent généralement 30 atomes de carbone constitués de 6 unités isoprène. Il est dérivé de la voie de biosynthèse du squalène. Les triterpènes ont de nombreux groupes méthyle et peuvent être oxydés en alcools, aldéhydes et acides carboxyliques, ce qui les rend complexes et les différencie biologiquement. Les triterpènes ont de nombreux sites actifs pour la glycosylation qui les convertit en une autre grande classe de composés, à savoir les saponines (triterpène glycoside). (Perveen, 2018). Les squelettes triterpéniques tels que tétracycliques et pentacycliques sont pour la plupart abondants. Tandis que, les triterpénoïdes acycliques, mono-, di-, tri- et hexacycliques ont également été étudiés et existent dans des sources naturelles, par exemple,  $\alpha$ -amyrine (figure 23),  $\beta$ -amyrine (figure 23), ursolique, acide oléanolique, acide bétulinique, cucurbitacine B, sitostérol, stigmastérol, campestérol,  $\alpha$ -spinastérol, acide asiatique, célastrol, etc. (Sharma et al., 2022).



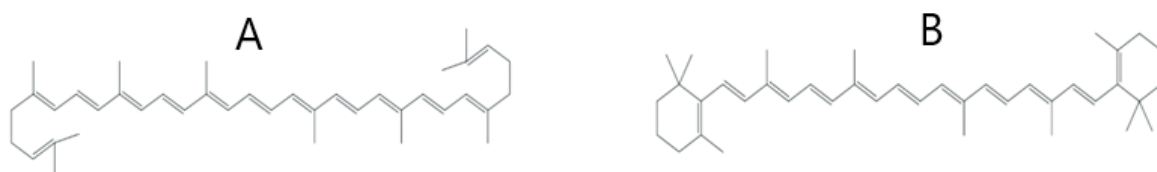
**Figure 23.** A :  $\alpha$ -Amyrin; B: exemple naturelles  $\beta$ -Amyrin (Ludwiczuk et al., 2017).

### 2.3.6 SESQUARTERPEÑOÏDES

Les sesquarternopénoïdes sont constitués de sept unités d'isoprène et constituent un groupe rare de terpénoïdes que l'on trouve généralement d'origine microbienne (Sharma et al., 2022).

### 2.3.7 TETRATERPEÑOÏDES

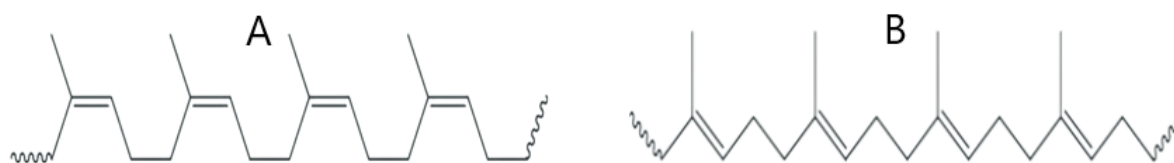
Les tétraterpénoïdes (y compris de nombreux caroténoïdes) sont des tétraterpènes chimiquement modifiés par réarrangement ou modification des atomes du squelette, comme l'indique la présence de groupes fonctionnels contenant de l'oxygène. Ceux-ci se composent de huit isoprène unités, c'est-à-dire le squelette C<sub>40</sub> du tétraterpène parent, et produisent la pigmentation particulière trouvée dans les plantes, en particulier dans les fleurs et les fruits, telles que les couleurs rouge, jaune et orange, ainsi qu'utile dans la photosynthèse en tant que pigments accessoires (Sharma et al., 2022). Les tétraterpénoïdes les plus courants sont les caroténoïdes (figure 24) (Ludwiczuk et al., 2017).



**Figure 24.** Exemple des caroténoïdes (A : Lycopene; B:  $\beta$ -Carotene) (Ludwiczuk et al., 2017).

### 2.3.8 POLYTERPEÑOÏDES

Ce groupe de composés est un hydrocarbure polymère (caoutchouc naturel) et se compose de plus de huit unités d'isoprène. Les unités isoprènes existent en configuration cis (caoutchouc naturel) ou trans (gutta-percha, caoutchouc balata) (figure 24) (Sharma et al., 2022).



**Figure 25.** A: Caoutchouc naturel (cis-configuration); B: Gutta percha ou balata (transconfiguration) (Ludwiczuk et al., 2017).

## 2.4 COMPOSES CONTENANT DU SOUFRE

Les composés soufrés constituent un groupe relativement restreint de métabolites secondaires végétaux (environ 200 composés) (Lobo et al., 2018), de faible poids moléculaire et ont souvent une odeur caractéristique (Sharma et al., 2022). Comparés aux vastes classes de métabolites secondaires les plus répandus, les produits soufrés sont des constituants végétaux plutôt inhabituels. Par conséquent, leur rôle dans la défense des plantes semble à première vue assez limité. Cependant, un examen plus approfondi révèle que les métabolites secondaires contenant du soufre sont impliqués dans plusieurs types de défenses chimiques, y compris les défenses constitutives, induites et activées chez un large éventail d'espèces végétales supérieures ainsi que les mousses et les algues. Parmi ces défenses soufrées, on trouve à la fois des composés qui n'existent que dans quelques familles de plantes apparentées et qui constituent des défenses chimiques majeures dans ces familles (ex. la camalexine et les composés apparentés des Brassicacées, les glucosinolates des Brassicales, les allïcines des Alliacees, et les thiophènes des Astéracées) ainsi que des composés assez largement distribués (par exemple le soufre élémentaire et les défensines). Seules quelques-unes de ces défenses chimiques, à savoir les glucosinolates, la camalexine et les défensines, ont été largement étudiées au niveau moléculaire. En raison de la diversité des structures chimiques et des modes d'action, les produits naturels contenant du soufre fournissent aux plantes un éventail polyvalent de défenses chimiques contre un large éventail d'ennemis potentiels. (Burow et al., 2008).

Le soufre constitue un élément alimentaire indispensable à la santé humaine et à la prévention des maladies. Son incorporation dans notre approvisionnement alimentaire dépend fortement de l'absorption de soufre dans les tissus végétaux et de notre apport ultérieur. De nombreux avantages semblent être liés au rôle du soufre dans la biochimie redox, protégeant contre le stress oxydatif incontrôlé et l'inflammation; caractéristiques compatibles avec le dysfonction-



### 2.4.2 GLUCOSINOLATE

Les glucosinolates constituent un groupe bien défini de métabolites végétaux spécialisés avec une structure et une biochimie caractéristiques (Agerbirk and Olsen, 2012). La structure centrale des glucosinolates est constituée d'un groupe  $\beta$ -D-thiogluucose lié à un ester de (Z)-N-hydroximosulfate et d'une chaîne latérale variable dérivée d'un acide aminé et pouvant être aliphatique, aromatique ou indolique (figure 27) (Burow et al., 2008). Pour cette raison cette classe est également appelée MSP contenant du soufre et contenant de l'azote (Sharma et al., 2022). À ce jour, environ 140 structures de glucosinolates ont été identifiées. Leur présence semble être limitée à l'ordre des Brassicales qui comprend les Brassicaceae importantes sur le plan agricole ainsi que les Capparaceae et les Caricaceae. L'identification des glucosinolates chez les représentants du genre *Drypetes* (Euphorbiaceae) est le seul signalement de leur présence en dehors des Brassicales, Alors que les glucosinolates intacts jouent un rôle d'indices pour l'identification de l'hôte, la ponte et l'alimentation des insectes spécialisés sur les plantes contenant des glucosinolates, leur potentiel défensif provient principalement des produits d'hydrolyse formés par l'action des myrosinases sur les lésions tissulaires. Il a été démontré que de nombreux produits d'hydrolyse de glucosinolates agissent comme des toxines, des inhibiteurs de croissance ou des agents dissuasifs alimentaires sur un large éventail d'ennemis potentiels, notamment les mammifères, les oiseaux, les insectes, les mollusques, les invertébrés aquatiques, les nématodes, les bactéries et les champignons, Lorsqu'ils ont été testés pour leurs activités contre les insectes, les produits de dégradation des glucosinolates se sont révélés efficaces en phase gazeuse, au contact et après ingestion (Burow et al., 2008). Peuvent être classés en sous-groupes selon de nombreux critères. (Agerbirk and Olsen, 2012).

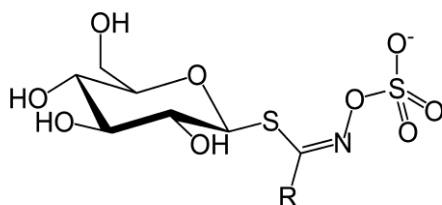


Figure 27. Structure chimique de glucosinolate (Kamal et al., 2022).

### 2.4.3 PHYTOALEXINES

Les plantes utilisent un système de défense complexe contre les ravageurs et les agents pathogènes, y compris la production de métabolites secondaires de faible masse moléculaire à activité

antimicrobienne, qui sont synthétisés de nouveau après un stress et sont collectivement connus sous le nom de phytoalexines. Les métabolites secondaires de faible masse moléculaire à activité antimicrobienne induits par le stress sont collectivement appelés phytoalexines et constituent une partie importante du répertoire de défense des plantes. Les phytoalexines sont un groupe hétérogène de composés qui présentent une activité biologique vis-à-vis de divers agents pathogènes et sont considérées comme des marqueurs moléculaires de la résistance aux maladies (Ahuja et al., 2012). Les phytoalexines sont une classe diversifiée et importante de composés comprenant des alcaloïdes, des composés phénoliques et également des composés soufrés. Ce sont des antibiotiques de faible poids moléculaire car les PSM inductibles produits par une plante en réponse à l'attaque d'agents pathogènes ont causé les stress environnementaux. Ils sont sécrétés et accumulés temporairement par les plantes en réponse à des stress biotiques et abiotiques. Les noms de quelques composés de phytoalexines soufrées comportent au moins un atome de soufre dans la chaîne latérale ou le cycle : camalexines, brassinine, brassitine, brassicanal A et B, spiobrassinine et rutalexine, wasalexine A, rapalexine A et B, etc (Sharma et al., 2022). Afin de prendre plus d'information de La diversité chimique (avec les structures chimiques) et les activités biologiques des phytoalexines , vous pouvez voir (Bizuneh, 2021).

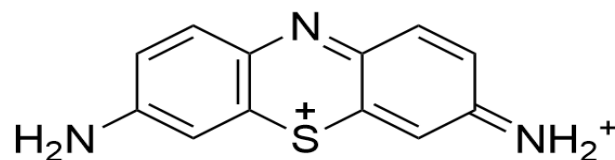
#### 2.4.4 DEFENSINES

Les défensines sont des peptides antimicrobiens cationiques et présentent une activité antimicrobienne directe ainsi que des activités de signalisation immunitaire (Sharma et al., 2022). Les défensines végétales sont des peptides hautement stables riches en cystéine de 4 à 45 résidus d'acides aminés, comprenant une partie du système immunitaire qui peut présenter une activité antifongique, antibactérienne ou inhibitrice de protéases. Ces peptides présentent une structure tridimensionnelle conservée contenant une hélice  $\alpha$  et une feuille  $\beta$  triple brin stabilisées en une structure compacte par des liaisons disulfures. Cette structure ressemble aux peptides de défense chez les insectes et les mammifères, révélant une origine historique commune. De plus, une seule classe, à savoir les défensines, semble être conservée entre les invertébrés, les plantes et les vertébrés. De nos jours, il est révélé que la présence omniprésente de ces peptides dans le règne végétal joue un rôle remarquable dans le système immunitaire inné des plantes. Les plantes qui expriment des défensines sont très résistantes aux attaques fongiques et montrent une croissance et un développement accrus. Actifs contre une variété d'agents pathogènes humains et fongiques, ces protéines ont une utilisation potentielle en thérapeutique, en médecine, ainsi qu'en agriculture. Certaines défensines peuvent détruire les micro-organismes en 15 à

90min par leurs actions perturbatrices sur la membrane cytoplasmique. Les plantes qui expriment des défensines sont très résistantes aux attaques fongiques et montrent une croissance et un développement accru. (Ishaq et al., 2019). Afin de jeter un oeil des structures chimique des types de plantes défensines, vous pouvez voir l'article (Yang and Lyu, 2008)

### 2.4.5 THIONINES

Sont des acides aminés riches en cystéine contenant des peptides et présents dans les feuilles, les tiges, les racines et les graines d'un certain nombre d'espèces végétales (Sharma et al., 2022). Les thionines, présentes dans les espèces monocotylédones et dicotylédones, présentent un intérêt particulier en raison de leur activité antimicrobienne chez les plantes. Ces protéines sont présentes dans les parois cellulaires, les vacuoles et les corps protéiques. (Jwa et al., 2006). Ces peptides végétaux repliés sont généralement de 4 types, constitués de 45 à 47 acides aminés avec 3 ou 4 liaisons disulfure présentant des effets toxiques et antimicrobiens contre les bactéries pathogènes, les levures et les champignons. Les thionines (viscotoxines de crambine, phoratoxine, etc.) sont des composants importants du système de défense des plantes et protègent les plantes de divers agents pathogènes en agissant directement sur les membranes des microorganismes (Sharma et al., 2022).



**Figure 28.** Structure chimique de la thionine (Yang et al., 1999).

## **Chapitre II : Aperçu sur le Stress oxydatif et les antioxydants d'origine des plantes**

## 1 INTRODUCTION

Le stress oxydatif joue un rôle clé dans l'apparition de diverses maladies humaines, telles que la nécrose cellulaire, les maladies cardiovasculaires, le cancer, les troubles neurologiques, la démence de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, les maladies inflammatoires, la dystrophie musculaire, les troubles hépatiques et même le vieillissement (Mamta et al., 2014). Il peut avoir des effets sur l'ADN, les lipides et les protéines, ainsi que sur la transduction du signal (Birben et al., 2012).

Le stress oxydatif ou le dommages induits par les radicaux libres (Cumpstey and Feelisch, 2017) est défini comme un déséquilibre entre les oxydants et les antioxydants en faveur des oxydants, entraînant une perturbation de la signalisation et du contrôle redox et/ou des dommages moléculaires. Les radicaux libres sont des molécules, des ions, des atomes ou des groupes atomiques avec des électrons non appariés qui peuvent exister indépendamment (Wang et al., 2020), Cet électron non apparié rend les radicaux instables et réactifs, les radicaux libres peuvent être formés en perdant ou en gagnant un électron (Kavazis and Powers, 2013). Dans la plupart des cas, les termes radicaux libres et espèces réactives (ER) sont considérés comme synonymes. Aussi, Les termes ERO (Les espèces réactives de l'oxygène) et radicaux libres souvent utilisés de manière interchangeable. Mais, ce n'est pas tout à fait vrai, car H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peroxyde d'hydrogène) est une espèce hautement réactive qui appartient au groupe des espèces réactives de l'oxygène (donc appartiennent aux RS) ne sont pas des radicaux libres. De plus, en utilisant indifféremment les termes ERO et radicaux libres signifie les radicaux libres ne sont que des ERO. Mais, le fait est que les radicaux libres comprennent également les espèces réactives de l'azote (ERA), espèces réactives du carbonyle (ERC), espèces réactives du soufre (ERS) (Lushchak, 2014).

La contribution du stress oxydatif à de nombreuses conditions pathologiques (Birben et al., 2012) a rendu l'étude des antioxydants extrêmement importante en raison de leur capacité cruciale et efficace à lutter contre le stress oxydatif. De plus, les antioxydants ont la capacité de préserver les aliments de la détérioration et de la pourriture, ce qui les rend importants dans la lutte contre les pertes économiques, d'autant plus que la moitié des cultures mondiales de fruits et légumes sont perdues après la récolte (Khenniche et al., 2023).

Dans ce chapitre, nous aborderons les différents types de radicaux libres ainsi que les types d'antioxydants naturels.

## 2 LES ESPECES REACTIVES (LES OXYDANTS)

Il est connu que la génération excessive d'espèces réactives de l'oxygène (ERO), d'espèces réactives de l'azote (ERA), d'espèces réactives du carbonyle (ERC) et d'espèces réactives du soufre (ERS) perturbe l'équilibre redox sensible entraînant d'autres changements. Les espèces réactives jouent un rôle important dans la signalisation à une concentration spécifiée, à partir de laquelle elles commencent à endommager les cellules. Des dommages tels que la dégénérescence des biomolécules, la perturbation de la chaîne de transport d'électrons, les dommages oxydatifs, la fragmentation de la membrane cellulaire et enfin la mort cellulaire sont causés par les concentrations intracellulaires excessives d'espèces réactives, lorsqu'elles dépassent les capacités cellulaires d'être récupérées. Il est maintenant bien établi que la surproduction d'espèces réactives est responsable de dommages cellulaires et par la suite a déclenché la mort cellulaire programmée. De plus, il existe une interaction complexe entre toutes ces espèces réactives au cours des interactions de stress. Bien que des espèces réactives soient également produites dans les cellules dans des conditions normales, leurs niveaux cellulaires augmentent dans des conditions de stress. Cependant, ces radicaux sont récupérés par les antioxydants et sont maintenus à des niveaux non toxiques pour les cellules (Zhou et al., 2022).

### 2.1 LES ESPECES REACTIVES DE L'OXYGENE (ERO)

Les ERO sont les espèces chimiques réactives formées à la suite d'une réduction incomplète de l'oxygène moléculaire. Les ERO sont connus pour leur courte demi-vie et leur grande réactivité ainsi que pour leurs propriétés biologiques distinctives (Zhou et al., 2022). Les ERO provoquent l'oxydation des lipides, de l'ADN et des protéines dans le sang et d'autres cellules (Kavazis and Powers, 2013). Comme les ERO sont générés en continu avec le processus de respiration cellulaire, la mitochondrie est la principale source de la majorité des ERO dans l'organisme. Les ERO sont généralement définis comme ces molécules instables et actives centrées sur l'oxygène qui contiennent des électrons de coquille de valence non appariés. La voie de formation des ERO est constituée de réactions redox et d'excitation électronique. Un rapport récent a donné une nouvelle définition selon laquelle les ERO devraient être acceptés comme un terme générique plutôt que comme des molécules imprécises en chimie. Les ERO peuvent être divisés en ERO radicaux libres et ERO non radicaux, selon que les électrons sont libres ou non. Les ERO à radicaux libres comprennent le superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ), le radical hydroxyle ( $\cdot OH$ ), le radical

peroxyde ( $\text{ROO}\cdot$ ) et le radical alcoyle ( $\text{RO}\cdot$ ). Les composés non radicaux sont constitués d'oxygène, d'ozone,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , d'acide hypochloreux, d'acide hypobromeux, de chloramines, et d'hydroperoxydes organiques. Parmi eux,  $\cdot\text{OH}$  est considéré comme le plus réactif.  $\text{ERO} \cdot \text{H}_2\text{O}_2$  et  $\cdot\text{OH}$  sont les principales substances signal redox, y compris la NADPH oxydase et la chaîne de transport d'électrons mitochondriale. La variété des ERO détermine les propriétés des ERO, notamment instables, actives, étendues et pléiotropes. Une étude précédente a rapporté que des concentrations élevées de  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $> 100 \text{ nM}$ ) provoquent des dommages oxydatifs aux cellules nerveuses, tandis que de faibles concentrations anormales de  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $< 0,1 \text{ nM}$ ) peuvent endommager le développement neuronal. Les ERO ont suscité l'intérêt des chercheurs dans les domaines de la biologie et de la médecine, ce qui est principalement dû à leurs caractéristiques selon lesquelles les ERO sont un inducteur de la pathogenèse de nombreuses maladies (Wang et al., 2020).

## 2.2 ESPECES REACTIVES DE L'AZOTE (ERA)

le terme espèces réactives de l'azote (ERA) fait référence aux Molécules hautement réactives dont le centre réactif est l'azote (Mooren, 2012). Selon des critères chimiques stricts, le ERA comprend une variété de composés, aux propriétés contrastées et distinctes, de sorte que leur seule caractéristique unificatrice peut être dérivée du NO. Cependant, la recherche sur la biologie et la biochimie de ERA spécifiques a fourni des informations importantes, leur impact sur la physiologie normale et leur contribution potentielle à la maladie. Un exemple intéressant et d'actualité est l'oxyde nitrique, qui est relativement spécifique dans ses effets, peu réactif et remplit des fonctions physiologiques importantes. Comme les espèces réactives de l'oxygène (ERO), les ERAs sont dérivés des interactions de radicaux libres générés biologiquement pour former des espèces plus persistantes entraînant de multiples effets biologiques. L'oxyde nitrique est formé par une famille d'enzymes et remplit directement des fonctions de signalisation dans la cellule. L'oxyde nitrique joue un rôle essentiel dans la physiologie normale et constitue une voie potentielle vers la physiopathologie associée à un certain nombre de maladies. (Patel et al., 1999). L'oxyde nitrique est le principal ERA et il est synthétisé dans de nombreux types de cellules à partir de l'acide aminé L-arginine. L'oxyde nitrique est un agent réducteur faible, mais il peut réagir avec l'oxygène pour former du dioxyde nitrique ou avec du superoxyde pour produire du peroxyde nitrite. Le peroxyde nitrite est un agent oxydant puissant qui peut entraîner une déplétion des groupes thiol, des dommages à l'ADN et une nitration des protéines (Kavazis and Powers, 2013).

### 2.3 LES ESPECES REACTIVES DU SOUFRE (ERS)

ERS sont des molécules contenant du soufre actif redox qui sont capables dans des conditions physiologiques soit d'oxyder soit de réduire des biomolécules. Les molécules contenant du soufre, en particulier lorsque les atomes de soufre sont à des états d'oxydation plus élevés, peuvent se comporter comme des ERS. Bien que les termes ERO et ERA soient entrés dans le vocabulaire scientifique général, les ERS sont encore largement inconnus. Les espèces soufrées réactives comprennent les disulfure-S-oxydes, les acides sulféniques et les radicaux thiyle. Le soufre est de nature chalcogène comme l'oxygène, Les radicaux soufrés sont formés en tant que produit intermédiaire dans la voie de production de disulfure sous stress oxydatif (Gruhlke and Slusarenko, 2012). Le ERS peut être formé dans les réactions de détoxification des ERO et ERA, les disulfures oxydés par les ERO forment des thiosulfates où une réaction supplémentaire avec les ERO produit des thiosulfonates. Les ERS de première génération, présents de manière inhérente dans les plantes non stressées lors de la réaction avec les molécules de soufre, forment les ERS de deuxième génération via des processus enzymatiques ou oxydatifs. Les résidus de cystéine des protéines cellulaires contribuent à la formation de ERS avec la méthionine (Zhou et al., 2022).

### 2.4 LES ESPECES REACTIF CARBONYLE (ERC)

Les ERC comprennent des composés carbonyles  $\alpha$ ,  $\beta$ -insaturés, nommés ainsi puisque les aldéhydes et les cétones sont appelés carbonyles,  $\alpha$ ,  $\beta$ -insaturés désignent les doubles liaisons C=C conjuguées à une double liaison carbonyle. Étant relativement nouveaux, ils doivent encore être caractérisés en détail, mais apparemment produits près de la membrane plasmique (Zhou et al., 2022).

## 3 LES ANTIOXYDANTS

La définition la plus précise, la plus large et la plus acceptée des antioxydants est : toute substance présente à de faibles concentrations par rapport à celles d'un substrat oxydable, retarde ou empêche de manière significative l'oxydation de ce substrat. sachant que, Les antioxydants peuvent être des composés organiques ou inorganiques, et Le substrat qui doit être oxydé peut provenir de systèmes in vitro ou in vivo (Zeb, 2020).

Les humains ont un système complexe de plusieurs types d'antioxydants. mais, Il existe certains antioxydants qui ne peuvent pas être fabriqués par le corps, tels que la vitamine E, le  $\beta$ -carotène

et la vitamine C, et par conséquent ceux-ci doivent être complétés à partir de sources externes (Mamta et al., 2014).

Il existe de nombreux composés capables d'inhiber l'oxydation, mais en raison de problèmes de sécurité, Certains critères doivent être respectés. Par exemple, Les antioxydants alimentaires doivent être approuvés par les organismes de réglementation (généralement reconnus comme un niveau sans danger). Il ne doit pas altérer la couleur, l'odeur ou la saveur ; Doit être efficace à faible concentration (0,001% - 0,01%), doit être compatible avec les aliments et avoir des applications faciles ; Il doit être stable pendant le traitement et le stockage ; Et cela doit être économique. De plus, entre autres propriétés, les antioxydants doivent avoir leurs valeurs LD50 (Dose Létale 50%) inférieures à 1000 mg/kg de poids corporel, et ne doivent pas avoir d'effets significatifs sur la croissance d'un animal de laboratoire dans des études à long terme à un niveau 100 fois supérieur à Proposé à la consommation humaine. Des études sur leurs effets mutagènes, tératogènes et cancérigènes potentiels sont également nécessaires (Lourenço et al., 2019).

### 3.1 CLASSIFICATION DES ANTIOXYDANTS

Les antioxydants ont été traditionnellement divisés en deux classes, les antioxydants primaires (de rupture de chaîne) et les antioxydants secondaires (préventifs) (Antolovich et al., 2002). Les antioxydants primaires neutralisent les radicaux libres soit en donnant un atome H (transfert d'atome d'hydrogène), soit par un mécanisme de transfert d'électron unique. Ces antioxydants sont très efficaces et normalement nécessaires en quantité très limitée peuvent retarder ou inhiber l'étape d'initiation en interagissant avec les molécules grand nombre de radicaux libres. Les propriétés catalytiques élevées de ces antioxydants sont l'une des principales raisons de leur diversité dans la nature. Les antioxydants phénoliques entrent dans cette catégorie. Ces antioxydants sont facilement régénérés (Antolovich et al., 2002; Zeb, 2020).

Les antioxydants secondaires sont des composés qui retardent la vitesse d'oxydation. Ceci peut être réalisé de plusieurs manières, (Antolovich et al., 2002). Les antioxydants secondaires ont été caractérisés par le mécanisme de neutralisation des catalyseurs prooxydants. Les exemples comprennent des chélateurs d'ions métalliques pro-oxydants (par exemple, Fe et Cu), tels que l'acide éthylènediaminetétraacétique et l'acide citrique. L'antioxydant secondaire tel que le  $\beta$ -carotène peut neutraliser les espèces réactives comme l'oxygène singulet. Ces antioxydants neutralisent généralement un radical libre et sont donc facilement épuisés (Zeb, 2020).

Plus récemment, une troisième classe a été incluse appelée antioxydants tertiaires. Ces antioxydants réparent les biomolécules endommagées telles que l'ADN ou les protéines. Cependant, on sait très peu de choses sur leur rôle dans les aliments (Zeb, 2020).

### 3.2 SOURCES D'ANTIOXYDANTS POUR L'HOMME

Les antioxydants peuvent être obtenus, soit en les fabriquant (antioxydants synthétiques), soit en les obtenant de la nature (antioxydants d'origine naturelle) (Mamta et al., 2014). Les antioxydants synthétiques sont plus largement utilisés principalement parce qu'ils désactivèrent : une stabilité, des performances supérieures, des coûts inférieurs, et une large disponibilité. Mais, Plusieurs études publiées suggèrent une association entre l'apport à long terme d'antioxydants synthétiques et certains problèmes de santé, tels que les allergies cutanées, les problèmes gastro-intestinaux et, dans certains cas, un risque accru de cancer. Des doses élevées d'antioxydants synthétiques peuvent endommager l'ADN et induire un vieillissement prématuré. Le BHA et le BHT ont déjà été reconnus responsables d'effets indésirables sur le foie et de carcinogénèse dans des études animales. De plus, on sait très peu de choses sur la présence écologique et le devenir de ces composés (Lourenço et al., 2019). Pour cela, la tendance mondiale actuelle tend à abandonner et à trouver une alternative. Ce qui fait les antioxydants naturels le sujet de nombreuses études (Khenniche et al., 2023).

Le règne végétal considéré comme la source la plus abondante d'antioxydants naturelle (Jiang and Xiong, 2016). antioxydants des plantes peuvent être classés en trois classes principales : les composés phénoliques (chapitre précédent), les vitamines, et les caroténoïdes (Lourenço et al., 2019).

Les vitamines, les plus importantes sont les vitamines E et C (Lourenço et al., 2019). La vitamine E, un antioxydant majeur soluble dans les lipides, fonctionne comme le plus important antioxydant lié à la membrane, neutralisant les radicaux libres et empêchant l'oxydation des lipides dans les membranes. La vitamine E est le piègeur de radicaux libres dans la prévention des maladies chroniques (Azat Aziz et al., 2019). La vitamine C (Ascorbate) joue un rôle de premier plan dans le réseau de défense antioxydant des plantes en raison de son excellente capacité à piéger les ERO (Asensi-Fabado and Munné-Bosch, 2010). La vitamine C est soluble dans l'eau et se trouve dans de nombreux fruits et légumes (Lourenço et al., 2019).

Les caroténoïdes sont des pigments naturels structurellement et fonctionnellement différents présents dans de nombreux fruits et légumes. Les caractéristiques antioxydantes des caroténoïdes comprennent le piégeage des radicaux oxygène et peroxyde simples, les radicaux thiyle, sulfonyle, soufre et NO<sub>2</sub> et la protection des lipides contre les attaques des radicaux superoxyde et hydroxyle (Azat Aziz et al., 2019). Le  $\beta$ -carotène, l' $\alpha$ -carotène, le lycopène et la lutéine sont les principaux caroténoïdes à activité antioxydant. En plus de ses capacités antioxydantes, il a un potentiel d'utilisation comme colorant alimentaire (Lourenço et al., 2019).

### 3.3 TECHNIQUES DE MESURE DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANT

Il est d'un grand intérêt pour le grand public, les experts médicaux et nutritionnels et les chercheurs en sciences de la santé et de l'alimentation de connaître la capacité antioxydant et les constituants des aliments que nous consommons. En raison de la complexité de la composition des aliments, séparer chaque composé antioxydant et l'étudier individuellement est coûteux et inefficace, nonobstant les interactions synergiques possibles entre les composés antioxydants dans un mélange alimentaire. Par conséquent, il est très intéressant pour les chercheurs de disposer d'une méthode pratique pour la quantification rapide de l'efficacité antioxydant dans la prévention des maladies. Cependant, de telles méthodes doivent encore être développées. Un test de capacité antioxydante totale utilisant une réaction chimique semble plutôt irréaliste et difficile à trouver, mais il existe de nombreuses méthodes publiées prétendant mesurer la capacité antioxydante totale in vitro. Ironiquement, le plus gros problème est l'absence d'un test validé qui peut mesurer de manière fiable la capacité antioxydante des échantillons biologiques. Plusieurs critiques ont été publiées et les opinions varient considérablement. Il ne semble pas y avoir de consensus d'opinions, probablement en raison du fait que le domaine des antioxydants est un sujet si complexe. Il est difficile d'utiliser des méthodes unidimensionnelles pour évaluer les aliments multifonctionnels et leurs antioxydants biologiques. Le protocole de test général doit (Huang et al., 2005) :

- 1) Sélectionner correctement un substrat biologiquement pertinent.
- 2) Tester différentes conditions d'oxydation.
- 3) Mesurer les produits d'oxydation primaires et secondaires.
- 4) Comparer les antioxydants aux mêmes concentrations molaires des composants actifs.
- 5) Quantification basée sur la période d'induction, le pourcentage d'inhibition, les taux de formation ou de décomposition d'hydroxyde d'hydrogène, ou CI50 (concentration inhibitrice demi-maximale).

**CHAPITRE III. APERÇU SUR  
SCILLE ET L'ESPECE *DRIMIA NU-  
MIDICA***

## 1 INTRODUCTION

Le terme *Drimia* (genre, avec des plantes bulbeuses) a été utilisé pour la première fois par Jacquin en 1797 (Manganyi et al., 2021; Stedje, 1987), dérivé du mot grec *drimys* (âcre, épineux) (Lekhak et al., 2017), en raison de ses démangeaisons et de son inflammation causées par l'oxalate de potassium, qui se trouve dans les feuilles et les bulbes de leurs plantes (Bozorgi et al., 2017). Selon la classification de l'APG3, le genre *Drimia* (plantes géophytes) appartient à la tribu des Urgieae et à la sous-famille des Scilloideae de la famille des Asparagaceae, alors qu'il était auparavant (dans l'APG2) classé dans la sous-famille des Urgieoidaceae de la famille des Hyacinthaceae (Saha and Jha, 2019). La morphologie de *Drimia* montre : des similitudes, ce qui rend difficile l'interprétation de leur classification, et de grandes variations comprend donc plusieurs genres traditionnellement acceptés tels que *Urgenea*, *Rhadamanthus*, *Lithanthus*, *Thurranthos*, *Tenicoa*, *Schizobas* (Martínez-Azorín et al., 2013; Saha and Jha, 2019). Il est distribué en Afrique, Madagascar, région méditerranéenne (Lekhak et al., 2017), et représenté par environ 110 espèces (Yadav et al., 2019).

La Scille le nom vernaculaire d'une espèce végétale de ce genre. Dans ce chapitre, nous tenterons d'éclaircir La Scille au regard de ses usages anciens, en passant par ses noms scientifiques et ses classifications au fil du temps, et nous mentionnerons ses compositions chimiques les plus importantes.

## 2 L'UTILISATION DE LA SCILLE ENTRE LE PASSE ET LE PRESENT

### 2.1 GENERALITE

La Scille originaire du bassin méditerranéen et bien adaptée à son type de climat. On le trouve généralement dans les pentes des collines, les terrains sableux près de la mer Méditerranée et dans certaines régions d'Afrique du Nord, Moyen-Orient et Europe. La Scille a deux grandes phases phénologiques dans l'année. Une active, (automne-printemps) de l'émergence des feuilles à la sénescence des parties aériennes (période photosynthétique), et une inactive (été), qui dure jusqu'à l'émergence des feuilles (dormance). Le bulbe hivernant développe des feuilles à partir de l'apex de la pousse de décembre à mars et des tiges florifères d'août à septembre. La plante a une valeur ornementale, fleurissant après plusieurs années lorsque le bulbe atteint une

taille considérable. (Al-Tardeh et al., 2006). La description de la plante dans le tableau 1 (Al-Tardeh et al., 2006; Cuénod, 1954).

**Tableau 1.** Description de la plante *D.maritima* (Al-Tardeh et al., 2006; Cuénod, 1954).

Les organes de <i>D.maritima</i>	Discriptions
Bulbe	Très gros Tunique Souvent de la taille de la tête d'un bébé Le plus souvent globuleux Charnus
Tige	Dressée Plus d'un mètre de long Diamètre du petit doigt Larges, de 5-9 cm Lancéolées
Feuilles	Larges (3-10 cm) Longues (30-100 cm) Luisantes et vert foncé Dressées-étalées Légèrement ondulées Nombreuses En bouquet
Inflorescence	En grappe serrée Très allongée
Fleurs	Blanches Nombreuses Disposés en grappes terminales Pédicelles plus longs que le péricône Près de 3 fois plus longs que la bractée
Péricône	Étalé Divisions elliptiques

	Blanches, ponctuées parfois par la couleur rose A nervure verte
Filet des étamines	Blanc
Anthère	Verdâtre
Fruits (Capsules)	A 8-15 mm Bosselée Loculicides Contenant de nombreuses graines aplaties



**Figure 29.** Scille (F. KHENNICHE).

## 2.2 DANS LE PASSE

### 2.2.1 CLASSIFICATION

Auparavant, les classifications n'étaient pas ce qu'elles sont aujourd'hui (Stannard, 1974). où La Scille a été classée en variétés de scilles blanches (ou mâles) et rouges (ou femelles) (Flückiger and Hanbury, 1879; Pomet, 1748). La variété rouge (scille rouge) est prédominante en Tunisie, en Algérie et en Grèce, et la variété blanche est prédominante au Maroc (Al-Tardeh et al., 2006). Hormis la couleur du bulbe, il n'y a pas de différence morphologique entre eux (Flückiger and Hanbury, 1879). Le bulbe des deux se caractérise par une saveur piquante juteuse et très amère (Pereira, 1855). Alors que la variété rouge n'était pas largement utilisée par les anciens comme médicament. Mais principalement utilisé comme rodenticide (Flückiger and Hanbury, 1879; Krenn et al., 1994a). à partir de là, si les anciens parlaient des bienfaits médicaux et thérapeutiques de La Scille sans discrimination, ils parlaient du type blanc, mais s'ils en parlaient comme d'un exterminateur de rongeurs, ils parlaient du type rouge (Ujváry, 2010).

### 2.2.2 LA SCILLE COMME UNE PLANTES MEDICINALES (BULBE BLANC)

La Scille a été reconnu comme l'une des plus anciennes plantes médicinales par plusieurs civilisations anciennes (Abdolhosseini et al., 2017). les peuples d'Asie, d'Égypte et d'Europe utilisent la Scille pour soigner des maladies et des affections depuis 1500 av J.-C (Manganyi et al., 2021), Il était utilisé par les anciens Égyptiens et Romains comme diurétique, tonique cardiaque, expectorant et émétique (Tuncok et al., 1995). Les premiers écrits faisaient référence à l'utilisation médicale de la Scille qui vient d'Hippocrate (Hippocratic Copris) (Stannard, 1974).

Dioscorides recommande l'utilisation le bulbe de la Scille avec du miel dans les maux d'estomac, pour ceux dont on veut déclencher la miction, pour les œdèmes, les toux chroniques, les asthmatiques et les personnes qui font remonter du sang ou des mucosités (Tobyn et al., 2011). Il y a beaucoup d'autres anciens érudits célèbre qui ont indiqué l'utilisation de Scille en médecine, comme Pline, Culpeper, Hippocrate, Théophraste, et Pseudo-Apulée (Mahboubi et al., 2019; Tobyn et al., 2011). Parmi les utilisations anciennes des Scilles, oxymel de la Scille est utilisée comme traitement de la toux et des troubles hépatiques. Comme l'ont montré les recherches en médecine traditionnelle, il existe de nombreuses applications de scille dans différents systèmes traditionnels qui impliquent son importance médicinale parmi les ancêtres. Les personnes souffrant d'ulcères internes doivent éviter sa consommation. L'application topique de

Scille utilisée comme traitement de la toux sur les verrues l'élimine complètement. On pense que mettre les graines de scille moulues dans la figue et les mélanger avec du miel a des effets laxatifs. Le sirop de la Scille est utile pour l'indigestion, la jaunisse, les crampes, les ballonnements, la fièvre chronique, la dysurie, la soif, l'hydropisie et fait couler le sang menstruel. Rôti la Scille augmente le sperme et son application sur la tête est utile pour la croissance des cheveux dans l'alopecie areata, les pellicules et les poux. La Scille est utile pour les maux de tête froids, la démence, l'arthrite, les vertiges, la paralysie et les étourdissements. Cuire la Scille dans de l'huile d'iris et le frotter sur les pieds augmente l'érection et agit comme stimulant sexuel. Les praticiens traditionnels iraniens croyaient que la Scille était un bon remède contre les dysfonctions sexuelles, la pelade et les poux de tête, en plus de ses effets bénéfiques sur le foie et le système respiratoire (Mahboubi et al., 2019). Aux niveaux des problèmes cardiaques, la Scille est le plus ancien médicament utilisé par l'homme. Selon l'effet de la Scille sur le cœur de grenouille, cette plante est classée comme médicament numérique depuis 1865 (Bozorgi et al., 2017).

Il est essentiel de confirmer les croyances traditionnelles sur la compétence dans la médecine moderne (Mahboubi et al., 2019).

### **2.2.3 LA SCILLE COMME UNE RODENTICIDE (BULBE ROUGE)**

La Scilles est utilisés comme poison pour les rats depuis l'époque des anciens Égyptiens (Tuncok et al., 1995). Il est considéré comme le plus ancien rodenticide. Ses propriétés rodenticides étaient connues dans la région méditerranéenne à l'époque médiévale. Le matériel consistera essentiellement en écailles sèches, en poudre et charnues du bulbe interne de la variété rouge de Scille, enrichies si nécessaire avec l'extrait soluble dans l'alcool de celle-ci. Une limitation sérieuse à l'utilisation de la Scille rouge est son inefficacité relative contre *R. rattus*, des doses beaucoup plus élevées sont nécessaires pour tuer cette espèce et ces concentrations élevées ne sont pas facilement acceptées par le rat noir ou la souris. Son utilisation est donc limitée aux populations de rats bruns. Une limitation supplémentaire est le fait que les rats individuels qui ont ingéré une dose sublétales de scille rouge développeront une aversion ou une timidité à l'appât qui durera probablement plusieurs semaines. Aux Etats-Unis, il y a des savants ont décrit un programme communautaire à Philadelphie, où la Scille rouge était largement utilisée pour lutter contre les rats : 10 % en poids de poudre de scille rouge enrichie étaient mélangés avec 27 % de flocons d'avoine et 63 % de mélange de maïs concassé, et semoule de maïs. De l'huile de maïs a été ajoutée comme liant au lieu de l'eau et il a été constaté que cela empêchait les

appâts de moisir pendant 2 à 4 semaines. Dans un test comparant la Scille rouge à un anticoagulant le pindone, les auteurs ont conclu que la formulation de la Scille rouge, était considérablement moins chère en matériel et en main-d'œuvre et encore plus efficace que l'anticoagulant. On dit qu'un contrôle satisfaisant a été obtenu en Union soviétique lorsque 10% de greffons rouges ont été utilisés. L'Angleterre a cependant interdit son utilisation en raison de la réaction prolongée qui se produit souvent chez les rats empoisonnés avec cette substance (Gratz, 1973). Bien qu'il ait été remplacé plus tard par des rodenticides modernes tels que la warfarine (Pascual-Villalobos, 2002), depuis que les rats ont développé une résistance à ces produits, on constate un regain d'intérêt pour la Scille rouge (Gupta and Gupta, 2007).

## 2.3 LA SCILLE DANS LE PRESENT

### 2.3.1 CLASSIFICATION

Au fil du temps, La Scille a passé plusieurs nomenclatures scientifique (Table 2) (“Plants of the World Online | Kew Science,” 2023). Aujourd'hui, le nom scientifique accepté pour La Scille est *Drimia maritima* (L.) Stearn. La classification botanique de cette espèce est indiquée dans le tableau 3 (“The Euro+Med Plantbase Project,” 2023):

**Tableau 2.** Les noms scientifiques de la Scille selon les années.

Nome scientifique	Année
<i>Scilla maritima</i> L.	1753
<i>Ornithogalum maritimum</i> (L.) Lam.	1779
<i>Stellaris scilla</i> Moench.	1794
<i>Ornithogalum squilla</i> Ker Gawl.	1806
<i>Urginea scilla</i> Steinh.	1834
<i>Squilla maritima</i> (L.) Steinh.	1836
<i>Urginea maritima</i> (L.) Baker.	1873
<i>Charybdis maritima</i> (L.) Speta.	1998

**Tableau 3.** La classification botanique de l'espèce *D.maritima*.

Rang	Nom Scientifique
Règne	Plantes
Division	Tracheophyta
Sous-division	Spermatophytine
Classe	Magnoliopsida
super-ordre	Lilianaes
Ordre	Asperges
Famille	Asparagacées
Genre	<i>Drimia</i> Jacq.
Espèce	<i>Drimia maritima</i>

### 2.3.2 UTILISATION

De nos jours, *D. maritima* est presque exclusivement utilisée pour la préparation de médicaments homéopathiques. (Knittel et al., 2014). Les extraits alcooliques et aqueux préparés à partir de matériel végétal séché et frais sont principalement utilisés à des fins médicinales. La préparation d'extraits aqueux fermentés de *D. maritima* a été spécifiée dans la Pharmacopée Homéopathique Allemande. Ce processus implique des activités enzymatiques microbiennes et végétales (Knittel et al., 2014). Aussi, Des études cliniques modernes ont confirmé les utilisations traditionnelles de *D. maritima* dans le traitement de la stéatose hépatique non alcoolique, de l'asthme, des poux de tête, de l'alopecie et des douleurs inflammatoires. De plus, des propriétés biologiques telles que les effets antioxydants, antibactériens, anticancéreux et insecticides de *D. maritima* ont été mises en évidence de manière significative dans plusieurs études expérimentales. les résultats d'un essai clinique randomisé pilote en triple aveugle ont montré des preuves préliminaires de l'innocuité et de l'efficacité du traitement d'appoint de *D. maritima* Oxymel chez les patients asthmatiques (Zhang et al., 2022).

## 3 COMPOSITION CHIMIQUE DE *D.MARITIMA*

Généralement, les principaux composants bulbes de *D. maritima* sont des glycosides (glycosides cardiaques) de type bufadienolide. Des anthocyanes, des flavonoïdes, des acides gras, des polysaccharides et de l'oxalate de calcium sont également présents. Les glycosides cardiaques

(scillarène et scillarénine) sont utilisés comme diurétique cardiotonique pour le traitement du marasme cardiaque et de l'œdème. Le scilliroside, le principal glycoside toxique, est présent dans toutes les parties de la plante, y compris les feuilles, les fleurs, les tiges, les écailles, et en particulier les racines et le noyau de la partie bulbeuse (Al-Tardeh et al., 2006).

A noter que les études se sont davantage portées sur les bulbes, ce qui fait que le reste des pièces nécessite plus d'études (Kakouri et al., 2019).

#### 4 LA REALITE DE *D.MARITIMA*

En fait, *D.maritima* est une agrégat de pas moins de six espèces végétales différentes (quelques exemples sont dans le tableau). Qui ont des compositions différentes (Jean, 2008), et dans le spectre des ingrédients actifs (Krenn et al., 1994a).

La plupart des travaux publiés font référence à *D. maritima* agg. (L.) Baker () et ce nom est couramment utilisé (Tobyn et al., 2011).

**Tableau 4.** Exemples de différentes espèces végétales de *D.maritima* avec leurs couleur de bulbe.

<i>D.maritima</i> agg. (L.) Baker	Couleur de bulbe
<i>D. hesperia</i> Webb. et Couchette.	Blanc
<i>D. maritima</i> (L.) Baker (dans le sens strict du terme)	Blanc
<i>D. pancracion</i> (Steinh.) Philippe	Blanc
<i>D. numidica</i> [Jord. Et Fourr.] Gris	Rouge
<i>D. aphylla</i> [Forsk.] Speta	Allant du blanc

#### 5 *DRIMIA NUMIDICA*

*D. numidica* [Jord. Et Fourr.] Gris, est un tétraploïde (Jean, 2008), qui ont été un rodenticide important pendant des siècles. L'Algérie, la Tunisie et l'Italie étaient les principaux fournisseurs de drogue (Krenn et al., 1994a). Il est connu que *D. numidica* pousse à Annaba (Algérie) et s'étend jusqu'en Tunisie (Khenniche et al., 2023). Selon notre recherche bibliographique ne Nous n'avons pas trouvé beaucoup d'études présentées. Dans une des études, il a été montré que

les bulbes de couleur rouge des plantes de l'agrégat *D. maritima* du nord et du sud de la Méditerranée présentaient différentes compositions de bufadiénolide. Par conséquent, le complexe bufadiénolide d'échantillons de " scille rouge " de Tunisie et de Sardaigne a été étudié. Douze bufadiénolides ont été isolés à partir de bulbes de scilles tétraploïdes de Tunisie, six à partir d'échantillons tétraploïdes de Sardaigne. Les composés ont été identifiés au moyen d'études FAB-MS, <sup>1</sup>H-NMR et <sup>13</sup>C-NMR ou par comparaison avec des substances authentiques. Une différence non seulement quantitative mais aussi qualitative dans le modèle de bufadiénolide entre l'échantillon du nord et celui de l'extérieur de la région méditerranéenne a été prouvée. À l'heure actuelle, il n'est pas clair si les échantillons étudiés appartiennent à différents chémotypes de *D. numidica* ou sont deux espèces différentes de l'agrégat *D. maritima* (Krenn et al., 1994a).

**Tableau 5. Les composés chimiques identifiant *D. maritima* dans les régions de Tunisie et Sardaigne.**

Les composés ont été identifiés dans les deux régions (Tunisie et Sardaigne)	Les composés ont été identifiés dans le bulbe de la Tunisie	Les composés ont été identifiés dans le bulbe de la Sardaigne
Scilliroside (14)	glucoscilliphaeoside (6)	scillaren A (3)
Scillarenin-3-O-β-D-glucoside (2)	12-epi-glucoscilliphaeoside (10)	Gamabufotaline 3-O-α-L-rhamnoside (20)
Proscillaridin A (1)	12/3-hydroxysdilhiglaucosidin 3-O-13-e-glucoside (21)	scilliglaucoside (17),
Scilliphaeosidin 3-O-(β-D-glucoside) (5)	12-épi-sciffiphaeosidine 3-O-(β-D-glucoside) (8)	Sdillirubrosidine III 3-O-α-L-rhamnoside (11)
Scilliglaucoside (17)	12-episcilliphaeosidin 3-O-α-L-rhamnosido-α-L-rhamnoside(9)	scillirubroside (12)
Scilliphaeoside (4)	/	12/3-hydroxysciffiroside (15)

12- epi scilliphaeoside (7)	/	5a-4,5-dihydroscilirosidin 3-O- $\alpha$ -L-thevetosido-/3 D-glucoside(19)
/	/	10-carboxy-5 $\beta$ ,14 $\beta$ -dihydroxybufa-3,20,22-trienolide 3-O-( $\beta$ -D-glucoside) (18)
/	/	Scilliglucogenin (16)

### 5.1 L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE DE *D. NUMIDICA*

L'étude réalisée par (Attab et al., 2017) avait pour but d'évaluer in vitro l'activité antifongique de l'extrait aqueux de bulbe d'un *D. numidica* (Jord. & Fourr.) J.C originaire du nord-est de l'Algérie. Contre le champignon *Fusarium solani*, agent causal du mildiou de la tomate. Après des essais préliminaires, deux concentrations de 30 g/l et 50 g/l ont été choisies. L'effet de ces deux concentrations a été examiné sur la croissance mycélienne. La concentration de 50 g/l a eu un effet plus prononcé sur la croissance mycélienne et la sporulation avec des taux d'inhibition de 66,15 % et 86,91 % respectivement, par rapport au fongicide qui a donné 77,58 % et 97,19 %. Ces résultats indiquent que l'extrait aqueux de bulbe de *D. numidica* (Jord. & Fourr.) J.C. possède une activité antifongique comparable à celle du fongicide.

### 5.2 L'ACTIVITE ANTIOXYDANT ET COMPOSES CHIMIQUE DE *D. NUMIDICA*

L'étude menée par (Kakouri et al., 2019) a contribué à l'enrichissement des connaissances actuelles en fournissant de nouvelles données sur le contenu phénolique total, l'activité antioxydante et le profil chimique de différentes parties de *D. numidica*, à l'exception des capsules. Le contenu phénolique total a été évalué par le test Folin Ciocalteu, tandis que l'activité antioxydante a été mesurée en utilisant les réactifs DPPH $\cdot$  et ABTS $\cdot+$ . La séparation et l'identification des composés ont été réalisées par LC/Q-TOF/HRMS. Les résultats ont révélé des valeurs remarquables pour les antioxydants, avec la teneur phénolique la plus élevée dans l'extrait de feuilles et l'activité antioxydante la plus élevée dans l'extrait de fleurs. Les résultats de l'analyse chimique ont confirmé la présence de bufadiénolides et de composés phénoliques dans les extraits étudiés.

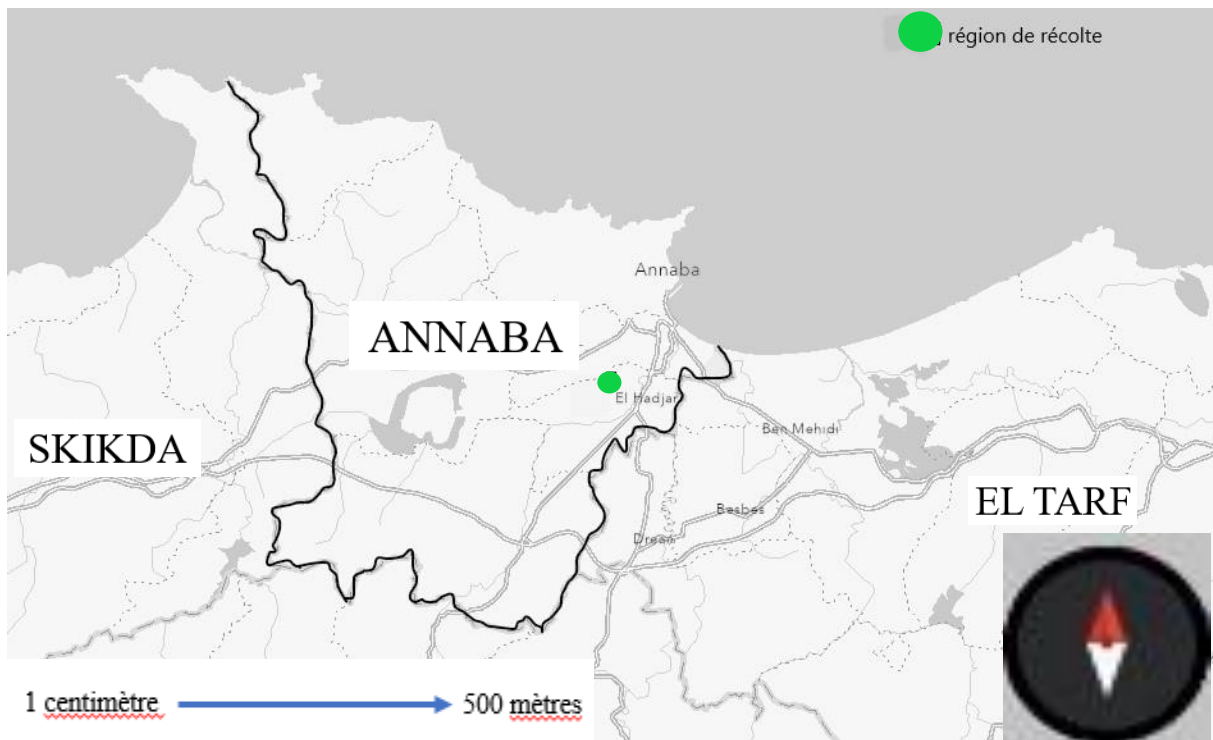
## **PARTIE II : Pratique**

# **CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES**

## 1 MATÉRIELS

*D. numidica* pousse à Annaba (Algérie) et s'étend jusqu'en Tunisie (Le Floc'h et al., 2010).

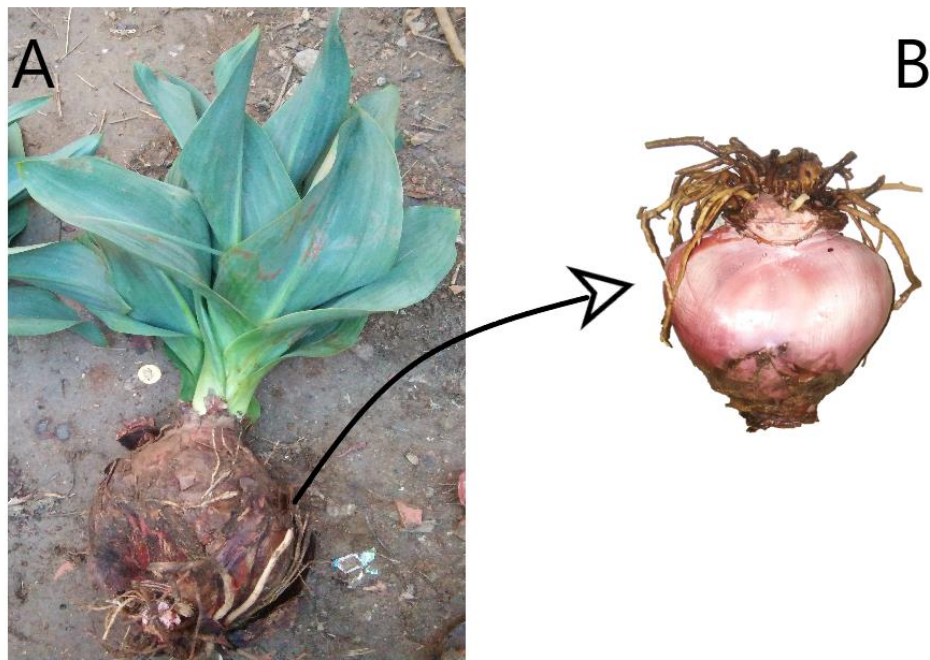
Les parties de *D. numidica* ont été collectées durant deux saisons : d'automne (parties aériennes, octobre 2021) et hiver (parties souterraines, février 2022) depuis la Péninsule d'Edough, Annaba, Algérie, Alt. 69 m, 36°49'56.065"N, 7°42'2.518"E. La plante a été identifiée et nettoyée au Laboratoire de Biologie Végétale et Environnement, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. Les parties ont été séparées et séchées en les exposant à l'air libre sous un endroit ombragé (les feuilles, les tiges, et les bulbes sont cisailés avant d'être séchés). Après cela, ils ont été broyés avec un broyeur de laboratoire (nous avons utilisé un tamis de laboratoire d'un diamètre de 1,25 mm).



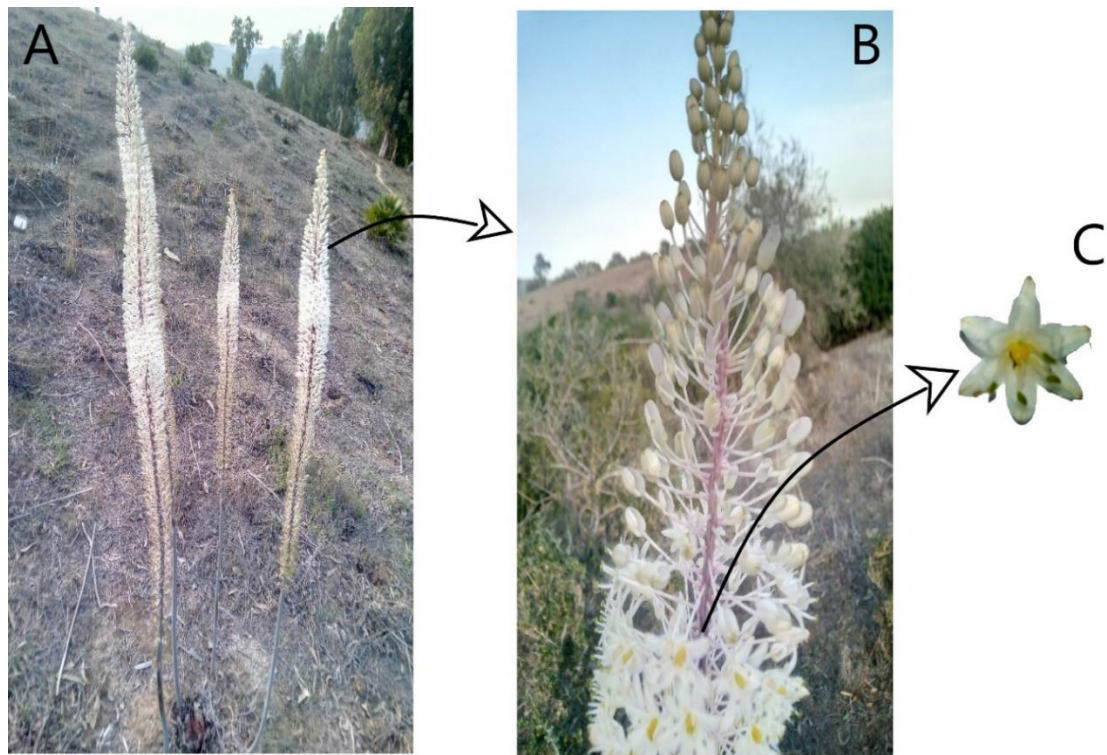
**Figure 30.** Région de récolte de la plante étudiée (*Drimia numidica*) (F. KHENNICHE).



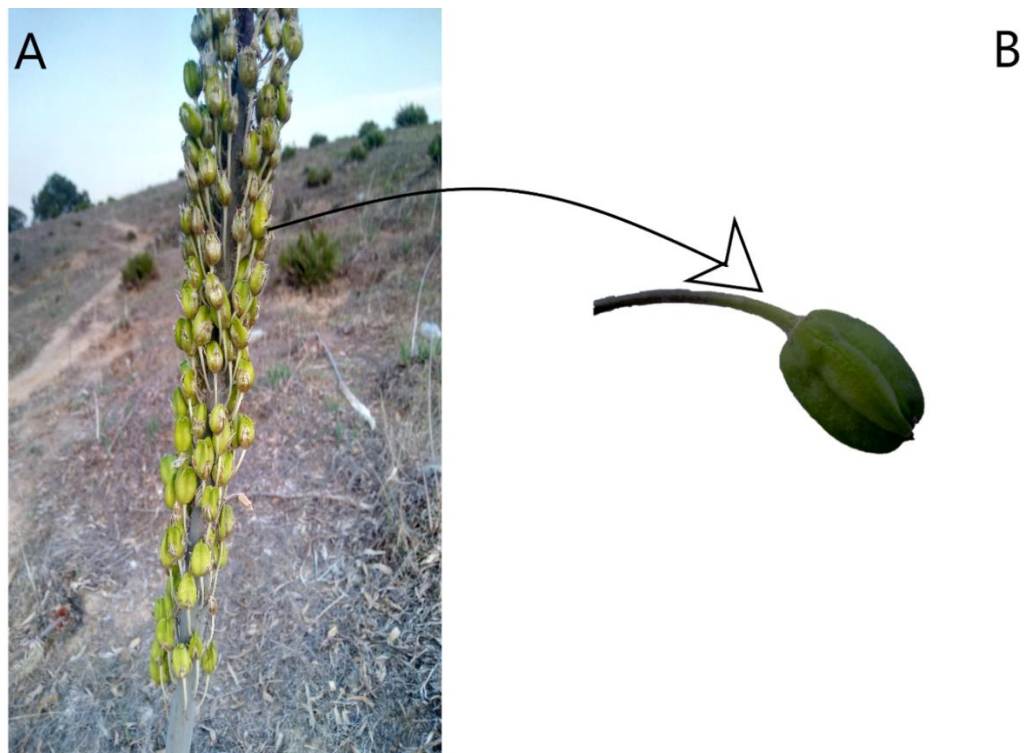
**Figure 31.** Champ de *D.numidica* dans la région de récolte (F. KHENNICHE).



**Figure 32.** La plante *Drimia numidica*: (A) Feuilles, bulbes et racine (B) Bulbe et Racines (F. KHENNICHE).



**Figure 33.** La plante *D.numidica* durant la floraison : (A, B) fleurs dans les tiges, (C) la fleur (F. KHENNICHE).



**Figure 34.** *Drimia numidica* à l'apparition de capsules : (A) Capsules dans les tiges, (B) Capsules isolées (F. KHENNICHE).

## **2 METHODES**

### **2.1 TESTS DE CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE**

Pour effectuer les tests de : sucres réducteurs, de tannins, de glycosides cardiaques, de flavonoïdes, de phénols, de saponines et de protéines. On a mélangé 2 g de poudre avec 40 ml d'eau et avez laissé macérer le mélange pendant 24 heures. Ensuite, on a filtré le mélange à travers un papier filtre pour obtenir le filtrat (Ismail et al., 2016; Sharma and Devi, 2017; (EL-Haoud et al., 2018).

#### **2.1.1 SUCRES REDUCTEURS**

Pour réaliser ce test, il convient de mélanger 1 ml des solutions Fehling's A et Fehling's B, puis de porter le mélange à ébullition pendant une minute. Ensuite, on ajoute un volume équivalent de solution de test et on chauffe le tout au bain-marie bouillant pendant 5 à 10 minutes. On observe d'abord la formation d'un précipité jaune, puis d'un précipité rouge brique (Ismail et al., 2016).

#### **2.1.2 TANNINS**

Pour détecter la présence de tanins, on prélève 1 ml d'extrait dans un tube à essai et on y ajoute 2 ml de chlorure ferrique à 5%. La formation d'une couleur noire verdâtre est observée, ce qui indique la présence de tanins (Sharma and Devi, 2017).

#### **2.1.3 GLYCOSIDES CARDIAQUES,**

Pour détecter la présence de glycosides cardiaques, on ajoute 2 millilitres de chloroforme à 1 millilitre d'extrait. Si l'apparition d'une coloration brun-rougeâtre se produit après l'ajout de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, donc est un signe indiquant la présence de glycosides cardiaques. (EL-Haoud et al., 2018).

#### **2.1.4 FLAVONOÏDES**

Pour détecter la présence de flavonoïdes, on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré à une petite quantité d'extrait de la matière végétale. Si une couleur rouge apparaît immédiatement, cela indique la présence de flavonoïdes (Ismail et al., 2016).

### **2.1.5 PHENOLS**

Pour détecter la présence de phénols, on prélève 1 ml d'extrait dans un tube à essai et on y ajoute 2 ml d'eau distillée, suivis de quelques gouttes de chlorure ferrique à 10%. Si une formation de couleur verte se produit, cela indique la présence de phénols (Sharma and Devi, 2017).

### **2.1.6 SAPONINES**

Dans un tube à essai, introduire la solution à analyser préparé par infusion en milieu. Ajuster le volume de tube à 10 ml avec de l'eau distillée. On agite chaque tube dans le sens de la longueur pendant 15 secondes à raison de 2 agitations par seconde, puis on laisse reposer pendant 15 minutes. Ensuite, on mesure la hauteur de la mousse produite dans chaque tube pour évaluer les différences entre les extraits (EL-Haoud et al., 2018).

### **2.1.7 HUILES ESSENTIELLES**

Le test pour la présence d'huiles essentielles consiste à introduire 1 g de matériel végétal dans 10 ml de dichlorométhane. Après évaporation à sec de l'extrait, on dissout le résidu dans 3 ml d'éthanol et on évapore à sec de nouveau. Si une odeur parfumée est perçue, cela indique la présence d'huiles essentielles (EL-Haoud et al., 2018).

### **2.1.8 PROTEINES**

Le test de présence de protéines dans un échantillon consiste à ajouter 2 ml de NaOH à 4 % et quelques gouttes de solution de  $\text{CuSO}_4$  à 1 % à 3 ml d'extrait. Si une coloration violette ou rose se manifeste, cela signifie que des protéines sont présentes dans l'échantillon (Ismail et al., 2016).

### **2.1.9 ALCALOÏDES**

Pour détecter la présence d'alcaloïdes dans une poudre végétale sèche, on met 10 g de cette poudre dans un erlenmeyer et on y ajoute 50 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dilué à 1/10 avec de l'eau distillée. Après agitation et macération pendant 24 heures, on ajoute 5 gouttes de réactif de Dragendorff à 1 ml du filtrat. L'apparition d'un précipité orange indique la présence d'alcaloïdes (EL-Haoud et al., 2018).

## 2.2 ANALYSE DE GC-MS

### 2.2.1 PREPARATION D'ÉCHANTILLON

On prélève une petite quantité d'échantillon que l'on place dans un tube d'Eppendorf, que l'on dilue ensuite avec du méthanol grade HPLC. On agite le tube pour obtenir une solution homogène, puis on utilise des seringues et des micro-filtres de 0,22 µm pour éliminer les résidus de l'extrait qui n'ont pas été dissous, afin d'obtenir une solution sans résidus.

### 2.2.2 Le GC-MS

Les bibliothèques utilisées : NIST17.lib, et W11N17MAIN2.lib.

#### 2.2.2.1 LIGNE ANALYTIQUE

Utiliser système d'injection automatique de la société Shimadzu "AOC-20i+s", de Rinçages avec Résolvante :5, de Rinçages au Solvant(post) :1, de rinçages avec échantillon : 5, Vitesse du piston (aspiration) : faible. Temps : 0,2 s, Vitesse du piston (injection) : élevée, Vitesse d'insertion de la seringue : élevée, Mode d'injection : Normal, Temps de pompage :5, Inj. Temps de séjour du port : 0,3 seconde, Entrefer terminal : Non, Vitesse de lavage du piston : haute, Volume de lavage : 8uL, Position d'aspiration de la seringue : 0,0 mm, Position d'injection de la seringue : 0,0 mm, Sélection de solvant : uniquement C, Temp. four à colonne. :40.0 °C,

Température d'injection :250.00 °C, Mode d'injection : Fractionné, Mode de contrôle de flux : flux de colonne, Pression :108,2 kPa, Débit total : 62,8 ml/min, Débit de colonne : 1,93 ml/min, Vitesse linéaire : 50,1 cm/sec, Débit de purge : 3,0 ml/min, Rapport de partage : 30,0, Injection haute pression : désactivée, Économiseur de gaz vecteur : désactivé, Maintien du répartiteur : désactivé, Temps d'équilibre : 3,0 min.

**Tableau 6.** Programme de température du four.

Taux	Température(°C)	Temps de maintien (min)
-	40	1.00
4.00	180	1.00
2.00	200.00	2.00

### 2.2.2.2 PROGRAMME GC

Utiliser GCMS-QP2020 NX (système de chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse (GC-MS) de la société Shimadzu), Température de la source d'ions : 230,00°C, Temp. :250.00 °C, Temps de coupe du solvant : 2,00 min, Mode de gain du détecteur : par rapport au résultat de réglage, Gain du détecteur : 0,79 kV + 0,00 kV, Seuil :0.

### 2.2.2.3 DONNEES GENEREES PAR LE SPECTROMETRE DE MASSE (MS) PENDANT UNE ANALYSE :

Heure de début : 2,00 min, Heure de fin :50.00 min, Mode ACQ : Numérisation, Durée de l'événement : 0,30 seconde, Vitesse de numérisation : 1666, Départ m/z :35.00, Fin m/z :500.00 Durée de l'événement : 0,30 seconde, Vitesse de numérisation : 1666, Départ m/z :35.00, Fin m/z :500.00.

## 2.3 ACTIVITE ANTIFONGIQUE

Afin de tester l'efficacité de nos extraits pour l'inhibition de croissance du champignon *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* (FOL) strain 4287 (obtenue auprès du Centre de Recherche et de Biotechnologie, Constantine, Algérie), Pour évaluer l'inhibition mycélienne, nous avons mesuré la croissance radiale du champignon.

### 2.3.1 METHODE UTILISEE

Pour trois, deux, et un jour de la macération de chaque poudre des parties de la plante, puis par l'évaporation, on a préparé nos extraits hydromethanolique, selon le system (70:30 v/v). La solution de chaque extrait a été préparée à partir de 1 ml de DMSO avec une quantité d'extrait variable en fonction de la concentration souhaitée. Différentes concentrations ont été testées pour chaque extrait.

Le milieu de culture (le PDA) a été préparé à partir de Dextrose, pommes de terre, et Agar. Il a été distribué dans un volume de 100 ml dans des Erlenmeyers [04×06+02]. Ensuite, mètre les stérilisé avec de 60 °C avant d'utilisé. Dans les boîtes de Petri on a posé dans chacun 100 ml de milieu avec la solution d'échantillon par 04 répétition de chaque extrait. Pour Le contrôle négatif, il contient le milieu PDA sans autre produit. Alor que, le contrôle positif contient le PDA avec 1 ml de DMSO (Song et al., 2004). Pour le test in vitro, on a prélevé un disque de 5 mm d'une jeune culture fongique et de le placer dans les boîtes de Petri contenant la solution à tester et le milieu PDA. Ensuite, les boîtes de Petri ont été placées dans l'incubateur à 28 ° C.

Après sept jours, la croissance fongique a été mesurée, où les résultats d'inhibition ont été exprimés en pourcentage selon la formule suivante (Dennis and Webster, 1971):

$$T = (P - E / P) \times 100$$

T = taux d'inhibition (%).

P = croissance radiale de champignon, témoin positive (milieu PDA avec DMSO) en mm.

E = croissance radiale de champignon, dans le complexe (milieu PDA, l'échantillon) en mm.

## 2.4 ACTIVITES ANTIOXYDANTE ET TCP

### 2.4.1 PREPARATION DES EXTRAITS

#### 2.4.1.1 EXTRACTION SOLIDE-LIQUIDE

Pour chaque partie de *D. numidica*, par la macération, l'extrait hydrométhanolique a été préparé en trempant la poudre de partie de *D. numidica* (environ 200g) dans un mélange de solvant méthanol-eau (70:30 v/v) pendant trois jours à température ambiante. Puis, filtrer le résidu séparé pour obtenir un filtrat. De la même manière réextrait le résidu pendant deux et un jour successivement. Le filtrat de chaque période a été réuni. En fin, Un évaporateur rotatif a été utilisé (température de 40°C) pour obtenir un extrait d'hydrométhanolique pur. Ce dernier est divisé en deux parties, la première réservée à la préparation des fractions qui est la plus grande quantité, et la seconde était stockée pour une utilisation ultérieure.

#### 2.4.1.2 EXTRACTION LIQUIDE – LIQUIDE

Afin de préparer les fractions (fractions cyclohexane, fractions chloroforme, fractions acétate d'éthyle, fractions n-butanol), l'extrait hydrométhanolique a été dissous dans de l'eau distillée, a été conservé pendant environ 24 heures. Ensuite, l'extraction liquide-liquide a été appliquée à l'aide d'une ampoule à décanter, où la solution d'hydrométhanol a été mélangée à chaque fois avec l'un des solvants suivants : cyclohexane, chloroforme, acétate d'éthyle, n-butanol, de la polarisation la plus faible à la plus élevée. Chaque fois que le mélange (hydrométhanol + fraction solvant) a été bien agité jusqu'à ce qu'il soit combiné, et laissé dans l'ampoule à décanter pendant un certain temps pour séparer les phases organique et aqueuse. Enfin, la phase organique a été évaporée pour obtenir la fraction pure (le processus a été répété trois fois pour chaque mélange). La procédure a été effectuée pour chaque partie de plante.

### 2.4.2 DETERMINATION DU TCP

20 µl de solution d'extrait (0,1 % p/v) ont été placés dans une microplaque, suivis de 100 µl de solution de réactif de Folin-Ciocalteu dilué (1:10), et 75 µl de solution de carbonate de sodium (7,5 % p/v), en maintenant le mélange dans l'obscurité pendant deux heures, où la lecture de la microplaque était à 765 nm. Un témoin a été préparé selon la même procédure, en remplaçant l'extrait par le solvant qui utilisé pour dissoudre l'extrait. Le calcul du TCP était basé sur une courbe d'étalonnage de l'acide gallique et les résultats étaient exprimés en (µg GAE/mg), où GAE correspond aux équivalents d'acide gallique (Singleton et al., 1999).

### 2.4.3 DETERMINATION DES ANTIOXYDANTS

Les valeurs d'activité antioxydant ont été déterminées à l'aide de six méthodes différentes : activités de piégeage des radicaux DPPH et ABTS, capacité antioxydante réductrice cuivrique (CUPRAC), activité de la phénanthroline, pouvoir réducteur (PR), nanoparticules d'argent (NPA). Dans tous les tests, un contrôle a été préparé de la même manière, en remplaçant l'extrait par le solvant utilisé pour dissoudre l'extrait.

Un lecteur de microplaques a été utilisé pour la lecture des résultats, extrait des solutions utilisées à différentes concentrations. Les valeurs DPPH et ABTS ont été calculées en utilisant :

$$\% \text{Inhibition} = [(\text{Absorbance témoin} - \text{Absorbance échantillon}) / \text{Absorbance témoin}] \times 100$$

#### 2.4.3.1 TEST DPPH

160µl de solution de DPPH (préparée en dissolvant de la poudre de DPPH dans du méthanol et en les mélangeant environ 20 minutes dans une chambre noire, puis la solution doit être équilibrée pour être égale à 517 nm avant d'être utilisée) ont été placés dans la microplaque, suivis de 40µl de solution d'extrait, lu à 517 nm (Blois, 1958).

#### 2.4.3.2 TEST ABTS

40µl de solution d'extrait ont été placés dans la microplaque, suivis de 160ml d'une solution ABTS+ (préparée en mélangeant des solutions d'ABTS (0,384 % p/v) et de persulfate de potassium (0,066 % p/v), bien mélanger et laisser elles restent 12 à 16 heures, leur valeur d'absorption doit être de 734 nm avant de l'utiliser), attendre 10 minutes avant de mesurer l'absorption à 734 nm (Re et al., 1999).

### 2.4.3.3 TEST CUPRAC

Dans la microplaque, 40 µl de solution d'extrait ont été déposés, suivis de 60 µl de S1 (solution d'acétate d'ammonium (7,708% w/v), 50 µl de S2 (néocupronine résolue dans du méthanol pur (0,156% w/v)) et 50 µl de S3 (solution de chlorure de cuivre (II) (0,1705 % p/v) respectivement, attendre une heure pour lire une microplaque à 450 nm.<sup>26</sup> (Apak et al., 2004).

### 2.4.3.4 TEST DE PHENANTHROLINE

Dans la microplaque, 10 µl de la solution d'extrait ont été placés avec 50 ml de solution de chlorure de fer (III) (FeCl<sub>3</sub>) (0,2 % p/v), 30µl de solution de phénanthroline (0,5 % p/v), et 110 µl de méthanol pur. Ils ont été incubés dans l'obscurité à une température de 30 °C pendant 20 minutes. L'absorbance a été mesurée à 510 nm.<sup>27</sup> (Szydłowska-Czerniak et al., 2008).

### 2.4.3.5 TEST PR

Dans la microplaque, 10 µl de solution d'extraction ont été placés avec 40µl de tampon phosphate (pH = 6,6), et 50µl de solution de ferricyanure de potassium (1% p/v), puis ont été incubés à 50°C pendant 20 minutes, puis ajouter respectivement 50 mL de solution d'acide trichloroacétique (10% w/v), enfin, mettre 40 µl de H<sub>2</sub>O et 10 µL de FeCl<sub>3</sub> (0.1 % p/v), lus à 700 nm (Oyaizu, 1986).

### 2.4.3.6 TEST DES NPA

20 µL de la solution d'extrait, avec 130µL de solution de NPA (50 ml de solution de nitrate d'argent (0,170 % p/v, solution à l'eau distillée), chauffée pendant 10 minutes, associée à 5 ml de citrate trisodique (1 % p/v), goutte à goutte jusqu'à coloration jaune pâle, laisser refroidir la solution à température ambiante). Il a ensuite été placé dans la microplaque, suivi de 50 µl d'eau distillée et incubé à 25 °C pendant 30 minutes, où la lecture était de 423 nm (Özyürek et al., 2012).

## 2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats ont été exprimés en valeur moyenne avec un écart-type de trois répétitions. Une analyse de régression linéaire a été utilisée pour déterminer A<sub>0,50</sub> et CI<sub>50</sub>. r (coefficient de corrélation, appliqué entre les méthodes TCP et antioxydant dans chaque partie de la plante) et le test ANOVA (analyse de variance à un facteur, pour détecter les différences significatives : p < 0,05) ont été calculés avec le logiciel XLSTAT.

## **Chapitre II : Résultats et discussion**

## 1. RESULTATS

### 1.1 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

Les résultats de l'analyse chimique des tests d'huiles essentielles sont positifs pour toutes les parties de la plante (Bulbe, Racines, Feuilles, Tige, Fleurs, Capsules).

Les résultats de l'analyse chimique des différentes parties de *D. numidica* obtenus après macération dans du méthanol à 80% ont été présentés dans le tableau 7. Tandis que, le tableau 8 représente les résultats pour les extraits préparés à partir de macération dans de l'eau (H<sub>2</sub>O).

**Tableau 7.** Caractérisation chimique des extraits méthanoliques (80%) de *D. numidica*.

Substances naturel mé- thanol 80%	Bulbe	Racines	Feuilles	Tige	Fleurs	Capsules
Tannins	+	+	+	-	+	+
Glycosides cardiaques	+	+	+	+	+	+
Flavonoïdes	+	+	-	+	-	-
Phénols	+	+	+	+	+	+
Saponines	-	-	-	-	-	-
Protéines	-	-	-	-	-	-
Les Alcaloïdes	+	-	-	-	+	+
Steroid	+	+	+	-	-	+
Tepren	+	-	+	+	+	+
Sucre reductur	+	+	+	+	-	-

+ : present, - : absent

**Tableau 8.** Caractérisation chimique des extraits aqueux de *D. numidica*.

Substances naturel	Bulbe	Racines	Feuilles	Tige	Fleurs	Capsules
Tannins	+	+	+	+	+	+
Glycosides cardiaques	+	+	+	+	+	+
Flavonoïdes	+	+	-	+	-	-
Phénols	+	+	+	+	+	+
Saponines	+	+	+	+	+	+
Protéines	-	-	-	-	-	-
Les Alcaloïdes	+	-	-	-	+	+
Steroid	+	-	+	+	+	+

---

Tepren	+	+	-	+	+	+
Sucre redictur	+	+	+	+	+	-

+ : present, - : absent

## 1.2 ANALYSE GC-MS

Les résultats de l'analyse GC-MS sont détaillés dans les tableaux ci-dessous.

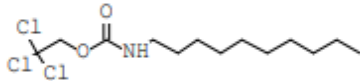
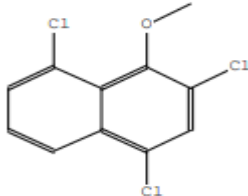
### 1.2.1 LES ABREVIATIONS UTILISEES DANS LES TABLEAUX

TR : Temps de rétention ; TR : Temps Initial TF : Temps Final ; Z : Zone ; Z% : Zone% ; H : Hauteur ; H % : Hauteur% ; Z/H : Zone/Hauteur ; MM : Masse Moléculaire ; IR : Indice de rétention.

**Tableau 9.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des bulbes.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	3,275	3,22	3,31	24598	21,83	7038	23,29	3,5	331	2067
2	3,433	3,415	3,455	12339	10,95	6778	22,43	1,82	260	1960
3	3,511	3,455	3,595	26920	23,89	5473	18,11	4,92	343	2393
4	5,132	5,1	5,17	15199	13,49	5539	18,33	2,74	232	1872
5	8,679	8,57	8,74	33636	29,85	5389	17,83	6,24	251	2126

**Tableau 10.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des bulbes.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Carbonic acid, monoamide, N-decyl-, 2,2,2-trichloroethyl ester	$C_{13}H_{24}Cl_3NO_2$	
2	Naphthalene, 2,4,8-trichloro-1-methoxy	$C_{11}H_7Cl_3O$	

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

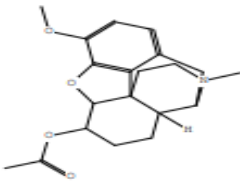
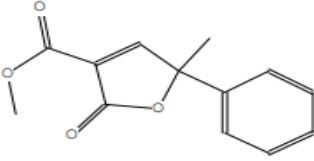
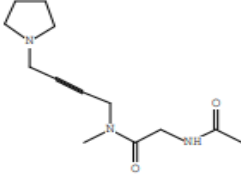
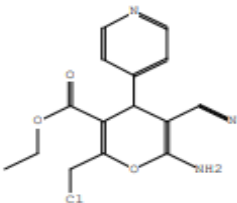
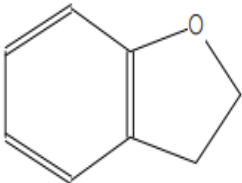
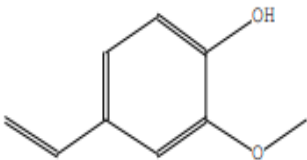
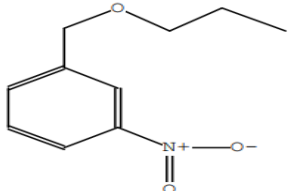
3	Acetyldihydroisocodeine	$C_{20}H_{25}NO_4$	
4	2-keto-5-methyl-5-phenyl-furan-3-carboxylic acid methyl ester	$C_{13}H_{12}O_4$	
5	3-Acetaminoacetamide, N-methyl-N-[4-(1-pyrrolidiny)-2-butynyl]-	$C_{13}H_{21}N_3O_2$	

Tableau 11. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction d'acétate d'éthyle des Bulbes.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	16,465	16,45	16,585	35788	17,35	6612	7,26	5,41	319	2640
2	17.762	17,69	17,815	42530	20,62	10964	12,03	3,88	120	1036
3	20,954	20,92	21,035	24083	11,68	7081	7,77	3,4	150	1293
4	25,036	25	25,11	27159	13,17	8934	9,8	3,04	195	1563

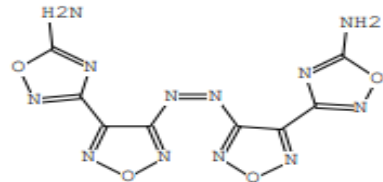
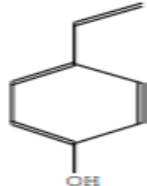
**Tableau 12.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction d'acétate d'éthyle de Bulbe.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	4H-Pyran-3-carboxylic acid, 6-amino-2-(chloromethyl)-5-cyano-4-(4-pyridinyl)	$C_{15}H_{14}ClN_3O_3$	
2	Benzofuran, 2,3-dihydro-	$C_8H_8O$	
3	2-methoxy-4-vinyl-phenol	$C_9H_{10}O_2$	
4	(3-Nitrophenyl) methanol, n-propyl ether	$C_{10}H_{13}NO_3$	

**Tableau 13.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction n-butanol des bulbes.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,26	2,21	2,29	16284	10,65	4864	6	3,35	332	3028
2	17,767	17,725	17,83	26607	17,4	7681	9,47	3,46	120	1104
3	25,042	25,005	25,095	17989	11,76	7050	8,69	2,55	136	1316
4	29,514	29,49	29,59	16766	10,96	4442	5,48	3,77	192	1852

**Tableau 14.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction n-butanol des bulbes.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Diazene, bis[4-(5-amino-[1,2,4]oxadiaz -3-yl)furazanyl]-	$C_8H_4N_{12}O_4$	
2	4-Vinylphenol	$C_8H_8O$	

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

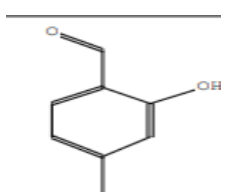
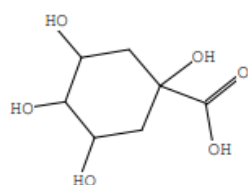
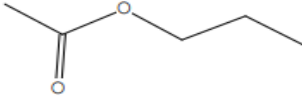
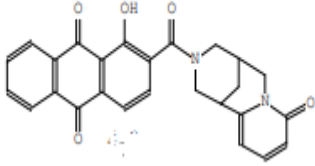
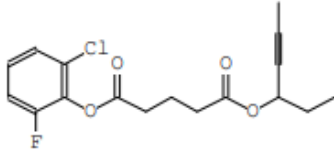
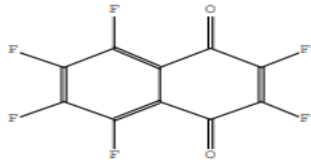
3	Benzaldehyde, 2-hydroxy-4-methyl-	$C_8H_{10}O$	
4	1,3,4,5-Tetrahydroxycyclohexanecarboxylic acid	$C_8H_{12}O_6$	

Tableau 15. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'Extrait hydrométhanolique des racines.

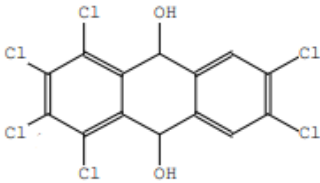
Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,924	2,9	2,97	9934	14,79	5071	20,03	1,96	102	686
2	8,267	8,245	8,295	11964	17,81	5372	21,22	2,23	440	4034
3	8,314	8,295	8,375	16875	25,12	4976	19,66	3,39	340	2230
4	9,255	9,235	9,295	6685	9,95	5026	19,85	1,33	266	1317
5	45,268	45,24	45,345	21725	32,34	4871	19,24	4,46	416	3069

**Tableau 16.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de hydrométhanolique des racines.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Acetic acid, propyl ester	$C_5H_{10}O_2$	
2	9,10-Anthracenedione, 1-hydroxy-2-[(4	$C_{26}H_{20}N_2O_5$	
3	Glutaric acid, hex-4-yn-3-yl 2-chloro-6	$C_{17}H_{18}ClFO_4$	
4	Perfluoronaphthoquinone	$C_{10}F_6O_2$	

PARTIE II : Pratique

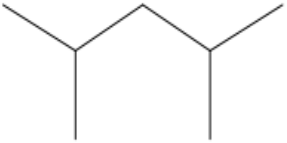
Chapitre II : Résultats et discussion

5	1,2,3,4,6,7-hexachloro-9,10-dihydroan	$C_{14}H_6Cl_6O_2$	
---	---------------------------------------	--------------------	---

**Tableau 17.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction cyclohexane des racines.

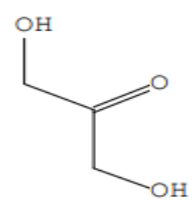
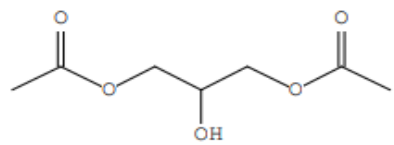
Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,169	2,12	2,2	21284	13,2	16555	27,44	1,29	100	589
2	6,317	6,29	6,39	52075	32,31	20117	33,35	2,59	90	941
3	18,444	18,395	18,525	87837	54,49	23652	39,21	3,71	176	1214

**Tableau 18.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction cyclohexane des racines.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Pentane, 2,4-dimethyl-	$C_7H_{16}$	

PARTIE II : Pratique

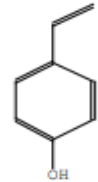
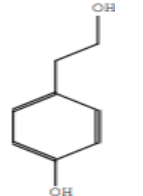
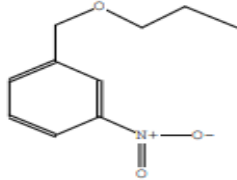

Chapitre II : Résultats et discussion

2	Dihydroxyacetone	$C_3H_6O_3$	
3	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate	$C_7H_{12}O_5$	

**Tableau 19.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction chloroforme des racines.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	17,759	17,645	17,825	51141	22,06	10367	11,03	4,93	120	1104
2	24,504	24,465	24,555	26067	11,24	7958	8,47	3,28	138	1356
3	25,035	25,005	25,1	32685	14,1	9149	9,74	3,57	195	1563
4	26,111	26,035	26,14	28678	12,37	6733	7,17	4,26	186	1457

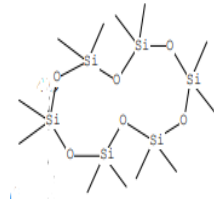
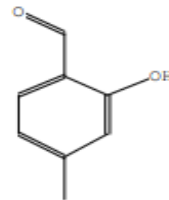
**Tableau 20.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de Fraction chloroforme des racines.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	4-Vinylphenol	$C_8H_8O$	
2	Benzeneethanol, 4-hydroxy-	$C_8H_{10}O_2$	
3	(3-Nitrophenyl) methanol, n-propyl eth	$C_{10}H_{13}NO_3$	
4	1-Dodecanol	$C_{12}H_{26}O$	

**Tableau 21.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de Fraction d'acétate d'éthyle des racines.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
2	21,668	21,555	21,7	26753	24,85	6015	9,05	4,45	444	1240
3	25,03	24,995	25,07	13309	12,36	6134	9,23	2,17	136	1316

**Tableau 22.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS d'acétate d'éthyle des racines.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	$C_{12}H_{36}O_6Si_6$	
2	Benzaldehyde, 2-hydroxy-4-methyl-	$C_8H_8O_2$	

**Tableau 23.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction n-butanol des Racines.

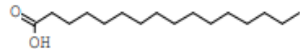
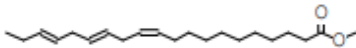
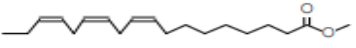
Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	39,923	39,845	39,985	151747	25,91	39814	29,59	3,81	256	1968

## PARTIE II : Pratique

## Chapitre II : Résultats et discussion

2	44,484	44,405	44,575	211712	36,15	44831	33,32	4,72	320	2300
3	45,812	45,735	45,9	222140	37,93	49921	37,1	4,45	278	2191

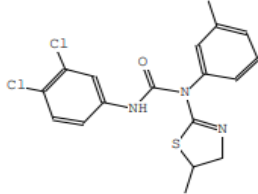
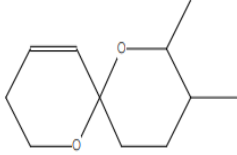
**Tableau 24.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction n-butanol des Racines.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	n-Hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	
2	cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid me	$C_{21}H_{36}O_2$	
3	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)	$C_{18}H_{30}O_2$	

**Tableau 25.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des feuilles.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	6,258	6,22	6,295	14122	14,57	5633	22,09	2,51	393	3180
2	6,354	6,295	6,38	18026	18,6	4805	18,84	3,75	182	1316
3	17,754	17,71	17,82	19005	19,61	5011	19,65	3,79	120	1104
4	19,649	19,605	19,7	13303	13,72	4841	18,99	2,75	478	3734
5	27,187	27,12	27,275	32474	33,5	5209	20,43	6,23	116	901

**Tableau 26.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des feuilles.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	3-(3,4-Dichlorophenyl)-1-(5-methyl-2-t	$C_{18}H_{17}Cl_2N_3OS$	
2	8,9-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undec	$C_{11}H_{18}O_2$	

## PARTIE II : Pratique

## Chapitre II : Résultats et discussion

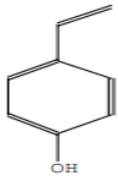
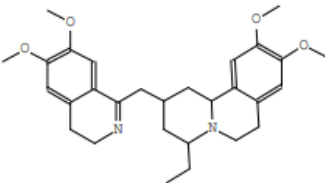
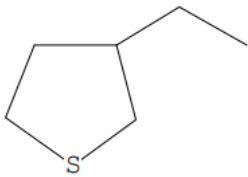
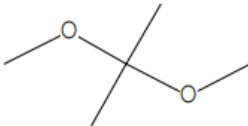
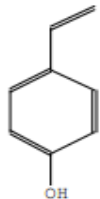
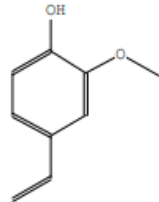
3	4-Vinylphenol	$C_8H_8O$	
4	2-[(6,7-dimethoxy-3,4-dihydroisoquino 5	$C_{29}H_{38}N_2O_4$	
5	3-Ethylthiolane	$C_6H_{12}S$	

Tableau 27. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction cyclohexane des feuilles.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,063	2,035	2,105	82749	59,11	46662	66,92	1,77	104	586
2	17,753	17,79	17,79	27683	19,78	12495	17,92	2,22	120	1036
3	20,958	20,915	21,005	29555	21,11	10574	15,16	2,8	150	1293

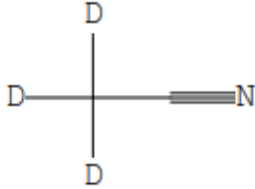
**Tableau 28.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction cyclohexane des feuilles.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Propane, 2,2-dimethoxy-	$C_5H_{12}O_2$	
2	4-Vinylphenol	$C_8H_8O$	
3	2-methoxy-4-vinyl-phenol	$C_9H_{10}O_2$	

**Tableau 29.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction d'acétate d'éthyle des feuilles.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,245	2,19	2,36	183784	60,42	27475	27,17	6,69	44	0

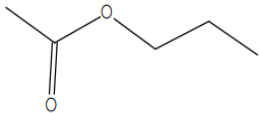
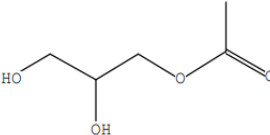
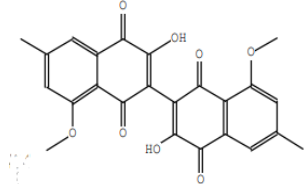
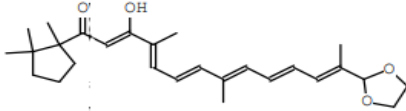
**Tableau 30.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction d'acétate d'éthyle des feuilles.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Trideuteroacetonitrile	$C_2D_3N$	

**Tableau 31.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des tiges.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,93	2,88	2,97	18894	15,17	7663	22,58	2,47	102	686
2	18,405	18,37	18,435	15704	12,61	6294	18,54	2,5	134	1091
3	28,86	28,845	28,94	29963	24,06	7197	21,2	4,16	434	3805
4	29,097	29,06	29,12	14722	11,82	6528	19,23	2,26	426	3110
5	35,538	35,52	35,67	45248	36,33	6259	18,44	7,23	282	0

**Tableau 32.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des tiges.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Acetic acid, propyl ester	$C_5H_{10}O_2$	
2	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate	$C_5H_{10}O_4$	
3	3,3'-Dihydroxy-8,8'-dimethoxy-6,6'-dimethyl-2,2'-binaphthalene-1,1',4,4'-tetrone	$C_{24}H_{18}O_8$	
4	2,4,6,8,10,12-Tetradecahexaen-1-one, 13-(1,3-dioxolan-2-yl)-3-hydroxy-4,8-dimethyl-1-(1,2,2-trimethylcyclopentyl)-, [R-(Z,E,E,E,E,E)]-	$C_{27}H_{38}O_4$	

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

5	1-chloranyl-4-[2-chloroethyl(ethoxy)phosphoryl]oxy-benzene	$C_{10}H_{13}Cl_2O_3P$	
---	--	------------------------	--

**Tableau 33.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction chloroforme des tiges.

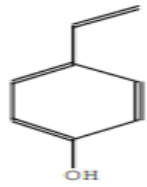
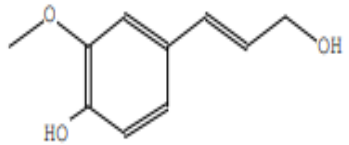
Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,064	2,03	2,11	26785	25,12	15429	41,62	1,74	104	586
2	17,752	17,71	17,81	53745	50,41	16079	43,38	3,34	120	1104
3	33,53	33,445	33,55	26095	24,47	5559	15	4,69	180	1653

**Tableau 34.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction chloroforme des tiges.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Propane, 2,2-dimethoxy-	$C_5H_{12}O_2$	

PARTIE II : Pratique

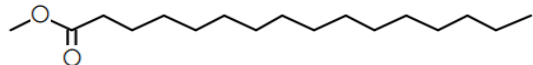
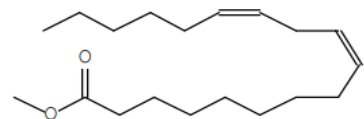
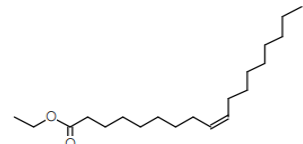
Chapitre II : Résultats et discussion

2	4-Vinylphenol	$C_8H_8O$	
3	4-((1E)-3-Hydroxy-1-propenyl)-2-meth	$C_{10}H_{12}O_3$	

**Tableau 35.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction n-butanol des tiges.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	38,822	38,74	38,93	1100805	34,32	282895	38,72	3,89	270	1878
2	44,263	44,18	44,365	901316	28,1	204375	27,97	4,41	294	2093
3	44,484	44,37	44,605	1205665	37,59	243392	33,31	4,95	310	2185

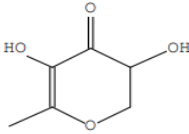
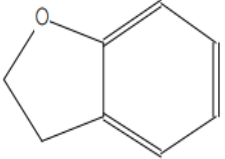
**Tableau 36.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction n-butanol des tiges.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Palmitate <methyl->; Hexadecanoic acid <methyl-> ester	$C_{17}H_{34}O_2$	
2	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, meth 3	$C_{19}H_{34}O_2$	
3	Ethyl Oleate	$C_{20}H_{38}O_2$	

**Tableau 37.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des fleurs.

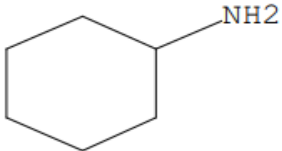
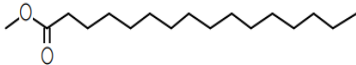
Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	14,968	14,925	15,04	76355	21,18	26754	22,5	2,85	144	1269
2	17,748	17,705	17,805	59422	16,48	21757	18,3	2,73	120	1036
3	25,347	25,295	25,425	66728	18,51	18693	15,72	3,57	99	924
4	38,812	38,745	38,885	141674	39,29	38793	32,62	3,65	270	1925

**Tableau 38.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des fleurs.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl	$C_6H_8O_4$	
2	Benzofuran, 2,3-dihydro-	$C_8H_8O$	

PARTIE II : Pratique

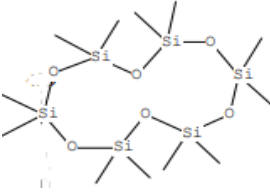
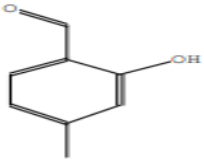
Chapitre II : Résultats et discussion

3	Cyclohexanamine	$C_6H_{13}N$	
4	Palmitate <methyl->; Hexadecanoic acid <methyl-> ester	$C_{17}H_{34}O_2$	

**Tableau 39.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction chloroforme des fleurs.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	21,668	21,625	21,71	24892	20	8947	11,28	2,78	444	1240
2	25,041	24,995	25,1	26305	21,13	9558	12,05	2,75	136	1316

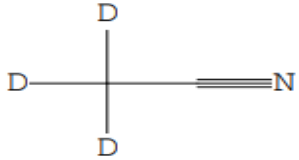
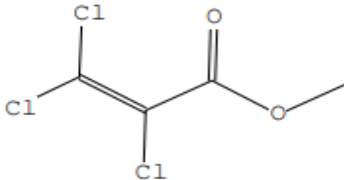
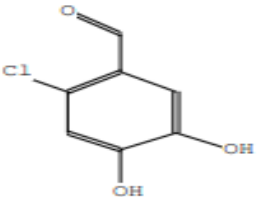
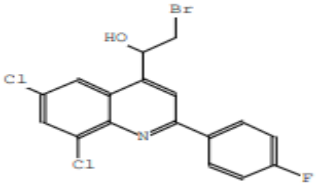
**Tableau 40.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction chloroforme des fleurs.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	$C_{12}H_{36}O_6Si_6$	
2	Benzaldehyde, 2-hydroxy-4-methyl-	$C_8H_8O_2$	

**Tableau 41.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de l'extrait hydrométhanolique des capsules.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,224	2,205	2,285	22922	24,62	6293	21,34	3,64	44	0
2	36,352	36,295	36,375	20775	22,31	5188	17,6	4	188	1077
3	39,795	39,72	39,81	26560	28,52	8025	27,22	3,31	172	1603
4	40,011	39,995	40,065	12304	13,21	4966	16,84	2,48	413	2918

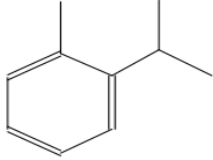
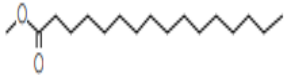
**Tableau 42.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de l'extrait hydrométhanolique des capsules.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	Trideuteroacetonitrile	$C_2D_3N$	
2	Methyl trichloroacrylate	$C_4H_3Cl_3O_2$	
3	Benzaldehyde, 6-chloro-3,4-dihydroxy	$C_7H_5ClO_3$	
4	.alpha.-Bromomethyl-6,8-dichloro-2-[4	$C_{17}H_{11}BrCl_2FNO$	

**Tableau 43.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction cyclohexane des capsules.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	10.821	10,69	10,865	38474	8,83	6664	6,85	5,77	134	1042
2	38.804	38,745	38,855	46535	10,68	13101	13,46	3,55	270	1925
3	39.909	39,795	39,975	211576	48,58	48085	49,41	4,4	256	1977
4	44,454	44,41	44,54	43799	10,06	11328	11,64	3,87	296	2085
5	45,754	45,66	45,81	95178	21,85	21,85	18,65	5,24	282	2175

**Tableau 44.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction cyclohexane des capsules.

Pics	Nome	Formule	Structure
1	o-Cymene	$C_{10}H_{14}$	
2	Hexadecanoic acid, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$	

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

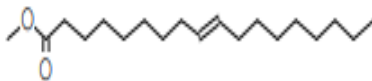

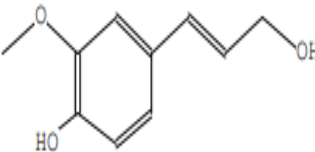
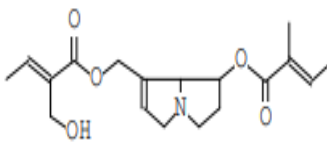
3	Palmitic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	-
4	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	$C_{19}H_{36}O_2$	
5	9-Octadecenoic acid, (E)-	$C_{18}H_{34}O_2$	

Tableau 45. Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction chloroforme des capsules.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	33,502	33,475	33,54	17612	6,08	5834	2,67	3,02	180	1653
2	37,134	37,12	37,16	8174	2,82	5769	2,64	1,42	335	2488

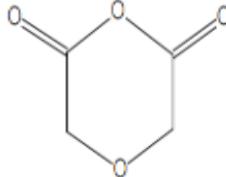
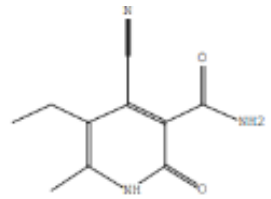
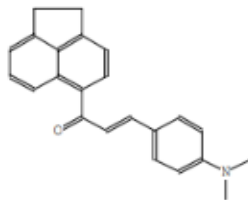
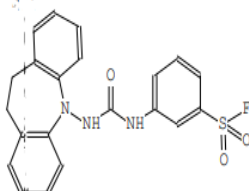
**Tableau 46.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction chloroforme des capsules.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	(E)-4-(3-Hydroxyprop-1-en-1-yl)-2-methoxyphenol	$C_{10}H_{12}O_3$	
2	Neo-triangularine	$C_{18}H_{25}NO_5$	

**Tableau 47.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction d'acétate d'éthyle des capsules.

Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	2,236	2,215	2,37	129641	55,18	24788	62,22	5,23	116	1105
2	6,528	5,775	6,84	64272	27,36	4273	10,73	15,04	205	1959
3	16,969	16,955	16,995	9981	4,25	5434	13,64	1,84	327	2868
4	23,964	23,82	23,985	31041	13,21	5342	13,41	5,81	411	3612

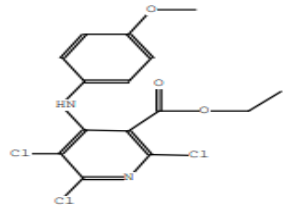
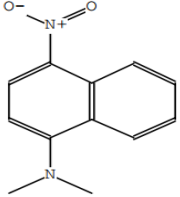
**Tableau 48.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction d'acétate d'éthyle des capsules.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	1,4-Dioxane-2,6-dione	$C_4H_4O_4$	
2	4-Cyano-5-ethyl-6-methyl-2-oxo-1H-pyridine-3-carboxamide	$C_{10}H_{11}N_3O_2$	
3	5-[4-(Dimethylamino)cinnamoyl]acenaphthene	$C_{23}H_{21}NO$	
4	1-[3-Fluorosulfonyl]-3-[5H-10,11-dihydrodibenz[b,f]azepin-5-yl]urea	$C_{21}H_{18}FN_3O_3S$	

**Tableau 49.** Rapport de pic Chromatogramme d'ions totaux de fraction n-butanol des capsules.

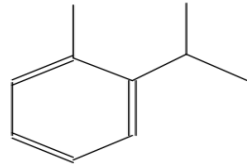
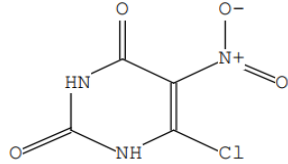
Pics	TR	TI	TF.	Z	Z%	H	H%	Z/H	MM	IR
1	7,625	7,595	7,655	8738	6,63	5122	6,56	1,71	374	2768
2	9,749	9,735	9,82	21411	16,25	5343	6,84	4,01	216	1889
3	10,816	10,79	10,86	13866	10,52	6355	8,14	2,18	134	1042
4	46,481	46,47	46,545	16880	12,81	5564	7,12	3,03	191	1566

**Tableau 50.** Les composés chimiques détectés par l'analyse de GC-MS de fraction n-butanol des capsules.

Pics	Nom	Formule	Structure
1	2,5,6-trichloro-4-(4-methoxyanilino)-3-pyridinecarboxylic acid ethyl ester	$C_{15}H_{13}Cl_3N_2O_3$	
2	4-Nitro-1-N,N-dimethylamino naphthalene	$C_{12}H_{12}N_2O_2$	

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

3	o-Cymene	$C_{10}H_{14}$	
4	2,4(1H,3H)-Pyrimidinedione, 6-chloro-5-nitro	$C_4H_2ClN_3O_4$	

### 1.3 ACTIVITES ANTIFUNGIQUES

Tous les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 51.** Tableau de l'inhibition (%) du champignon : *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* (FOL) strain.

Echantillon	Concentration (mg)	Taux d'inhibition (%)
Racines	100	21.94±01
	150	21.12±02
	500	21.61±01
Bulbes	0.1	0.00±0.00
	0.25	0.00±0.00
	0.5	0.02±0.00
	1	0.01±0.00
	150	0.05±0.00
	500	1.01±0.00
Feuilles	0.25	0.01±0.00
	1	0.00±0.00
	100	3.4±0.5
	300	7.46±0.8
Tiges	1	0.05±0.00
	100	1.02±0.00
	150	1,33±0.00
	500	1,36±0.00
Fleurs	1	0.01±0.00
	150	3.33±0.5
	350	8.39±01
	500	9.33±01
Capsules	0.1	0.015±0.00
	0.25	0.015±0.00
	0.5	0.045±0.00
	1	0.07±0.00
	100	15.99±1.5

	350	30.32±02
	500	21.80±03

## 1.4 ACTIVITES ANTIOXYDANTE ET TCP

### 1.4.1 TCP

Les résultats expérimentaux ont montré que la fraction d'acétate d'éthyle contenait la plus grande quantité de TCP dans : les tiges ( $115,18 \pm 2,65 \mu\text{gGAE/ml}$ ), les bulbes ( $270,96 \pm 0,61 \mu\text{gGAE/ml}$ ), les feuilles ( $311,84 \pm 10,75 \mu\text{gGAE/ml}$ ) et les racines ( $290,18 \pm 1,64 \mu\text{gGAE/ml}$ ). En ce qui concerne les fleurs et les capsules, la plus grande quantité est apparue dans la fraction n-butanol avec  $271,65 \pm 19,94 \mu\text{gGAE/ml}$  et  $82,82 \pm 1,35 \mu\text{gGAE/ml}$  respectivement. La plus petite valeur a été enregistrée par fraction de cyclohexane dans toutes les parties (sauf les bulbes) où : tiges ( $24,59 \pm 2,04 \mu\text{gGAE/ml}$ ) ; feuilles ( $20,18 \pm 8,25 \mu\text{gGAE/ml}$ ); racines ( $20,86 \pm 13,06 \mu\text{gGAE/ml}$ ); fleurs ( $59 \pm 3,85 \mu\text{gGAE/ml}$ ); capsules ( $3,61 \pm 1,19 \mu\text{gGAE/ml}$ ). Concernant les bulbes, l'extrait hydrométhanolique était le plus faible ( $36,06 \pm 0,59 \mu\text{gGAE/ml}$ ). Le tableau 52 montre les résultats en détail.

### 1.4.2 ACTIVITE ANTIOXYDANTE

Les résultats des tests de l'activité antioxydant en détail sont présentés dans les figures 35 à 40, et tableau 53 pour CI50/A0.50 (concentration à 0,50 absorbance).

#### 1.4.2.1 TEST DE DPPH

Dans chaque partie, selon les valeurs de CI50, l'activité antioxydant la plus élevée a été enregistrée dans la fraction d'acétate d'éthyle, qui était différente d'une partie à l'autre : tiges  $34,49 \pm 0,18 \mu\text{g/mL}$  ; fleurs  $42,16 \pm 0,10 \mu\text{g/mL}$ ; bulbes  $12,05 \pm 0,12 \mu\text{g/mL}$  ; racines  $22,32 \pm 0,27 \mu\text{g/mL}$  ; feuilles  $29,01 \pm 0,37 \mu\text{g/mL}$  ; et capsules  $368,51 \pm 3,57 \mu\text{g/mL}$ . Les valeurs sous CI50 ont été enregistrées uniquement dans : l'extrait hydrométhanolique, les fractions de cyclohexane et de n-butanol pour les capsules ; fractions de cyclohexane des tiges, des fleurs, des racines et des capsules.

#### 1.4.2.2 TEST ABTS

Pour chaque partie de la plante, selon les valeurs de CI50, l'activité antioxydant la plus élevée a été enregistrée dans la fraction acétate d'éthyle avec les valeurs suivantes : tiges  $22,57 \pm 0,29$

$\mu\text{g/mL}$  ; fleurs  $14,78\pm 0,41 \mu\text{g/mL}$ ; bulbes  $10,72\pm 0,15 \mu\text{g/mL}$  ; capsules  $80,94\pm 0,75 \mu\text{g/mL}$  ; feuilles  $11,77\pm 0,51 \mu\text{g/mL}$  et racines  $15,84\pm 0,15 \mu\text{g/mL}$ . L'inhibition inférieure à la valeur CI50 Enregistrée dans la fraction cyclohexane des tiges et des capsules, la fraction cyclohexane des racines n'a enregistré aucune inhibition.

### 1.4.2.3 TEST CUPRAC

Les résultats du test CUPRAC ont montré que tous les extraits et fractions ont enregistré une inhibition atteinte à la valeur A0.50. Dans chaque partie, selon les valeurs d'A0.50, l'activité antioxydant la plus élevée a été enregistrée dans : la fraction chloroformique des capsules  $79,34\pm 2,05 \mu\text{g/mL}$  ; fraction d'acétate d'éthyle des tiges, fleurs, bulbes, feuilles, racines de  $55,72\pm 6,25 \mu\text{g/mL}$ ,  $27,56\pm 2,12 \mu\text{g/mL}$ ,  $12,84\pm 0,48 \mu\text{g/mL}$  ;  $14,92\pm 0,88 \mu\text{g/mL}$  et  $22,60\pm 0,45 \mu\text{g/mL}$  successivement.

### 1.4.2.4 TEST DE PHENANTHROLINE

Les résultats ont montré que seuls sept extraits ou fractions (extrait hydrométanolique des tiges, fraction de n-butanol des capsules, et fraction de cyclohexane de : tiges ; fleurs ; feuilles ; racines ; et capsules) n'ont pas atteint la valeur A0.50. Dans chaque partie, selon les valeurs A0.50, l'activité antioxydant la plus élevée a été enregistrée à la fraction d'acétate d'éthyle (tiges  $26,03\pm 1,04 \mu\text{g/mL}$ , fleurs  $16,95\pm 0,27 \mu\text{g/mL}$  ; bulbes  $9,15\pm 0,16 \mu\text{g/mL}$  ; feuilles  $10,81\pm 0,28 \mu\text{g/mL}$  et racines  $18,32\pm 0,35 \mu\text{g/mL}$ ) sauf pour les capsules où il s'agissait de la fraction chloroforme ( $39,89\pm 1,69 \mu\text{g/mL}$ ).

### 1.4.2.5 TEST PR

Le test PR a montré, 15 extraits et fractions (extrait hydrométhanol, et toutes les fractions de tiges sauf fraction acétate d'éthyle, chloroforme, fractions cyclohexane, et extrait hydrométhanol pour les fleurs, extrait hydrométhanolique et fraction chloroforme pour les bulbes, extrait hydrométhanolique, cyclohexane et les fractions de n-butanol pour les capsules, les fractions de cyclohexane et de n-butanol pour les feuilles et la fraction de cyclohexane pour les racines.) n'ont pas atteint la valeur A0.50. Dans chaque partie, selon les valeurs A0.50, l'activité antioxydant la plus élevée a été enregistrée dans la fraction d'acétate d'éthyle (tiges  $150,34\pm 0,64 \mu\text{g/mL}$ , fleurs  $29,94\pm 0,37 \mu\text{g/mL}$ , bulbes  $30,51\pm 0,27 \mu\text{g/mL}$ , capsules  $125,37\pm 3,90 \mu\text{g/mL}$ , feuilles  $56,32\pm 11,94 \mu\text{g/mL}$  et racines  $25,99\pm 0,05 \mu\text{g/mL}$ ).

#### 1.4.2.6 NANOPARTICULES D'ARGENT

Les résultats du test NPAs ont montré le plus d'extraits (18 extraits) qui n'ont pas atteint l'A0.50. Les valeurs obtenues pour A0.50 étaient : fraction cyclohexane de toutes les parties (sauf bulbes) de *D. numidica*, fractions chloroforme et n-butanol des fleurs, extrait hydrométhanolique, chloroforme, fractions acétate d'éthyle des capsules, fraction chloroforme des feuilles. Dans chaque partie, selon les valeurs d'A0.50, l'activité antioxydant la plus élevée était dans la fraction cyclohexane sauf les capsules (avec fraction chloroforme  $163,19 \pm 1,54 \mu\text{g/mL}$ ) : tiges  $275,10 \pm 0,95 \mu\text{g/mL}$  ; fleurs  $209,63 \pm 3,21 \mu\text{g/mL}$ , feuilles  $153,63 \pm 1,33 \mu\text{g/mL}$  et racines  $236,37 \pm 2,63 \mu\text{g/mL}$ .

#### 1.4.3 CORRELATION ENTRE ACTIVITE TCP ET ANTIOXYDANT

Le résultat de la corrélation entre l'activité TCP et antioxydant (avec les six méthodes) parmi les parties de *D. numidica* était compris entre : -0,649 à -0,933 pour DPPH, -0,656 à -0,944 pour ABTS sauf que la fraction de capsules était de 0,841, -0,85 à -0,905 pour CUPRAC, -0,674 à -0,932 activité phénanthroline, -0,858 à -0,978 activité de PR et 0,986 pour l'activité NPA. Il y a peu d'échantillons qui n'ont pas montré de corrélation en raison d'une valeur  $p > 0,05$  en tant que fleurs dans la méthode CUPRAC. Tous les résultats sont présentés dans le tableau 54.

**Tableau 52.** Teneur totale en composés phénoliques de tous les échantillons (29 échantillons) de *D. numidica*.

Extrait/fraction	Teneur totale en composés phénoliques ( $\mu\text{g GAE/ml}$ )					
	Tiges	Fleurs	Bulbes	Capsules	Feuilles	Racines
Extrait hydrométhanolique	29.69 $\pm$ 1.5 <sup>d</sup>	94.39 $\pm$ 3.41 <sup>c</sup>	36.06 $\pm$ 0.59 <sup>c</sup>	68.8 $\pm$ 2.38 <sup>b</sup>	156.75 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>	167.24 $\pm$ 35.37 <sup>b</sup>
Fraction cyclohexane	24.59 $\pm$ 2.04 <sup>d</sup>	59 $\pm$ 3.85 <sup>d</sup>	/	3.61 $\pm$ 1.19 <sup>d</sup>	20.18 $\pm$ 8.25 <sup>e</sup>	20.86 $\pm$ 13.06 <sup>d</sup>
Fraction chloroforme	76.06 $\pm$ 4.44 <sup>c</sup>	114.1 $\pm$ 3.24 <sup>c</sup>	48.22 $\pm$ 0.9 <sup>c</sup>	55.27 $\pm$ 4.71 <sup>c</sup>	77.92 $\pm$ 6.77 <sup>c</sup>	81.09 $\pm$ 22.56 <sup>c</sup>
Fraction d'acétate d'éthyle	115.18 $\pm$ 2.65 <sup>a</sup>	189.69 $\pm$ 0.85 <sup>b</sup>	270.96 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	68.8 $\pm$ 1.91 <sup>b</sup>	311.84 $\pm$ 10.75 <sup>a</sup>	290.18 $\pm$ 1.64 <sup>a</sup>
Fraction n-butanol	102.33 $\pm$ 2.54 <sup>b</sup>	271.65 $\pm$ 19.94 <sup>a</sup>	135.67 $\pm$ 12.14 <sup>b</sup>	82.82 $\pm$ 1.35 <sup>a</sup>	52.53 $\pm$ 9.43 <sup>d</sup>	108.31 $\pm$ 1.51 <sup>b,c</sup>

Valeurs : moyenne  $\pm$  Ecart type, n = 3.

**Tableau 53.** Valeurs CI50/A0.50 des capacités antioxydantes de 29 échantillons de *D. numidica*.

Parties de <i>D. numidica</i>	Extraits/Fractions	Méthodes antioxydantes					
		Test DPPH CI50 (µg/mL)	Test ABTS CI50 (µg/mL)	Test CUPRAC A0.50 (µg/mL)	Phenanthroline A0.50 (µg/mL)	Réduction de puissance A0.50 (µg/mL)	Test NPA A0.50 (µg/mL)
Tiges	Extrait hydromé- thanolique	474.11±9.39 <sup>a</sup>	260.06±2.07 <sup>a</sup>	331.11±1.05 <sup>a</sup>	>200	>200	>400
	Fraction cyclo- hexane	>800	>800	208.28±1.50 <sup>b</sup>	>200	>200	275.10±0.95
	Fraction chloro- forme	115.19±2.04 <sup>c</sup>	33.65±0.75 <sup>c</sup>	108.60±1.26 <sup>d</sup>	61.72±4.12 <sup>b</sup>	>200	>400
	Fraction d'acétate d'éthyle	34.49±0.18 <sup>d</sup>	22.57±0.29 <sup>d</sup>	55.72±6.25 <sup>e</sup>	26.03±1.04 <sup>c</sup>	150.34±0.64	>400
	Fraction n-butanol	228.69±1.85 <sup>b</sup>	87.50 ±1.92 <sup>b</sup>	129.32±2.35 <sup>c</sup>	187.17±13.68 <sup>a</sup>	>200	>400
Fleurs	Extrait hydromé- thanolique	147.21±2.43 <sup>b</sup>	95.37±1.50 <sup>b</sup>	135.00±4.75 <sup>b</sup>	157.50±2.34 <sup>a</sup>	>200	>400
	Fraction cyclo- hexane	>800	600.36±3.07 <sup>a</sup>	158.77±8.49 <sup>a</sup>	>200	>200	209.63±3.21 <sup>c</sup>

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

Bulbes	Fraction chloro- forme	221.62±1.91 <sup>a</sup>	61.51±0.57 <sup>c</sup>	91.65±8.01 <sup>c</sup>	55.63±2.16 <sup>b</sup>	>200	392.19±24.59 <sup>a</sup>
	Fraction d'acétate d'éthyle	42.16±0.10 <sup>d</sup>	14.78±0.41 <sup>c</sup>	27.56±2.12 <sup>d</sup>	16.95±0.27 <sup>d</sup>	29.94±0.37 <sup>b</sup>	>400
	Fraction n-butanol	57.68±1.18 <sup>c</sup>	42.22±0.72 <sup>d</sup>	32.73±6.72 <sup>d</sup>	29.08±0.35 <sup>c</sup>	75.80±1.35 <sup>a</sup>	333.61±23.59 <sup>b</sup>
	Extrait hydromé- thanolique	123.63±0.05 <sup>b</sup>	123.77±0.92 <sup>a</sup>	169.06±18.08 <sup>b</sup>	94.36±4.89 <sup>a</sup>	>200	>400
	Fraction chloro- forme	183.62±2.20 <sup>a</sup>	91.26±1.56 <sup>b</sup>	228.85±12.50 <sup>a</sup>	65.78±1.62 <sup>b</sup>	>200	>400
	Fraction d'acétate d'éthyle	12.05±0.12 <sup>c</sup>	10.72±0.15 <sup>d</sup>	12.84±0.48 <sup>d</sup>	9.15±0.16 <sup>d</sup>	30.51±0.27 <sup>b</sup>	>400
	Fraction n-butanol	14.78±2.27 <sup>c</sup>	40.93±2.09 <sup>c</sup>	58.77±1.56 <sup>c</sup>	28.86±0.60 <sup>c</sup>	106.48±5.97 <sup>a</sup>	>400
Capsules	Extrait hydromé- thanolique	>800	133.19±0.46 <sup>b</sup>	131.45±6.81 <sup>c</sup>	89.68±3.29 <sup>a</sup>	>200	382.50±2.29 <sup>a</sup>
	Fraction cyclo- hexane	>800	>800	188.69±4.16 <sup>b</sup>	>200	>200	170.04±1.99 <sup>c</sup>
	Fraction chloro- forme	382.42±3.10 <sup>a</sup>	82.95±0.29 <sup>c</sup>	79.34±2.05 <sup>d</sup>	39.89±1.69 <sup>b</sup>	132.53±0.53 <sup>a</sup>	163.19±1.54 <sup>c</sup>

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

	Fraction d'acétate d'éthyle	368.51±3.57 <sup>b</sup>	80.94±.75 <sup>c</sup>	125.20±5.25 <sup>c</sup>	46.83±4.27 <sup>b</sup>	125.37±3.90 <sup>b</sup>	241.32±4.57 <sup>b</sup>
	Fraction n-butanol	>800	262.26±4.78 <sup>a</sup>	274.88±4.06 <sup>a</sup>	>200	>200	>400
	Extrait hydrométhanologique	60.21±10.54 <sup>d</sup>	41.22±0.11 <sup>d</sup>	60.19±0.63 <sup>b</sup>	39.11±0.42 <sup>c</sup>	141.97±4.35 <sup>b</sup>	>400
	Fraction cyclohexane	358.68±3.50 <sup>a</sup>	288.62±4.93 <sup>a</sup>	145.73±6.06 <sup>a</sup>	>200	>200	153.63±1.33 <sup>b</sup>
Feuilles	Fraction chloroforme	133.00±4.00 <sup>b</sup>	61.45±0.12 <sup>c</sup>	70.41±1.61 <sup>b</sup>	55.20±3.09 <sup>b</sup>	179.95±13.84 <sup>a</sup>	387.78±2.55 <sup>a</sup>
	Fraction d'acétate d'éthyle	29.01±0.37 <sup>c</sup>	11.77±0.51 <sup>c</sup>	14.92±0.88 <sup>c</sup>	10.81±0.28 <sup>d</sup>	56.32±11.94 <sup>c</sup>	>400
	Fraction n-butanol	107.94±0.57 <sup>c</sup>	170.32±1.63 <sup>b</sup>	161.42±11.48 <sup>a</sup>	112.00±4.74 <sup>a</sup>	>200	>400
	Extrait hydrométhanologique	73.34±1.12 <sup>b</sup>	27.55±0.10 <sup>c</sup>	46.14±0.99 <sup>d</sup>	30.74±0.98 <sup>c</sup>	76.65±0.50 <sup>c</sup>	>400
Racines	Fraction cyclohexane	>800	0	223.34±2.71 <sup>b</sup>	>200	>200	236.37±2.63
	Fraction chloroforme	254.07±5.03 <sup>a</sup>	55.96±0.65 <sup>a</sup>	99.40±2.25 <sup>c</sup>	72.26±4.12 <sup>a</sup>	174.59±1.99 <sup>a</sup>	>400

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion

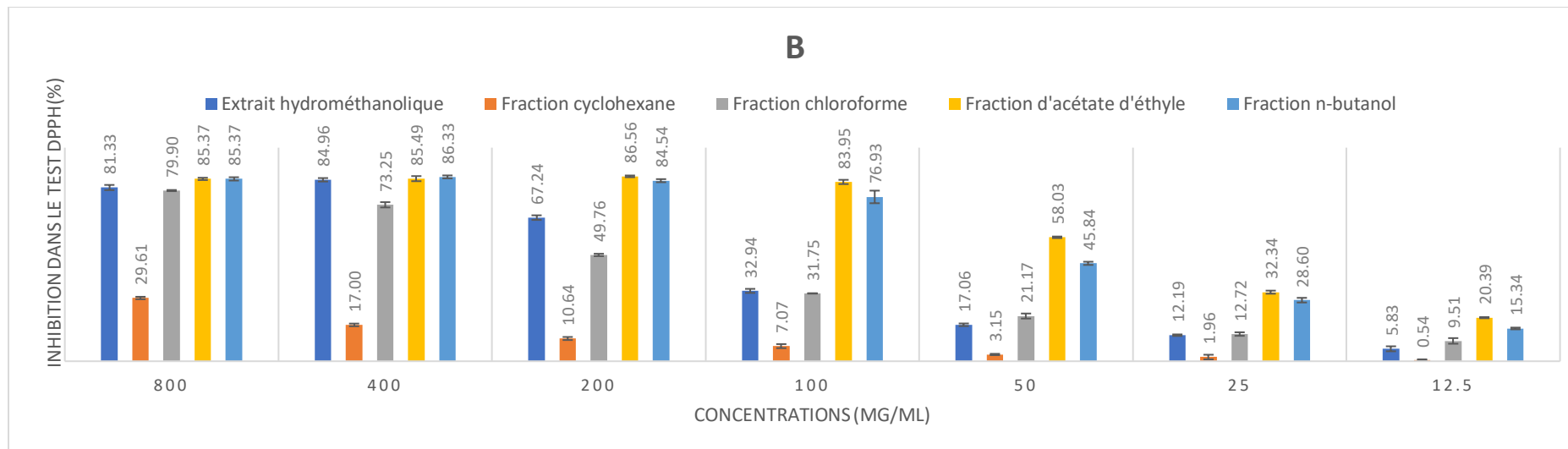
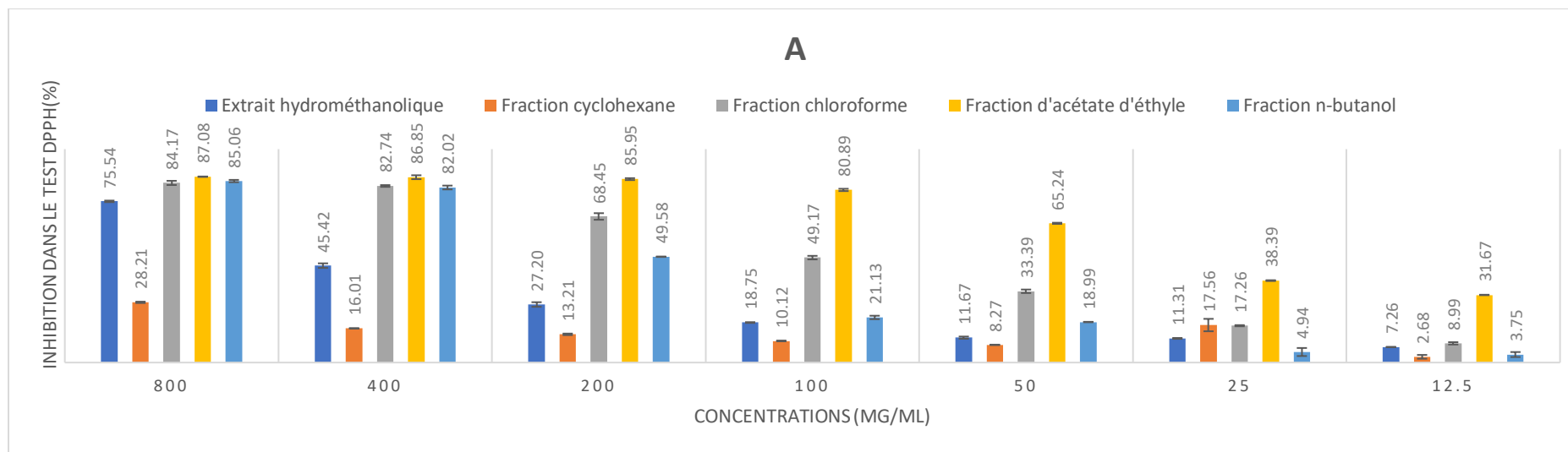
Fraction d'acétate d'éthyle	22.32±0.27 <sup>d</sup>	15.84±0.15 <sup>d</sup>	22.60±0.45 <sup>d</sup>	18.32±0.35 <sup>d</sup>	25.99±0.05 <sup>d</sup>	>400
Fraction n-butanol	43.39±0.67 <sup>c</sup>	48.18±0.89 <sup>b</sup>	492.92±17.56 <sup>a</sup>	59.61±0.65 <sup>b</sup>	88.77±0.76 <sup>b</sup>	>400

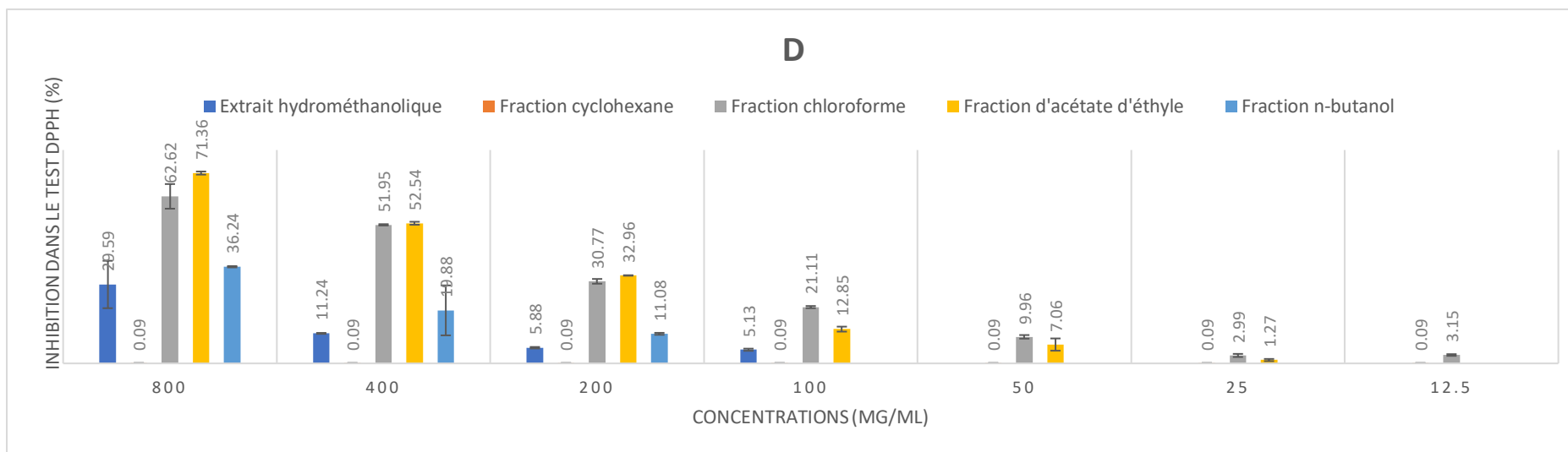
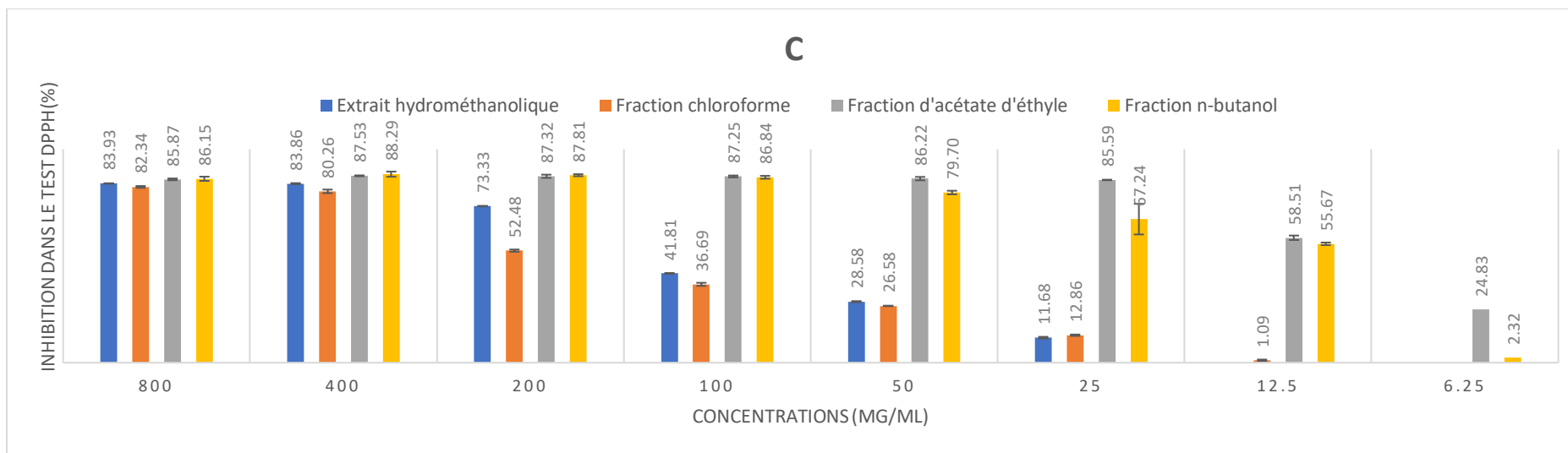
CI50 : Concentration de 50% pourcentages d'inhibition, A0.50: concentration à 0,50 absorbance, Valeurs exprimées : moyenne ± Ecart type, n = 3.

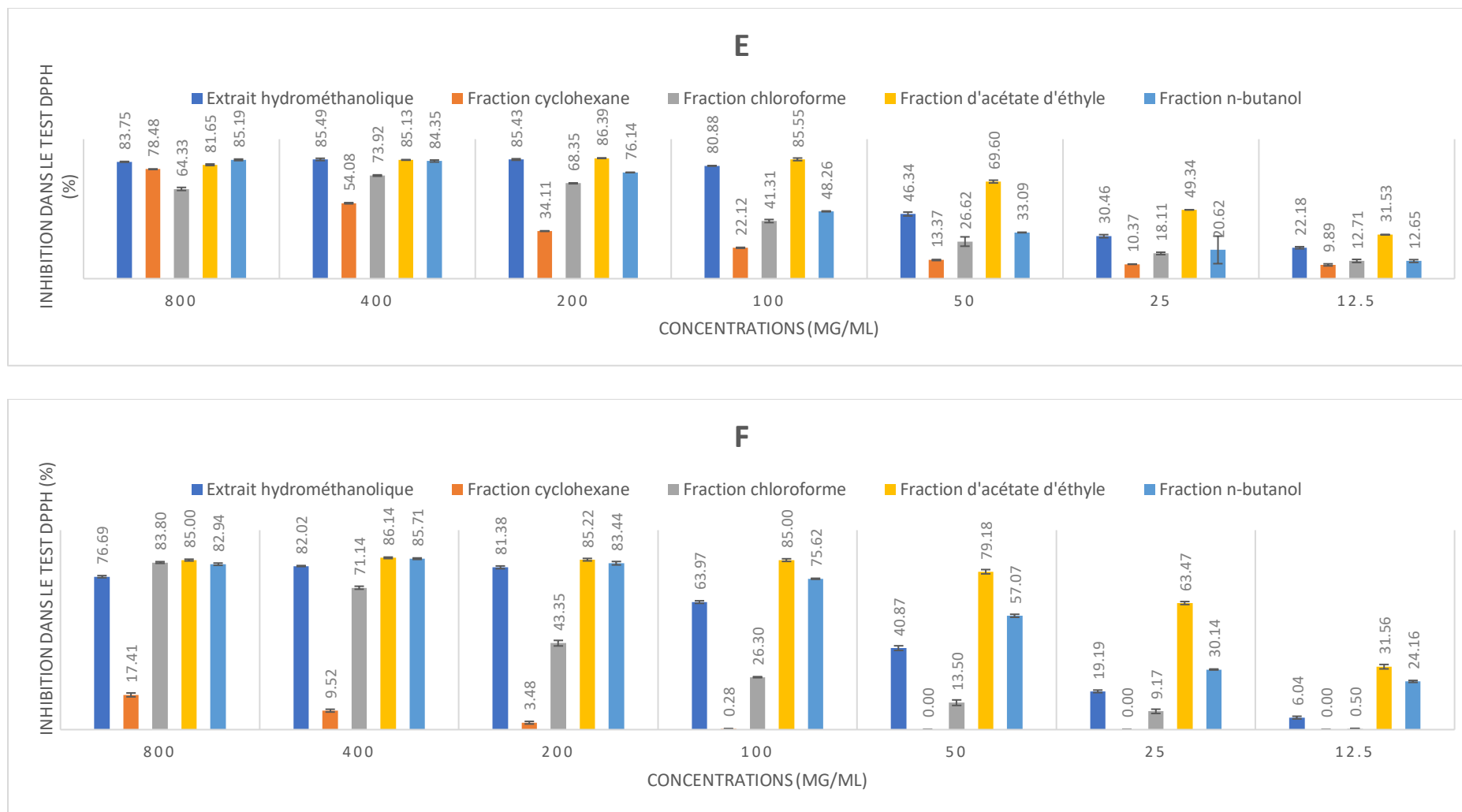
**Tableau 54.** Corrélation entre les valeurs de CI50/A0.5 d'antioxydant et TCP.

Parties de <i>D.numi-dica</i>	Corrélation coefficient (r)					
	DPPH	ABTS	CUPRAC	Phenanthroline	Test Réduction de puissance	Test nanoparticules d'argent
Tiges	-0.818	-0.827	-0.85	N	/	/
Fleurs	-0.769	-0.656	-0.902	-0.674	0.942	N
Bulbes	-0.81	-0.937	-0.905	-0.912	-0.978	N
Capsules	-0.933	0.841	N	N	N	N
Feuilles	-0.716	-0.775	-0.869	-0.858	-0.977	0.986
Racines	-0.649	-0.944	N	-0.932	-0.858	/

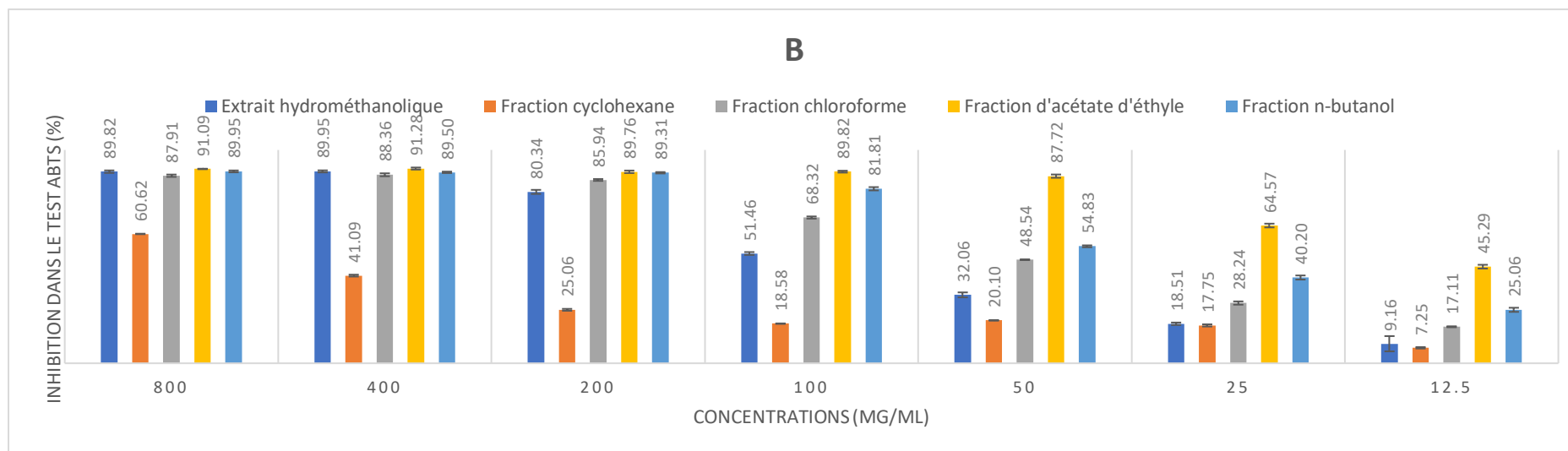
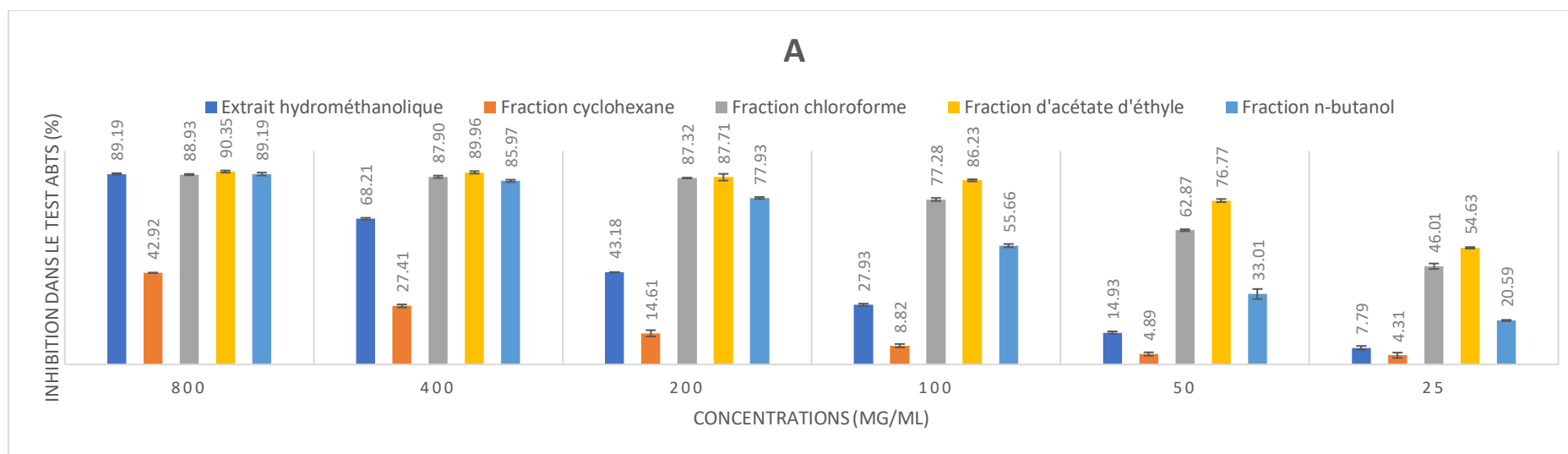
N : Il n'y a pas de corrélation significative car la valeur de  $p > 0.05$ , / : Corrélation non calculée car il n'y a qu'une seule valeur de CI50 ou A0,5

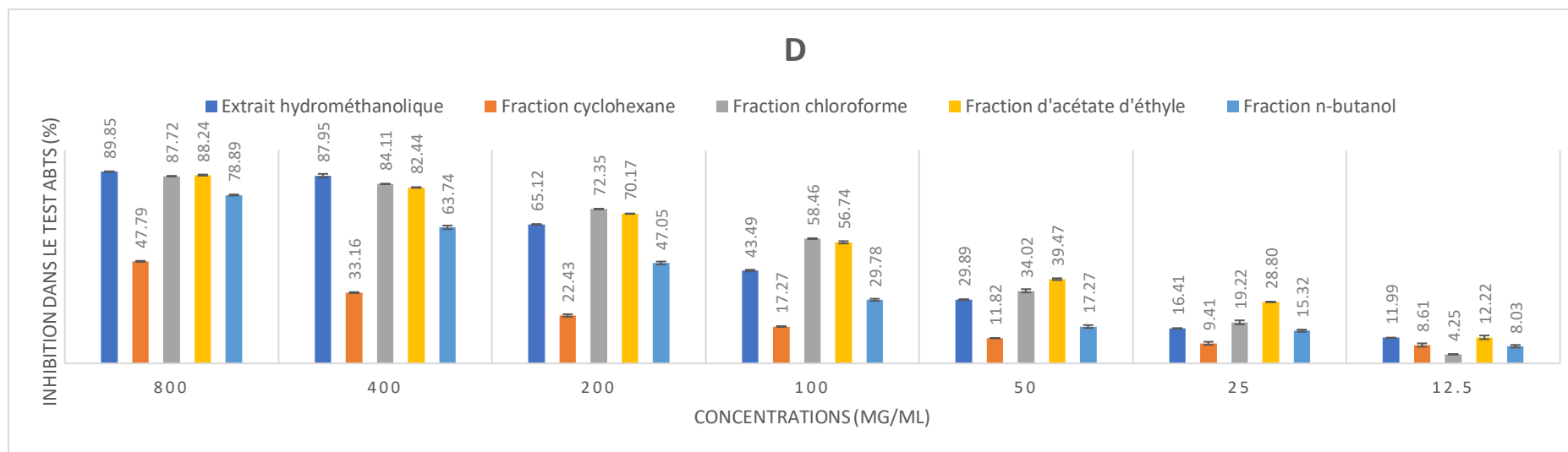
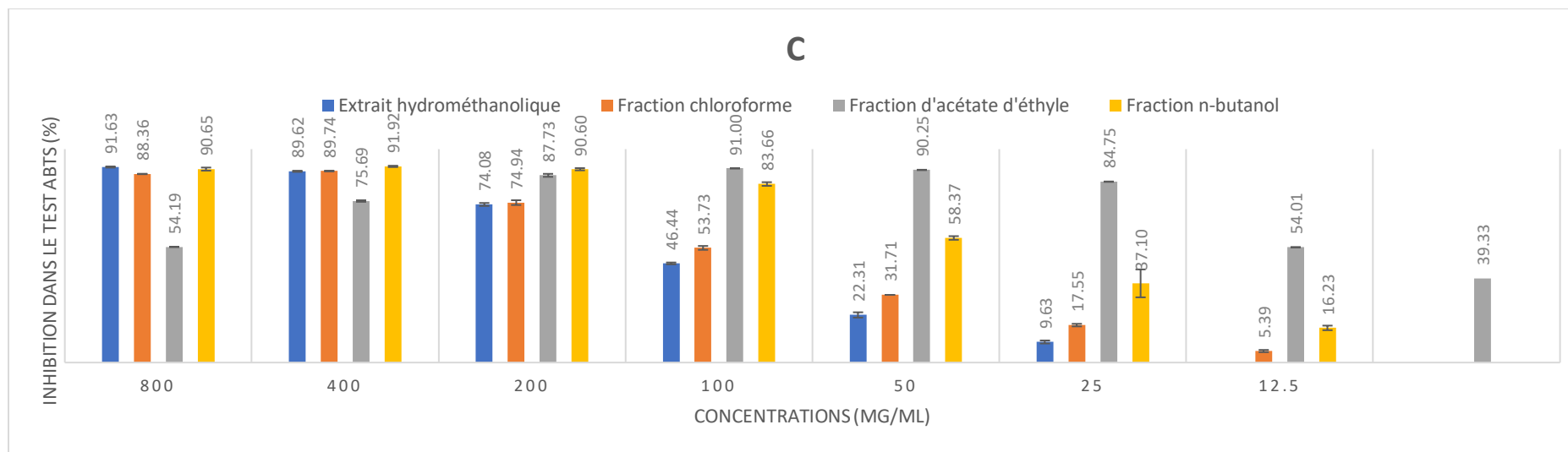


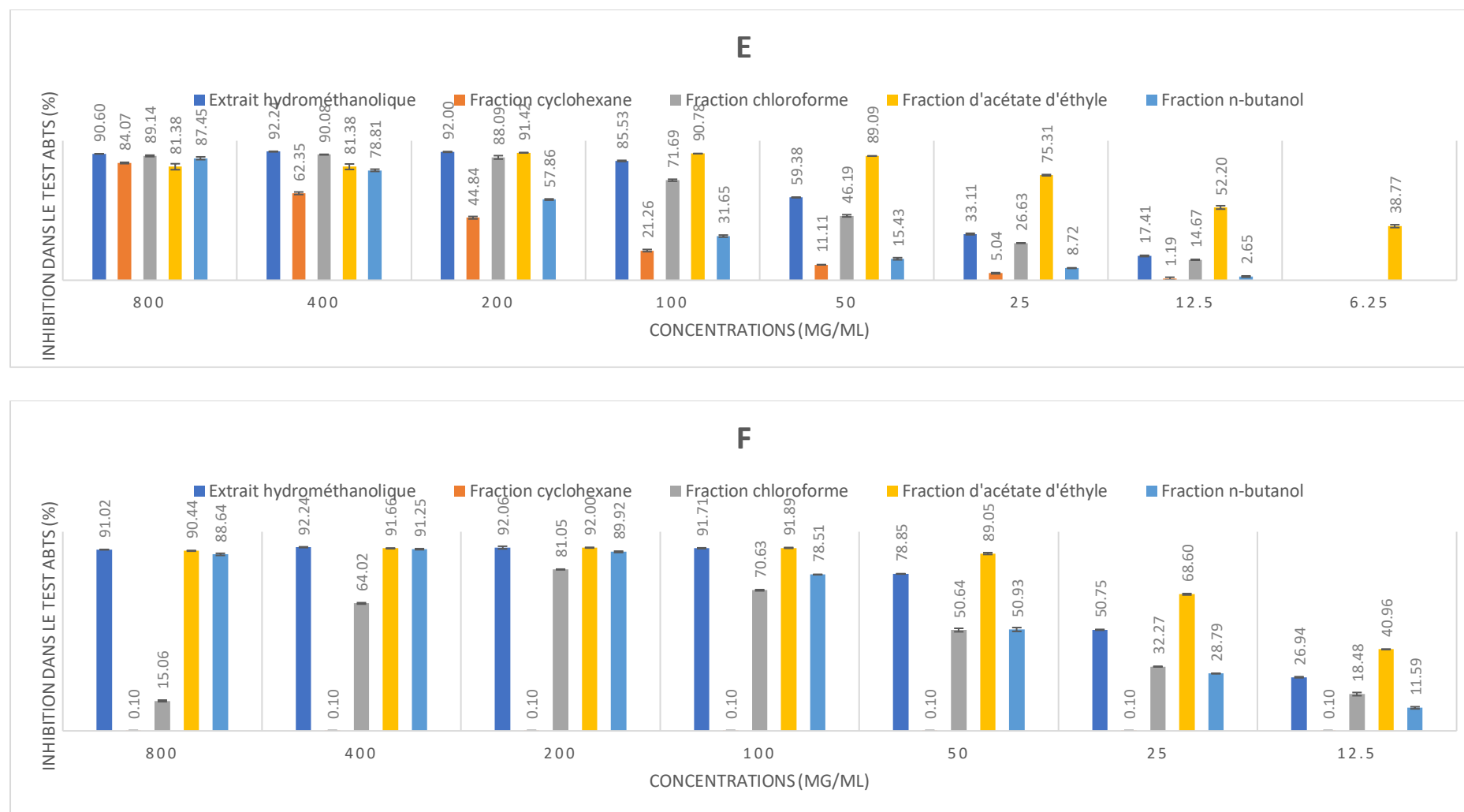




**Figure 35.** Teste de DPPH : Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de *D. numidica*, A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.



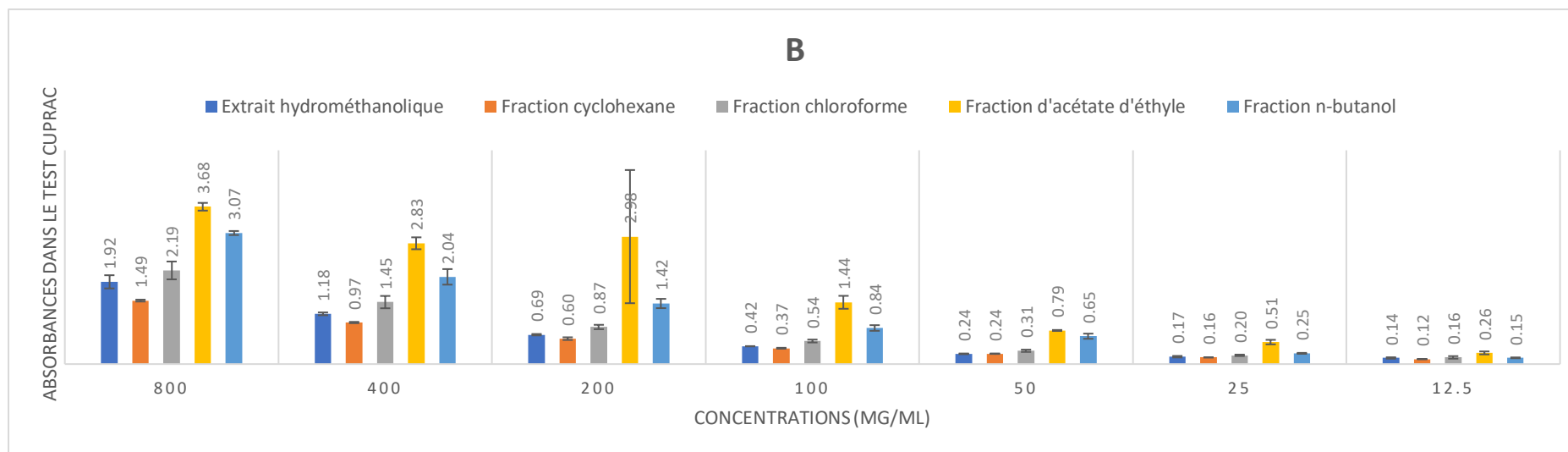
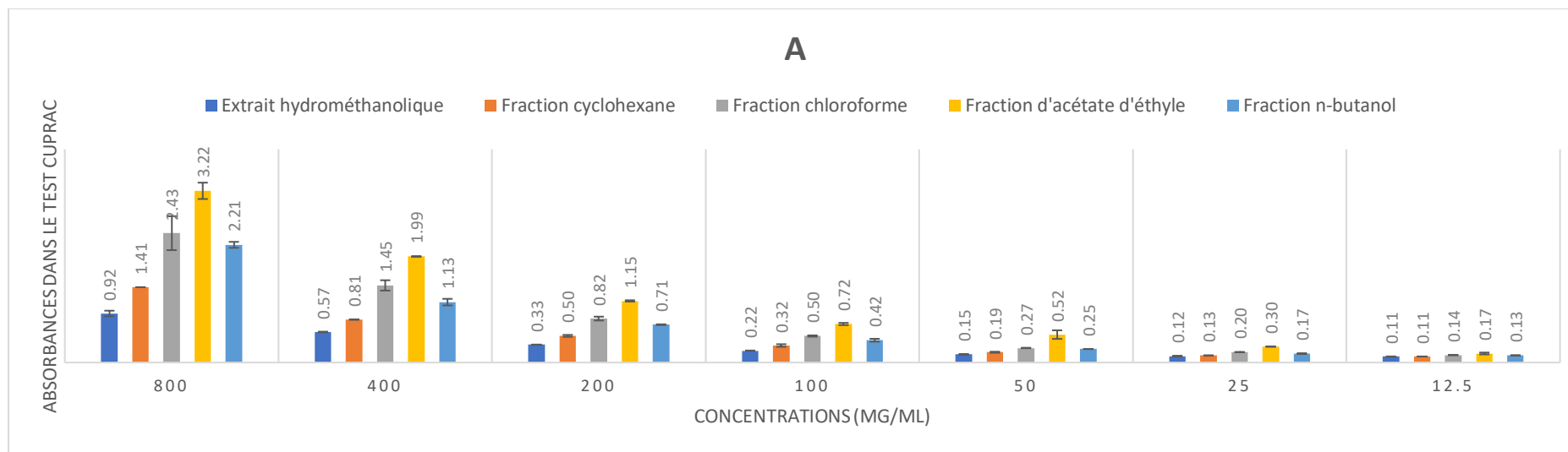


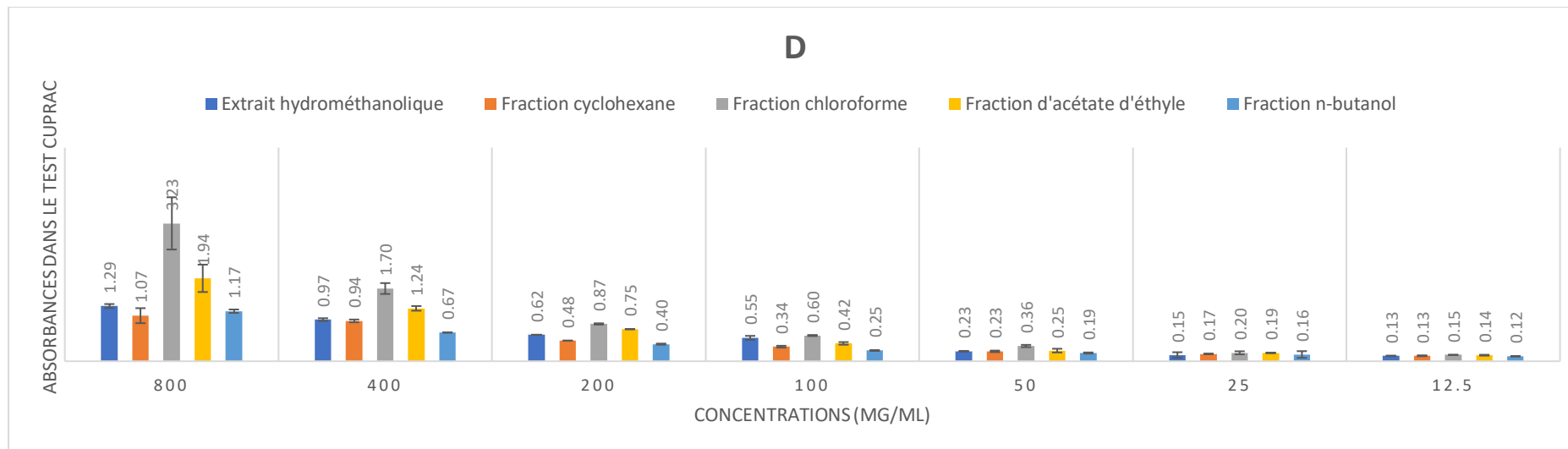
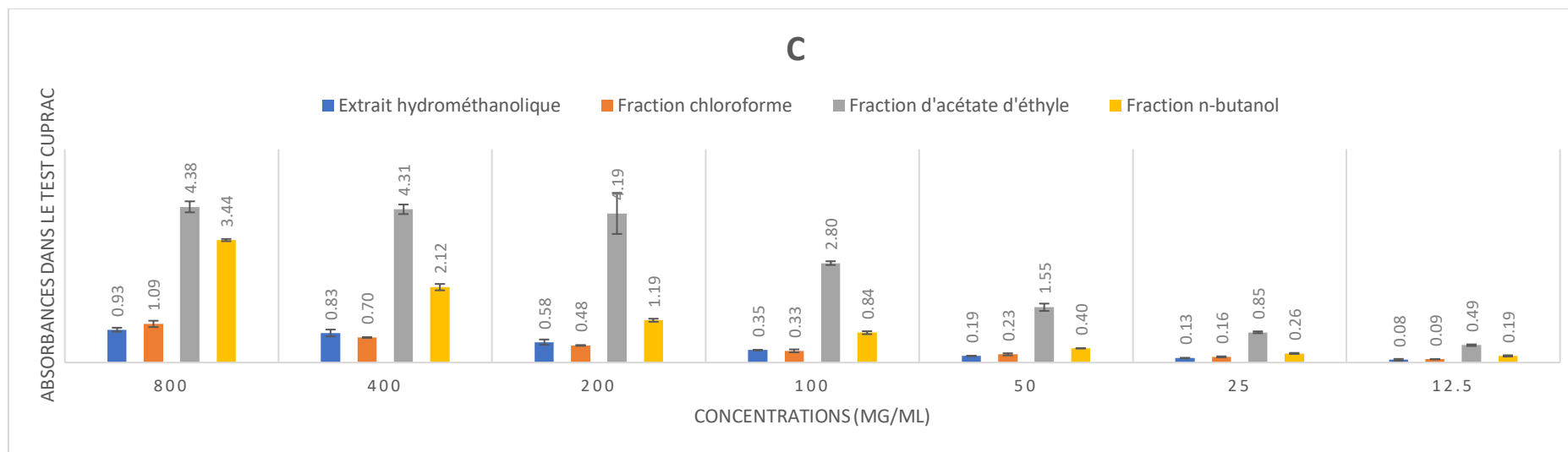


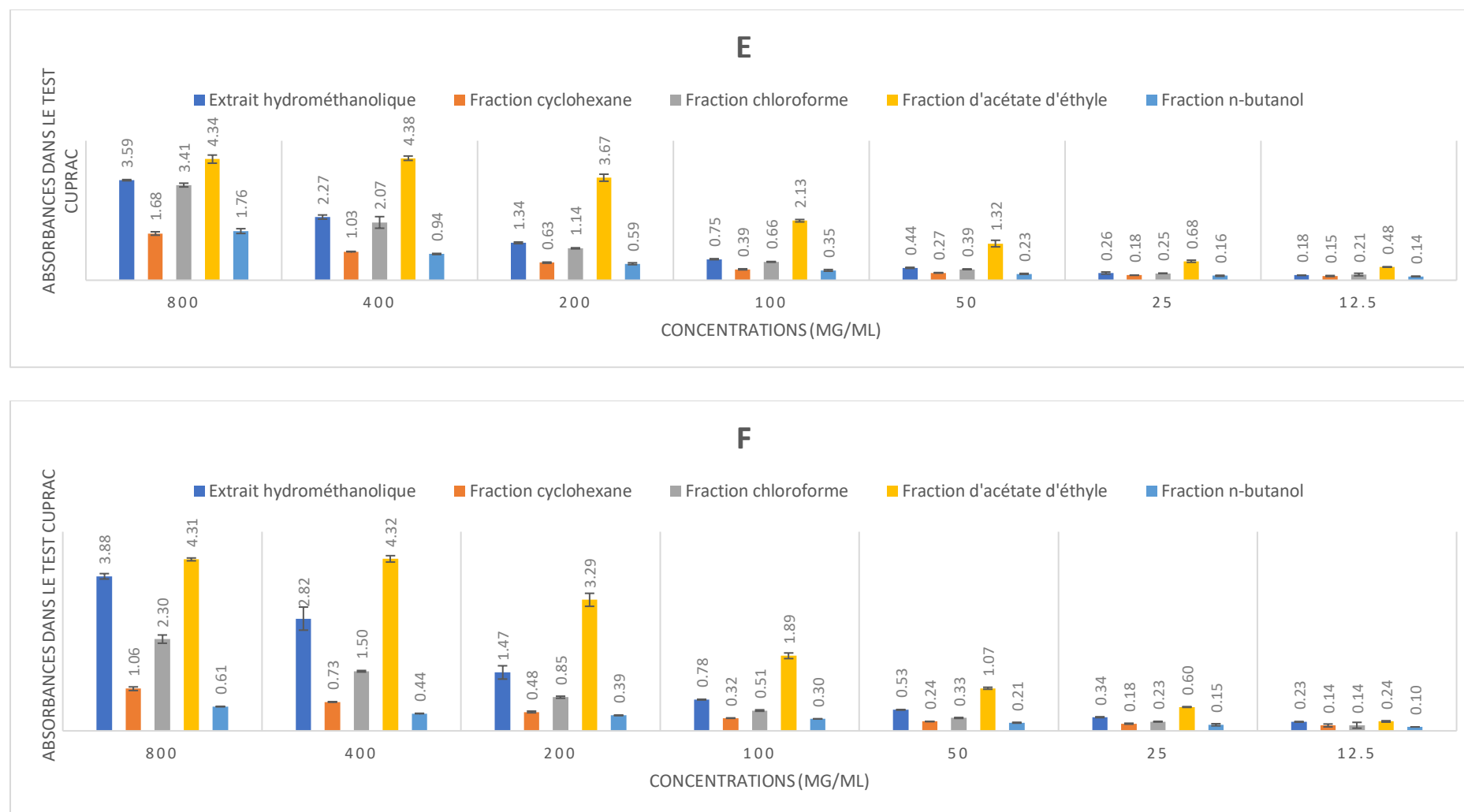
**Figure 36.** Teste de ABTS : Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de la plante *D. numi-dica*, A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.

PARTIE II : Pratique

Chapitre II : Résultats et discussion



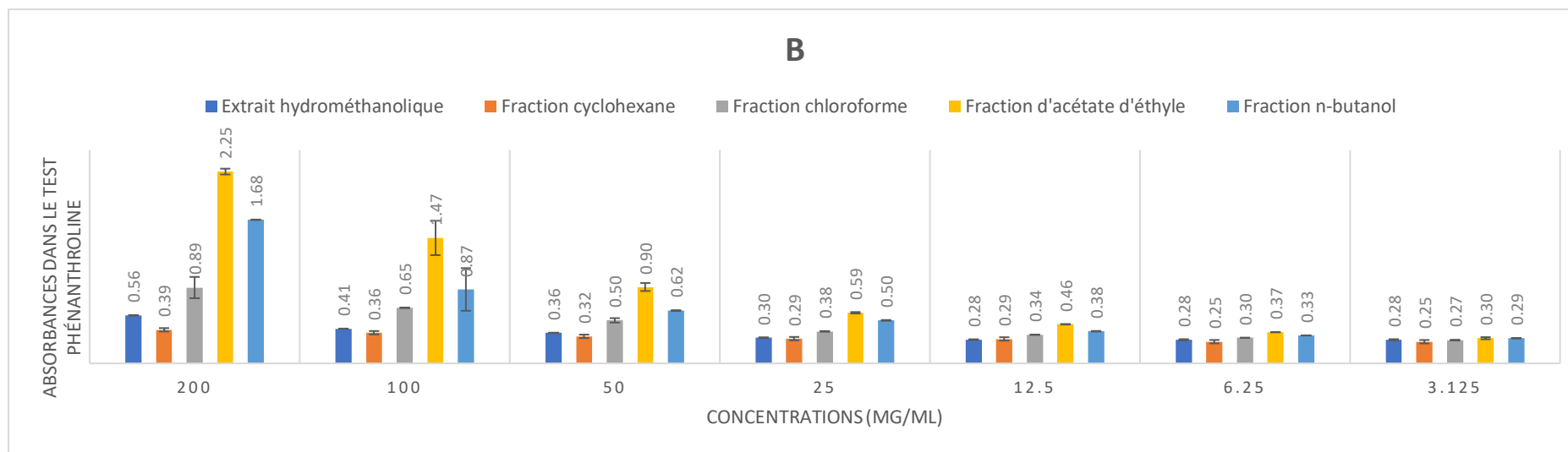
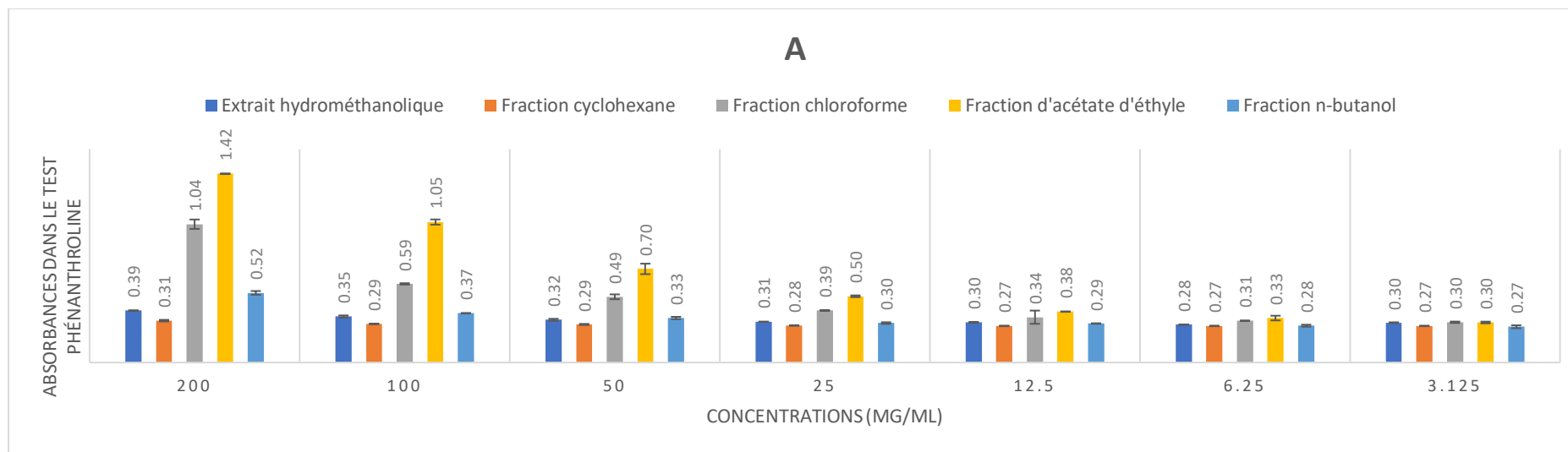


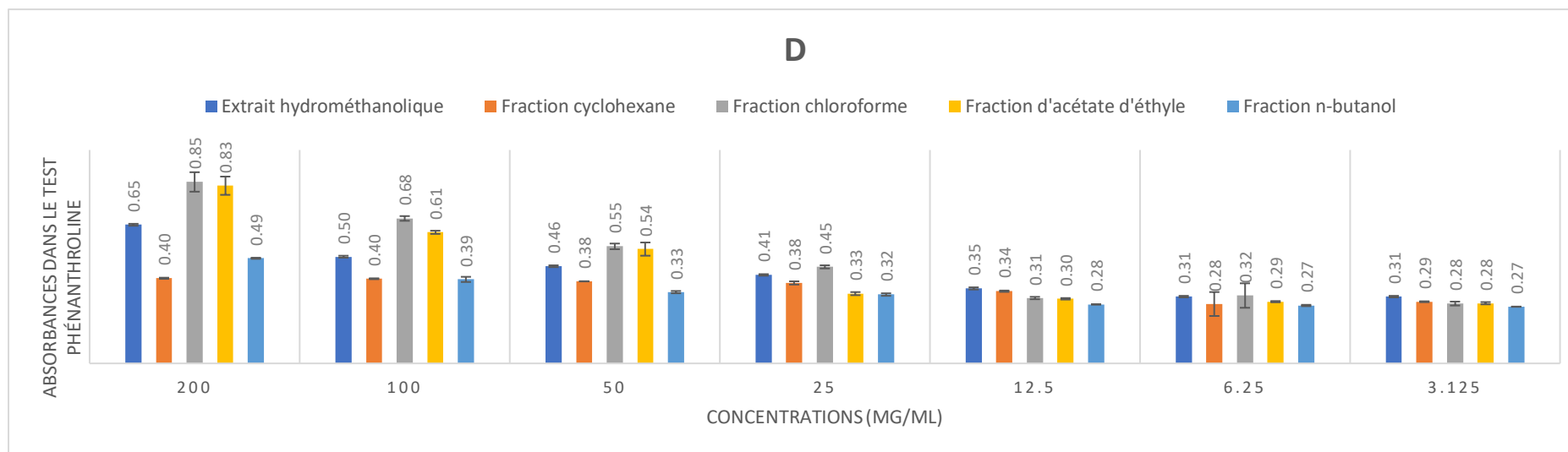
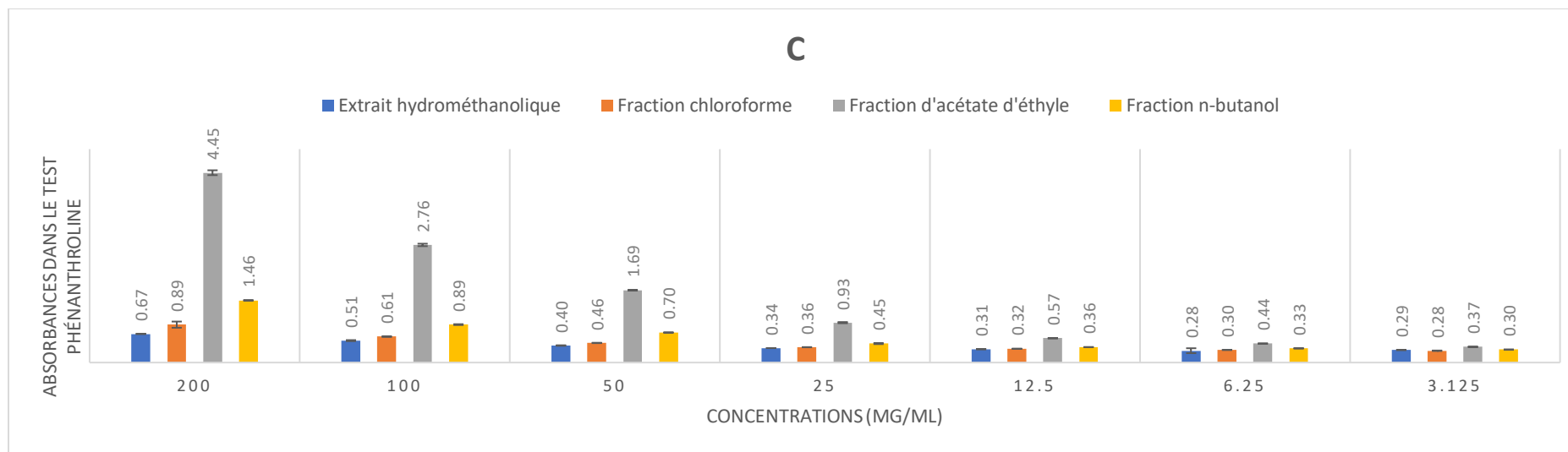


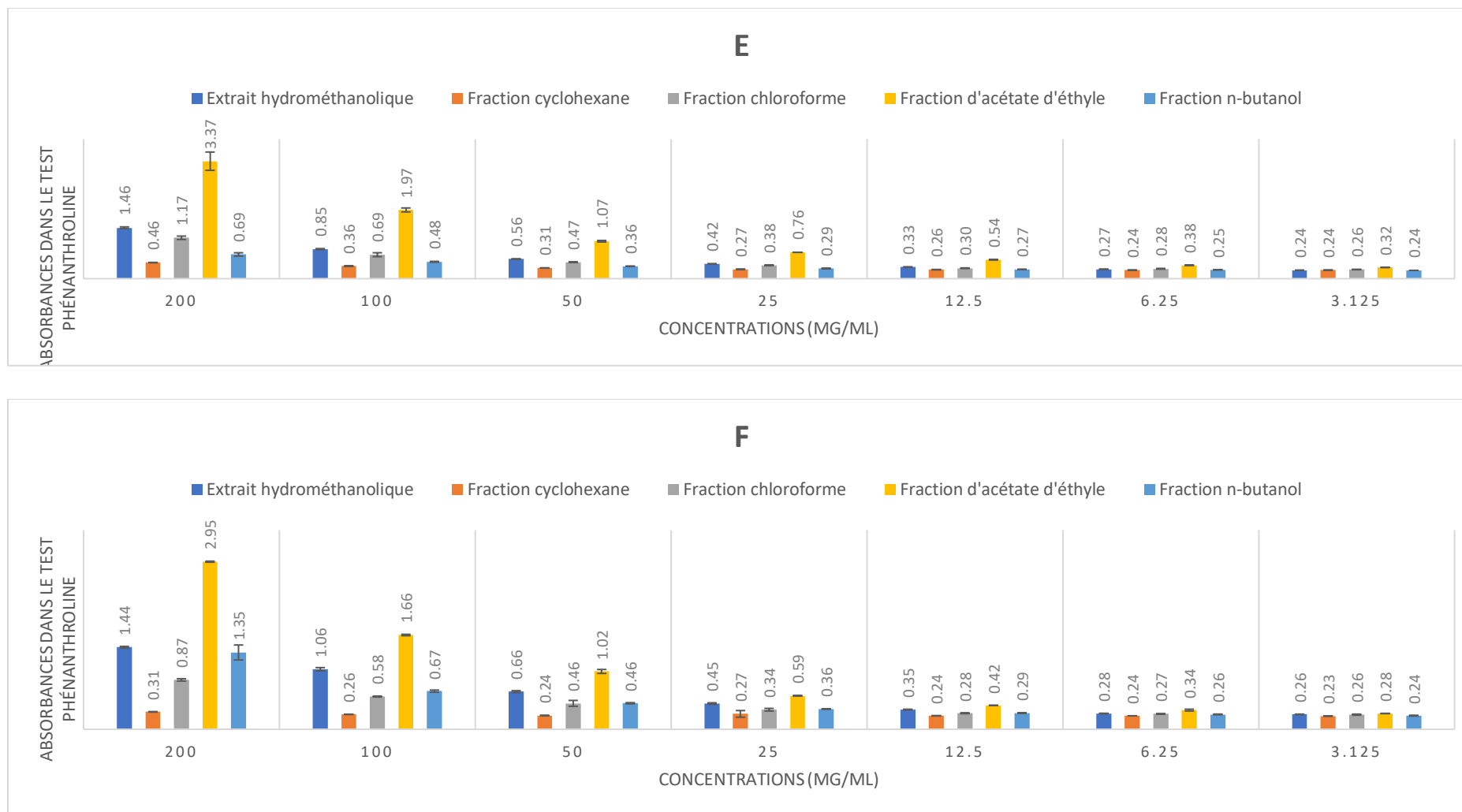
**Figure 37.** Teste de CUPRUC : Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de *D. numidica*, A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.

PARTIE II : Pratique

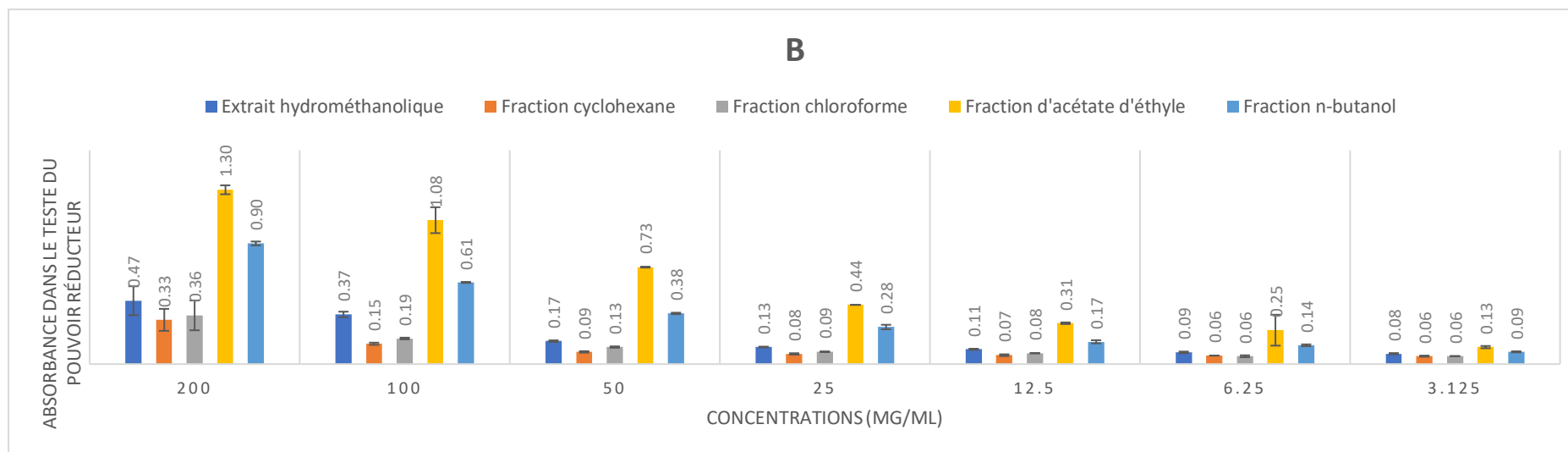
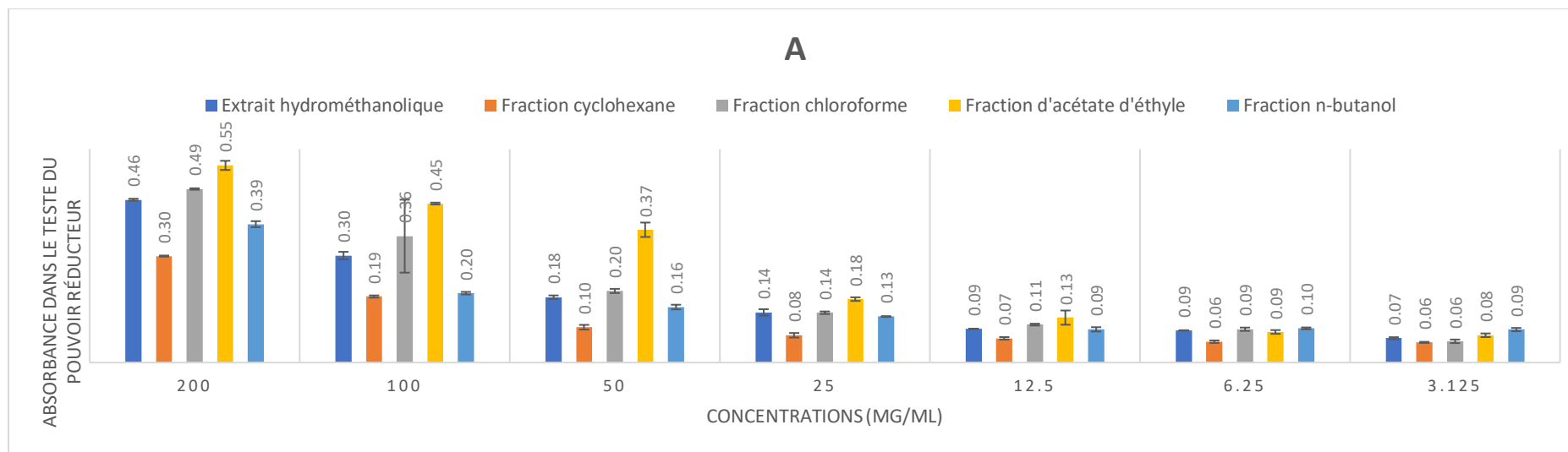
Chapitre II : Résultats et discussion

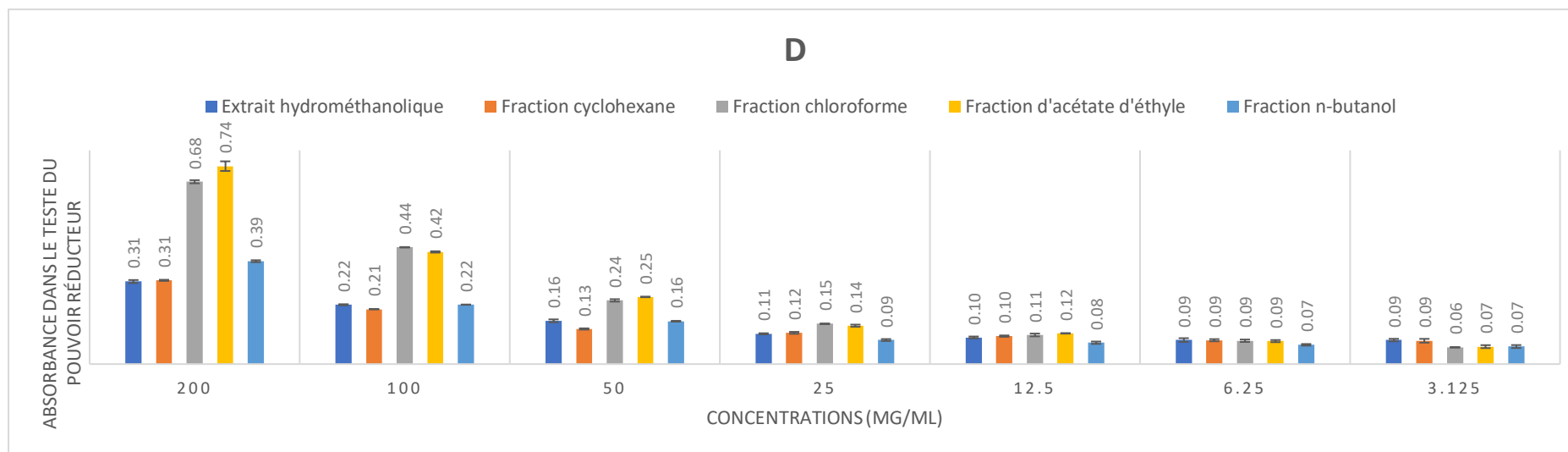
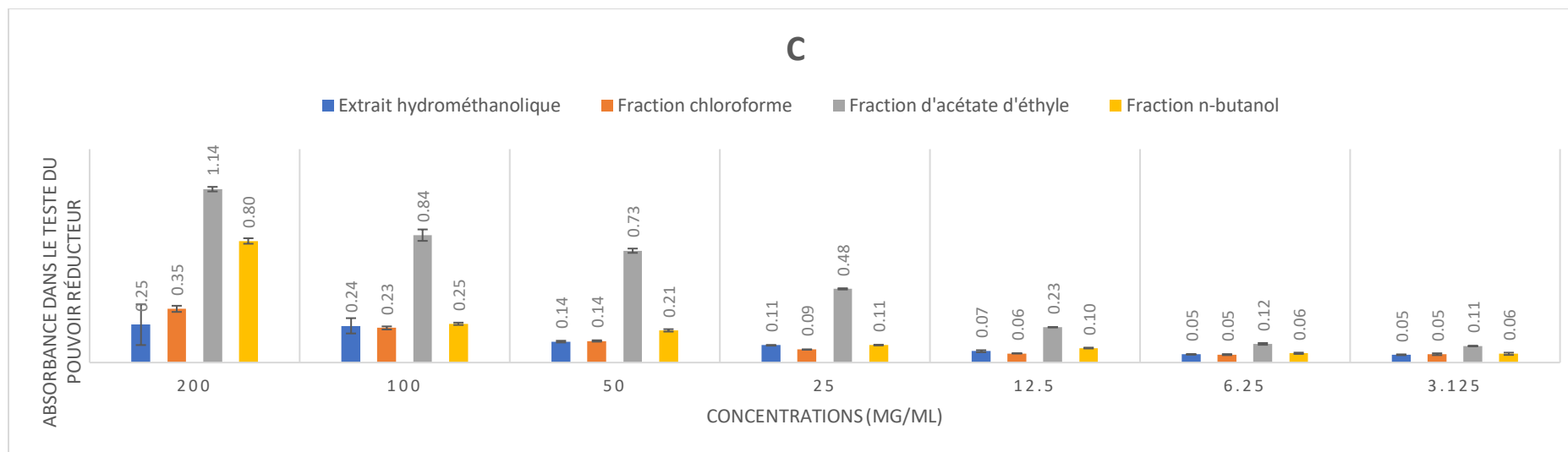


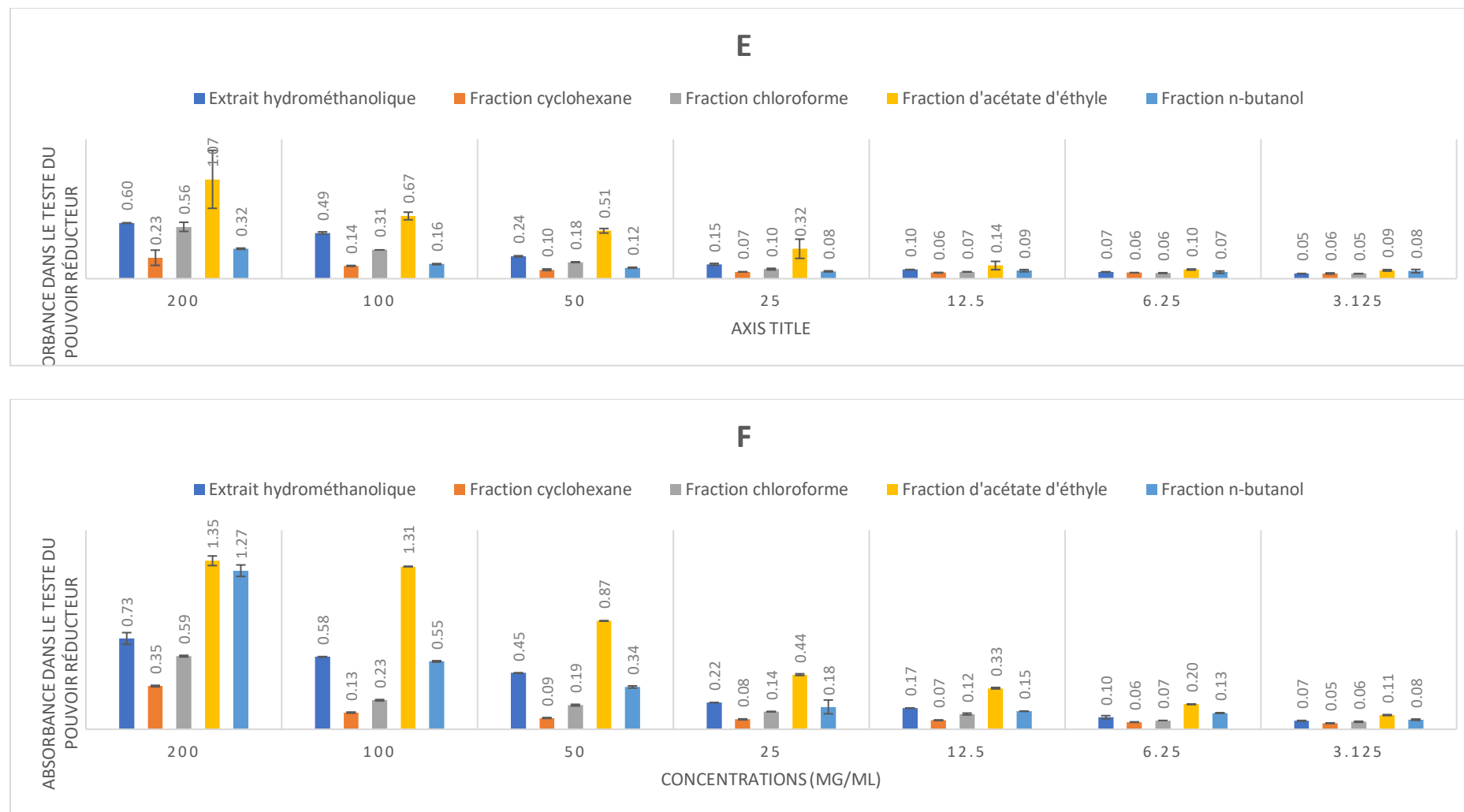




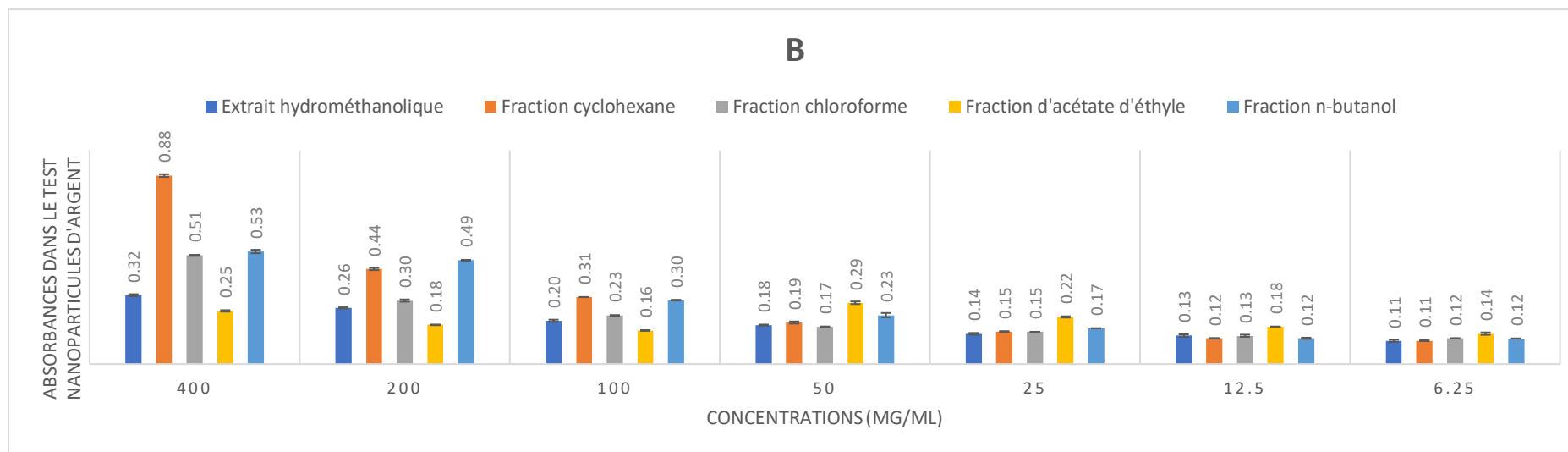
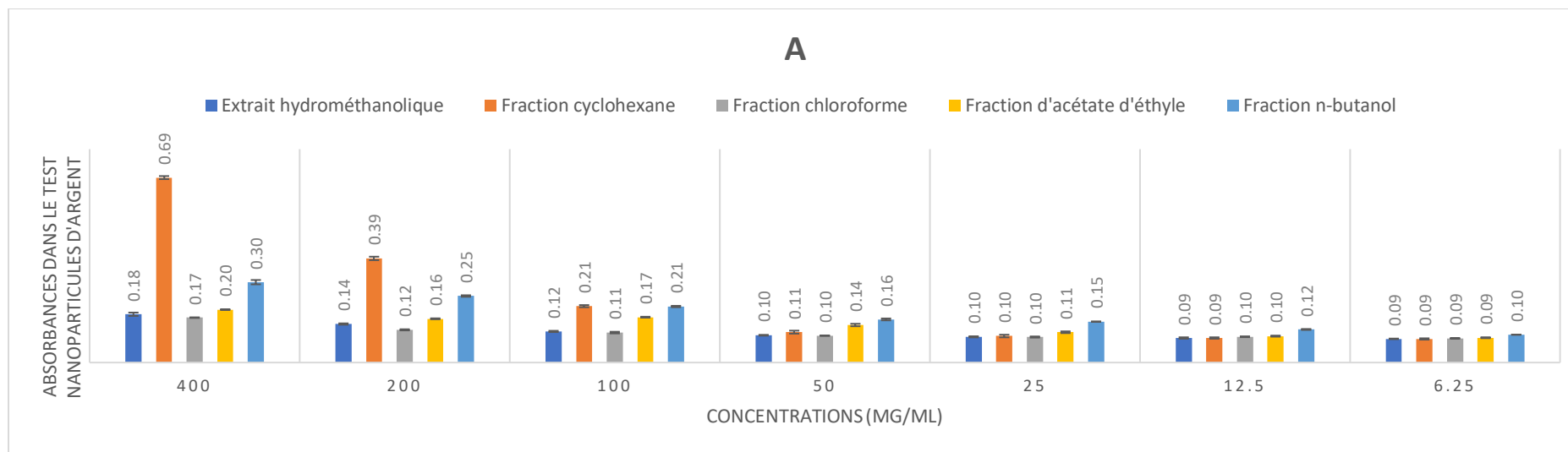
**Figure 38.** Teste de phénanthroline : Histogramme, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de *D. numidica*, A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.

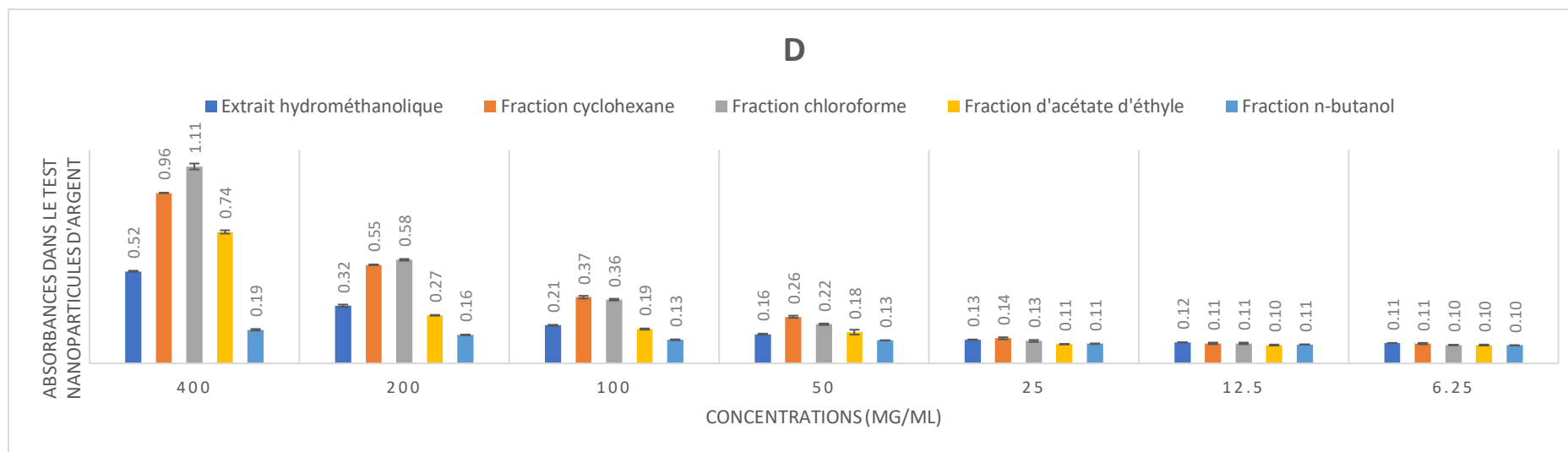
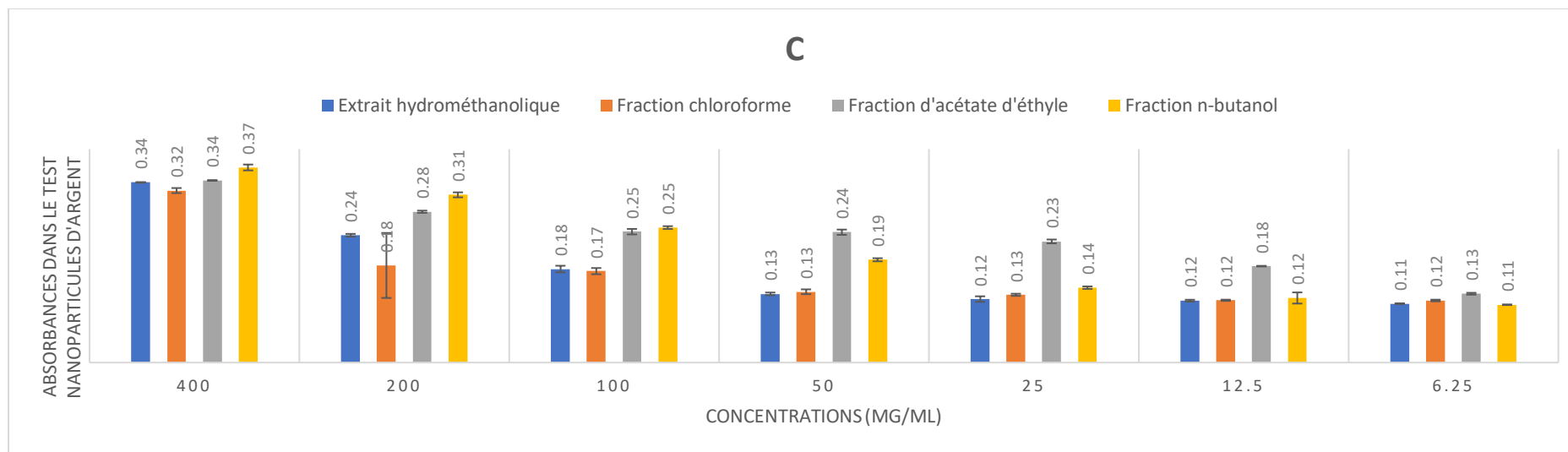


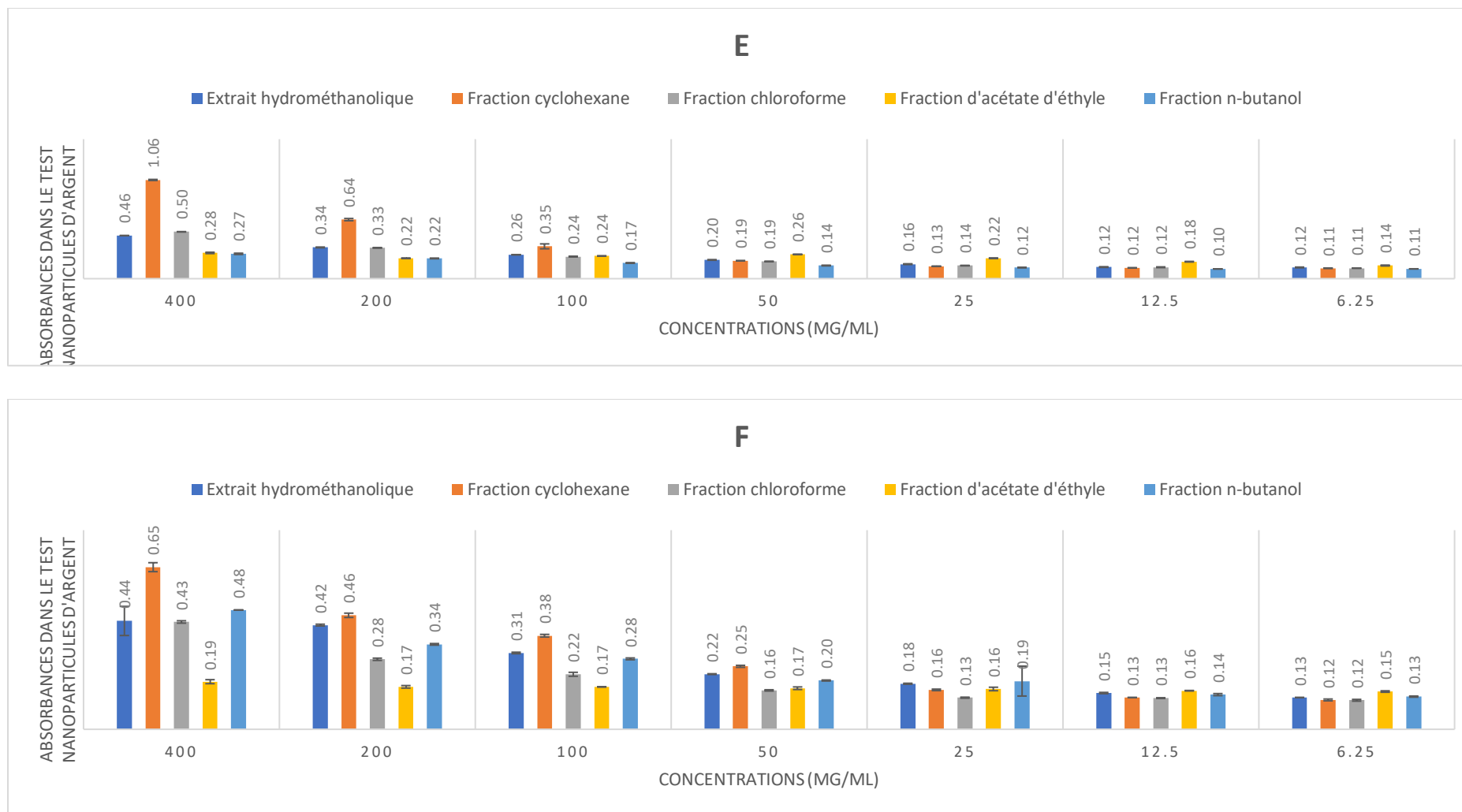




**Figure 39.** Teste de pouvoir réducteur Histogramme, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de *D. numidica*, A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.







**Figure 40.** Teste des nanoparticules d'argent Histogrammes, l'activité antioxydante de l'extrait d'hydrométhanol et de ses fractions de six parties de *D. numidica*, A) Tiges, B) Fleurs, C) Bulbes, D) Capsules, E) Feuilles, F) Racines.

## 2 DISCUSSION

### 2.1 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

Les résultats de l'examen phytochimique ont montré qu'il existe une diversité remarquable et importante des groupes chimiques, les produits chimiques obtenus dans toutes les parties de la plante. Certains composés apparaissent dans un extrait et pas d'autres, Et en partie sans l'autre. Si nous comparons les résultats des deux tableaux, nous constatons que :

En ce qui concerne le test de tanin, il n'y a pas de différence dans les résultats des deux extraits dans toutes les parties sauf pour la tige qui n'a pas montré la présence de cette substance dans l'extrait méthanolique et l'a montré dans l'extrait aqueux.

Les résultats des tests pour les substances de glycoside, de phénol et d'huile essentielle ont été les mêmes et existe pour les deux extraits, indépendamment de la partie de la plante dont ils ont été extraits.

Pour le teste de flavonoïdes, il n'y a pas de différence dans les résultats entre les deux extraits dans toutes les parties. L'expérience a montré la présence de cette substance dans les racines, le bulbe et la tige, et son absence dans les feuilles, les fleurs et les capsules.

Pour le teste de saponine, dans les deux extrais, des résultats opposés apparaissent dans toutes les parties, où l'extrait aqueux a montré la présence les saponines, tandis que les résultats négatifs sont apparus dans l'extrait méthanolique.

Pour les protéines, aucun effet n'a été montré dans toutes les parties des deux extraits. Quant aux les tests d'alcaloïde, le résultat était identique dans les deux extraits, était positif dans le bulbe, les fleurs et les capsules, et négatif dans les racines, la tige et les feuilles.

Pour les stéroïdes, les résultats sont identiques et positifs pour les deux extraits en : bulbes, feuilles, capsules. Les résultats différent dans : pour les racines, où les stéroïdes n'apparaissent pas dans l'extrait aqueux mais apparaissent dans l'extrait méthanolique, et inversement dans les tiges et les fleurs où les résultats sont négatifs dans l'extrait méthanolique et l'apparition de résultats positifs dans l'extrait aqueux.

Pour les terpénoïdes, les résultats sont identiques dans le bulbe, la tige, les feuilles et les capsules où les résultats sont positifs et montrent la présence de terpénoïdes. Dans les racines,

L'extrait aqueux n'a montré la présence de terpénoïdes, et inversement pour les feuilles, où les terpénoïdes n'apparaissent que dans les extraits méthanoliques.

Le teste des sucres réducteurs, pour les deux extraits : les resultats était positif dans les racines, les bulbes, les feuilles, les tiges, et négatif dans les capsules. Les résultats n'étaient pas identiques pour les fleurs, où les sucres réducteurs n'apparaissait que dans l'extrait aqueux.

Si nous comparons les résultats obtenus à partir des produits chimiques qui ont été trouvés dans l'étude de (Sharma and Devi, 2017), qui a examiné les extraits de bulbes de deux types de *Drimia* (*Drimia wightii*, *Drimia indica*), nous remarquons que, là où leur étude a appliqué un certain nombre de tests, ils sont : test glycosides cardiaques, tanins, alcaloïdes, phénols. On constate que les résultats sont exactement identiques puisque nous avons également enregistré la présence de ces composés dans le bulbe.

Quant à la comparaison (Belhaddad et al., 2017) avec *Drimia maritima* (le bulbe) d'Algérie (Borj). Les résultats sont identiques sauf pour le test des alcaloïdes, où ont montré la présence de, tanins, flavonoïdes, triterpènes, stéroïdes, saponines, composés réducteurs, composés glycosides. Pour les alcaloïdes, contrairement à nos résultats, les résultats de leur étude ont indiqué l'absence de cette substance dans leur échantillon.

## 2.2 ANALYSE GC-MS

L'analyse GC-MS des 29 échantillons, comprenant les extraits méthanoliques de toutes les parties de *D. numidica* ainsi que leurs fractions, a mis en évidence une grande diversité de produits bioactifs essentiels. En raison de la mauvaise solubilité des échantillons dans le solvant après filtration, des particules résiduelles se sont retrouvées en suspension dans le microfiltre. Cela a entraîné une diminution des composés présents dans les résultats obtenus, rendant impossible l'évaluation du composé dominant en pourcentage dans chaque l'échantillon.

Parmi les composés bioactifs détectés dans les échantillons figuraient La dihydroxyacétone qui a été largement utilisée comme principal agent de bronzage chez les autobronzants (Turner et al., 2023), Le 1-dodécanol qui avait l'activité antibactérienne (Togashi et al., 2007), dodécaméthyl qui sont bien connus pour être des agents antimicrobiens (Tebbi et al., 2022), le 2-méthoxy-4-vinylphénol, membre de la classe des phénols, possède des propriétés anti-inflammatoires et provoque l'arrêt du cycle cellulaire, ce qui en fait un médicament candidat attrayant pour le traitement du cancer du pancréas (Kim et al., 2019), benzofurane qui affiche un large éventail

d'activités pharmacologiques. utilisations qui incluent les activités antibactériennes, antifongiques, anti-inflammatoires, analgésiques, antidépressives, anticonvulsives, antitumorales, d'imagerie, anti-VIH, antidiabétiques, antituberculeuses, antioxydantes et diverses (Kamal et al., 2011).

En comparant les résultats de notre étude avec les résultats de (Tahri et al., 2020) de deux huiles essentielles extraites par hydrodistillation de fleurs et de bulbes de *Drimia maritima* De la Tunisie. Il y a concordance dans les résultats pour deux composés seulement : Benzaldehyde ( 2-hydroxy-4-methyl-), Benzaldehyde.

### 2.3 ACTIVITES ANTIFONGIQUES

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est l'un des légumes les plus cultivés dans le monde. *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (FOL) est l'agent pathogène contributif important de la flétrissure vasculaire de la tomate. Les premiers symptômes de la maladie apparaissent progressivement dans les feuilles inférieures, suivis du flétrissement des plantes. Il a été rapporté que la FOL pénètre dans le plant de tomate, colonisant et laissant le tissu vasculaire brun foncé, et cette décoloration s'étend jusqu'à l'apex, entraînant le flétrissement, l'effondrement et la mort des plantes (Srinivas et al., 2019).

Dans cette étude, l'inhibition de croissance de FOL n'a pas atteint a CI50 (concentration inhibitrice 50%), mais l'effet de certains extraits a été démontré. Si l'on compare les résultats de l'expérience, il nous apparaîtra que les meilleurs résultats, dans l'ordre, sont les capsules

(30.32±02%), puis les racines (22.61±01%), les fleurs (9.33±01%), puis les feuilles (7.46±0.8%). Quant au bulbe et aux tiges, ils n'ont montré aucune inhibition de croissance.

Dans une étude précédente de *D. maritima*, les résultats de bulbe étaient différents de notre étude où représenté, Des bulbes ont été collectés dans la région de Ras Jbel au nord-est de la Tunisie. (5g) ont été extraits avec 50 mL de méthanol. *F. oxysporum* était moins sensible à l'extrait de bulbe d' *U. maritima* avec une CI50 évaluée à 208,48±3,28 µg/puits (Maazoun et al., 2019).

Dans une autre étude, L'étude de l'activité antifongique Pour une concentration de C1= 10,71 mg/ml des extraits aqueux de *D. maritima* (bulbe) de la région du Moyen Atlas Central, a révélé que l'extrait aqueux de *D. maritima* est actifs vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*, avec un Pourcentage de Inibution égale 19,25 % (Daoudi, 2017).

Dans une étude menée sur les huiles essentielles des fleurs et des bulbes de la plante tunisienne *Drimia maritima* et pour étudier leurs activités fongicides. Il n'a montré aucune activité antifongique contre *Fusarium oxysporum* (Tahri et al., 2020).

## 2.4 ACTIVITES ANTIOXYDANTE ET TCP

Au fil des dernières décennies, les antioxydants naturels sont devenus une alternative très prisée aux additifs alimentaires artificiels. Leur caractère naturel et leur absence de toxines sont autant d'atouts, auxquels s'ajoutent la présence de molécules et composés inédits, qui n'ont pas encore développé de résistance (Pokorný and Schmidt, 2001). Au niveau des plantes, Les extraits de plantes médicinales regorgent de polyphénols, considérés comme de puissants antioxydants naturels (Abbas et al., 2017; Nasri and Rafieian-Kopaei, 2014).

En comparant nos résultats à ceux de l'étude menée par (Kakouri et al., 2019) qui la plante a été collectés en Grèce, où deux méthodes a été utilisé pour mesurer la capacité antioxydant (tests DPPH et ABTS) et le test Folin-Ciocalteu pour déterminer PTC. Par contre, Notre travail de recherche, a réalisé une étude de l'activité antioxydant et TCP de toutes les parties de *D. numidica* (six parties) de la région nord-est algérienne, à travers l'extrait hydrométhanolique et ses fractions (29 échantillons). La différence entre l'étude actuelle et l'étude de (Kakouri et al., 2019) est : la méthode de séchage ; saison de récolte dans certaines parties de la plante (bulbes et racines); et la zone de collecte. Ces différences peuvent affecter la quantité de polyphénols et les activités biologiques de la plante (Becker and Turfa, 2017). De plus, certaines recherches ont montré que la composition chimique de *D. numidica* pour le sud de la Méditerranée diffère de celle du nord, tant en termes de qualité que de quantité (Krenn et al., 1994). Dans l'étude précédente de *D. numidica*, les valeurs de TCP (exprimées en mg GAE/g) ont été estimées comme suit : fleurs  $16,13 \pm 0,02$ , tiges  $7,83 \pm 0,01$ , feuilles  $17,40 \pm 0,01$ , bulbes  $5,95 \pm 0,01$ , racines  $9,38 \pm 0,01$ . Par rapport à notre étude, ces résultats montrent une différence très claire., où les valeurs apparaissent bien inférieures à nos valeurs (exprimées en  $\mu\text{g}$  GAE/ml) qui sont : fleurs  $94,39 \pm 3,41$ , tiges  $29,69 \pm 1,5$ , feuilles  $156,75 \pm 0,45$ , bulbes  $36,06 \pm 0,59$ , racines  $167,24 \pm 35,37$ . Concernant les tests antioxydant (DPPH et ABTS, exprimés en  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ), sur la base d'une comparaison des résultats (Kakouri et al., 2019) et notre étude, les tests antioxydant (DPPH et ABTS, exprimés en  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) ont montré que : nombre de nos extraits ayant atteint une valeur CI50 étaient supérieurs à ceux enregistrés dans l'étude précédente. Où dans l'étude de (Kakouri et al., 2019)., le test DPPH a montré que seul l'extrait de fleurs avait atteint la valeur

CI50 (90,2±3,5). Pour le test ABTS, les extraits étaient : fleurs 32,1±1,7, tiges 58,7±2,1, racines 90,0±3,3. Par contre, Dans notre étude, les valeurs du test DPPH la valeur CI50 étaient dans : Tiges 474,11±9,39, fleurs 147,21±2,43, feuilles 60,21±10,54, bulbes 123,63±0,05, racines 73,34±1,12. Pour le test d'ABTS étaient : Tiges 260,06±2,07, fleurs 95,37±1,50, feuilles 41,22±0,11, bulbes 123,77 ± 0,92, racines 27,55±0,10.

En comparant les valeurs TCP de notre étude (par la méthode Folin Ciocalteu) et la capacité des antioxydant (en utilisant six méthodes) des extraits hydrométhanolique et ses fractions des six parties de *D. numidica* (toutes les parties, 29 échantillons). Pour les résultats de TCP (unité : µg GAE/ml), une comparaison entre chaque extrait et leurs fractions révèle que la teneur en TCP la plus élevée était dans les fractions d'acétate d'éthyle et de n-butanol. Les valeurs de fraction d'acétate d'éthyle les plus élevées ont été enregistrées dans : les tiges (115,18±2,65) ; ampoules (270,96 ±0,61) ; feuilles (311,84±10,75) ; racines (290,18±1,64), comme pour la fraction n-butanol était dans : fleurs (271,65±19,94), capsules (82,82±1,35). Parmi tous les échantillons, les feuilles ont la meilleure valeur TCP (311,84±10,75).

En ce qui concerne la capacité antioxydante, les résultats CI50/A0,5 ont généralement montré une différence significative entre tous les échantillons d'une même partie. Cependant, dans certains cas, aucune différence significative n'a été observée. Par exemple, dans la méthode DPPH, tous les échantillons de tiges ont montré une divergence des valeurs CI50 : extrait hydrométhanolique (474,11±9,39), fraction cyclohexane (> 800), fraction chloroforme (115,19±2,04), fraction acétate d'éthyle (34,49±0,18), fraction n-butanol (228,69±1,85). En revanche, dans le bulbe, la fraction d'acétate d'éthyle (12,05±0,12) et la fraction n-butanol (14,78±2,27) n'ont pas montré de valeurs divergentes (c'est-à-dire qu'il y a convergence des valeurs d'au moins deux échantillons). Les résultats ont également différé d'une méthode à l'autre, où un extrait/fraction qui montrait une forte ou faible inhibition dans l'un des tests n'avait pas nécessairement les mêmes résultats avec les autres méthodes. En particulier, la méthode NPA a montré une grande différence de valeurs par rapport aux autres méthodes. Par exemple, la valeur CI50/A50 de la fraction acétate d'éthyle de tiges dans : le test DPPH (34,49±0,18), NPA (>400) et le test PR (150,34±0,64) ont montré des valeurs divergentes. Malgré les différences de valeurs CI50/A0,5, les fractions acétate d'éthyle ont souvent montré une plus grande capacité inhibitrice dans la plupart des méthodes. Contrairement à toutes les méthodes, pour le test NPA, la fraction cyclohexane a montré la meilleure activité antioxydante (ce résultat semble être tout à fait contraire par rapport aux autres tests).

Généralement, Les données ont révélé qu'il existe une corrélation entre la capacité TCP et antioxydant dans : le test DPPH, il y avait une forte corrélation dans tous les échantillons, Plus la quantité de TCP est élevée, plus l'activité antioxydante est forte. Dans le test ABTS, toutes les parties sont fortement corrélées, plus la quantité de TCP est élevée, plus l'activité antioxydante est forte, sauf les capsules où plus la quantité de TCP est élevée, plus l'activité antioxydante est faible. Dans le cas du test CUPRUC, toutes les parties sont fortement corrélées à l'exception des capsules et des racines qui n'ont aucune corrélation. Test à la phénanthroline, toutes les parties sont fortement corrélées sauf les capsules et les tiges. Test PR, fortement toutes les parties sont corrélées sauf les capsules (les tiges non calculées). Pour l'activité des NPA, on note une faible corrélation dans les feuilles, aucune corrélation dans les fleurs, les bulbes, les capsules (les tiges et les racines ne sont pas calculées).

# CONCLUSION

L'expérience de test phytochimique a montré que les résultats des extraits aqueux et méthanoliques sont parfois différents. Pour l'analyse GC-MS de 29 échantillons de *D. numidica*, l'analyse a révélé une grande diversité de composés bioactifs. Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour l'utilisation potentielle de cette plante à des fins médicinales ou industrielles.

Pour les tests antifongiques, les échantillons n'ont pas présenté d'effet significatif (CI50) sur la croissance du champignon. Cependant, la détection d'effets de faible intensité suggère que les différentes parties de *D. numidica* pourraient contenir des composés prometteurs dans la recherche de solutions efficaces contre le champignon FOL. Cela souligne l'intérêt de poursuivre les recherches pour identifier et étudier plus en détail ces composés potentiels.

Pour les tests antioxydants, les résultats varient d'un extrait/fraction à l'autre, ainsi que d'une méthode utilisée à une autre, ce qui souligne l'importance de choisir judicieusement l'extrait ou la fraction et la méthode antioxydante appropriée. De plus, il a été observé que les valeurs de TCP (Teneur totale en composés phénoliques) sont souvent corrélées avec l'activité antioxydante. Les extraits/ fractions des parties de *D. numidica* pourraient constituer une alternative naturelle importante aux antioxydants industriels.

# REFERENCES

- Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F.M., Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, M.S., Ishtiaq, A., Hussain, S., Suleria, H.A.R., 2017. Natural polyphenols: An overview. *Int. J. Food Prop.* 20, 1689–1699.
- Abdolhosseini, S., Mokaberinejad, R., Alian Nezhadi, V., Bozorgi, M., Nazem, E., 2017. Evaluation of Treatment with Squill Vinegar in 10 Patients with Head Pediculosis. *Asian J. Clin. Case Rep. Tradit. Altern. Med.* 1, 57–64. <https://doi.org/10.22040/ajcrtam.2017.24888>
- Adam, V., Josef, Z., Petrlova, J., Potesil, D., Sures, B., Trnkova, L., Jelen, F., Víteček, J., Kizek, R., 2005. Phytochelatin Modified Electrode Surface as a Sensitive Heavy- Metal Ion Biosensor. *Sensors* 5. <https://doi.org/10.3390/s5010070>
- Agerbirk, N., Olsen, C.E., 2012. Glucosinolate structures in evolution. *Phytochemistry* 77, 16–45. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.02.005>
- Ahuja, I., Kissen, R., Bones, A.M., 2012. Phytoalexins in defense against pathogens. *Trends Plant Sci.* 17, 73–90. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.11.002>
- Akinwumi, B., Bordun, K.-A., Anderson, H., 2018. Biological Activities of Stilbenoids. *Int. J. Mol. Sci.* 19, 792. <https://doi.org/10.3390/ijms19030792>
- Al-Tardeh, S., Evelin Diannelidis, B., Thomas, S., Delivopoulos, S., 2006. Anatomical studies on the adventitious roots of the geophyte *Urginea maritima* (L.) Baker.
- Amalraj, A., Pius, A., Gopi, Sreerag, Gopi, Sreeraj, 2017. Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives – A review. *J. Tradit. Complement. Med.* 7, 205–233. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.005>
- Aniszewski, T., 2015. Alkaloids: chemistry, biology, ecology, and applications, 2nd edition. ed. Elsevier, Waltham, MA.
- Antolovich, M., Prenzler, P.D., Patsalides, E., McDonald, S., Robards, K., 2002. Methods for testing antioxidant activity. *The Analyst* 127, 183–198. <https://doi.org/10.1039/b009171p>
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E., 2004. Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *J. Agric. Food Chem.* 52, 7970–7981.
- Asensi-Fabado, M.A., Munné-Bosch, S., 2010. Vitamins in plants: occurrence, biosynthesis and antioxidant function. *Trends Plant Sci.* 15, 582–592. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.07.003>
- Attab, S., Bourenane, N., Benaliouche, F., Brinis, L., 2017. Evaluation of the antifungal effect of the aqueous extract of *Drimia numidica* (Jord. & Fourr. J.C.) from Algerian Northeast to *Fusarium solani*. *Int. J. Biosci. IJB* 11, 15–23. <https://doi.org/10.12692/ijb/11.4.15-23>
- Azat Aziz, M., Shehab Diab, A., Abdulrazak Mohammed, A., 2019. Antioxidant Categories and Mode of Action, in: Shalaby, E. (Ed.), *Antioxidants*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83544>
- Azmi, F., Sockalingam, N., mohd said, M., Zakaria, A., 2020. Clinical Applications of Catechin in Dentistry: A Review. *J. Nat. REMEDIES* 20, 2–15. <https://doi.org/10.18311/jnr/2020/23941>
- Bak, S., Paquette, S.M., Morant, M., Morant, A.V., Saito, S., Bjarnholt, N., Zagrobelny, M., Jørgensen, K., Osmani, S., Simonsen, H.T., Pérez, R.S., van Heeswijck, T.B., Jørgensen, B., Møller, B.L., 2006. Cyanogenic glycosides: a case study for evolution and application of cytochromes P450. *Phytochem. Rev.* 5, 309–329. <https://doi.org/10.1007/s11101-006-9033-1>
- Becker, M.J., Turfa, J.M., 2017. *The Etruscans and the history of dentistry: the golden smile through the ages*. Taylor & Francis.
- Belhaddad, O.E., Charef, N., Amamra, S., Zerargui, F., Baghiani, A., Khenouf, S., Arrar, L., 2017. Chromatographic fractionation, antioxidant and antibacterial activities of *Urginea maritima* methanolic extract. *Pak J Pharm Sci.*
- Bellavia, D., Caradonna, F., Dimarco, E., Costa, V., Carina, V., De Luca, A., Raimondi, L., Fini, M., Gentile, C., Giavaresi, G., 2021. Non-flavonoid polyphenols in osteoporosis: preclinical evidence. *Trends Endocrinol. Metab.* 32, 515–529. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2021.03.008>
- Birben, E., Sahiner, U.M., Sackesen, C., Erzurum, S., Kalayci, O., 2012. Oxidative Stress and Antioxidant Defense. *World Allergy Organ. J.* 5, 9–19. <https://doi.org/10.1097/WOX.0b013e3182439613>

- Bischoff, K.L., 2016. Glucosinolates, in: *Nutraceuticals*. Elsevier, pp. 551–554.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802147-7.00040-1>
- Bizuneh, G.K., 2021. The chemical diversity and biological activities of phytoalexins. *Adv. Tradit. Med.* 21, 31–43. <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00442-w>
- Blois, M.S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181, 1199–1200.
- Böttger, A., Vothknecht, U., Bolle, C., Wolf, A., 2018a. Plant Secondary Metabolites and Their General Function in Plants, in: *Lessons on Caffeine, Cannabis & Co, Learning Materials in Biosciences*. Springer International Publishing, Cham, pp. 3–17. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99546-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99546-5_1)
- Böttger, A., Vothknecht, U., Bolle, C., Wolf, A., 2018b. Terpenes and Terpenoids, in: *Lessons on Caffeine, Cannabis & Co, Learning Materials in Biosciences*. Springer International Publishing, Cham, pp. 153–170. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99546-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99546-5_10)
- Bourgau, F., Grivot, A., Milesi, S., Gontier, E., 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Sci.* 161, 839–851. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00490-3](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00490-3)
- Bozorgi, M., Amin, G., Shekarchi, M., Rahimi, R., 2017. Traditional medical uses of *Drimys* species in terms of phytochemistry, pharmacology and toxicology. *J. Tradit. Chin. Med.* 37, 124–139. [https://doi.org/10.1016/S0254-6272\(17\)30036-5](https://doi.org/10.1016/S0254-6272(17)30036-5)
- Burow, M., Wittstock, U., Gershenzon, J., 2008. Sulfur-Containing Secondary Metabolites and Their Role in Plant Defense, in: Hell, R., Dahl, C., Knaff, D., Leustek, T. (Eds.), *Sulfur Metabolism in Phototrophic Organisms, Advances in Photosynthesis and Respiration*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 201–222. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6863-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6863-8_11)
- Champ, C.E., Kundu-Champ, A., 2019. Maximizing Polyphenol Content to Uncork the Relationship Between Wine and Cancer. *Front. Nutr.* 6, 44. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00044>
- Chong, J., Poutaraud, A., Huguene, P., 2009. Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant Sci.* 177, 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.05.012>
- Cosme, P., Rodríguez, A.B., Espino, J., Garrido, M., 2020a. Plant Phenolics: Bioavailability as a Key Determinant of Their Potential Health-Promoting Applications. *Antioxidants* 9, 1263. <https://doi.org/10.3390/antiox9121263>
- Cosme, P., Rodríguez, A.B., Espino, J., Garrido, M., 2020b. Plant Phenolics: Bioavailability as a Key Determinant of Their Potential Health-Promoting Applications. *Antioxidants* 9, 1263. <https://doi.org/10.3390/antiox9121263>
- Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H. (Eds.), 2006. *Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet*. Blackwell Pub, Oxford ; Ames, Iowa.
- Cuénod, A., 1954. *Flore analytique et synoptique de la Tunisie [...] Cryptogames vasculaires, Gymnospermes et Monocotylédones*. Tunis : Office de l'Expérimentation et de la Vulgarisation Agricoles (Imprimerie S.E.F.A.N.).
- Cumpstey, A., Feilisch, M., 2017. Free Radicals in Inflammation, in: *Inflammation - From Molecular and Cellular Mechanisms to the Clinic*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp. 695–726. <https://doi.org/10.1002/9783527692156.ch27>
- Daira, N.E.-H., Maazi, M.C., Chefrou, A., 2016. Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale *Ammoides verticillata* (Desf.) Briq. de l'Est Algérien. *Bull. Société R. Sci. Liège* 276–290. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.6494>
- Daoudi, A., 2017. Activite Antifongique Des Extraits Aqueux De *Calendula Officinalis* L, *Urginea Maritima* (L.) Baker Et *Chenopodium Ambrosioides* L. *Eur. Sci. J.* 13, 483–497. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n24p483>
- Dennis, C., Webster, J., 1971. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: III. Hyphal interaction. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 57, 363-IN2.
- Drimys maritima* (L.) Stearn | Plants of the World Online | Kew Science [WWW Document], n.d. . Plants World Online. URL <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:534538-1> (accessed 3.18.23).

- Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E.B., Cicala, C., Caiazzo, E., Izzo, A.A., Novellino, E., Santini, A., 2019. Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytother. Res.* 33, 2221–2243. <https://doi.org/10.1002/ptr.6419>
- Ekiert, H.M., Ramawat, K.G., Arora, J. (Eds.), 2021. *Medicinal Plants: Domestication, Biotechnology and Regional Importance, Sustainable Development and Biodiversity*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-74779-4>
- EL-Haoud, H., Boufellous, M., Berrani, A., HindTazougart, Bengueddour, R., 2018. SCREENING PHYTOCHIMIQUE D'UNE PLANTE MEDICINALE: *Mentha Spicata* L.
- Flückiger, F.A., Hanbury, D., 1879. *Pharmacographia :A history of the principal drugs of vegetable origin, met with in Great Britain and British India*. Macmillan and co, London. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.4312>
- Ginsburg, H., Deharo, E., 2011. A call for using natural compounds in the development of new antimalarial treatments – an introduction. *Malar. J.* 10, S1. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-S1-S1>
- González-Vallinas, M., González-Castejón, M., Rodríguez-Casado, A., Ramírez de Molina, A., 2013. Dietary phytochemicals in cancer prevention and therapy: a complementary approach with promising perspectives. *Nutr. Rev.* 71, 585–599. <https://doi.org/10.1111/nure.12051>
- Gratz, N.G., 1973. A critical review of currently used single-dose rodenticides. *Bull. World Health Organ.* 48, 469–477.
- Gruhlke, M.C.H., Slusarenko, A.J., 2012. The biology of reactive sulfur species (RSS). *Plant Physiol. Biochem.* 59, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.03.016>
- Gupta, Ramesh C., Gupta, Ramesh Chandra (Eds.), 2007. *Veterinary toxicology: basic and clinical principles*. Elsevier, Academic Press, Amsterdam London.
- Harborne, J.B., 1999. CLASSES AND FUNCTIONS OF SECONDARY PRODUCTS FROM PLANTS, in: *Chemicals from Plants*. WORLD SCIENTIFIC / IMPERIAL COLLEGE PRESS, pp. 1–25. [https://doi.org/10.1142/9789812817273\\_0001](https://doi.org/10.1142/9789812817273_0001)
- Heinrich, M., Joanne, Barnes, José M, Prieto Garcia, Simon, Gibbons, Elizabeth M, Williamson, 2018. *Fundamentals of pharmacognosy and phytotherapy*, Third edition. ed. Elsevier, United States.
- Hernández-Rodríguez, P., Baquero, L.P., Larrota, H.R., 2019. Flavonoids, in: *Bioactive Compounds*. Elsevier, pp. 265–288. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00014-1>
- Hill, C.R., Shafaei, A., Balmer, L., Lewis, J.R., Hodgson, J.M., Millar, A.H., Blekkenhorst, L.C., 2022. Sulfur compounds: From plants to humans and their role in chronic disease prevention. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 0, 1–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2057915>
- Huang, D., Ou, B., Prior, R.L., 2005. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *J. Agric. Food Chem.* 53, 1841–1856. <https://doi.org/10.1021/jf030723c>
- Hunt, S., 1985. The Non-Protein Amino Acids, in: Barrett, G.C. (Ed.), *Chemistry and Biochemistry of the Amino Acids*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 55–138. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-4832-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-009-4832-7_4)
- Ishaq, N., Bilal, M., Iqbal, H.M.N., 2019. Medicinal Potentialities of Plant Defensins: A Review with Applied Perspectives. *Medicines* 6, 29. <https://doi.org/10.3390/medicines6010029>
- Ismail, A.M., Mohamed, E.A., Marghany, M.R., Abdel-Motaal, F.F., Abdel-Farid, I.B., El-Sayed, M.A., 2016. Preliminary phytochemical screening, plant growth inhibition and antimicrobial activity studies of *Faidherbia albida* legume extracts. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 15, 112–117. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.06.002>
- Jean, B., 2008. *Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants (2e ed. - retirage broch")*. Lavoisier.
- Jiang, J., Xiong, Y.L., 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Sci.* 120, 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.005>
- Jwa, N.-S., Agrawal, G.K., Tamogami, S., Yonekura, M., Han, O., Iwahashi, H., Rakwal, R., 2006. Role of defense/stress-related marker genes, proteins and secondary metabolites in defining rice self-defense mechanisms. *Plant Physiol. Biochem.* 44, 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2006.06.010>

- Kakouri, E., Kanakis, C., Trigas, P., Tarantilis, P.A., 2019. Characterization of the chemical composition of *Drimia numidica* plant parts using high-resolution mass spectrometry: study of their total phenolic content and antioxidant activity. *Anal. Bioanal. Chem.* 411, 3135–3150. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01781-7>
- Kamal, M., Shakya, A., Jawaid, T., 2011. Benzofurans: A new profile of biological activities. *Int. J. Med. Pharm. Sci.* 1, 1–15.
- Kamal, R.M., Abdull Razis, A.F., Mohd Sukri, N.S., Perimal, E.K., Ahmad, H., Patrick, R., Djedaini-Pilard, F., Mazzon, E., Rigaud, S., 2022. Beneficial Health Effects of Glucosinolates-Derived Isothiocyanates on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules* 27, 624. <https://doi.org/10.3390/molecules27030624>
- Kar, A., 2007. Pharmacognosy and pharmacobiotechnology, Rev.-expanded 2nd ed. ed. New Age International (P) Ltd., New Delhi.
- Katerova, Z., Todorova, D., Tasheva, K., Sergiev, I., 2012. Influence of ultraviolet radiation on plant secondary metabolite production. *Genet. Plant Physiol.* 2, 113–144.
- Katyal, P., 2022. Plant Secondary Metabolites: Functions in Plants and Pharmacological Importance, in: Sharma, A.K., Sharma, A. (Eds.), *Plant Secondary Metabolites*. Springer Nature Singapore, Singapore, pp. 437–457. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6_14)
- Kavazis, A.N., Powers, S.K., 2013. Impact of Exercise, Reactive Oxygen and Reactive Nitrogen Species on Tumor Growth, in: Ulrich, C.M., Steindorf, K., Berger, N.A. (Eds.), *Exercise, Energy Balance, and Cancer*. Springer New York, New York, NY, pp. 7–20. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4493-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4493-0_2)
- Khenniche, F., Slimani, A., Bensouici, C., Magboune, I., Srief, M., 2023. Comparative and Evaluative Study On Total Phenolic Content and Antioxidant Potential Within Hydromythanol Extracts and Their Fractions from All Parts of *Drimia numidica* (JORD. & FOURR.) J.C. MANNING & GOLDBLATT of Northeastern Algeria. *Pharmacogn. J.* 15.
- Kim, D.-H., Han, S.-I., Go, B., Oh, U.H., Kim, C.-S., Jung, Y.-H., Lee, J., Kim, J.-H., 2019. 2-Methoxy-4-vinylphenol Attenuates Migration of Human Pancreatic Cancer Cells via Blockade of FAK and AKT Signaling. *Anticancer Res.* 39, 6685–6691. <https://doi.org/10.21873/anticancer.13883>
- Knittel, D.N., Stintzing, F.C., Kammerer, D.R., 2014. Simultaneous determination of bufadienolides and phenolic compounds in sea squill (*Drimia maritima* (L.) Stearn) by HPLC-DAD-MSn as a means to differentiate individual plant parts and developmental stages. *Anal. Bioanal. Chem.* 406, 6035–6050. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8008-0>
- Krenn, L., Kopp, B., Deim, A., Robien, W., Kubelka, W., 1994a. Zum Bufadienolidmuster der roten „Meerzwiebel“<sup>1</sup>. *Planta Med.* 60, 63–69. <https://doi.org/10.1055/s-2006-959410>
- Krenn, L., Kopp, B., Deim, A., Robien, W., Kubelka, W., 1994b. About the bufadienolide complex of "red" squill. *Planta Med.* 60, 63–69.
- Kumar, S., Saini, R., Suthar, P., Kumar, V., Sharma, R., 2022. Plant Secondary Metabolites: Their Food and Therapeutic Importance, in: Sharma, A.K., Sharma, A. (Eds.), *Plant Secondary Metabolites*. Springer Nature Singapore, Singapore, pp. 371–413. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6_12)
- Le Floc'h, É., Boulos, L., Véla, E., 2010. Catalogue Synonymique Commenté de La Flore de Tunisie; République Tunisienne. Ministère L'Environnement Dév. Durable Banq Natl Gènes Tunis. Tunis.
- Le Pogam, P., Boustie, J., 2016. Xanthones of Lichen Source: A 2016 Update. *Molecules* 21, 294. <https://doi.org/10.3390/molecules21030294>
- Lekhak, M.M., Yadav, P.B., Yadav, S.R., 2017. Cytogenetic Studies in Indian *Drimia* Jacq. (Urgineoideae: Hyacinthaceae), in: Bhat, T.A., Wani, A.A. (Eds.), *Chromosome Structure and Aberrations*. Springer India, New Delhi, pp. 141–165. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-3673-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-81-322-3673-3_7)
- Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H., Chen, S., 2016. An Overview of Plant Phenolic Compounds and Their Importance in Human Nutrition and Management of Type 2 Diabetes. *Molecules* 21, 1374. <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>

- Lin, Z., Gu, J., Xiu, J., Mi, T., Dong, J., Tiwari, J., 2012. Traditional Chinese Medicine for Senile Dementia. Evid.-Based Complement. Altern. Med. ECAM 2012, 692621. <https://doi.org/10.1155/2012/692621>
- Lobo, M.G., Hounsoume, N., Hounsoume, B., 2018. Biochemistry of Vegetables: Secondary Metabolites in Vegetables - Terpenoids, Phenolics, Alkaloids, and Sulfur-Containing Compounds, in: Siddiq, M., Uebersax, M.A. (Eds.), Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp. 47–82. <https://doi.org/10.1002/9781119098935.ch3>
- Lourenço, S.C., Moldão-Martins, M., Alves, V.D., 2019. Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. Molecules 24. <https://doi.org/10.3390/molecules24224132>
- Ludwiczuk, A., Skalicka-Woźniak, K., Georgiev, M.I., 2017. Terpenoids, in: Pharmacognosy. Elsevier, pp. 233–266. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802104-0.00011-1>
- Lushchak, V.I., 2014. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. Chem. Biol. Interact. 224, 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>
- Maazoun, A., Mougou Hamdane, A., Belhadj, F., Marzouki, M.N., 2019. In vitro antimicrobial activity of *Urginea maritima* (L.) Baker bulb extract against food-borne pathogens. J. Mater. Environ. Sci. 10, 1053–1061.
- Mahboubi, Mohaddese, Mohammad Taghizadeh Kashani, L., Mahboubi, Mona, 2019. Squill (*Drimia maritima* L.) and its novel biological activity. Orient. Pharm. Exp. Med. 19, 227–234. <https://doi.org/10.1007/s13596-018-0341-y>
- Malik, E.M., Müller, C.E., 2016. Anthraquinones As Pharmacological Tools and Drugs: ANTHRAQUINONES AS PHARMACOLOGICAL TOOLS AND DRUGS. Med. Res. Rev. 36, 705–748. <https://doi.org/10.1002/med.21391>
- Mamta, Misra, K., Dhillon, G.S., Brar, S.K., Verma, M., 2014. Antioxidants, in: Brar, S.K., Dhillon, G.S., Soccol, C.R. (Eds.), Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals. Springer New York, New York, NY, pp. 117–138. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8005-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8005-1_6)
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L., 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. Am. J. Clin. Nutr. 79, 727–747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Manganyi, M.C., Tlatsana, G.S., Mokoroane, G.T., Senna, K.P., Mohaswa, J.F., Ntsayagae, K., Fri, J., Ateba, C.N., 2021. Bulbous Plants *Drimia*: “A Thin Line between Poisonous and Healing Compounds” with Biological Activities. Pharmaceutics 13, 1385. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13091385>
- Martillanes, S., Rocha-Pimienta, J., Cabrera-Bañegil, M., Martín-Vertedor, D., Delgado-Adámez, J., 2017. Application of Phenolic Compounds for Food Preservation: Food Additive and Active Packaging, in: Soto-Hernández, M., Palma-Tenango, M., Garcia-Mateos, M. del R. (Eds.), Phenolic Compounds - Biological Activity. InTech. <https://doi.org/10.5772/66885>
- Martínez-Azorín, M., Crespo, M.B., Dold, A.P., Wetschnig, W., Pinter, M., Pfosser, M., Van Jaarsveld, E., 2013. *Sagittanthera* (Hyacinthaceae, Urgineoideae), a new buzz pollinated genus from the Eastern Cape Province of South Africa. Phytotaxa 98, 43. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.98.2.2>
- Masyita, A., Mustika Sari, R., Dwi Astuti, A., Yasir, B., Rahma Rumata, N., Emran, T.B., Nainu, F., Simal-Gandara, J., 2022. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. Food Chem. X 13, 100217. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>
- Monton, C., Charoenchai, L., Suksaeree, J., Sueree, L., 2016. Quantitation of curcuminoid contents, dissolution profile, and volatile oil content of turmeric capsules produced at some secondary government hospitals. J. Food Drug Anal. 24, 493–499. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.01.007>
- Mooren, F.C. (Ed.), 2012. Encyclopedia of Exercise Medicine in Health and Disease. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-29807-6>

- Mosunova, O., Navarro-Muñoz, J.C., Collemare, J., 2021. The Biosynthesis of Fungal Secondary Metabolites: From Fundamentals to Biotechnological Applications, in: *Encyclopedia of Mycology*. Elsevier, pp. 458–476. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.21072-8>
- Nasri, H., Rafieian-Kopaei, M., 2014. Medicinal plants and antioxidants: why they are not always beneficial? *Iran. J. Public Health* 43, 255.
- Nestel, B., Macintyre, R., n.d. Proceedings of an interdisciplinary workshop London, England, 29-30 January 1973.
- Ninomiya, M., Koketsu, M., 2013. Minor Flavonoids (Chalcones, Flavanones, Dihydrochalcones, and Aurones), in: Ramawat, K.G., Mérillon, J.-M. (Eds.), *Natural Products*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1867–1900. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6\\_62](https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_62)
- Oyaizu, M., 1986. Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr. Diet.* 44, 307–315.
- Özyürek, M., Güngör, N., Baki, S., Güçlü, K., Apak, R., 2012. Development of a silver nanoparticle-based method for the antioxidant capacity measurement of polyphenols. *Anal. Chem.* 84, 8052–8059.
- Pascual-Villalobos, M.J., 2002. Anti-insect activity of bufadienolides from *Urginea maritima*. *Trends New Crops New Uses* 1, 1–2.
- Patel, R.P., McAndrew, J., Sellak, H., White, C.R., Jo, H., Freeman, B.A., Darley-Usmar, V.M., 1999. Biological aspects of reactive nitrogen species. *Biochim. Biophys. Acta BBA - Bioenerg.* 1411, 385–400. [https://doi.org/10.1016/S0005-2728\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0005-2728(99)00028-6)
- Pereira, J., 1855. *The Elements of Materia Medica and Therapeutics: Including Notices of Most of the Medicinal Substances in Use in the Civilised World and Forming an Encyclopaedia of Materia Medica*. Longman, Brown, Green and Longmans.
- Perveen, S., 2018. Introductory Chapter: Terpenes and Terpenoids, in: Perveen, S., Al-Taweel, A. (Eds.), *Terpenes and Terpenoids*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79683>
- Pokorný, J., Schmidt, S., 2001. Natural antioxidant functionality during food processing. *Antioxid. Food* 331–354.
- Pomet, P., 1748. *A Complete History of Drugs*. Written in French by Monsieur Pomet, Chief Druggist to the Late French King Lewis 14. to which is Added what is Farther Observable on the Same Subject ... Done Into English from the Originals. J. and J. Bonwicke, S. Birt, W. Parker, C. Hitch, and Wicksteed.
- Protasiuk, E., Olejnik, M., 2018. Determination of salicylic acid in feed using LC-MS/MS. *J. Vet. Res.* 62, 303–307. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2018-0044>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26, 1231–1237.
- Rico, M., González, A.G., Santana-Casiano, M., González-Dávila, M., Pérez-Almeida, N., de Tangil, M.S., 2017. Production of Primary and Secondary Metabolites Using Algae, in: Tripathi, B.N., Kumar, D. (Eds.), *Prospects and Challenges in Algal Biotechnology*. Springer, Singapore, pp. 311–326. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-1950-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1950-0_12)
- Robbins, R.J., 2003. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology. *J. Agric. Food Chem.* 51, 2866–2887. <https://doi.org/10.1021/jf026182t>
- Rodgers, K.J., 2014. Non-protein amino acids and neurodegeneration: The enemy within. *Exp. Neurol.* 253, 192–196. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2013.12.010>
- Saha, P.S., Jha, S., 2019. A molecular phylogeny of the genus *Drimia* (Asparagaceae: Scilloideae: Urgineae) in India inferred from non-coding chloroplast and nuclear ribosomal DNA sequences. *Sci. Rep.* 9, 7563. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43968-z>
- Sahebkar, A., 2014. Are Curcuminoids Effective C-Reactive Protein-Lowering Agents in Clinical Practice? Evidence from a Meta-Analysis: CURCUMINOIDS AND CRP. *Phytother. Res.* 28, 633–642. <https://doi.org/10.1002/ptr.5045>
- Sharma, A., Sharma, S., Kumar, A., Kumar, V., Sharma, A.K., 2022a. Plant Secondary Metabolites: An Introduction of Their Chemistry and Biological Significance with Physicochemical Aspect, in:

- Sharma, A.K., Sharma, A. (Eds.), *Plant Secondary Metabolites*. Springer Nature Singapore, Singapore, pp. 1–45. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6_1)
- Sharma, A., Sharma, S., Kumar, A., Kumar, V., Sharma, A.K., 2022b. *Plant Secondary Metabolites: An Introduction of Their Chemistry and Biological Significance with Physicochemical Aspect*, in: Sharma, A.K., Sharma, A. (Eds.), *Plant Secondary Metabolites*. Springer Nature Singapore, Singapore, pp. 1–45. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6_1)
- Sharma, H., Devi, N., 2017a. *Phytochemical Analysis of Drimia Species*. *Int J Appl Sci Res Rev* 4, 12.
- Sharma, H., Devi, N., 2017b. *Phytochemical Analysis of Drimia Species*. *Int J Appl Sci Res Rev* 4, 12.
- Sharma, H., Devi, N., 2017c. *Phytochemical Analysis of Drimia Species*. *Int J Appl Sci Res Rev* 4, 12.
- Shelan, T., Ghazali, R., Basri, D., Lim, W., 2018. *Photoprotective Effect Of Stilbenes And Its Derivatives against Ultraviolet Radiation-Induced Skin Disorders*. *Biomed. Pharmacol. J.* 11, 1199–1208. <https://doi.org/10.13005/bpj/1481>
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M., 1999. [14] *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent*, in: *Methods in Enzymology, Oxidants and Antioxidants Part A*. Academic Press, pp. 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Song, W., Zhou, L., Yang, C., Cao, X., Zhang, L., Liu, X., 2004. *Tomato Fusarium wilt and its chemical control strategies in a hydroponic system*. *Crop Prot.* 23, 243–247. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.08.007>
- Srinivas, C., Nirmala Devi, D., Narasimha Murthy, K., Mohan, C.D., Lakshmeesha, T.R., Singh, B., Kalagatur, N.K., Niranjana, S.R., Hashem, A., Alqarawi, A.A., Tabassum, B., Abd\_Allah, E.F., Chandra Nayaka, S., Srivastava, R.K., 2019. *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity– A review*. *Saudi J. Biol. Sci.* 26, 1315–1324. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.002>
- Stannard, J., 1974. *SQUILL IN ANCIENT AND MEDIEVAL MATERIA MEDICA, WITH SPECIAL REFERENCE TO ITS EMPLOYMENT FOR DROPSY*. *Bull N Acad Med* 50.
- Stedje, B., 1987. *A revision of the genus Drimia (Hyacinthaceae) in East Africa*. *Nord. J. Bot.* 7, 655–666. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1987.tb02034.x>
- Stefova, M., Stafilov, T., Kulevanova, S., 2003. *HPLC analysis of flavonoids*. pp. 113–119.
- Szydłowska-Czerniak, A., Dianoczek, C., Recseg, K., Karlovits, G., Szyk, E., 2008. *Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods*. *Talanta* 76, 899–905.
- Tahri, Y., Koubaa, I., Frikha, D., Maalej, S., Allouche, N., 2020. *Chemical Investigation and Biological Valorization of Two Essential Oils Newly Extracted from Different Parts of Drimia maritima*. *J. Essent. Oil Bear. Plants* 23, 1022–1034. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1854869>
- Takshak, S., Agrawal, S.B., 2019. *Defense potential of secondary metabolites in medicinal plants under UV-B stress*. *J. Photochem. Photobiol. B* 193, 51–88. <https://doi.org/10.1016/j.jphoto-biol.2019.02.002>
- Tchamo Diderot, N., Silvere, N., Etienne, T., 2006. *Xanthones as therapeutic agents: chemistry and pharmacology*, in: *Advances in Phytomedicine*. Elsevier, pp. 273–298. [https://doi.org/10.1016/S1572-557X\(05\)02016-7](https://doi.org/10.1016/S1572-557X(05)02016-7)
- Tebbi, S.O., Debbache-Benaid, N., Moulouai, K., Zaidi, S., Kadi, R., 2022. *Optimized ultrasonic-assisted deep eutectic solvents extraction of Clematis flammula L. leaves, phytochemical screening, biological activities and the characterization of its volatile compounds*. *Biomass Convers. Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03585-9>
- Teponno, R.B., Kusari, S., Spittler, M., 2016. *Recent advances in research on lignans and neolignans*. *Nat. Prod. Rep.* 33, 1044–1092. <https://doi.org/10.1039/C6NP00021E>
- The Euro+Med Plantbase Project [WWW Document], n.d. URL <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/PTaxonDetail.asp?NameCache=Drimia%20maritima&PTRefFk=8000000> (accessed 3.18.23).
- Thirumurugan, D., Cholarajan, A., Raja, S.S.S., Vijayakumar, R., 2018. *An Introductory Chapter: Secondary Metabolites*, in: Vijayakumar, R., Raja, S.S.S. (Eds.), *Secondary Metabolites - Sources and Applications*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79766>

- Tobyn, G., Denham, A., Whitelegg, M., 2011. *Drimia maritima*, squill, in: *Medical Herbs*. Elsevier, pp. 155–164. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-10344-5.00020-3>
- Togashi, N., Shiraishi, A., Nishizaka, M., Matsuoka, K., Endo, K., Hamashima, H., Inoue, Y., 2007. Antibacterial Activity of Long-Chain Fatty Alcohols against *Staphylococcus aureus*. *Molecules* 12, 139–148. <https://doi.org/10.3390/12020139>
- Tuncok, Y., Kozan, O., Cavdar, C., Guven, H., Fowler, J., 1995. *Urginea Maritima* (Squill) Toxicity. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 33, 83–86. <https://doi.org/10.3109/15563659509020221>
- Turner, J., O'Loughlin, D.A., Green, P., McDonald, T.O., Hamill, K.J., 2023. In search of the perfect tan: Chemical activity, biological effects, business considerations, and consumer implications of dihydroxyacetone sunless tanning products. *J. Cosmet. Dermatol.* 22, 79–88. <https://doi.org/10.1111/jocd.14968>
- Ujváry, I., 2010. Chapter 3 - Pest Control Agents from Natural Products, in: Krieger, R. (Ed.), *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition)*. Academic Press, New York, pp. 119–229. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374367-1.00003-3>
- Vespermann, K.A.C., Paulino, B.N., Barcelos, M.C.S., Pessôa, M.G., Pastore, G.M., Molina, G., 2017. Biotransformation of  $\alpha$ - and  $\beta$ -pinene into flavor compounds. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 101, 1805–1817. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-8066-7>
- Wang, S., Alseekh, S., Fernie, A.R., Luo, J., 2019. The Structure and Function of Major Plant Metabolite Modifications. *Mol. Plant* 12, 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.06.001>
- Wang, Y., Chen, Y., Zhang, X., Lu, Y., Chen, H., 2020. New insights in intestinal oxidative stress damage and the health intervention effects of nutrients: A review. *J. Funct. Foods* 75, 104248. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104248>
- Wen, L., Zhao, Y., Jiang, Y., Yu, L., Zeng, X., Yang, J., Tian, M., Liu, H., Yang, B., 2017. Identification of a flavonoid C-glycoside as potent antioxidant. *Free Radic. Biol. Med.* 110, 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2017.05.027>
- Werner, D., Apaydin, D., Portenkirchner, E., 2018. An Anthraquinone/Carbon Fiber Composite as Cathode Material for Rechargeable Sodium-Ion Batteries. *Batter. Supercaps* 1. <https://doi.org/10.1002/batt.201800079>
- Yadav, P.B., Manning, J.C., Yadav, S.R., Lekhak, M.M., 2019. A cytotoxic revision of *Drimia* Jacq. (Hyacinthaceae: Urgineoideae) in India. *South Afr. J. Bot.* 123, 62–86. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.018>
- Yadav, S.K., 2010. Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South Afr. J. Bot.* 76, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>
- Yang, R., Ruan, C., Dai, W., Deng, J., Kong, J., 1999. Electropolymerization of thionine in neutral aqueous media and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> biosensor based on poly(thionine). *Electrochimica Acta* 44, 1585–1596. [https://doi.org/10.1016/S0013-4686\(98\)00283-7](https://doi.org/10.1016/S0013-4686(98)00283-7)
- Yang, W., Lyu, P.-C., 2008. The Proteins of Plant Defensin Family and their Application Beyond Plant Disease Control. *Recent Pat. DNA Gene Seq.* 2, 214–8. <https://doi.org/10.2174/187221508786241684>
- Yoganathan, S., Vederas, J.C., 2010. Nonprotein L-Amino Acids, in: *Comprehensive Natural Products II*. Elsevier, pp. 5–70. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08045382-8.00111-8>
- Yulvianti, M., Zidorn, C., 2021. Chemical Diversity of Plant Cyanogenic Glycosides: An Overview of Reported Natural Products. *Molecules* 26, 719. <https://doi.org/10.3390/molecules26030719>
- Zeb, A., 2020. Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *J. Food Biochem.* 44. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13394>
- Zhang, L., Zengin, G., Mahomoodally, M.F., Yildiztugay, E., Jugreet, S., Simal-Gandara, J., Roupheal, Y., Pannico, A., Lucini, L., 2022. Untargeted Phenolic Profiling and Functional Insights of the Aerial Parts and Bulbs of *Drimia maritima* (L.) Stearn. *Plants* 11, 600. <https://doi.org/10.3390/plants11050600>
- Zhou, X., Joshi, S., Patil, S., Khare, T., Kumar, V., 2022. Reactive Oxygen, Nitrogen, Carbonyl and Sulfur Species and Their Roles in Plant Abiotic Stress Responses and Tolerance. *J. Plant Growth Regul.* 41, 119–142. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10294-y>

# ANNEXES

ARTICLE ORIGINAL

1. Khenniche F, Slimani A, Bensouici C, Magboune I, Srief M, Hakkom H. Comparative and Evaluative Study On Total Phenolic Content and Antioxidant Potential Within Hydromythanol Extracts and Their Fractions from All Parts of *Drimia numidica* (JORD. & FOURR.) J.C. MANNING & GOLDBLATT of Northeastern Algeria. *Pharmacogn J.* 2023;15(1): 64-81.

Pharmacogn J. 2023; 15(1): 64-81

A Multidisciplinary Journal in the Field of Natural Products and Pharmacognosy

www.phcogj.com

Original Article

Comparative and Evaluative Study On Total Phenolic Content and Antioxidant Potential Within Hydromythanol Extracts and Their Fractions from All Parts of *Drimia numidica* (JORD. & FOURR.) J.C. MANNING & GOLDBLATT of Northeastern Algeria

Fares Khenniche<sup>1\*</sup>, Abderachid Slimani<sup>1</sup>, Chawki Bensouici<sup>2</sup>, Ibtisssem Magboune<sup>3</sup>, Manel Srief<sup>3,3</sup>, Hamed Hakkom<sup>2</sup>

Fares Khenniche<sup>1\*</sup>, Abderachid Slimani<sup>1</sup>, Chawki Bensouici<sup>2</sup>, Ibtisssem Magboune<sup>3</sup>, Manel Srief<sup>3,3</sup>, Hamed Hakkom<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Plant Biologie and Environnement -Médical Plants-Asie, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar Beaudou, BP 15, 23000 Constantine, ALGERIA.  
<sup>2</sup>Water Analyser Research Center, Al-Mendel (U.S.), P.O. Box 75-H, Oran, Constantine, ALGERIA.  
<sup>3</sup>Water Analyser Laboratory, National Higher School of Biotechnology, Constantine, ALGERIA.

Correspondence

Fares Khenniche

Laboratory of Plant Biology and Environment -Medical Plants- Asia, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar Beaudou BP 15, 23000 Oran, ALGERIA.

E-mail: fares.khenniche@univ-bordj.dz

History

- Submission Date: 07/11/2022;
- Review completed: 06/03/2023;
- Accepted Date: 09/04/2023.

DOI: 10.59000/phcogj.2023.15.10

Article Available online

<http://www.phcogj.com/1510>

Copyright

© 2023 PhcogJ.Com. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ABSTRACT

**Introduction:** *Drimia numidica* is a polyphenol-rich species that has antioxidant capacity, which makes it very important. Nevertheless, *D. numidica* has not been studied in depth. Moreover, its capsules have not been studied so far. This detailed study compared the values of total phenolic content and antioxidant activity of all *D. numidica* parts (capsule, flower, bulb, capsule, leaves, root), from Edough (Annaba, Annaba, Algeria), using hydromythanol extracts and their fractions (cyclohexane, chloroform, ethyl acetate, and n-hexane). **Methods:** The total phenolic content was determined by Folin-Ciocalteu assay, and the antioxidant activity by the following methods: DPPH, Reducing Power, Phenanthroline, Silver Nanoparticles, CUPRAC, and ABTS. Statistical analysis was done using the ANOVA test and a correlation test between antioxidant activity and total phenolic content. **Results:** The Ethyl acetate fraction was found the sample with the highest phenolic content. The same was true for the antioxidant activity in all tests except for the silver nanoparticles test in which cyclohexane extracts scored the best. Considering the methods used in general, there is a correlation between phenolic content and the highest antioxidant activity, but there are some methods that have not recorded any correlation. **Conclusion:** Choosing the appropriate method or extract/fraction type is extremely important. In addition, extracts of *D. numidica* parts could be an important natural alternative to antioxidants industrial.

**Key words:** *Drimia numidica*, Total Phenolic content, Antioxidant activity, Hydromythanol extracts and their fractions.

INTRODUCTION

Aerobic organisms need oxygen for oxidative metabolism, which causes the production of ROS (reactive oxygen species). Therefore, makes these organisms susceptible to oxidative stress, which causes many problems, especially those related to humans, such as Alzheimer's disease, premature aging, diabetes, cancer and others. This severe damage has made the study of antioxidants very important owing to their diverse and effective ability to combat oxidative stress.<sup>1,2</sup> Furthermore, antioxidants have the ability to save food from spoilage and rotting, which makes them important in the fight against economic losses, especially since half of the world's fruit and vegetable crops are lost after harvest.<sup>3</sup>

According to their source, antioxidants can be classified into natural and synthetic. The latter are most often used in the food industry and are included in the human diet,<sup>4</sup> for their cheap price and easy availability.<sup>5</sup> However, the global trend nowadays tends to abandon them due to information about their toxicity, which causes many diseases, including cancer.<sup>6,7</sup>

The growing demands of consumers for safer products that are free from artificial additives make natural antioxidants the subject of numerous

studies.<sup>8,9</sup> In addition, it is important for experts, medical professionals, researchers, and all society layers to know the antioxidants power.<sup>2</sup> For this, a large number of different methods have been developed and attempts have been made to propose unified methods for determining the antioxidant capacity.<sup>1</sup> However, these are not reliable and validated tests to measure the antioxidant capacity of biological and food samples, and relying on a single test to measure the total antioxidant capacity is unrealistic, since no test reflects the total antioxidant capacity of the sample.<sup>8</sup>

Medicinal plants and their extracts are mostly rich in polyphenols contents which are powerful antioxidants. Recently, a large number of pure studies have been interested in its antioxidant properties mainly due to polyphenol compounds.<sup>8</sup>

*Drimis* term (genus, with bulbous plants) was first used by Jacquin in 1797,<sup>10</sup> derived from the Greek word *drimis* (small, peckily)<sup>11</sup> due to its itching and inflammation caused by potassium oxalate, which is found in the leaves and bulbs of their plants.<sup>12</sup>

According to the classification of APG3, *Drimis* genus (geophytes plants) belongs to the Utriculariaceae tribe and Scilloideae subfamily of the Asparagaceae family, whereas it was previously (in APG2) classified in *Argemoneaceae* subfamily of the *Ascaridaceae* family.<sup>16</sup>

Cite this article: Khenniche F, Slimani A, Bensouici C, Magboune I, Srief M, Hakkom H. Comparative and Evaluative Study On Total Phenolic Content and Antioxidant Potential Within Hydromythanol Extracts and Their Fractions from All Parts of *Drimia numidica* (JORD. & FOURR.) J.C. MANNING & GOLDBLATT of Northeastern Algeria. *Pharmacogn J.* 2023; 15(1): 64-81.

## COMMUNICATIONS NATIONALES

### 1. Etude comparative et analyse qualitative des substances chimiques issue de trois extraits des capsules de plante endémique *Drimia numidica* (Jord. & Fourr.) J.C.Manning & Goldblatt du nord-est algérien



### 2. Criblage phytochimique de deux parties souterraines (racine ; bulbe) de plante endémique *Drimia numidica* (Jord. & Fourr.)J.C.Manning & Goldblatt du nord-est algérien.

