

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

*Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques
département de biochimie et microbiologie*

Master biotechnologie et valorisation des plantes



Mémoire de fin de cycle

En vue d'obtention du Diplôme Master II

Extraction et évaluation du pouvoir antioxydant des polyphénols totaux d'*Arum italicum*

Présenté par :

BENDOU Ouardia & MAMOU Mohamed

Devant le jury :

Président: Mme TALEB-TOUDERT K.

MCB

Examineur: Mme AIT MENGELLET-TALEB K.

MCB

Promoteur: M.BOUAZZA .B

MCA

Année universitaire 2018-2019



Remerciement

Nous remercions notre DIEU qui nous à aidé à faire ce modeste travail.

Nous tenons à remercier vivement notre promoteur Mr B.BOUAZZA pour son encadrement et pour sa contribution à travers sa disponibilité, son temps et son expérience.

Nous remercions également Mr M.BENSIDHOUM, Cheikh YOUSSEF de PND de Tizin n'Thlata, Mme SMAIL et

l'ensemble des enseignants de BPV, Mme TALEB et les autres et surtout Mme N'AIT KACI et les autres enseignants de biotechnologie et valorisation des plantes qui ont aidés dans notre formation et nos familles ,pour leurs soutien, leur générosité et leur sacrifice.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ *La mémoire de mon père*
- ❖ *La mémoire de ma grand mère.*
- ❖ *Ma très amie Assia.*
- ❖ *Ma très chère tante qui a consacré tout son temps pour notre bien.*
- ❖ *Mes très chers frères: Ali, Massinissa.*
- ❖ *Mes chers amis(es).*
- ❖ *Mon cher binôme et sa famille.*
- ❖ *Toute la promotion biotechnologie et valorisation des plantes.*

Ouardia

- ❖ *Je dédie ce modeste travail à :*
- ❖ *Ma très chère mère.*
- ❖ *Mon très chère père.*
- ❖ *Mes chères sœurs et frères.*
- ❖ *Mes chers amis.*
- ❖ *Mon très cher binôme et sa famille.*
- ❖ *Toute la promotion de biotechnologie et valorisation des plantes*

Mohamed



(Tu) : tubercules

(F) : Feuilles

(T) : Tiges

(AZ) : Ain Zaouïa

(TG) : Tala Guilef

(TT) : Tizi n'tlatha

Figure 1 : Sites de production intracellulaire des radicaux libres	5
Figure 2 : Schématisation des molécules intervenant dans les protections cellulaires	8
Figure 3 : Structure des phénols simples	10
Figure 4: Structure de base de l'acide hydroxybenzoïque	12
Figure 5 : Structure de base de l'acide hydroxycinnamique	12
Figure 6: Structure de base des flavonoïdes.....	13
Figure 7: les différentes classes des flavonoïdes	13
Figure 8 : Structure de base des coumarines	15
Figure 9 : classification des coumarines	16
Figure 10: Quelques dérivés des stilbènes	17
Figure 11: Structure et numérotation du carbone de phénylpropane.....	17
Figure 12: Structure et numérotation du carbone des lignanes.....	17
Figure 13: structure d'un tanins hydrolysables.....	18
Figure 14: Structure des tannins condensés.....	19
Figure 15: la feuille d' <i>Arum italicum</i>	21
Figure 16: L'inflorescence d' <i>Arum italicum</i>	22
Figure 17: Les fruits d' <i>Arum italicum</i>	22
Figure 18: Les racines d' <i>Arum italicum</i>	23
Figure 19 : Taux de composés phénoliques des extraits éthanoliques des trois parties de la plante <i>Arum italicum</i> récoltées au niveau des trois régions	28
Figure 20 : Taux de composés phénoliques des extraits acétoniques des trois parties de la plante <i>Arum italicum</i> récoltées au niveau des trois régions.....	29
Figure 21: Pouvoir réducteur des extraits éthanoliques des trois parties de la plante <i>Arum italicum</i> récoltées au niveau des trois régions	31
Figure 22 : Pouvoir réducteur des extraits acétoniques des trois parties de la plante <i>Arum italicum</i> récoltées au niveau des trois régions.....	32
Figure 23 : Activité antioxydante totale des extraits éthanoliques des trois parties de la plante <i>Arum italicum</i> récoltées au niveau des trois régions.....	34

Figure 24 Activité antioxydante totale des extraits acétoniques des trois parties de la plante *Arum italicum* récoltées au niveau des trois régions.....35

Tableau I : Quelques exemples des médicaments synthétisés à partir des plantes médicinales.....	2
Tableau II : Type des espèces réactives d'oxygène	5
Tableau III : les différentes classes des polyphénols	10
Tableau IV : Les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque	11
Tableau V: Les dérivés de l'acide hydroxycinnamique	11
Tableau VI: les différentes classes des flavonoïdes	14
Tableau VII: les usage traditionnelle d' <i>Arum italicum</i>	23

Annexe I : Courbes d'étalonnages utilisées pour le dosage des polyphénols totaux.

Annexe II : courbes d'étalonnage de pouvoir réducteur et l'activité antioxydante totale.

Annexe III : Relation entre la teneur en polyphénols, l'activité anti oxydante et l'altitude.

Annexe IV : Préparation des différentes solutions utilisées

La table des matières :

La liste des abréviations

La liste des tableaux

La liste des figures

La liste des annexes

INTRODUCTION GENERALE 1

I- LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**CHAPITRE I****Les plantes médicinales comme alternative thérapeutique**

1- Terminologie.....	2
1-1- La phytothérapie	2
1-2- La plante médicinale	2
2- Usage des plantes médicinales dans la production pharmaceutique.....	2
3- Limites et inconvénients de l'usage des plantes médicinales dans la production pharmaceutique.....	3
4- Avantages et perspectives de l'usage des plantes médicinales comme alternative thérapeutiques	4
a- Les avantages.....	4
b- Les perspectives.....	4

CHAPITRE II**Les radicaux libres et le mécanisme d'action des antioxydants**

1- Le stress oxydatif	5
1-1- Terminologie	5
a- Le stress oxydatif	5
b- Les espèces réactives d'oxygènes	5
c- Les radicaux libres	5
1-2- Biosynthèse et origines des ROS	5
1-3- Type des espèces réactives d'oxygène	6
1-4- Les maladies causées par les radicaux libres	
1-5- L'activité antioxydante.....	6
1-6- Les antioxydants.....	6
1-7- Mécanisme d'action des antioxydants.....	7
1-8- Types des antioxydants	7
a- Les antioxydants enzymatiques.....	7
b- Les antioxydants non enzymatiques.....	7

CHAPITRE III

Les composés actifs d'origine végétale

1- les métabolites secondaires	9
1-1-1	
es métabolites.....	9
1-2- les métabolites secondaires.....	9
2- Origines et voie de synthèse des métabolites secondaire	9
3- Classification	9
3-1- Les polyphénols.....	9
A- Structure de base.....	9
B- Voie de synthèse	10
C- Classification	11
a- Les acides phénoliques	11
b- Les flavonoïdes.....	12
c- les coumarines	15
d- les stilbènes.....	16
e- Les lignanes	17
f- Les tannins	18
D- Activités biologiques des polyphénols	19

CHAPITRE IV

Généralités sur *Arum italicum*

1- Taxonomie et systématique d' <i>Arum italicum</i>	20
2- Description botanique	20
- Les feuilles	20
- L'inflorescence	21
- Les fruits et les graines.....	21
- Les tubercules.....	22
3- Habitat naturelle	22
4- Distribution géographique	22

II- LA PARTIE EXPERIMENTALE

1- Le matériel végétal	24
1-1- L'échantillonnage	24
1-2- Le séchage	25
2- Méthodes	25
2-1- Extraction des polyphénols	25
2-1-1. Dosage des polyphénols	26

2-1-2. Le pouvoir réducteur	26
2-1-1- L'activité antioxydante totale	27
3- Les analyses statistique	27

III- Résultats et discussion

1- Dosage des polyphénols totaux	28
2- Le pouvoir réducteur	31
3- L'activité antioxydante totale	34
4- Relation entre la teneur en polyphénols, l'activité anti oxydante et l'altitude	36
Conclusion.....	38

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Depuis la nuit des temps, la plante a toujours appartenu au paysage quotidien de l'Homme. Il en a utilisé toutes ses parties pour son alimentation, son habillement, ses constructions et comme source d'énergie, mais surtout pour préparer les remèdes aux différentes maladies humaines grâce à sa richesse en composés à valeur thérapeutique.

L'utilisation de médicaments et de compléments alimentaires dérivés de plantes s'est intensifiée ces dernières années. Plusieurs chercheurs étudient actuellement les plantes médicinales pour leur richesse en composés chimiques intéressants tels que les métabolites secondaires qui pourraient être mis au point pour le traitement de plusieurs maladies (FOKUNANG et al., 2011; Acharya et al., 2008; Jiofack et al., 2006).

Actuellement, beaucoup d'attention est accordée à l'utilisation des antioxydants d'origine végétale spécialement les polyphénols et la vitamine C pour faire face au processus oxydatif incontrôlable induit par les espèces réactives oxygénées (ROS). L'accumulation de ces molécules dans l'organisme déclenche une chaîne réactionnelle radicalaire qui dégrade les molécules vitales biologiques et à long terme ceci peut contribuer à l'apparition de diverses pathologies comme les cancers, les maladies cardio-vasculaires, le diabète, l'hypertension et la maladie d'Alzheimer (Col et al., 2005; Liu, 2003; Riboli et Nora, 2003).

Arum italicum est une plante appartenant à la famille des Araceae, largement distribuée en Afrique du nord (Algérie, Maroc et Tunisie). Il est signalé que leurs tubercules et leurs feuilles sont utilisés comme savon en Europe. De plus, elle est consommée par la population locale pendant une période bien précise de l'année (début de l'hiver) pour éviter sa toxicité. Enfin, les tubercules sont utilisés aussi pour traiter le cancer du sein, alors que les feuilles sont utilisées comme traitement contre la toux (Enquête ethnobotanique faite non accordée).

Une étude récente a montré que les tubercules d'*Arum italicum* présentent une activité anti-cancéreuse très modérée contre les cellules cancéreuses pulmonaires A549 et les cellules de carcinome du sein MCF-7 (Hale et al., 2018). D'autres études ont montré que cette plante présentait une forte activité antioxydante (piégeage de DPPH) et un effet protecteur sur les acides gras polyinsaturés (Oguz et al., 2012). Ducceschi et al en 2001 ont montré qu'*Arum italicum* présentait un pouvoir de chélateur de métaux et, de ce fait, pourrait être utilisé comme moyen de biorestauration des sols contaminés.

L'objectif de notre étude était: i) de quantifier le taux des polyphénols totaux présents dans les trois parties d'*Arum italicum* (tiges, feuilles et tubercules), ii) d'évaluer le pouvoir réducteur et l'activité antioxydante totale des polyphénols de chaque partie de la plante en fonction de l'altitude.

LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : les plantes médicinales comme alternative thérapeutique

1- Terminologie

1-1- La phytothérapie

La phytothérapie est définie comme discipline allopathique basée sur l'usage des plantes médicinales, pour traiter certains troubles fonctionnels et/ou pathologiques, c'est une thérapie inspirée de la médecine traditionnelle. Les remèdes utilisés contiennent des concentrations très faibles de principes actifs (FABIO *et al.*, 2007).

1-2- La plante médicinale

Est une plante qui possède ou moins dans une de ses parties (tiges, feuilles, racines etc....) des propriétés thérapeutiques lorsqu'elle est utilisée à certaines doses (GAZENDEL *et al.*, 2013).

On distingue deux types des plantes médicinales :

- a) **L'allopathie** : regroupe les plantes médicinales qui ont une action immédiate et efficace sur la cible, cependant la majorité de ces plantes sont toxiques (MOREAU, 2003).
- b) Les plantes qui ne possèdent pas des effets iatrogènes mais ont une faible action (MOREAU, 2003)

2- Usage des plantes médicinales dans la production pharmaceutique :

Au cours des dernières années, plusieurs recherches sont effectuées pour la découverte des médicaments à base des plantes qui constituent une source importante de la thérapie complémentaire et alternative de la thérapie chimique (SI-YUANPAN *et al.*, 2013).

Plus de 80 % des substances médicamenteuses sont soit directement dérivées de produits naturels, soit développées à partir d'un composé naturel (MARIDASS *et al.*, 2008) et parmi ces substance 80% des médicaments antimicrobiens, cardiovasculaires, immunosuppresseurs et anticancéreux sont d'origine végétale (GORDALIZA., 2009).

Tableau 1 :Quelques exemples des médicaments synthétisés à partir des plantes médicinales

La plante	La molécule	Maladie traité	Références
<i>Artemisia annua</i>	Artemisinine	Malaria	(KUMAR <i>et al.</i> , 2009)
<i>Taxus brevifolia nutt</i>	Le paclitaxel	cancers (inhibiteur mitotique)	(WALL <i>et al.</i> , 1996; OBERLIES <i>et al.</i> , 2004)
<i>Camptotheca acuminata Decne</i>	la camptothécine	Cancers	(WALL <i>et al.</i> , 1996; CRAGG <i>et al.</i> , 2004).
<i>Papaver somniferum</i>	Morphine	Douleurs puissantes	(GUPTA <i>et al.</i> , 2005; GURIB-FAKIM <i>et al.</i> , 2005)
<i>Rauvolfia serpentina</i>	Serpentine	Hypertension artérielle	(GUPTA <i>et al.</i> , 2005; GURIB-FAKIM <i>et al.</i> , 2005)
<i>Colchicum spp</i>	Colchicine	Goutte (fixation de tubuline)	(UTLER, 2005, 2008; BUTLER <i>et al.</i> , 2014; FÜRST <i>et al.</i> , 2014; NEWMAN <i>et al.</i> , 2012)
<i>Galanthus caucasicus</i>	La Galanthamine	Démence associée à la maladie d'Alzheimer	(UTLER, 2005, 2008; BUTLER <i>et al.</i> , 2014; FÜRST <i>et al.</i> , 2014; NEWMAN <i>et al.</i> , 2012)
<i>Cannabis sativa L</i>	Cannabidol	Douleur neuropathique chronique	UTLER, 2005, 2008; BUTLER <i>et al.</i> , 2014; FÜRST <i>et al.</i> , 2014; NEWMAN <i>et al.</i> , 2012)

3- Limites et inconvénients de l'usage des plantes médicinales dans la production pharmaceutique

- Problème l'accessibilité à la matière première (DAVID *et al.*, 2015).
- LA faible quantité de produits naturels (DAVID *et al.*, 2015).
- Infections faciles pendant la croissance, le traitement et la collecte des plantes médicinales (CLARK, 1996).
- Contamination et pollution avec les métaux lourds (CLARK, 1996).
- Problèmes environnementaux et écologiques, plusieurs espèces végétales à intérêts pharmaceutiques sont en voie d'extinction à cause de la forte exploitation et de la destruction de leurs habitats naturelles (BENTLEY *et al.*, 2010) .

4- Avantages et perspectives de l'usage des plantes médicinales comme alternative thérapeutique

a- Les avantages

- permet de réaliser un examen pratique sur les effets thérapeutiques et de l'efficacité de la plante (ZHANG ., 2011).
- facilite la détermination des doses toxiques pour contrôler la qualité des formulations thérapeutiques (ZHANG ., 2011).

b- Perspectives

L'étude et l'identification des composés végétaux actifs et leurs effets peuvent conduire à la découverte des nouvelles molécules à des effets thérapeutiques, pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de réaliser des recherches fondamentales et approfondies pour contrôler la qualité des médicaments bruts et leurs formulation , par la suite, les études sur les animaux et les essais cliniques sont importants pour exploiter les bienfaits de ces plantes (JAMSHIDI-KIA *et al.*, 2018).

Chapitre II : Les radicaux libres et le mécanisme d'action des antioxydants**1- Le stress oxydatif****1-1- Terminologie****a- Le stress oxydatif**

Le stress oxydatif est défini comme une perturbation de l'équilibre entre la production des radicaux libres et les antioxydants, le déséquilibre entre ces deux éléments peut potentiellement entraîner des lésions cellulaires au niveau moléculaire (MICHAL *et al.*, 2015).

b- Les espèces réactives d'oxygènes

Les espèces réactives d'oxygène (ROS) sont une famille de molécules qui sont générées, transformées et consommées en continu dans tous les organismes vivants aérobique (BRYAN *et al.*, 2012).

Ils désignent un groupe d'oxydants, qui sont soit des radicaux libres, soit des espèces moléculaires capables de générer des radicaux libres.

c- Les radicaux libres :

Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules très réactifs avec un ou plusieurs électrons non appariés dans leur enveloppe externe et peuvent se former lorsque l'oxygène interagit avec certaines molécules (CHANDRASEKARAN *et al.*, 2017).

1-2- Biosynthèse et origines des ROS

Le ROS peut être produit à partir de sources endogènes ou exogènes. Les sources endogènes comprennent différents organes cellulaires tels que les mitochondries, les peroxysomes et le réticulum endoplasmique, où la consommation d'oxygène est élevée (PHANIENDRA *et al.*, 2015).

Les sources de production exogènes sont liées à l'environnement et au mode de vie, parmi ces facteurs on peut citer : les agents cancérigènes non-génotoxiques, l'exposition prolongée au soleil et ainsi les rayonnements UV induisent la synthèse de $O_2 \bullet$ (MARTINEZ-CAYUELA, 1995 ; CHEN *et al.*, 2012).

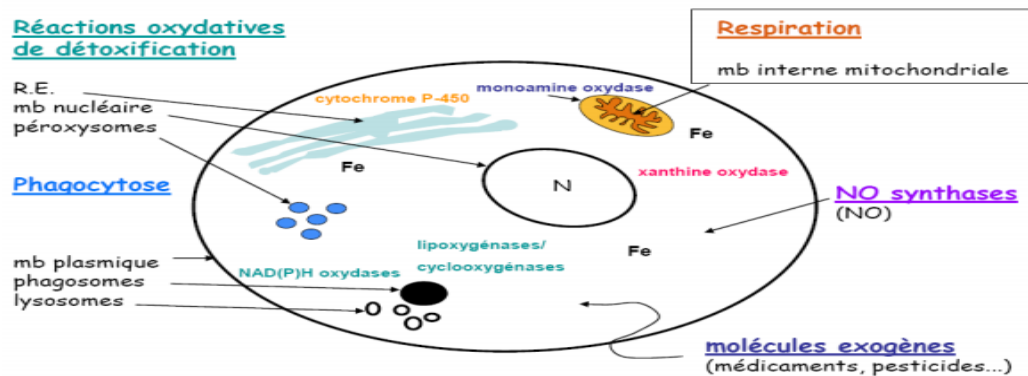


Figure 1. Sites de production intracellulaire des radicaux libres (SERTEYN *et al.*, 2003)

1-3- Type des espèces réactives d'oxygène

Type	Caractéristiques	Références
Le peroxyde d'hydrogène (H ₂ O ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • Ce n'est pas un radical libre. • Il peut endommager la cellule à une concentration relativement faible. • Il peut endommager l'ADN en produisant un radical hydroxyle (OH⁻). 	(HALLIWELL <i>et al.</i> , 2000)
Le radical hydroxyle (OH ⁻)	<ul style="list-style-type: none"> • radical libre très réactif, c'est la forme neutre de l'ion hydroxyde. • Il se forme dans une réaction de Fenton, dans laquelle H₂O₂ réagit avec des ions métalliques : $\text{Fe}^{+2} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{+3} + \text{OH}^\cdot + \text{OH}^-$ (réaction de Fenton). 	(HABER <i>et al.</i> , 1939 ; BEDWELL <i>et al.</i> , 1989)
L'ion superoxyde (O ^{•-2})	<ul style="list-style-type: none"> • le ROS le plus répandu et le plus important. • Produit principalement dans la mitochondrie • Agit comme un agent réducteur et il réduit les complexes de fer : $\text{O}_2 + e^- \rightarrow \text{O}^{\cdot-2}$ $\text{O}_2 + \text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3} + \text{O}^{\cdot-2}$ (auto-oxydation) 	(KUPPUSAMY <i>et al.</i> , 1989 ; MICHELSON <i>et al.</i> , 1979 ; BIELSKI <i>et al.</i> , 1985)

Tableau II : Type des espèces réactives d'oxygène .

1-4- Les maladies causées par les radicaux libres

Les radicaux libres jouent un rôle capitale dans la formation de nombreuses maladies tel que le cancer, le diabète, les inflammations, les maladies neurodégénératives, l'asthme et les maladie cardiovasculaires (ALUGOJU *et al.*, 2015).

2- L'activité antioxydante**2-1- Les antioxydants :**

Les antioxydants sont toute substance qui, lorsqu'elles sont présentes à des faibles concentrations comparativement à celles d'un substrat oxydable, retardent ou empêchent significativement l'oxydation de ce substrat (HALLIWELL et GUTTERIDGE., 1995)

Le substrat oxydable comprend toutes les molécules organiques trouvées in vivo, plus simplement, les antioxydants sont toute substances qui retardent, empêchent ou éliminent les dommages oxydatifs à une molécule cible.

2-2- Mécanisme d'action des antioxydants

Les antioxydants jouent un rôle important dans la réduction ou l'élimination des espèces réactives d'oxygène en les piégeant pour former un composé stable, séquestration des métaux de transition libres, et génération du glutathion (GSH) (HERRERA *et al.*, 2001).

2-3- Type des antioxydants

a) Les antioxydants enzymatiques

d- Les catalases :

Les catalases sont des enzymes qui réagissent très efficacement avec le H_2O_2 pour former de l'eau et de l'oxygène moléculaire et avec les donneurs de l'hydrogène « H », La catalase protège les cellules contre le H_2O_2 généré à l'intérieur (MATES *et al.*, 1999).

e- La glutathion peroxydase

Est une enzyme qui agit conjointement avec le tripeptide de glutathion (GSH).

Le glutathion peroxydase catalyse la réduction de l'hydro peroxyde à l'aide de GSH, protégeant ainsi les cellules de mammifères des dommages oxydatifs (VALKO *et al.*, 2006 ; LIMON-PACHECO *et al.*, 2009; MATES *et al.*, 1999) .

f- Coenzyme Q10 :

C'est une ubiquinone liposoluble qui est synthétisée dans la membrane mitochondriale interne, la membrane de l'appareil de Golgi et la membrane lysosomiale (NELSON *et al.*, 2005).

Il possède une forte activité antioxydante, il est également efficace pour interrompre les réactions en chaîne des radicaux libres. Cette activité est limitée au milieu liposoluble en raison de sa longue chaîne latérale (NOHL *et al.*, 2001).

b) Les antioxydants non enzymatiques

g- la vitamine C

C'est un antioxydant hydrosoluble ce qui facilite sa diffusion dans les matrices intra et extracellulaires, son potentiel antioxydant est lié à l'élimination directe de l' O_2^{--} et de l' $HO\cdot$ (SILVA *et al.*, 2010 ; VALKO *et al.*, 2006).

h- β -carotène

C'est un précurseur hydrophile de la vitamine A, son activité antioxydante est liée à l'élimination de l' O_2^{--} et des radicaux libres formés pendant la peroxydation des lipides (SALIVA *et al.*, 2010 ; Niki., 1989).

i- les flavonoïdes

Sont des antioxydants plus efficaces que les vitamines C et E, l'activité antioxydante des flavonoïdes dépend de leur structure et peut être déterminée par cinq facteurs : réactivité en tant qu'agent donneur de H^+ et d'électrons, stabilité du radical flavanol formé, réactivité par rapport aux autres antioxydants, capacité de chélation des métaux de transition et solubilité et interaction avec les membranes (BARREIROS *et al.*, 2006).

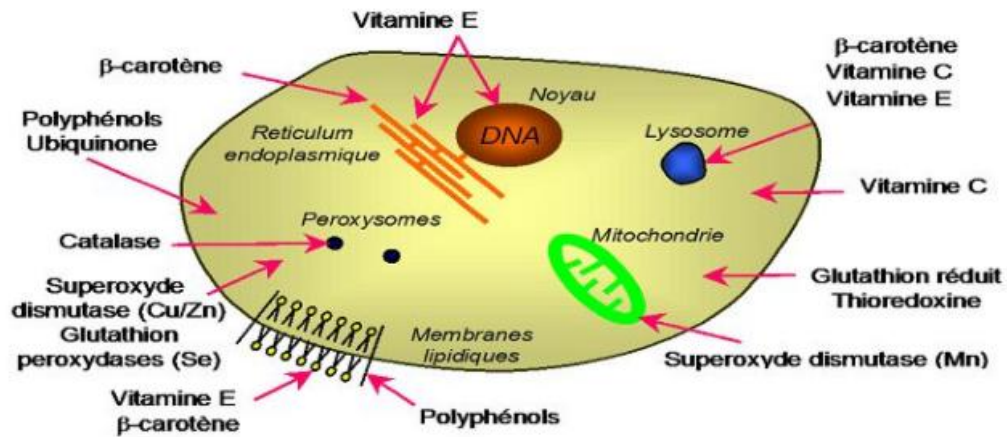


Figure 2. Schématisation des molécules intervenant dans les protections cellulaires (REZAIRE, 2012)

Chapitre III : les composés actifs d'origine végétale**1- les métabolites secondaires****1-1- les métabolites**

Sont de petites molécules qui sont soit un intermédiaire ou un produit d'un métabolisme (JIAN ZHAOA *et al.*, 2005).

1-2- les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires des plantes sont des composés chimiques produits par les végétaux par les voies métaboliques dérivées des voies primaires (JONES *et al.*, 1953).

Ce sont des composés qui ne sont pas nécessaires à la vie d'une cellule ou d'un organisme, mais qui jouent un rôle dans l'interaction de ces derniers avec leur environnement

(SAURABH *et al.*, 2015).

2- Origines et voie de synthèse des métabolites secondaires

Les voies de biosynthèse les plus courantes responsables de la synthèse des métabolites secondaires sont généralement trois : le pentose pour les glycosides, les polysaccharides, l'acide shikimique pour les phénols, les tanins, les alcaloïdes aromatiques, l'acétate-alonate pour les phénols et les alcaloïdes et l'acide mévalonique pour les terpènes, stéroïdes et alcaloïdes (DEWICK *et al.*, 2002).

3- Classification

Les métabolites secondaires peuvent être classés en fonction de leurs structures chimiques (présence ou absence du cycle, présence ou absence du sucre), leurs solubilités dans le solvant, ou leurs voies de synthèse. Généralement, ils sont classés selon leurs voie de synthèse, Ils peuvent être divisés en trois groupes chimiquement différents : les polyphénols, les terpènes, les composés azotés et sulfurés (RANI *et al.*, 2015).

3-1- Les polyphénols

Les polyphénols constituent un groupe de molécule le plus répandu dans le règne végétal (PENGELLY, 2004).

Ils sont synthétisés dans les différentes parties de la plante en réponse à des stress écologiques et physiologiques tel que les attaques des pathogènes, les rayonnements UV et les blessures. De plus ils contribuent à la coloration des plantes (FRANKEL *et al.*, 1993; DELMAS *et al.*, 2011).

A) Structure de base

Les composés phénoliques possèdent au moins un cycle aromatique avec une ou plusieurs substitutions hydroxyles (FALCONE *et al.*, 2012).

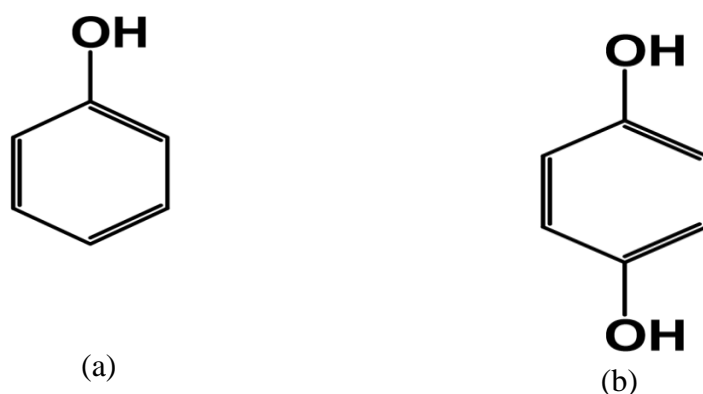


Figure 3. Structure des phénols simples (C6) : phénol et Hydroquinone : (a) Structure d'un phénol, (b) Structure d'un Hydroquinone (JUSTIN *et al.*, 2014)

B) Voie de synthèse

Les polyphénols sont synthétisés à partir de deux voies métaboliques : la voie de l'acide shikimique responsable de la production des phénylpropanoïde, et la voie de l'acide acétique, dans laquelle les phénols simples sont principalement formés (SANCHEZ-MORENO., 2002; HOLLMAN *et al.*, 2001).

C) Classification

Les composés phénoliques végétaux sont classés comme phénols simples ou complexes en fonction du nombre d'unités phénoliques dans la molécule. Ainsi, les phénols végétaux comprennent les phénols simples, les coumarines, les lignines, les lignanes, les tannins condensés et hydrolysables, les acides phénoliques et les flavonoïdes (SOTO-VACA *et al.*, 2012).

Le squelette	Classification	Références
C6	phénol simple et benzoquinones	(VERMERRIS <i>et al.</i> , 2006; HARBORNE <i>et al.</i> , 1980)
C6-C1	Les acide hydroxybenzoïque	
C6-C3	Les acides hydroxycinnamiques et les coumarines	
C6-C2-C6	Les stilbènes	
C6-C3-C6	Flavonoïdes	
(C6-C3) ₂	Les lignanes et néolignanes	
(C6-C3) _n	Les lignines	
(C6-C3-C6) _n	Tannins	

Tableau III. Les différentes classes des polyphénols.

a) Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont l'une des classes principales des polyphénols, largement réparties dans le règne végétal, peuvent être présents sous forme d'esters, glycosides ou amides, mais rarement sous forme libre. La variation des acides phénoliques réside dans le nombre et l'emplacement des groupes hydroxyles sur le cycle aromatique (TOMAS-BARBERAN *et al.*, 2001; PEREIRA *et al.*, 2009).

Existent dans presque tous les aliments végétaux : fruits, légumes et céréales. Ils sont dispersés dans toutes les parties de la plante : les graines, les feuilles, les racines et les tiges (MACHEIX *et al.*, 1990; SHAHIDI *et al.*, 1995).

Ils sont composés de deux groupes principaux, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques

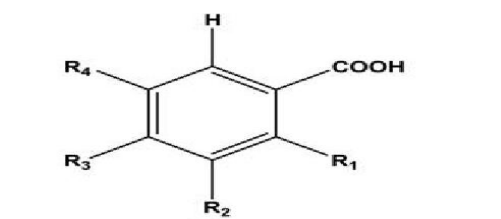


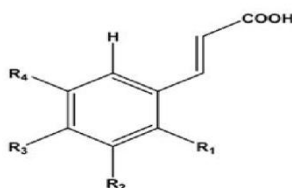
Figure 4. Structure de base de l'acide hydroxybenzoïque (MAMTA *et al.*, 2012).

Position	R1	R2	R3	R4
Acide benzoïque	H	H	H	H
Acide vanillique	H	OH	OH	OH
Acides gallique	H	OCH3	OH	H
Acide salicylique	OH	H	H	H

Tableau IV. Les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (MAMTA *et al.*, 2012).

Les acides hydroxycinnamiques

Les acides hydroxycinnamiques possèdent une structure chimique simple constituée d'un phénylpropanoïde (C6-C3) et de la présence d'un groupe carboxyle dans la chaîne latérale, les composés de l'acide hydroxycinnamique sont produits sous forme de simples esters avec du glucose ou des acides hydroxy carboxyliques. (MANDAL *et al.*, 2010).

Figure 5. Structure de base de l'acide hydroxycinnamique (MAMTA *et al.*, 2012)

Position	R1	R2	R3	R4
Acide cinnamique	H	H	H	H
Acides férulique	H	OCH3	OH	H
Acides caféique	H	OCH3	OH	OCH3
Acides sinapique.	H	OH	OH	H

Tableau V. Les dérivés de l'acide hydroxycinnamique (MAMTA *et al.*, 2012)

b) Les flavonoïdes

Sont les polyphénols les plus répandus dans les tissus végétales, ils sont présents généralement dans les grains, la noix, les épices les herbes aromatiques, les céréales (flavones apigénines, et lutéolines), et les agrumes: hespéritine et la nargine (PANCHE *et al.*, 2016).

Les flavonoïdes contribuent à la teinte brillante des couleurs bleus écartes et oranges des feuilles, fleurs et fruits (PANCHE *et al.*, 2016).

⇒ Structure de base

Les flavonoïdes se composent de 15 atomes de carbone et forment 3 cycles (C6-C3-C6) nommés A, B et C. La variation de structures des flavonoïdes résulte de l'empilement et de la configuration des réactions d'hydroxylation, phénylation, d'alcalisation et de glycosylation qui modifient les structures moléculaires de bases, ils sont généralement présents sous forme glycosylée dans la plante (STALIKAS *et al.*, 2007).

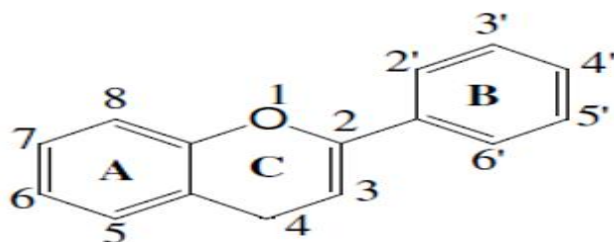


Figure 6. Structure de base des flavonoïdes (PIER-GIORGIO., 2000)

⇒ Classification des flavonoïdes :

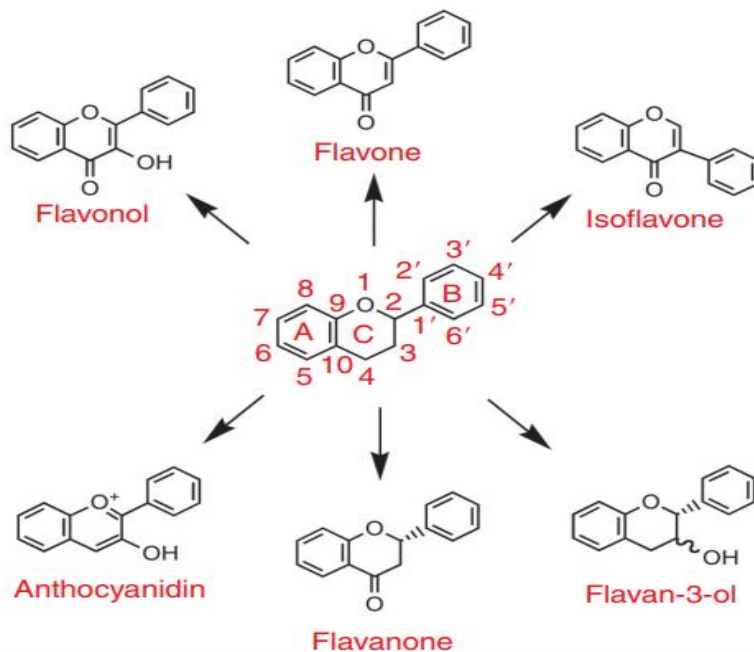


Figure7. Les différentes classes des flavonoïdes (CROZIER *et al.*, 2016)

Les classes des flavonoides	La structure	Les sous classes
<p>Les flavones :</p> <p>(PIER-GIORGIO.,2000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ présente une double liaison entre la position 2-3 et une cétone en position 4 dans le cycle C. ➤ La majorité un groupe hydroxyle en position 5 de cycle A et hydroxylation en position 7 de cycle C et 3' 4' de cycle B (IWASHINA., 2013) 	<p>Lutéolines, Apigénines, Chrysin (PIER-GIORGIO, 2000)</p>
<p>Les flavonoles</p> <p>(PIER-GIORGIO., 2000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ présentent un groupe hydroxyle en position 3 du cycle C qui peut être aussi glycosilé. ➤ présent également des formes divers de méthylation, d'hydroxylation et de glycosylation (IWASHINA., 2013). 	<p>Quercetin, Kaempferol Galangin, Fisetin, Myricetin (PIER-GIORGIO, 2000)</p>

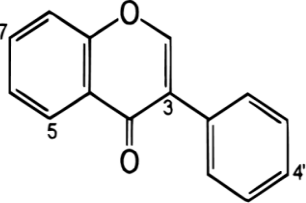
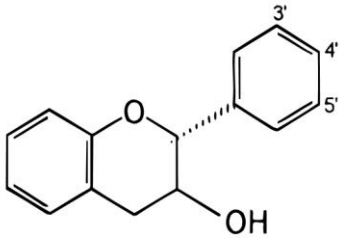
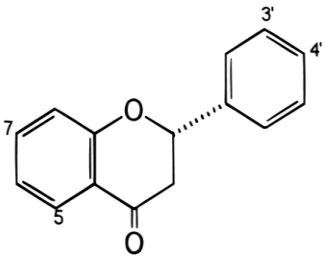
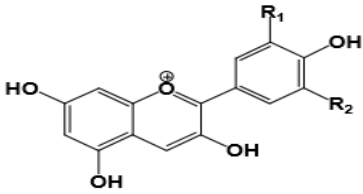
<p>Les iso flavones :</p>  <p>(PIER-GIORGIO, 2000)</p>	<p>ont une structure chimique similaire à celle de l'œstrogène 17β-estradiol de mammifère, (SETCHELL <i>et al.</i>, 1988).</p>	<p>Genistein, Genistin Daidzein, Daidzin Biochanin A, Formononetin (PIER-GIORGIO, 2000)</p>
<p>Flavane 3-ol. :</p>  <p>(PIER-GIORGIO, 2000)</p>	<p>Sont les dérivés de 3-hydroxyflavanone, le groupe hydroxyle est toujours lié au troisième carbone du cycle « C » avec l'absence de la double liaison en position 2,3. (IWASHINA., 2013).</p>	<p>Catéchine, Epicatechin, Epigallocatechin.</p>
<p>Flavonones</p>  <p>(PIER-GIORGIO, 2000)</p>	<p>Présentent un cycle « C » saturé contrairement aux flavones, la double liaison se situe entre la position 2 et 3, et c'est la seule différence structurale entre ces deux groupes de flavonoïdes. (IWASHINA., 2013)</p>	<p>Naringeni, Hesperetin.</p>
<p>Anthocyanidines</p>  <p>(PIER-GIORGIO, 2000)</p>	<p>Le noyau fondamental est le chlorure de flavylium, des dérivés du 3,5,7-trihydroxyflavylium, sont rares dans les plantes fraîches. A cause de leur instabilité. (HARBOME <i>et al.</i>, 1995)</p>	<p>Cyanidin, Delphinidin, Petunidin, Peonidin, Malvidin.</p>

Tableau VI. les différentes classes des flavonoïdes

c) les coumarines

Le nom coumarine vient d'un terme français qui désigne la fève Tonka « coumarou », graines de *Dipteryx odorata* (*Coumarouna odorata*) (VENUGOPALA *et al.*, 2013; BORGES *et al.*, 2005).

Ce sont des substances incolores et cristallines constituent une large classe de substances phénoliques présentes dans les plantes (AOYAMA *et al.*, 1992) .

⇒ **Structure de base**

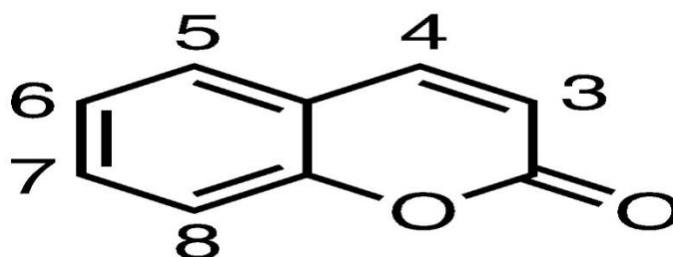


Figure 8. Structure de base des coumarines (VENUGOPALA *et al.*, 2013)

La structure des coumarines est constituée d'un noyau benzénique fusionné avec un cycle de α -pyrone, ils ont un substituant oxygéné en position 7, soit libre ou combiné (méthyle, sucres, etc.). Ils sont généralement à l'état libre dans les plantes (MIRANDA *et al.*, 2001; CAI Y *et al.*, 2006).

⇒ **classification**

Les coumarines naturelles sont principalement classées en différents groupes en fonction de leurs structure chimique (VENUGOPALA *et al.*, 2013).

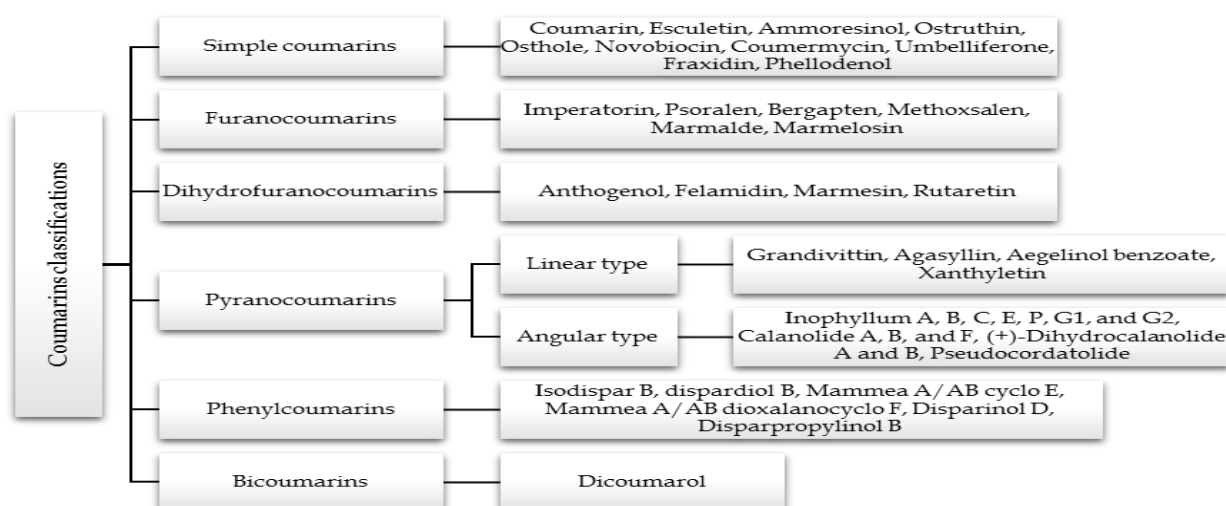


Figure 9. Classification des coumarines Maria (JOAO MATOS *et al.*, 2015).

d) les stilbènes

Les stilbènes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire, produit par certains nombres d'espèce appartenant à certaines familles des gymnospermes et angiospermes dont les Fabacées et les Placées (CHONG *et al.*, 2009) .Ils se forment par la voie de phénylalanine et de polymalonate (HALLE et YU., 2008) .

⇒ structure de base

Les stilbènes sont des 1,2 diarylithines, le cycle A porte habituellement deux groupes HYDROXYLE en position méta, le cycle B est substitué par des groupes hydroxyles et méthoxyles dans le groupe "O-" en position méta, para ou ortha.

⇒ Classifications

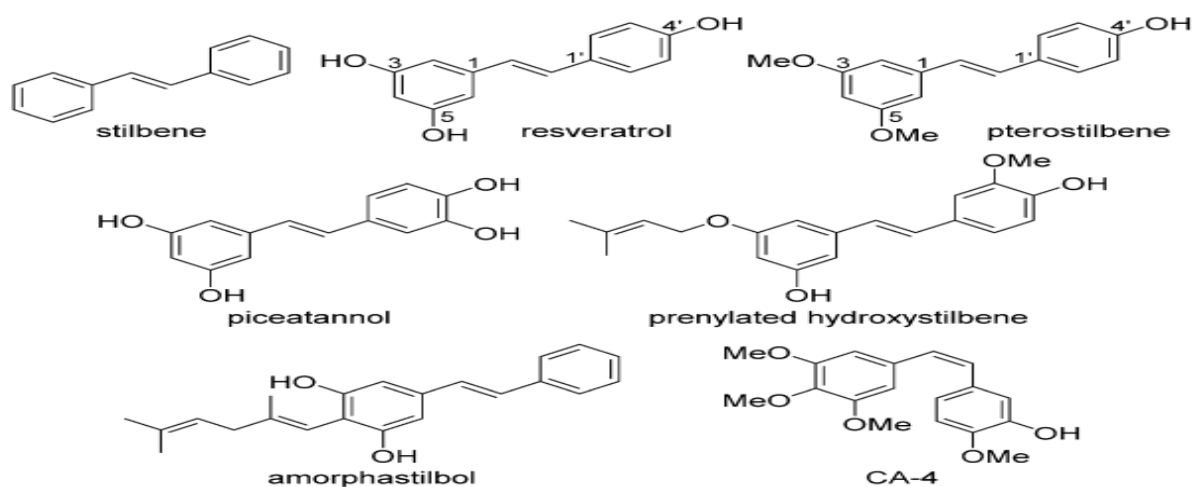


Figure 10. Quelques dérivés des stilbènes (BARBARA DE FILIPPIS *et al.*, 2017)

e) Les lignanes

Les lignanes sont les composés phénoliques des plantes supérieures non nutritives et non caloriques que l'on trouve en plus forte concentration dans les graines de lin et de sésame et en plus faible concentration dans les fruits et légumes (PENTTINEN *et al.*, 2007).

⇒ Structure de base

Les lignanes est un dimère de phénylpropanoïde où deux phénylpropane (C₆C₃) sont liées par leur carbone 8 (β-β'Link) (HAWORTH, 1936).

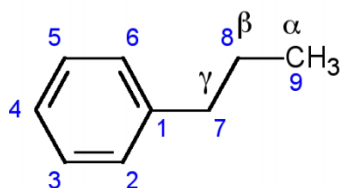


Figure 11. Structure et numérotation du carbone de phénylpropane (MOSS, 2000)

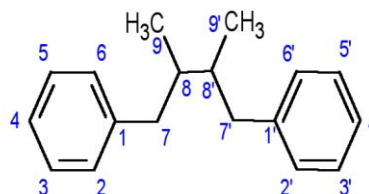


Figure 12. Structure et numérotation du carbone des lignanes (liaison β - β' ou 8,8') (MOSS, 2000)

f) Les tannins

Le nom « tannins » vient du «tan» français qui veut dire l'écorce du chêne vert et des autres arbres utilisés dans le tannage (HARBORNE., 1999; SCHOFIELD *et al.*, 2001).

Les tanins se présentent sous forme de masses informe jaunâtres ou brun clair comme la poudre, les flocons ou l'éponge. Ces substances présentent dans les extraits végétales et qui sont responsables de la transformation de la peau des animaux en cuire (SEGUIN.,1980) .

⇒ Structure de base

Les tannins présentent un groupe hétérogène de composés phénoliques de poids moléculaire élevé ayant la capacité de former des complexes réversibles et irréversibles avec les protéines (principalement), les polysaccharides (cellulose, hémicellulose, pectine, etc.), les alcaloïdes, les acides nucléiques et les minéraux (MOLE *et* WATERMAN, 1987 ; MANGAN, 1988 ; MUELLER-HARVEY *et* MCALLAN, 1992; VAN SOEST, 1994; GINER-CHAVEZ., 1996; SCHOFIELD *et al.*, 2001).

Les complexes formés entre les tanins et les protéines ou autres composés sont généralement instables (KUMAR *et* SINGH ., 1984).

⇒ Classification des tannins

Les tannins sont classés selon leur structure et selon leur propriétés physico chimique ou le fractionnement hydrolytique (traitement avec de l'eau chaude) a permis de classer les tannins en tanins hydrolysables (les proanthocyanidines) , et tanins condensés qui sont des oligomères et polymères non hydrolysables (KASHIWADA *et al.*,1992 ;

WEINGES *et al.*, 1999).

➤ Les tannins hydrolysables

Sont une classe de tannins de poids moléculaires varie de 500 à 5000 Da, solubles dans l'eau et peuvent précipiter les protéines et les alcaloïdes (CLARK., 1996; HASLAM, 1989).

Ce sont des esters de sucre (glucose ou des polysaccharides) et d'acides phénoliques ou de leurs dérivés, ils peuvent être hydrolysés dans un milieu acide ou basique ou à l'aide des enzymes. Ce type de tannins peut être classés en gallotannins (GT) et ellagitannins (ET) en fonction des résidus auxquels la liaison ester est formée dans le groupe hydroxyle du glucose (HAGERMAN, 2002).

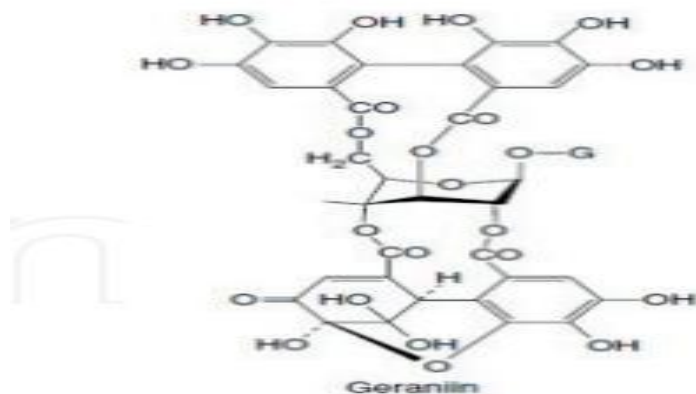


Figure13. Structure d'un tanins hydrolysable (REHAB et al., 2018)

➤ Les tannins condensés

Les tannins condensés ou les proanthocyanidines comprenant un groupe d'oligomères de polyhydroxy flavan-3-ol et/ou de flavan-3,4-diol liées majoritairement par les liaisons C4-C8 (ou C4-C6) des unités adjacentes, et se nomment ainsi proanthocyanidines de type B (HAGERMAN *et al.*, 1999; HARBONE.,1998 ;NACZEK *et al.*,1996).

Ils sont différents des tannins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécules et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes (BRUNETON, 1999).

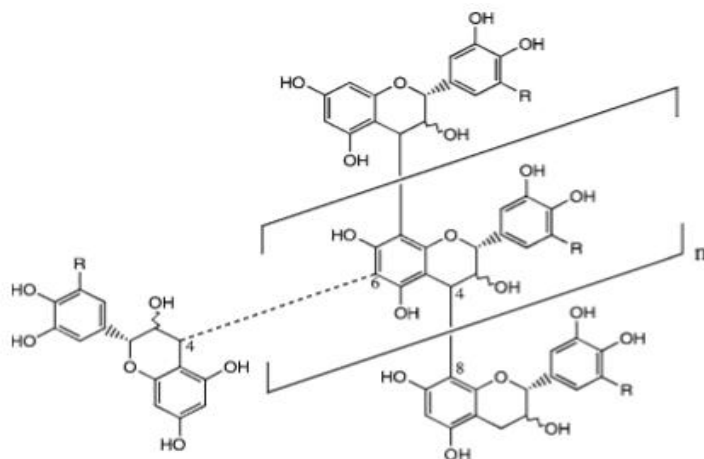


Figure 14 . Structure des tannins condensés (MBUGUA *et al.*, 2001)

D) Activités biologiques des polyphénols**⇒ Activité antioxydante**

Les flavonoïdes inhibent les enzymes responsables de la production des anions super oxydes tel que : xanthan oxydase protéines kinase et la cyto oxygène (URSINI *et al.*, 1994)

⇒ Activité anti cancéreuse :

Retarde l'apparition et la progression des cancers en limitant la transformation des cellules normales, des tumeurs en croissance, de l'angiogenèse et des métastases (ANANTHARAJU *et al.*, 2016).

⇒ Activité anti inflammatoire

Les acides phénoliques (acides caféique et ellagique) diminue l'expression des médiateurs inflammatoires tels que les interleukines -6, les interleukines -1- β , facteur nécrosismique tumoral (TNF)- α (CUNHA *et al.* , 2004).

⇒ Activité antibactérienne et antivirale

Les polyphénols sont des puissants agents antibactériens et antiviraux par exemple ils peuvent limiter la croissance et la prolifération du virus de l'hépatite C (VHC) (HSU W.C *et al.*, 2015).

Les composés phénoliques comme les stilbènes, les tanins et les isoflavones inhibaient la croissance des champignons, des levures et des virus ainsi que des bactéries comme *Salmonella*, *Clostridium*, *Bacillus* et *E. coli* (CABRERA *et al.*,2006; ALVESALO *et al.*, 2005; MORINAGA *et al.*, 2005).

Chapitre IV : Généralités sur *Arum italicum*

1- Taxonomie et systématique d'*Arum italicum*

La classification du gouet d'Italie (*Arum italicum*) selon la classification classique de CRONQUIST (1981)

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Arecidae
Ordre	Arales
Famille	Araceae
Genre	<i>Arum</i>
Espèce	<i>Arum italicum</i> Mill.

La classification phylogénétique selon APG III (2009)

Clade	Angiospermes
Clade	Monocotylédones
Ordre	Alismatales
Famille	Araceae
Genre	<i>Arum</i>
Espèce	<i>Arum italicum</i>

2- Description botanique :

Arum italicum est une plante annuelle de la famille des Araceae avec des feuilles longuement pétiolées à trois pointes, les fleurs en jaunâtres enfermés dans une spathe blanchâtre à moitié roulé en cornet. Les fruits charnus en épis rouges vif à maturité et vénéneux, la partie sous terrain est une sorte de bulbe (GUBB, 1930).

⇒ Les feuilles

Les feuilles glabres émergent à l'automne et meurent en été (MENDE, 1999). Les pétioles des feuilles sont arrondis en forme de "D" (BOYCE, 1993). Les limbes des feuilles sont de forme variable : étroits ou larges (de la pointe de la flèche) à ovoïde-oblongue (KOZLOFF, 2005). Les feuilles sont vertes et peuvent avoir des nervures de couleur gris argenté, crème ou vert jaunâtre.



Figure 15. La feuille d'*Arum italicum*

⇒ **L'inflorescence**

L'inflorescence d'*Arum italicum* est au sommet d'un pédoncule arrondi plus court que les feuilles. Les petites fleurs, mâles et femelles, sont entassées dans une inflorescence en forme de coupes appelée spadice (KOZLOFF, 2005 ; BOYCE, 1993)



Figure16. L'inflorescence d'*Arum italicum*

⇒ **Les fruits et les graines :**

Les fruits d'*Arum italicum* sont des baies peu semées, qui sont maintenues dans un épi oblong cylindrique, les baies individuelles sont oblongues-pyriformes (BOYCE, 1993). Les fruits sont de couleur rouge orangé à maturité (KOZLOFF, 2005).



Figure17. Les fruits d'*Arum italicum*

⇒ **Les tubercules**

Arum italicum a un tubercule rhizomateux qui forme des racines épaisses et non ramifiées (BOYCE, 1993).



Figure18. Les racines d'*Arum italicum*

3- Habitat naturel :

Arum italicum pousse dans les forêts clairsemés, les lisières de forêt, les haies, les broussailles ouvertes, les pâturages secs et les berges herbeuses (BOYCE, 1993). On la trouve généralement dans les milieux humides, les vieux jardins et les jardins boisés, elle se développe mieux dans les soles humifères et riche en eau.

4- Distribution géographique :

Arum italicum est distribué dans l'Europe du sud et de l'ouest, dans les Balkans, l'Afrique du nord (Algérie, Maroc, Tunisie), îles de Madère et les îles Canaries (USDA ARS 2014), les Caucase, l'Irak et la Turquie (BOYCE, 1993).

La plante *Arum Italicum* est utilisée dans la médecine traditionnelle de plusieurs pays pour traiter différentes maladies

La partie utilisée	Usage traditionnel	Le pays	Les références
Les feuilles	<ul style="list-style-type: none"> • L'alimentation • Douleurs rhumatismales • Anti-griffes 	L'Irak. l'Italie. La Turquie	(AHMAD <i>et al.</i> , 2015) (KOCHMAROV <i>et al.</i> , 2015)
Les tubercules	<ul style="list-style-type: none"> • Les hémorroïdes • L'eczéma • Hépatite • Douleurs musculaires. • Contre les verrues. • Les douleurs rhumatismales 	La Turquie. l'Italie.	(GENC <i>et al.</i> , 2006) (SAGIROGLU <i>et al.</i> , 2013) (KOCHMAROV <i>et al.</i> , 2015).

Tableau VI. Les usages traditionnels d'*Arum italicum*

LA PARTIE EXPERIMENTALE

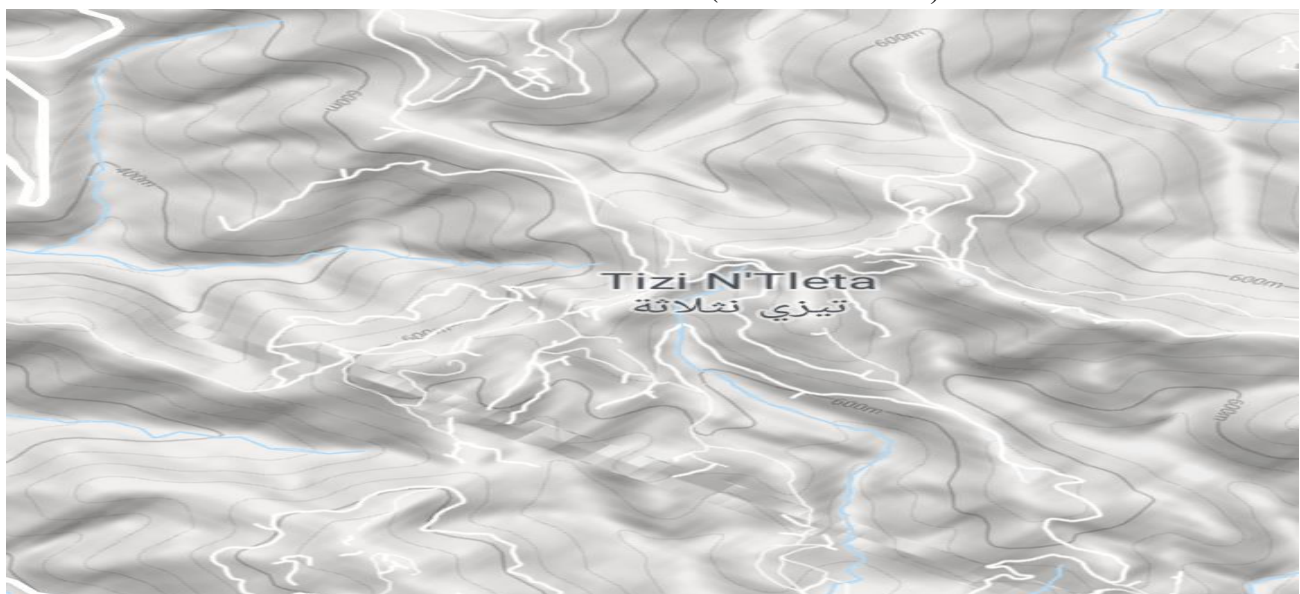
1- Le matériel végétal

1-1- L'échantillonnage

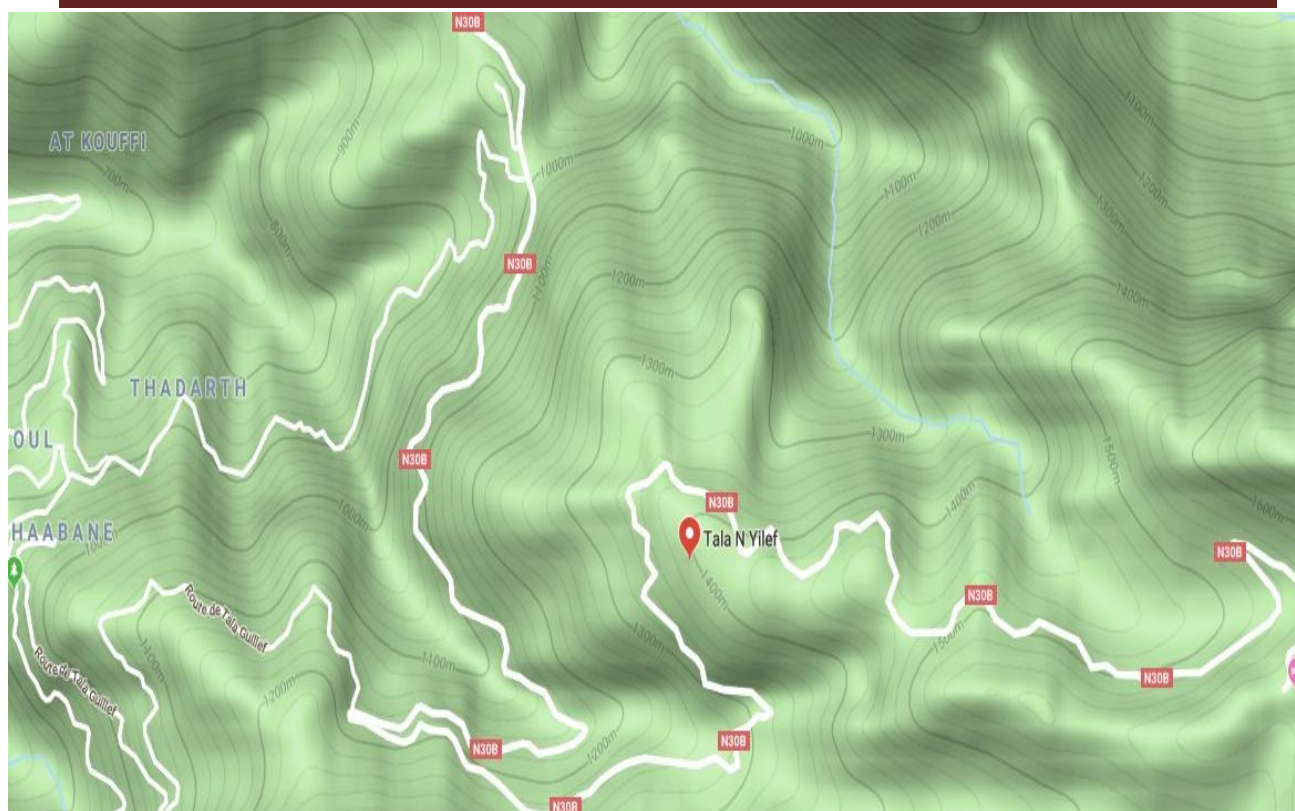
La plante entière d'*Arum italicum* a été récoltée au niveau de la région de Tizi Ouzou dans trois stations à des altitudes différentes durant le mois de Février 2019, et identifiée par professeur SMAIL laboratoire des ressources naturelles de la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.



Station 1 : Ain Zaouia (200 m d'altitude)



Station 2 : Tizi N'Tlata (500 m)



Station 3 : Tala Guilef (1400m d'altitude)

1-2- Le séchage :

Le matériel végétal est constitué de : feuilles, tiges et tubercules.

La plante a été coupée à fin de séparer les différentes parties : tiges, feuilles et tubercules, puis séchée à température ambiante à l'abri de la lumière dans un endroit bien aéré et non humide pendant une période de 30 Jours.

En suite , les trois parties de la plante ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique, tamisé à l'aide d'un tamis de 500 μm puis conservé dans des sacs à papier à température ambiante dans un endroit sec à l'abris de la lumière jusqu'à l'utilisation .

2- Méthodes

2-1- Extraction des polyphénols

Le protocole suivie pour extraire les polyphénols des trois parties de la plantes est celui de (OOMAH *et al.*, 2010) qui consiste à faire dissoudre 0.8 g de la poudre végétale dans 32 ml de solvants différents (l'éthanol à 96% et de l'acétone à 95%) à température ambiante (17° C). Le mélange est agité pendant 2 h.

Le mélange est ensuite centrifugé à 4000 tours / minute pendant 15 mn, le surnageant est récupéré dans des tubes à essai puis conservé dans un réfrigérateur à 4°C.

2-1-1- Dosage des polyphénols

La teneur totale en polyphénols des différents extraits est déterminée par le spectrophotomètre par le dosage colorimétrique en utilisant la méthode de Folin Ciocalteu.

A- Principe

Le réactif Folin-Ciocalteu est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène ce qui conduit à la formation de la couleur bleue qui est proportionnelle à la quantité des polyphénols présents dans les extraits végétaux, et qui présente un maximum d'absorption à 765nm.

B- Mode opératoire

Dans des tubes à essai nous introduisons successivement 200 µl de l'extrait végétal, ensuite, nous ajoutons 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu fraîchement préparé et dilué au 1/10 dixième.

Le mélange est incubé pendant 5 minutes, après 800 µl de carbonate de sodium (Na₂CO₃ à 7.5 %) sont ajoutés. Le mélange réactionnel est incubé à l'obscurité pendant 2 h à température ambiante, la lecture de l'absorbance est réalisée à 760 nm. Le même protocole est suivi pour la préparation de la courbe d'étalonnage d'acide gallique (50-500 µg/ml). La concentration en polyphénols de nos extraits exprimée en mg Equivalent d'Acide Gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g) et calculée sur la base de l'équation de la droite d'étalonnage.

2-1-2- Le pouvoir réducteur

1- Principe

Cette activité est basée sur la réaction d'oxydoréduction. C'est l'aptitude des antioxydants présents dans l'extrait à réduire le fer ferrique (Fe³⁺) de complexe ferricyanure [FeCl₃/K₃Fe(CN)₆] en fer ferreux (Fe²⁺). La forme réduite donne une couleur verte dont l'intensité est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait.

2- Mode Opératoire

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode de (MEIRA *et al.*, 2012) et qui consiste à prélever 500µl de l'extrait puis on ajoute 250µl de tampon phosphate (0.2 M, pH 6,6), et 250µl de ferricyanure de potassium (1%). Après agitation, le mélange est incubé dans

un bain marie à 50 °C pendant 20 min. 250µl d'acide trichloracétique (10%), 1000µl d'eau distillée et 200 µl de chlorure ferrique (0.1%) sont additionnés au mélange. L'absorbance a été mesurée à 700 nm après 10 min d'incubation à l'obscurité.

Le même protocole est suivie pour préparer la courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique () qui est utilisé comme référence.

Le pouvoir réducteur de nos extraits exprimée en mg Equivalent d'Acide ascorbique par gramme d'extrait (mg EAA/g) et calculée sur la base de l'équation de la droite d'étalonnage

2-1-3- L'activité antioxydante totale :

A - Principe :

Cette activité est basée sur la réduction du molybdène (VI) au molybdène (V) par les composés réducteurs présents dans les différents échantillons. Le complexe obtenu est composé de phosphomolybdate (V) de couleur verdâtre, et son absorbance est mesurée par spectrophotométrie à 595nm.

B- Mode Opérateur

L'estimation de l'activité antioxydante avec le réactif de phosphomolybdate a été réalisée en utilisant la méthode de (PRIETO *et al.*, 1999). Elle consiste à ajouter 2 ml du réactif de phosphomolybdate (0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium) à 200 ul d'extrait. Puis les échantillons sont incubés dans un bain mari à 95°C pendant 90 min. Après refroidissement, l'absorbance est mesurée à 595 nm.

L'acide ascorbique est utilisé comme référence est préparé dans les mêmes conditions de préparation des échantillons.

L'activité antioxydante totale de nos extrais est exprimée en mg équivalent d'Acide ascorbique par gramme d'extrait (mg EAA/g) et calculée sur la base de l'équation de la droite d'étalonnage.

3- Analyse statistique :

L'analyse descriptive des résultats ainsi que la comparaison des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2007, afin de déterminer les moyennes et les écarts types.

Résultats et interprétation

1- Dosage des polyphénols totaux

La quantification des polyphénols totaux extraient dans des solvants différents (éthanol et acétone) des différentes parties de la plante (feuilles, tiges et tubercules) est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent d'acide gallique.

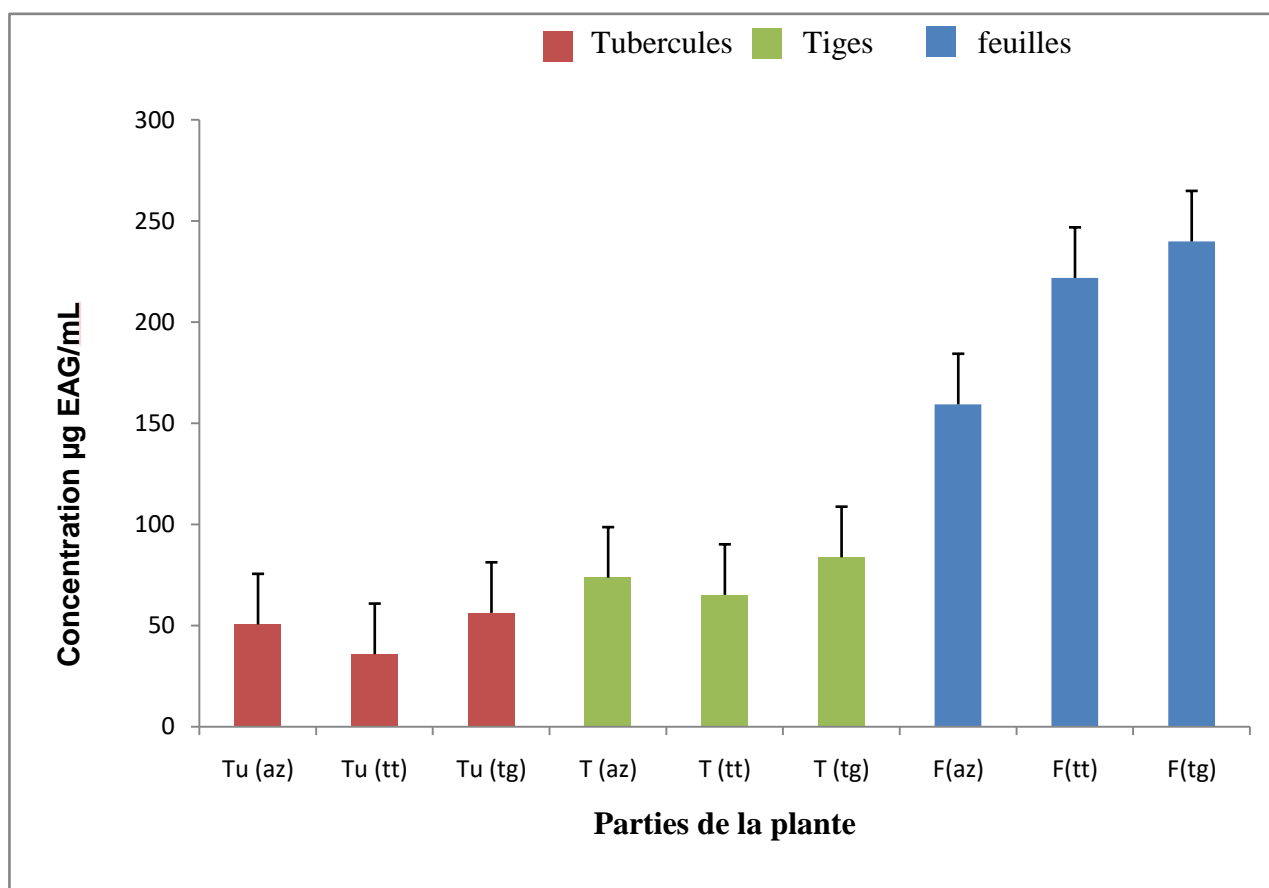


Figure19. Taux de composés phénoliques des extraits éthanoliques des trois parties de la plante *Arum italicum* récoltées au niveau des trois régions.

⇒ Quantification des polyphénols dans les différentes parties de la plante

Globalement, le contenu phénolique des feuilles semble être le plus important avec une concentration de 293.9 ug/mL à 159.4ug/mL par rapport à celui des tiges et des racines qui présentent des concentrations beaucoup plus faible allant de 83.8 ug/ml à 83.8 ug/ml pour les tiges et 56.3 ug/ml à 35.9 ug/ml pour les tubercules.

1. Les feuilles

Les feuilles de la plante issue de la région de Tala-Guilef présentent la teneur la plus élevée en polyphénols avec une concentration de 239.9 ug/mL, suivie par celles de la plante récoltée dans le village de Tizi n Tlatha avec 221.9ug/mL. Cependant, les

feuilles de plante récoltées de la région de Ain Zaouïa présentent une teneur plus faible en polyphénols avec 159.4 ug /mL.

2. Les tiges

Les tiges de la plante récoltée au niveau de la région de Tala-Guilef montrent la teneur la plus élevée en polyphénols avec une concentration de 83.8 ug /mL, suivie par les tiges de celle récoltées au niveau de Ain Zaouïa et Tizi n'Tlatha avec des concentrations de 73.7 et 65.2 ug/mL respectivement.

3. Les Tubercules

Les tubercules de la plante issue de la région de Tala Guilef présentent une teneur élevée en polyphénols, par ailleurs les tubercules issue de Ain Zaouïa et de Tizi n'Tlatha présentent une concentration plus faible avec 50.6 ug/mL et 35.9 ug/mL respectivement.

La teneur en polyphénols totaux des extraits éthanoliques des feuilles présente une corrélation positive avec l'altitude, plus qu'on augmente dans l'altitude, la teneur en polyphénols augmente, par contre cette corrélation n'est pas remarquée au niveau des extraits des tubercules et des tiges.

⇒ **Les extraits acétoniques**

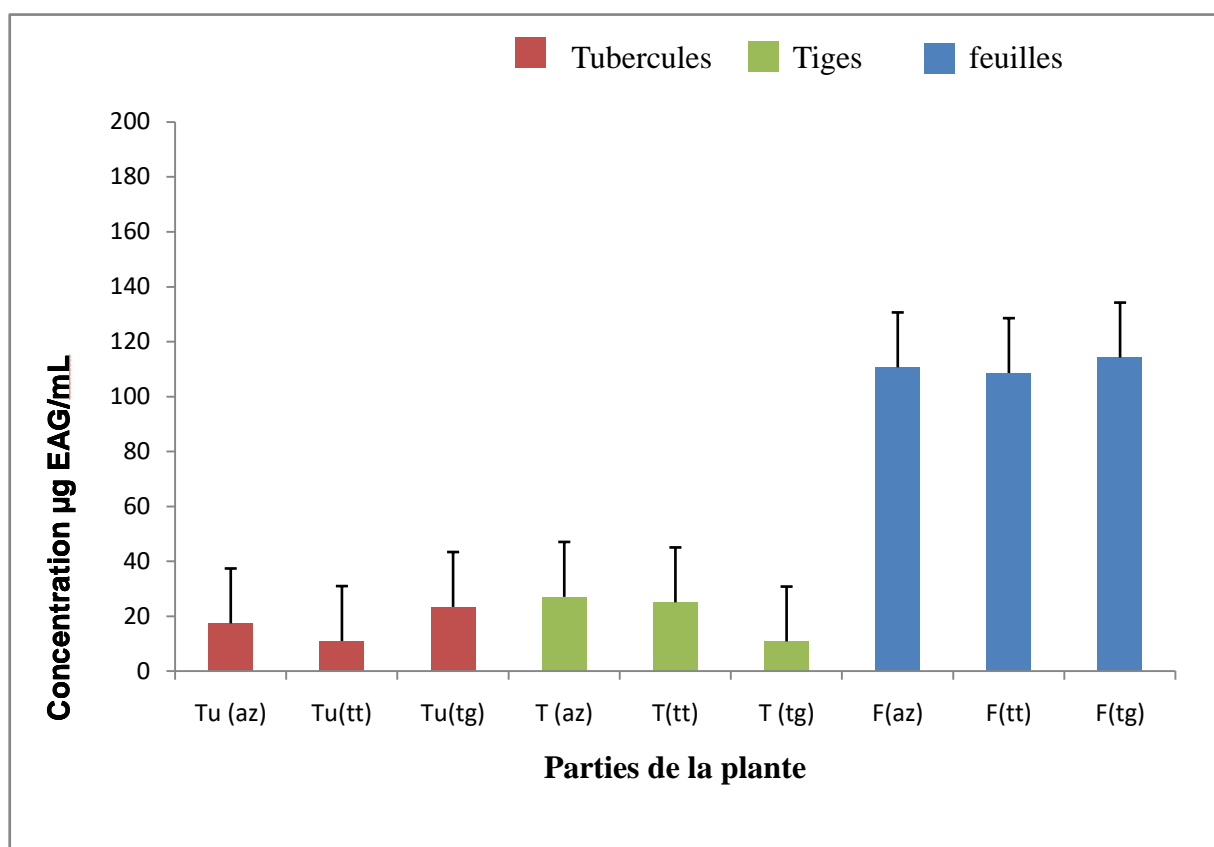


Figure20. Taux de composés phénoliques des extraits acétoniques des trois parties de la plante *Arum italicum* récoltées au niveau des trois régions.

⇒ Quantification des polyphénols des extraits acétoniques dans les différentes parties de la plante

Globalement, le contenu phénolique des feuilles semble être le plus important avec une concentration allant de 114.165 à 108.495ug/mL par rapport à celui des tiges et des tubercules qui présentent des concentrations plus faibles allant de 26.959 à 10.745 ug/mL pour les tiges et 23.33 à 10.915 ug/mL pour les tubercules.

1- Les feuilles

La teneur en polyphénols des extraits acétoniques est élevée dans le cas des feuilles de la plante récolté de Tala-Guilef avec une concentration de 114.165 ug/mL suivie par celle récoltée de Ain Zaouïa avec une teneur de 110.58 ug/mL, celle de Tizi n'Tlatha présente avec concentration plus faible avec une teneur de 108.495ug/mL.

2- Les tiges

Contrairement aux extraits éthanoliques, les tiges de la plante récoltée de la station de Tala Guilef présentent la plus faible teneur en polyphénols avec une concentration de 10.915 ug/mL comparativement aux tiges issue de la région de Ain Zaouïa et de Tizi n'Tlatha avec des concentrations de 26.955ug/mL et de 24.955ug/ML respectivement.

3- Les tubercules

Les tubercules de la plante de Tala-Guilef présentent la meilleure teneur en polyphénols avec une concentration de 23.33ug/mL suivie par celle de Ain Zaouïa avec 17.33ug/mL et enfin celle de Tizi n'Tlatha avec une teneur de 10.915 ug/mL.

La teneur en polyphénols varie selon le solvant utilisé. Les extraits éthanoliques présentent une teneur plus élevée en polyphénols comparativement aux extraits acétoniques, ces résultats sont en accord avec celle de (BOURGOU *et al*, 2016) qui a montré que le rendement des polyphénols des extraits éthanoliques (éthanol pur) est plus important que celui des extraits acétoniques de la partie aérienne de la plante *Euphorbia holioscopia*,

D'une manière générale, il n'existe pas une corrélation proportionnelle entre le taux de polyphénols totaux et l'altitude (Annexe III),

La teneur en polyphénols varie entre les parties de plante récoltée des trois localités, cela est probablement lié aux conditions climatiques et l'habitat, selon (KÖRNER, en 1999), nombreux facteurs biotiques et abiotiques varient en fonction de l'altitude, et parmi les facteurs biotiques qui sont généralement climatiques : la précipitation, la température moyenne, les amplitudes thermiques journalières, le sol, l'humidité du sol, la vitesse du vent, la pression atmosphérique, la durée de couverture nuageuse et l'intensité des rayonnements. Ces différents facteurs stimulent les biosynthèses de métabolites secondaires tels que les polyphénols. En effet le contenu phénolique d'une plante dépend de facteur génétique et environnementaux.

2- Le pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur mesure la capacité des extraits à réduire les ions métalliques [fer ferrique (Fe^{3+}) du ferrocyanure de potassium en forme ferreuse (Fe^{2+})]. Il représente l'aptitude d'une substance à transférer un électron ou à donner un atome d'hydrogène (Yen et Chen, 1995), les résultats obtenus pour ce test sont présentés en fonction des concentrations des extraits de l'acide ascorbique utilisés comme référence (Annexe II).

⇒ **les extraits éthanoliques**

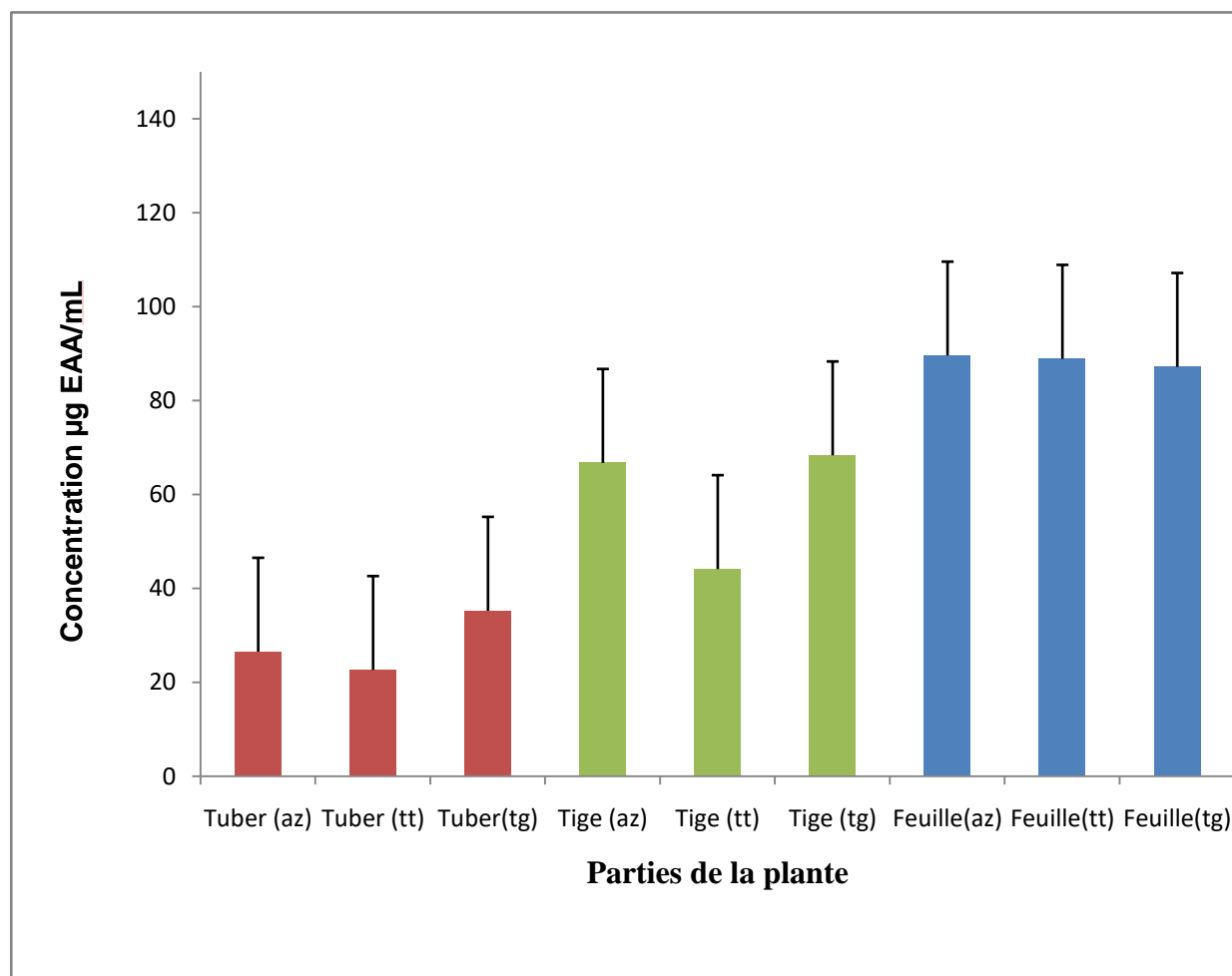


Figure 21. Pouvoir réducteur des extraits éthanoliques des trois parties de la plante *Arum italicum* récoltées au niveau des trois régions.

D'une manière générale, le pouvoir réducteur des extraits des feuilles semble être le plus important avec des concentrations qui varient de 87.17 à 89.585 µg/mL, par rapport à celui des tiges et des tubercules qui présentent un pouvoir réducteur plus faible allant de 44.115 à 68.33 µg/mL et 22.625 à 35.235 µg/mL respectivement.

1- Les feuilles

Les feuilles de la plante récoltée au niveau de Ain Zaouïa présentent un pouvoir réducteur plus important avec une concentration de 89.585 ug/mL, suivie de celles récoltées de la station de Tizi n'Tlatha avec une concentration de 88.89 ug/mL. Cependant les feuilles récoltées de la localité de Tala Guilef montrent un pouvoir réducteur le plus faible avec 87.17 ug/mL.

2- Les tiges

Les tiges de la plante récoltée au niveau de la région de Tala Guilef montrent un meilleur pouvoir réducteur avec une concentration de 68.33 ug/mL, suivie par les tiges de la plante récoltée de la localité de Ain Zaouïa avec 66.725 ug/ml. Le pouvoir réducteur le plus faible est remarqué au niveau des feuilles récoltées de la localité de Tizi n'Tlatha avec 44.115 ug/mL.

3- Les tubercules

Les tubercules de la plante récoltée au niveau de la région de Tala Guilef présente un pouvoir réducteur plus important avec une concentration de 35.23 ug/ mL, les tubercules de Ain Zaouïa et de Tizi n'Tlatha montrent un pouvoir réducteur plus faible avec une concentration de 26.52 et 22.62 ug/ml respectivement.

⇒ Les extraits acétoniques

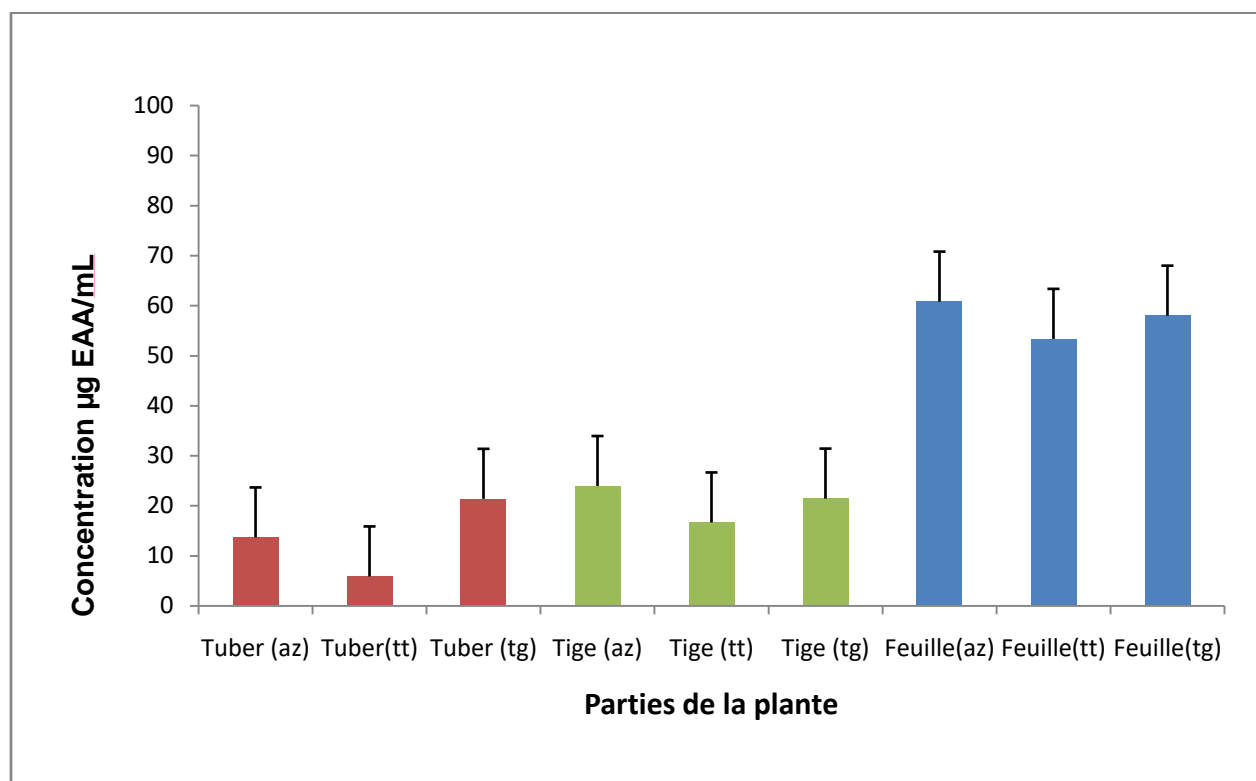


Figure 22. Pouvoir réducteur des extraits acétoniques des trois parties de la plante *Arum italicum* récoltées au niveau des trois régions.

Globalement, le pouvoir réducteur des feuilles semble être le plus important avec 60.78 ug /ml à 53.33 ug/ml par rapport à ceux des tiges et des tubercules qui présentent un pouvoir réducteur plus faible allant de 16.635 ug /ml à 23.92ug/ml pour les tiges et 5.85 ug/ml à 21.355ug/ml pour les tubercules.

1- Les feuilles

Les feuilles de la plante récoltée au niveau de Ain Zaouïa présentent la meilleur activité avec une concentration de 60.78 ug /mL , celles récoltées de la région de tala Guilef présentent un pouvoir réducteur de 57.97 ug/mL et les feuilles récoltées de Tizi n Tlatha présentent l'activité la plus faible avec 53.33 ug/mL.

2- Les tiges

Les tiges de la plante récoltées de Ain Zaouïas présentent le meilleur pouvoir réducteur avec 23.92ug /mL, suivie de celles récoltées de la région de tala Guilef et de Tizi n Tlatha avec 21.405 ug/mL et 16.63 ug/mL respectivement.

3- Les tubercules

Les tubercules de la plante récoltées de la région de Tala Guilef présentent le pouvoir réducteur le plus puissant avec une valeur de 21.355ug/mL et qui dépasse l'activité des tige de Tizi n Tlatha , suivie par celle de Ain Zaouïas avec une concentration de 13.645 ug/mL , les tubercules de la plante récoltées de Tizi n Tlatha présentent un pouvoir très faible avec une concentration de 5.58 ug /mL.

4- L'activité antioxydante totale

Le test de phosphomolybdate d'ammonium est une méthode quantitative pour évaluer la capacité antioxydante. Il est basé sur la réduction du Mo^{+6} en Mo^{+5} et la formation d'un complexe phosphate / Mo^{+5} de couleur verte dans un milieu acide (BOUGATEF *et al.*, 2009). Les résultats obtenus pour ce test sont déterminés à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage exprimé en mg équivalent de l'acide ascorbique (Annexe II).

⇒ Les extraits éthanoliques

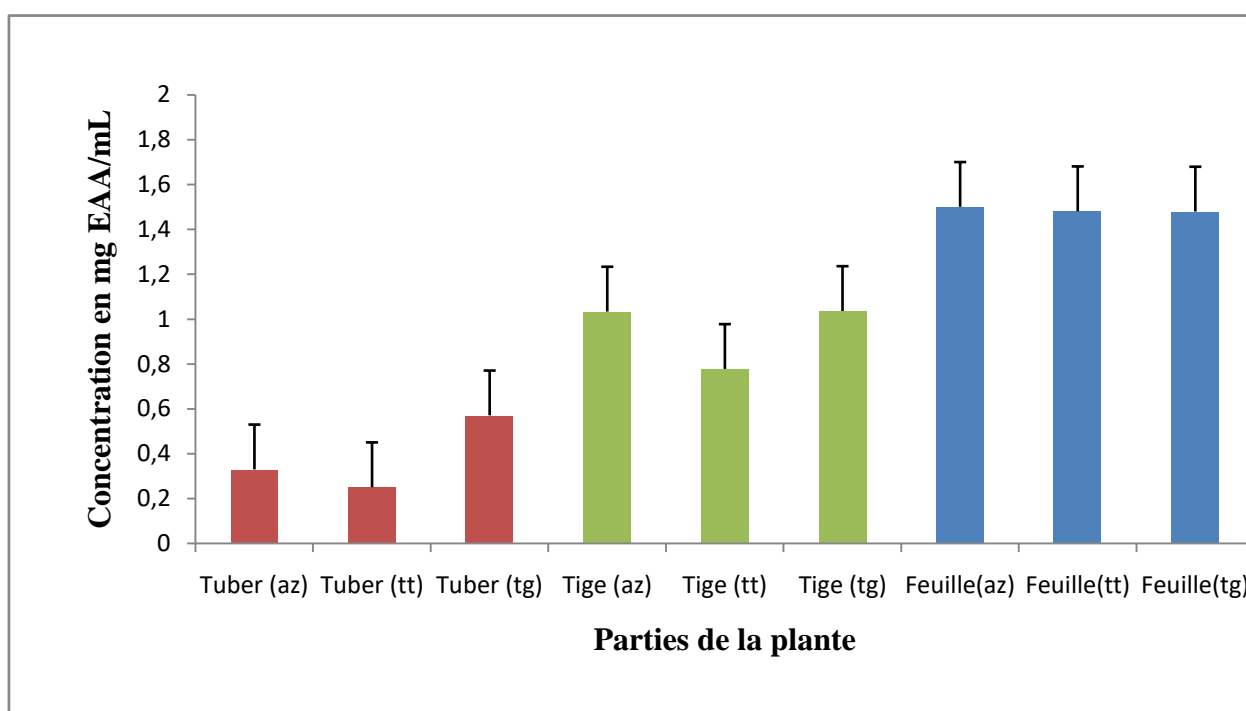


Figure 23. Activité antioxydante totale des extraits éthanoliques des trois parties de la plante *Arum italicum* récoltées au niveau des trois régions.

D'une manière générale, l'activité antioxydante totale des feuilles semble être la plus importante avec une concentration de 1.48 à 1.5 mg/mL par rapport à celle des tiges et des tubercules qui présentent une activité plus faible allant de 0.777 à 1.355 mg/mL pour les tiges et une concentration de 0.2495 à 0.57ug/ml pour les tubercules.

1- Les feuilles

Les feuilles de la plante récoltée de Tala Guilef présentent l'activité la plus élevée avec une concentration de 1.5 mg/ml, suivie par celles de la plante récoltée de Aïn Zaouïa et Tizi n Tlatha avec une concentration de 1.4805 et 1.479 mg/mL respectivement.

2- Les tiges

L'activité antioxydante totale des tiges de la plante récoltée au niveau de la station de Tala Guilef et de celle récoltée de Ain Zaouïa présentent l'activité la plus importante avec des concentrations de 1.033 et 1.035 mg/ml respectivement, les tiges de la plante récoltée de Tizi n Tlatha présentent la plus faible activité avec une concentration de 0.777 mg/ml.

3- Les tubercules

Les tubercules de la plante récoltée de la région de Tala Guilef présentent la meilleure activité antioxydante avec une concentration de 0.57 mg/mL, suivie des tubercules de celle récoltée au niveau d'Ain Zaouïa et celle de Tizi n Tlatha avec 0.329 mg/ml et 0.2495.

L'activité antioxydante des tiges et des tubercules sont proportionnels avec le taux des polyphénols et le pouvoir réducteur trouvé dans ces parties de la plante.

L'altitude ne présente pas un effet sur l'activité antioxydante totale des différentes parties de la plante.

⇒ Les extraits acétoniques

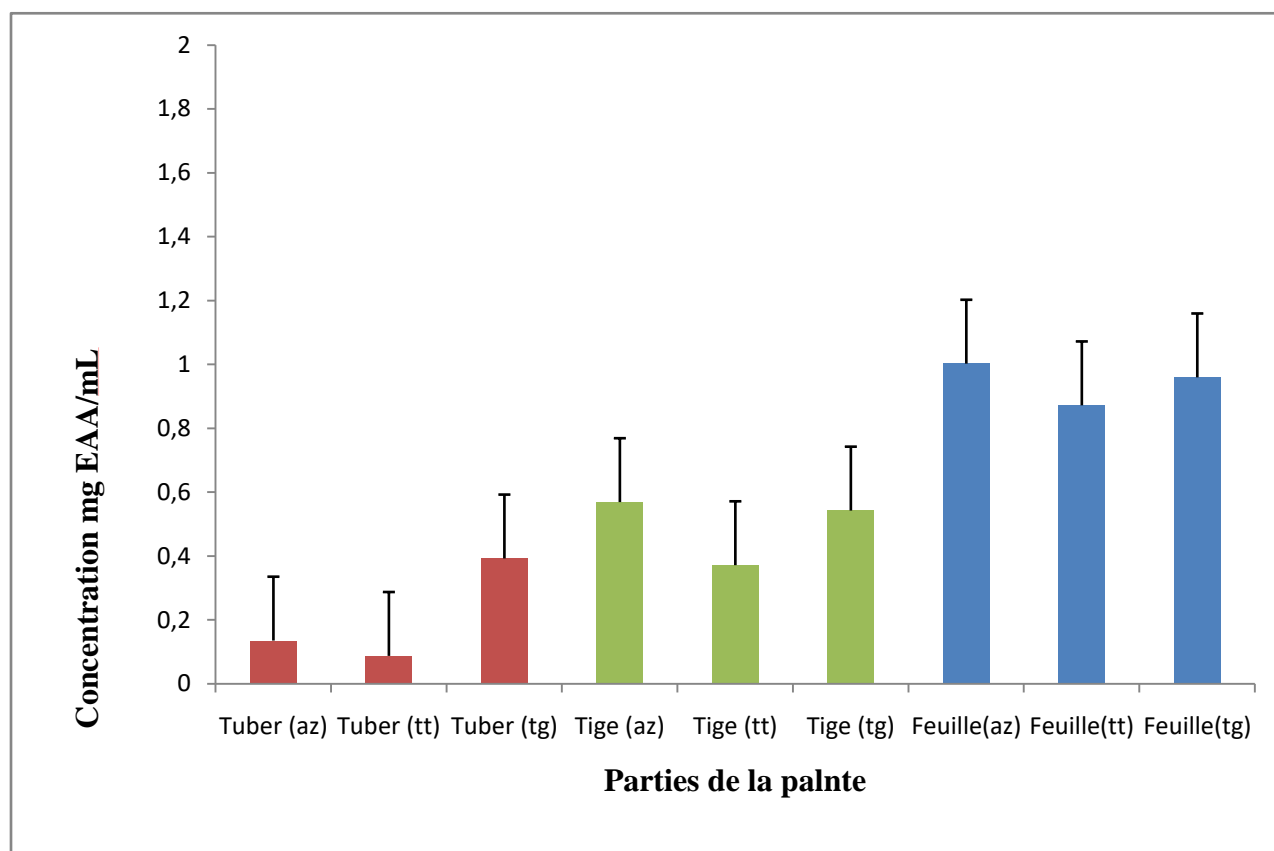


Figure 24. Activité antioxydante totale des extraits acétoniques des trois parties de la plante *Arum italicum* récoltées au niveau des trois régions.

1- Les feuilles

Les feuilles de la plante récoltée au niveau de la station de Aine Zaouïa présentent une activité antioxydante plus élevée avec 1.002 mg/ml , suivie par les feuilles de la plante récoltée a niveau de Tala Guilef avec une activité de 0.8715 mg/ml puis les feuilles de celle récoltée de Tizi n Tlatha qui présentent l'activité antioxydante la plus faible avec 0.959 mg/ml.

2- Les tiges

Les tiges de la plante récolté de la localité de Ain Zaouïa présentent l' activité antioxydante la plus élevée avec une concentration de 0.585 , suivie par celles de Tala Guilef avec 0.542 mg/ml et celles de Tizi n Tlatha avec 0.371 mg/ml.

3- Les tubercules

L'activité antioxydante totale des tubercules du pante récolté de tala Guilef est plus élevée avec 0.392 mg/ml par rapport aux tubercules des deux autres stations qui présentent une activité de 0.135 mg/ml et 0.087 mg/ml pour les tubercules de Ain Zaouïa et les celles de Tizi n Tlatha respectivement.

Ces résultats ne sont pas proportionnels avec le taux de polyphénols trouvés et ça peut être dû à la présence des molécules qui présentent une activité antioxydante plus élevé que d'autre.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que les extraits acétoniques et éthanoliques des feuilles de la plante *Arum italicum* présentent un taux de polyphénols très élevé par rapport aux tiges et aux racines.

L'activité antioxydante totale est plus importante dans les feuilles, suivie par celle des tiges et enfin par celle des racines. De même, le pouvoir réducteur est plus élevé dans les feuilles (extraits acétoniques et éthanoliques) comparativement aux tiges et aux racines.

Dans le cas des extraits éthanoliques, la teneur en polyphénols des trois parties de la plante (tiges, feuilles et tubercules) est influencée par l'altitude. De plus, ce paramètre semble affecter, également, l'activité antioxydante totale et le pouvoir réducteur des tiges et des tubercules, par contre il ne présente aucun effet sur les feuilles. Cependant, dans le cas des extraits acétoniques, l'altitude affecte uniquement la quantité de polyphénols totaux des tubercules et des feuilles. Parallèlement, les mêmes résultats ont été observés dans le cas de l'effet de l'altitude sur le pouvoir réducteur.

Pour conclure, il ressort que l'altitude pourrait jouer un rôle prépondérant dans la synthèse des métabolites secondaires chez la plante, mais d'une façon différente selon le lieu de la synthèse de ces derniers.

Afin de compléter ce travail, nous proposons comme perspectives:

- D'étudier d'autres activités biologiques notamment anti-inflammatoire et/ou antiproliférative pour une éventuelle application dans les maladies inflammatoires.
- D'isoler et de caractériser l'entité active (biomolécules) qui sera ensuite utilisée pour la détermination de sa structure (HPLC, UPLC, RMN, etc.).

1. **A. N. Panche**, A. D. Diwan and S. R. Chandra. Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science* (2016), vol. 5, e47, page 1 of 15 doi:10.1017/jns.2016.41.
2. **Acharya D**, Shrivastava A (2008) *Indigenous Herbal Medicines: Tribal Formulations and Traditional Herbal Practices*. 1stedn., Aavishkar Publishers, Jaipur-India. pp. 440.
3. **Ahmad, S. A.**, Askari, A. A., *Harvard Papers in Botany*, 2015, 20, 85. <https://doi.org/10.3100/hpib.v20iss1.2015.n8>
4. **Alan Crozier**, Indu B. Jaganath and Michael N. Clifford. Phenols, Polyphenols and Tannins: An Overview. Chapter · November 2007 DOI: 10.1002/9780470988558.ch1.
5. **Alvesalo J.**, Vuorela H., Tammela P., Leinonen M., Saikku P., Vuorela P. Inhibitory effect of dietary phenolic compounds on *Chlamydia pneumoniae* in cell cultures. *Biochem. Pharmacol.* 2006;71:735–741. doi: 10.1016/j.bcp.2005.12.006. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
6. **Alvesalo J.**, Vuorela H., Tammela P., Leinonen M., Saikku P., Vuorela P. Inhibitory effect of dietary phenolic compounds on *Chlamydia pneumoniae* in cell cultures. *Biochem. Pharmacol.* 2006;71:735–741. doi: 10.1016/j.bcp.2005.12.006. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
7. **Anantharaju PG**, Gowda PC, Vimalambike MG, Madhunapantula SV *Nutr J.* 2016 Dec 1; 15(1):99
8. Andrew pangally . *The Constituents of Medicinal Plants: An introduction to the chemistry and therapeutics of herbal medicine.*2004.
9. **Bentley RE**. *Medicinal Plants*. London: Domville-Fife Press; 2010:23-46
10. **Borges F**, Roleira F, Milhazes N, Santana L, Uriarte E. Simple coumarins and analogues in medicinal chemistry: occurrence, synthesis and biological activity. *Curr Med Chem.* 2005;12(8):887-916. DOI:10.2174/0929867053507315.
11. **Boyce, P.** 1993. *The Genus Arum*. HMSO. London
12. **Brouillard, R.**; Cheminat, A. *Prog. Clin. Biol. Res.* 1988, 280, 93 106.
13. **Butler MS**, Robertson AA, Cooper MA. Natural product and natural product derived drugs in clinical trials. *Nat. Prod. Rep.* 2014; 31:1612–1661. [[PubMed: 25204227](#)]
14. **Butler MS**, Robertson AA, Cooper MA. Natural product and natural product derived drugs in clinical trials. *Nat. Prod. Rep.* 2014; 31:1612–1661. [[PubMed: 25204227](#)].
15. **Butler MS**. Natural products to drugs: natural product derived compounds in clinical trials. *Nat. Prod. Rep.* 2005; 22:162–195. [[PubMed: 15806196](#)].
16. **Butler MS**. Natural products to drugs: natural product-derived compounds in clinical trials. *Nat. Prod. Rep.* 2008; 25:475–516. [[PubMed: 18497896](#)].
17. **Butler MS**. The role of natural product chemistry in drug discovery. *J. Nat. Prod.* 2004; 67:2141–2153. [[PubMed: 15620274](#)].
18. **Cabrera C.**, Artacho R., Giménez R. Beneficial effects of green tea. *J. Am. Coll. Nutr.* 2006;25:79–99. doi: 10.1080/07315724.2006.10719518. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

19. **Cai Y**, Sun M, Xing J, Luo Q, Corke H. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sci.* 2006;78:2872-88. DOI:doi:10.1016/j.lfs.2005.11.004.
20. **Chandrasekaran A**, Idelchik MDPS, Melendez JA. Redox control of senescence and age-related disease. *Redox Biol.* 2017;11:91–102.
21. **Chong JL**, Poutaraud A, Huguency P (2009) Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant Sci* 177: 143–155.
22. **Clark AM**. Natural Products as a Resource for New Drugs. *Pharmaceutical Research.* 1996;13(8):1133-41. doi: 10.1023/a:1016091631721
23. **Da Cunha F.M.**, Duma D., Assreuy J., Buzzi F.C., Niero R., Campos M.M., Calixto J.B. Caffeic acid derivatives: In vitro and in vivo anti-inflammatory properties. *Free Radic. Res.* 2004;38:1241–1253. doi: 10.1080/10715760400016139. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
24. **David B**, Wolfender JL, Dias DA. The pharmaceutical industry and natural products: historical status and new trends. *Phytochem. Rev.* 2015; 14(2):299–315.
25. **David mbugua** ,Alice N Pell .Analyses of condensed tannins : a review. 2001
26. **Delmas D**, Lin HY. Role of membrane dynamics processes and exogenous molecules in cellular resveratrol uptake: Consequences in bioavailability and activities. *Molecular Nutrition & Food Research.* 2011;55:1142-1153. DOI: 10.1002/mnfr.201100065.
27. **Dewick**, P.M. 2002. Medicinal Natural products. New York: Jonh Wiley & Sons Ltd, 495.
28. **Duceschi, L.**, Marras, A. M., Cellini Legittimo, P., *Chem. Ecol.*, 2001, 17, 255. <https://doi.org/10.1080/02757540108035558> .
29. **E. Niki**, “Antioxidants in relation to lipid peroxidation,”*ChemistryandPhysics ofLipids*,vol.44,no.2–4,pp.227–253, 1987.
30. **Fabio Firenzuoli** and Luigi Gori. Herbal Medicine Today: Clinical and Research Issues. *eCAM* 2007. doi:10.1093/ecam/nem096.
31. **Falcone Ferreyra ML**, Rius SP, Casati P. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. *Front Plant Sci.* 2012;3:222. <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2012.00222/abstract>.
32. **Fatemeh Jamshidi-Kia**, Zahra Lorigooini, Hossein Amini-Khoei. Medicinal plants: Past history and future perspective. *J Herbmed Pharmacol.* 2018; 7(1): 1-7. doi: 10.15171/jhp.2018.01.
33. **Fatemeh Jamshidi-Kia1**, Zahra Lorigooini1 et Hossein Amini-Khoei. Medicinal plants: Past history and future perspective *Journal of Herbmed Pharmacology.* 2018; 7(1): 1-7. doi:
34. **Fokunang CN**,Ndikum V, Tabi OY, Jiofack RB, Ngameni B, et al. (2011) Traditional medicine: past, present and future research and development prospects and integration in the National Health System of Cameroon. *Afr J Tradit Complement Altern Med* 8: 284-295.
35. **Ford JD**, Huang KS, Wang HB, Davin LB, Lewis NG. 2001. Biosynthetic pathway to the cancer chemopreventive secoisolariciresinol diglucoside-hydroxymethylglutaryl ester-linked lignan oligomers in flax seeds (*Linum usitatissimum*). *J Natural Prod* 64:1388–97.
36. **Frankel EN**, Kanner J, German JB, Parks E, Kinsella JE. Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet.* 1993;341:454-457

37. **Fürst R**, Zündorf I. Plant-derived anti-inflammatory compounds: hopes and disappointments regarding the translation of preclinical knowledge into clinical progress. *Mediat. Inflamm.* 2014; 2014:2014. 146832. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/>.
38. **Gangwar KK**, Deepali, Gangwar RS. Ethnomedicinal plant diversity in Kumaun Himalaya of Uttarakhand India. *Nat Sci* 2010;8:66e78.
39. **Garima Pandey** , Sayyada Khatoon, M.M. Pandey, A.K.S. Rawat. Altitudinal variation of berberine, total phenolics and flavonoid content in *Thalictrum foliolosum* and their correlation with antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine* 9 (2018) 169e176.
40. **Genc, G. E.**, Ozhatay, N., *Turk. J. Pharm. Sci.*, 2006, 3, 73.
41. **Gupta. R., B.** Gabrielsen and F. M. Ferguson. 2005. Nature's Medicines: Traditional Knowledge and Intellectual Property Management. Case Studies from the National Institutes of Health (NIH), USA Current Drug Discovery Technologies. 2: 203-219.
42. **Gurib-Fakim, A.** 2005. Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Mol.Aspects Med.* 27: 1–93
43. **Hagerman AE.** 2002. Hydrolyzable Tannin Structural Chemistry: Tannin Handbook <http://www.users.muohio.edu/hagermae/tannin.pdf>
44. **Hagerman. A,E.**, Rice ,M E. Ritchard ,N.T , 1998.Mechanisme of participation for two tannins pentagalloyl glucose and epicatechine16(4-> 8) catechine (procyanidine).*J.Agrec .Food chim.*46 2590-2595.
45. **Hale Gamze Ağalar** , Gülşen Akalın Çiftçi , Fatih Göger and Neşe Kırimmer. Activity Guided Fractionation of *Arum italicum* Miller Tubers and the LC/MS-MS Profiles. *Rec. Nat. Prod.* 12:1 (2018) 64-75.
46. **Harborne J.B.** In *The Flavonoids: Advances in research since 1986*; Chapman & Hall: London, 1994. Ancien
47. **Harborne, J. B.** (1980). Secondary plant products. In: E. Bell and B. Charlwood Editors, *Encyclopedia of Plant Physiology*. Springer-Verlag: Berlin. p. 329-420.
48. **Haslam E.** 2009. Preface. In *Chemistry and Biology of ETs: An Underestimated Class of Bioactive Plant Polyphenols*, Quideau S (ed). World Scientific: Singapore.
49. **He S**, Wu B, Pan YJ, Jiang LY (2008) Stilbene oligomers from *Parthenocissus laetevirens*: isolation, biomimetic synthesis, absolute configuration, and implication of antioxidative defense system in the plant. *J Org Chem* 73: 5233–5241
50. **Herbon ,J.F.**,Lazarus,S.A.,Mitchell, A.E., Rucker , R.,SCHITZ ,H.H. 1999. Identification of procyanidins in cocoa (*theobroma cacao*) and chocolate using high –performance liquid chromatography / mass spectometry.*J. Agrec .Food chem* .47,490-496.
51. **Hollman, P. C. H.** (2001). Evidence for health benefits of plant phenols: local or systemic effects? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 842-852.
52. **Hsu W.C.**, Chang S.P., Lin L.C., Li C.L., Richardson C.D., Lin C.C., Lin L.T. Limonium sinense and gallic acid suppress hepatitis C virus infection by blocking early viral entry. *Antivir. Res.* 2015;118:139–147. doi: 10.1016/j.antiviral.2015.04.003. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
53. **Iwashina T** (2013) Flavonoid properties of five families newly incorporated into the order Caryophyllales (Review). *Bull Natl Mus Nat Sci* 39, 25.

54. **Jian Zhaoa,T**, Lawrence C. Davis^b and Robert Verpoortec —Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites| *Biotechnology Advances*, 283–333, 23 (2005)
55. **Jiofack T**, Ayissi I (2006) Floristic evaluation of the Upper Nyong valley in Cameroon, Technical report. *Cameroon Wildlife ConservSoc* 3: 50.
56. **K.N.Venugopala**, V.Rashmi ,B.Odha (2013) . Review on Natural Coumarin Lead Compounds for Their Pharmacological Activity. *BioMedResearchInternational*.ArticleID963248,14pages.
57. **Kochmarov, V.**, Kozuharova, E., Naychov, Z., Momekov, G., Mincheva, I., *Int. J. Pharm. Chem. Biol. Sci.*, 2015, 5, 394.
58. **Körner C** (1999) *Alpine Plant Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems.* Springer, Berlin
59. **Kozloff, E. N. 2005.** *Plants of Western Oregon, Washington and British Columbia.* Portland Oregon. Timber Press.
60. **M. Maridass** and A. John de Britto, “Origins of plant derived medicines,”*EthnobotanicalLeaflets*,vol.12,pp.373–387,2008
61. **Macheix, J.-J.**; Fleuriet, A.; Billot, J. *Fruit Phenolics*; CRC Press: Boca Raton, Florida, 1990.
62. **Mandal SM**, Chakraborty D, Dey S. Phenolic acids act as signaling molecules in plant–microbe symbioses. *Plant Signal Behav.* 5, 2010; 359-368
63. **Méndez, M.** 1999. Effects of Sexual Reproduction on Growth and Vegetative Propagation in the Perennial Geophyte *Arum italicum* (Araceae). *Plant boil.* 1: 115-120.
64. **Michał P.** Pruchniak, Magdalena Araz ´na, et Urszula Demkow. *Biochemistry of Oxidative Stress.* Springer International Publishing Switzerland. 2015. DOI 10.1007/5584_2015_161
65. **Miranda M**, Cuellar A. *Farmacognosia y productos naturales.* La Habana: Félix Varela; 2001.
66. **Moreau B.**, maître de conférences de pharmacognosie à la faculté de Pharmacie de Nancy. *Travaux dirigés et travaux pratiques de pharmacognosie de 3ème année de doctorat de pharmacie*, 2003
67. **Morinaga N.**, Iwamaru Y., Yahiro K., Tagashira M., Moss J., Noda M. Differential activities of plant polyphenols on the binding and internalization of cholera toxin in *vero* cells. *J. Biol. Chem.* 2005;280:23303–23309. doi: 10.1074/jbc.M502093200. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
68. **Naczki M.**, Oickle, D., Pink, D., Shahidi, F., 1996. Protein precipitating capacity of crude canola tannins : effect of pH , tannins and protein concentration. *J. Agric. Food chem.* 44,2144-2148.
69. **Newman DJ**, Cragg GM. Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *J. Nat. Prod.* 2012; 75:311–335. [[PubMed](#): 22316239]
70. Newman DJ, Cragg GM. Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *J. Nat. Prod.* 2012; 75:311–335. [[PubMed](#): 22316239].
71. **Oberlies, N.H.**, Kroll, D.J., 2004. Camptothecin and taxol: historic achievements in natural products research. *Journal of Natural Products* 67 (2), 129 – 135.
72. **Oğuz Ayhan Kireççi** , Zehra Gökçe , Ayşe Dilek Özşahin Kireççi , Gülcan Balcı , Ökkeş Yılmaz . Some plant extracts that prevent lipid peroxidation and protect the unsaturated fatty acids in the fenton reagent environmen. *Journal of Science and Technology.* ISSN 2146-7706 2, (2012), 52-56.
73. **Pan SY**, Zhou SF, Gao SH, Yu ZL, Zhang SF, Tang MK, et al. New Perspectives on How to Discover Drugs from Herbal Medicines: CAM’s Outstanding Contribution to Modern Therapeutics. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2013;2013:627375. doi: 10.1155/2013/627375

74. **Penttinen P**, Jaehrling J, Dandimopoulos AE, Inzunza J, Lemmen JG, van der Saag P, Pettersson K, Gauglitz G, Makela S, Pongratz I. Diet-derived polyphenol metabolite enterolactone is a tissuespecific estrogen receptor activator. *Endocrinology*. 2007; 148(10):4875–86. [PubMed: 17628008]
75. **Pereira, D.M.**; Valentão, P.; Pereira, J.A.; Andrade, P.B. Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules* 2009, 2202–2211.
76. **Pier-Giorgio Pietta** (2000). Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products*, 2000, Vol. 63, No. 7.
77. **Prieto P.**, Pineda M., et Aguilar M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex, Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*. 269: 337-341.
78. **R. C. Silva** and A. A. Goncalves, “Espécies reativas dooxigênioeasdoenc,asrespiratóriasemgrandesanimais,”*Ciência Rural*, vol. 40, pp. 994–1002, 2010.
79. **Rauf A**, Imran M, Suleria HAR, Ahmad B, Peters DG, Mubarak MS. A comprehensive review of the health perspectives of resveratrol. *Food & Function*. 2017;8:4284-4305. DOI: 10.1039/c7fo01300k.
80. **Ross IA**. Constituents, Medicinal Plants of the World (volume 3): Chemical Traditional and Modern Medicinal Uses. Humana, New Jersey: Humana Press; 2005;110-30.
81. **S. BOURGOU**, R. SERAIRI BEJI, F. MEDINI, R. KSOURI. Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'Euphorbia helioscopia. *Agri & BioTech*.2016.
82. **Sagiroglu, M.**, Topuz, T., Ceylan, K., Turna, M., SAÜ Fen Edebiyat Dergisi, 2013, II, 13
83. **Sánchez-Moreno, C.** (2002). Compuestos polifenólicos: estructura y clasificación: presencia en alimentos y consumo: biodisponibilidad y metabolismo. *Alimentaria*, 329, 19-28.
84. **Saurabh Pagare1**, Manila Bhatia, Niraj Tripathi, Sonal Pagare and Y.K. Bansal .,2015. Secondary Metabolites of Plants and their Role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*.
85. **Seguin, A.**, *Ann. Chim. Paris*, 20,15, 1976. (Cited from Hulse, J. H., Ed., *Polyphenols in Cereals and Legumes*, International Development Research Center, Ottawa, Canada, 1980.)
86. **Setchell K.D.R.**; Adlercreutz H.A. In *Role of the Gut Flora in Toxicity and Cancer*; Rowland I.R., Ed.; Academic Press: New York, 1988; pp. 315-345.
87. **Shahidi, F.**; Nacsk, M. *Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, and Application*; Technomic Publishing Company, Inc.: Lancaster, PA, 1995.
88. **Soto-Vaca, A.**; Losso, J.N.; Xu, Z.; Finley, J.W. Review: Evolution of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. *J. Agric. Food Chem*. 2012, Epub ahead of print.
89. **Stalikas, C.D.** Review: Extraction, Separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci*. 2007, 30, 3268–3295.
90. **Suzuki, S.**; Umezawa, T. Biosynthesis of lignans and norlignans. *J. Wood. Sci*. 2007, 53, 273–284.
91. **Tomas-Barberan F**, Espin JC. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality of fruits and vegetables. *Jour Sci Food Agric*. 81, 2001; 853-876.
92. **Umezawa, T.** Diversity in lignan biosynthesis. *Phytochem. Rev*. 2003, 2, 371–390.
93. **Ursini, F.**; Maiorino, M.; Morazzoni, P.; Roveri, A.; Pifferi, G. *Free Rad. Biol. Med*. 1994, 16, 547-553.

94. **USDA, ARS.** 2011. National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?406582> (9 September 2014)
95. **V. Kumar, A. Mahajan, and K. Chibale,** “Synthetic medicinal chemistry of selected antimalarial natural products,” *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, vol.17, no.6, pp.2236–2275, 2009
96. **Venugopala KN, Rashmi V, Odhav B.** Review on Natural Coumarin Lead Compounds for Their Pharmacological Activity. *BioMed Research International*. 2013;2013:1-14. DOI:10.1155/2013/963248.
97. **Vermerris, W.** and Nicholson, R. (2006). Families of phenolic compounds and means of classification Trans.). *Phenolic Compound Biochemistry*. Springer Netherlands. p. 1-34.
98. **Wall, M.E.,** Wani, M.C., 1996. Camptothecin and taxol: from discovery to clinic. *Journal of Ethnopharmacology* 51 (1 – 3), 239 – 253 (discussion 253-234).
99. **Y.Aoyama, T.Katayama, M.Yamamoto, H.Tanaka, and K.Kon,** “A new antitumor antibiotic product, demethylchartreusin. Isolation and biological activities,” *The Journal of Antibiotics*, vol.45, no.6, pp.875–878, 1992.
100. **Zhang H.** Bioactive Natural Products: Detection, Isolation, and Structural Determination. *Phytomedicine*. 2011;18(10):902-3.
101. **Zidorn C.** Altitudinal variation of secondary metabolites in flowering heads of the Asteraceae: trends and causes. *Phytochem Rev* 2010;9:197e203.

Annexe I : Courbes d'étalonnages utilisées pour le dosage des polyphénols totaux

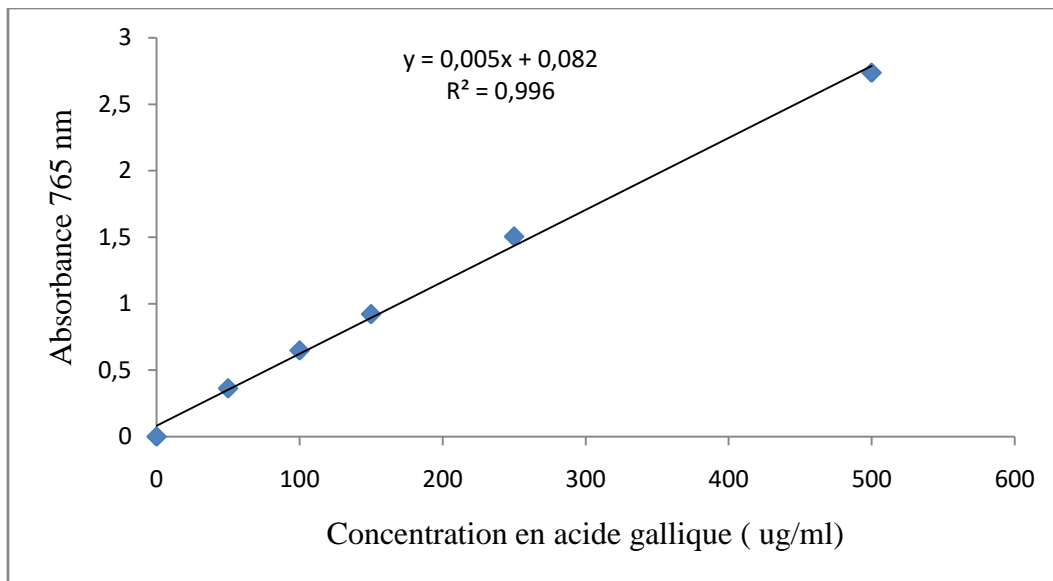


Figure 1 : Courbe étalon pour le dosage des polyphénols totaux des extraits éthanoliques.

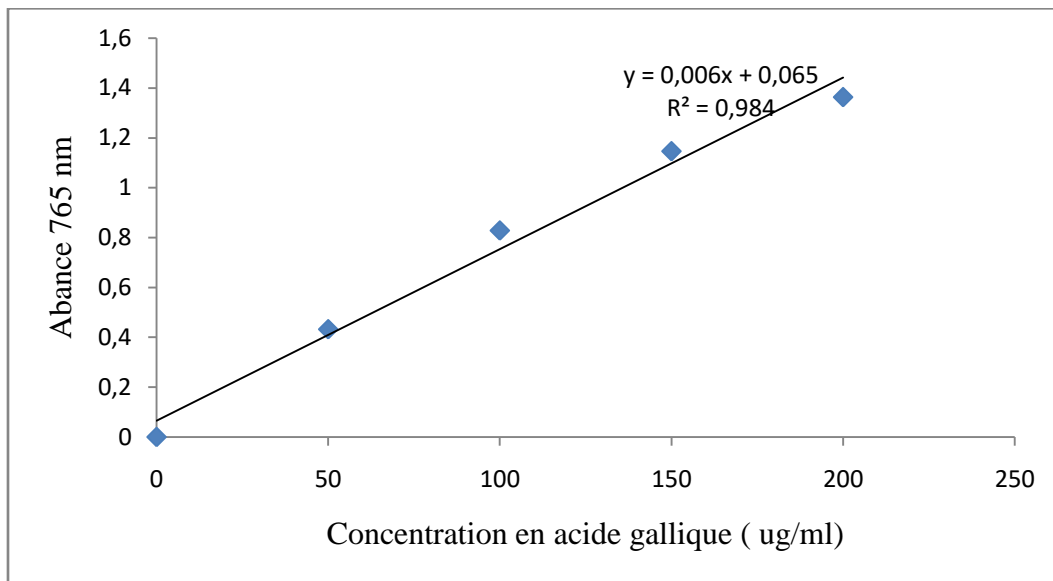


Figure 2 : Courbe étalon pour le dosage des polyphénols totaux des extraits acétoniques.

Annexe II : courbes d'étalonnage de pouvoir réducteur et l'activité antioxydante totale

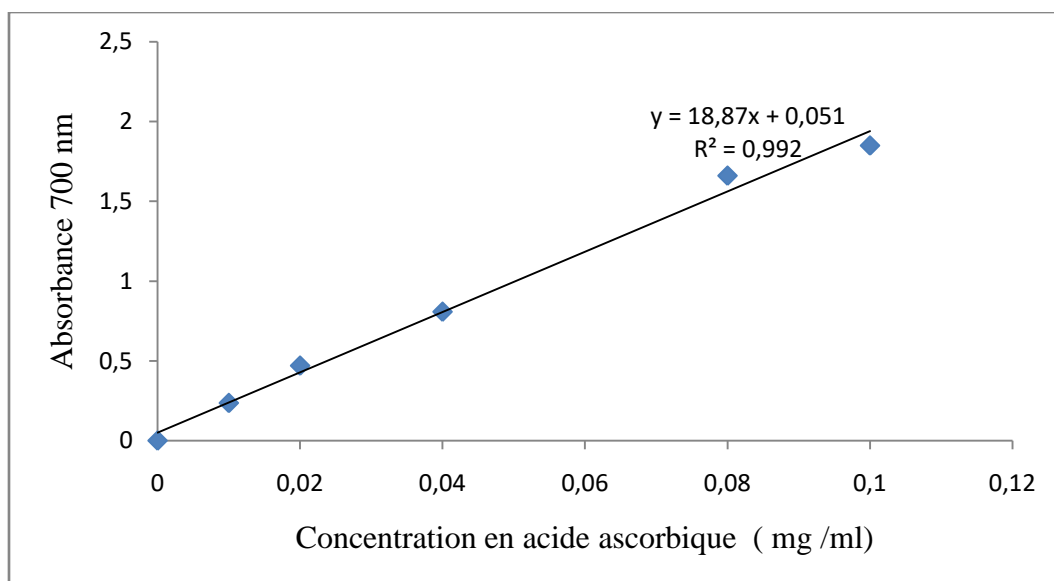


Figure1 : Pouvoir réducteur en fonction de la concentration de l'acide ascorbique (mg/ml)

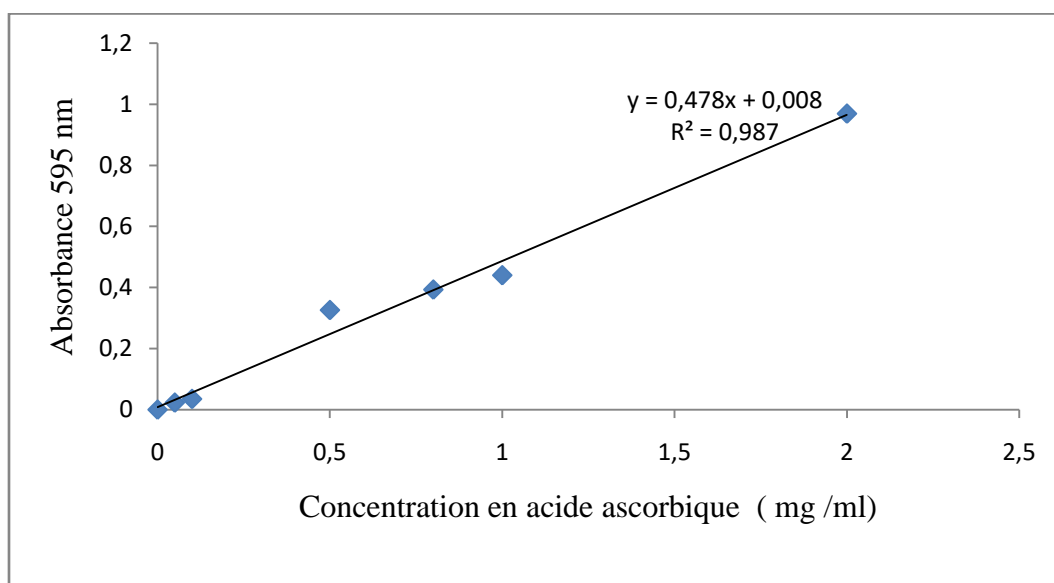


Figure2 : Activité antioxydante totale en fonction de la concentration de l'acide ascorbique (mg/ml).

Annexes

Annexe II : Préparation des différentes solutions utilisées

Solution	Préparation
Solution de Tampon phosphate (0,2 M, pH = 6,6)	-3.555 g pour 100 mL de Na ₂ HPO ₄ . -0.218 g pour 100 mL de NaH ₂ PO ₄ .
Solution molybdate	-498mgde NaH ₂ PO ₄ (28mM) - 494mg de Molybdate ammonium (4mM) -16.31 ml H ₂ SO ₄ (0,6M) dans 100ml d'eau distillé.

Résumé.

Introduction. Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont régulièrement produites par les cellules notamment par la respiration mitochondriale. Souvent induites par des facteurs externes tels que les rayonnements UV, la pollution, le tabac, l'alcool et les pesticides. Cependant, cette production est régulée par des enzymes à activité antioxydante qui sont naturellement présentes dans le corps humain : la superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase. La balance entre les ERO et ces antioxydants doit être équilibrée car le déséquilibre peut engendrer le stress oxydant. Ce dernier, est lié à de nombreuses pathologies inflammatoires chroniques, notamment le cancer, le diabète de type 2 ou l'asthme. De ce fait, la recherche sur les antioxydants dans les plantes s'est beaucoup développée ces dernières années, afin de trouver des biomolécules avec un grand potentiel antioxydant dans l'espoir de se protéger ou même de guérir de ces différentes maladies. Les objectifs de cette étude étaient i) d'optimiser les conditions d'extraction de métabolites secondaires des différentes parties (feuilles, tige et tubercules) d'*arum italicum*, ii) déterminer l'activité antioxydante des différents extraits et enfin, iii) étudier l'effet de l'altitude sur le potentiel antioxydant d'*arum italicum*.

Matériel & Méthodes. La plante *Arum italicum* est récolté dans la wilaya de Tizi-Ouzou, au niveau de trois localités de différentes altitudes : Ain Zaouïa, Tizi n'Tlatha et Tala Guilef (200 m, 500 m et 1400 m d'altitude respectivement). L'extraction de polyphénols est faite dans des solvants organiques l'éthanol et l'acétone. La quantification des polyphénols totaux des différents extraits a été effectuée par la méthode au réactif du Folin-Ciocalteu, l'évaluation du pouvoir réducteur et l'activité antioxydante totale a été effectuée par les méthodes de dosages colorimétriques. Résultats. Nos résultats montrent que l'extraction à l'éthanol a permis d'obtenir les meilleurs rendements en polyphénols. De plus, même si les feuilles sont plus riches en polyphénols, leurs concentrations dans les tiges ne sont pas négligeables (159.4 vs 73.3 ug EAG/mL). De même, les valeurs du pouvoir réducteur et de l'activité antioxydante totale étaient plus importantes dans les extraits éthanoliques que dans les extraits acétoniques (66.7 vs 23.9 ug EAG/mL). Cependant, l'effet de l'altitude sur le taux de polyphénols, le pouvoir réducteur et l'activité antioxydante totale varie selon le type d'extraction et la partie de la plante.

Conclusion. En conclusion, *Arum italicum* récoltée dans la wilaya de Tizi-Ouzou est une plante riche en polyphénols avec un important pouvoir antioxydant.

Mots-clés: *Arum italicum*, Araceae, polyphénols, activité antioxydante

Abstract.

Introduction. Reactive oxygen species (ROS) are regularly produced by aerobic cells, specifically by mitochondria respiratory chain. Usually induced by external factors such as UV radiation, pollution, tobacco, alcohol and pesticides. However, the ROS production is regulated by antioxidant enzymes naturally present in the human body (Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase). The imbalance between ROS and these antioxidants may lead to oxidative stress. The latter is linked to many chronic inflammatory diseases, including cancer, type 2 diabetes or asthma. As a result, research on plant antioxidants has expanded considerably in recent years, in order to find biomolecules with high antioxidant potential in the hope of protecting or even curing against these various diseases. The objectives of this study were i) to optimize polyphenols extraction from different parts (leaves, stems and tubers) of *Arum italicum*, ii) to identify the antioxidant activity of the different extracts and finally, iii) to study the effect of altitude on *Arum italicum's* antioxidant potential.

Methods. *Arum italicum* plant was collected in the wilaya of Tizi-Ouzou from three areas of different altitudes: Ain Zaouïa, Tizi n'Tlatha and Tala Guilef (200 m, 500 m and 1400m altitude respectively). Polyphenols are extracted in organic solvents (ethanol, acetone). The quantification of the total polyphenols of the different extracts was performed by the Folin-Ciocalteu method. The evaluation of the reducing power and the total antioxidant activity was determined by colorimetric assay methods.

Results. Our results show that highest polyphenol yield was obtained with the ethanol extraction. Moreover, polyphenol content is high in leaves, but not negligible in the stems (159.4 vs 73.3 ug EAG/mL). Similarly, the values of reducing power and total antioxidant activity were higher in ethanol extracts than in acetone extracts (66.7 vs 23.9 ug EAG/mL). However, the effect of altitude on polyphenol levels, reducing power and total antioxidant activity varies according to the type of extraction and the part of the plant.

Conclusion. *Arum italicum* collected in the wilaya of Tizi-Ouzou is an importance source of polyphenols with an important antioxidant power.

Keywords: *Arum italicum*, Araceae, polyphenols, antioxidant activity