



THÈSE

En vue de l'obtention du
Diplôme de Doctorat
Présenté par : **LEZOUL Nour El Houda**

Étude des procédés d'extraction des substances bioactives à partir des plantes médicinales.

Faculté : **CHIMIE**
Département : **Génie Chimique**
Domaine : **Sciences et technologies**
Filière : **Chimie**
Intitulé de la Formation : **Génie des procédés : Ingénierie biomoléculaire**

Devant le Jury Composé de :

Membres de Jury	Grade	Qualité	Domiciliation
Ahmed BEKKA	Professeur	Président	USTO-MB
Mohamed BELKADI	Professeur	Directeur	USTO-MB
Mortada DAAOU	Professeur	Examineur	USTO-MB
Nadia KAMBOUCHE	Professeur	Examinatrice	Université Ahmed Benbella-Oran.1
Mabrouk KIHHEL	Professeur	Examineur	Université Ahmed Benbella-Oran.1

Dédicace

Grâce à dieu,

Je tiens à dédier ma thèse à Mes parents, qui m'ont soutenu durant toutes mes années d'études, qui ont subi bien plus que les autres, mes sautes d'humeur pendant ces années, ils ont toujours cru en moi.

Mon cher mari qui m'a soutenu et m'a contribué dans la finalisation de cette thèse d'une façon ou d'une autre.

Mon cher frère, sa femme et mes deux petits anges Wassim et Sami.

Remerciements

Avant de commencer, je dois remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la sante, le courage et la volonté pour pouvoir finaliser ce modeste travail.

Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé au laboratoire de Post-Harvest au sein du département d'agro-food Technology à l'université de Miguel Hernandez d'alicante Dans le cadre du le programme National exceptionnel.

Je tiens à remercier en premier mon directeur de thèse professeur Mohamed BELKADI de m'avoir intégrée à son groupe de recherche, et pour l'aide qu'il m'a apporté dans ce travail.

Je tiens à exprimer tous mes sincères remerciement au professeur Antonio Fabian GUILLEN ARCO, pour avoir co-dirigé cette thèse et m'avoir accueillie au sein de son laboratoire. ses compétences scientifiques, ses encouragements et la confiance qu'il m'a accordé mon permis à mener à bien ce travail, qu'il soit assuré de ma profonde gratitude.

J'adresse mes sincères remerciements au professeur BEKKA, de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail, pour l'intérêt qu'il porte à ce travail et pour avoir accepté de présider ce jury.

J'exprimer toute ma gratitude a professeur DAAOU, professeur KAMBOUCHE et professeur KIHHEL d'avoir accepté d'être membre de mon jury et évaluer mon travail de recherche

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du personnel du laboratoire de synthèse organique, physico-chimie, biomolécules et environnement (LSPBE) de l'université d'USTO-MB.

Je remercie mes amis Alejandra, Ema, José manuel, Jorje, Fariborz et maria du laboratoire laboratoire de Post-Harvest et à tout l'équipe du département d'agro-food Technology de m'avoir aidé et soutenue tout au long de mes recherches.

Je tien enfin à exprimer toute ma gratitude à ma famille dont le soutiens a été essentiel tout au long de mes études, et tout particulièrement au cours de ce travail. A mes parents qui me sont chers, très chers pour moi. Merci beaucoup maman à votre vocation.

Résumé

L'extraction des métabolites secondaires par l'eau, MeOH: eau (8: 2) contenant du NaF, du méthanol, éthanol et acétone (tous dilués (7: 3) dans l'eau) des différentes parties (feuilles, fleurs, tiges et racines) de *Passiflora caerulea* L., *Physalis peruviana* L. et *Solanum muricatum* Aiton par deux méthodes d'extraction, décoction et macération ont été étudiées. Les rendements d'extraction les plus élevés ont été enregistrés par le méthanol pour la décoction et acétone pour macération. La teneur totale en polyphénols obtenue par décoction avait les polyphénols totaux les plus élevés, et MeOH contenant NaF était le meilleur solvant pour l'extraction des polyphénols totaux. La macération convenait pour l'extraction des flavonoïdes, ainsi elle est préférable pour extraire les tanins condensés à partir des feuilles et fleurs de *Solanum* et pour les feuilles de *Passiflora*. En revanche, la décoction convenait pour extraire les tannins condensés à partir du *Physalis*. L'éthanol et l'acétone étant les meilleurs solvants d'extraction des flavonoïdes et des tannins condensés. En général, les niveaux les plus élevés des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tanins condensés ont été obtenus à partir des feuilles de *Passiflora* indépendamment du solvant ou de la méthode d'extraction appliqué. En outre, les racines de *Physalis* et *Solanum* ont montré des niveaux importants de ces composés en consonance avec l'activité antioxydante évaluée dans les différents organes de la plante dans les trois espèces. Dans cette étude, les solvants et les méthodes d'extraction appliqués sont des outils qui déterminent de manière significative le niveau d'extraction des composés bioactifs, montrant un impact différent sur les organes végétaux pour chaque espèce médicinale étudiée.

Mots clés: macération; décoction; teneur totale en polyphénols; flavonoïdes; tanins condensés.

Abstract

Extraction of secondary metabolites by water, MeOH: water (8: 2) containing NaF, methanol, ethanol and acetone (all diluted (7: 3) in water) from the different parts (leaves, flowers, stems and roots) of *Passiflora caerulea* L., *Physalis peruviana* L. and *Solanum muricatum* Aiton by two methods of extraction, decoction and maceration were studied. The highest extraction yields were recorded with methanol for decoction and acetone for maceration. The total polyphenol content obtained by decoction had the highest total polyphénols, and MeOH containing NaF was the best solvent for the extraction of total polyphénols. Maceration was suitable for extracting flavonoids, and it is preferable for extracting condensed tannins from the leaves and flowers of *Solanum* and for the leaves of *Passiflora*. On the other hand, the decoction was suitable for extracting condensed tanins from *Physalis*. Ethanol and acetone being the best solvents for extracting flavonoids and condensed tanins. In general, the highest levels of total polyphénols, flavonoids, and condensed tannins were obtained from *Passiflora* leaves regardless of the solvent or extraction method applied. In addition, the roots of *Physalis* and *Solanum* showed significant levels of these compounds in consonance with the total antioxidant activity assessed in the different organs of the plant in the three species. In this study, the solvents and extraction methods applied are tools that significantly determine the level of extraction of bioactive compounds, showing a different impact on plant organs for each medicinal species studied.

Keywords: maceration; decoction; total polyphenol content; flavonoids; condensed tannins

المخلص

استخلاص المستقلبات الثانوية بالماء، الميثانول: ماء (8:2) يحتوي على فلوريد الصوديوم والميثانول والإيثانول والأسيتون (جميعها مخففة (7:3) في الماء) من الأجزاء المختلفة (الأوراق والزهور والسيقان والجذور) من *Passiflora caerulea* و *Physalis peruviana* و *Solanum muricatum Aiton*. بطريقتين من طرق الاستخراج ، بالإغلاء والنقع تم دراستها . تم تسجيل أعلى إنتاجية من الميثانول للإغلاء والأسيتون للنقع. إجمالي متعددات الفينول التي حصلت عليها عملية الإغلاء يحتوي على أعلى إجمالي من مادة متعددات الفينول ، وكان الميثانول المحتوي على فلوريد الصوديوم هو أفضل مذيب لاستخراج متعددات الفينول. عملية النقع مناسبة لاستخراج مركبات الفلافونويد ، وتفضل أيضا لاستخراج التانين المكثف من أوراق وأزهار *Solanum* وأوراق *Passiflora* . من ناحية أخرى، عملية الإغلاء مناسبة لاستخراج التانين المكثف من *Physalis* . يعتبر الإيثانول والأسيتون من أفضل المذيبات لاستخراج مركبات الفلافونويدالتانين المكثف . بشكل عام ، تم الحصول على أعلى مستويات من إجمالي محتوى متعددات الفينول والفلافونويد و التانين المكثف من أوراق *Passiflora* بغض النظر عن المذيب أو طريقة الاستخراج المطبقة. بالإضافة إلى ذلك، فإن جذور *Solanum* و *Physalis* أظهرت مستويات كبيرة من هذه المركبات تتفق مع نشاط مضادات الأكسدة تم تقييمها في أعضاء النبات المختلفة في الأنواع الثلاثة. في هذه الدراسة، المذيبات وطرق الاستخراج المطبقة هي أدوات تحدد بشكل كبير مستوى استخلاص المركبات النشطة بيولوجيًا ، مما يظهر تأثيرًا مختلفًا على الأعضاء النباتية لكل نوع طبي تمت دراسته.

الكلمات الدالة : النقع؛ الإغلاء؛ إجمالي محتوى متعددات الفينول؛ الفلافونويد؛ و التانين المكثف.

Graphical abstarct

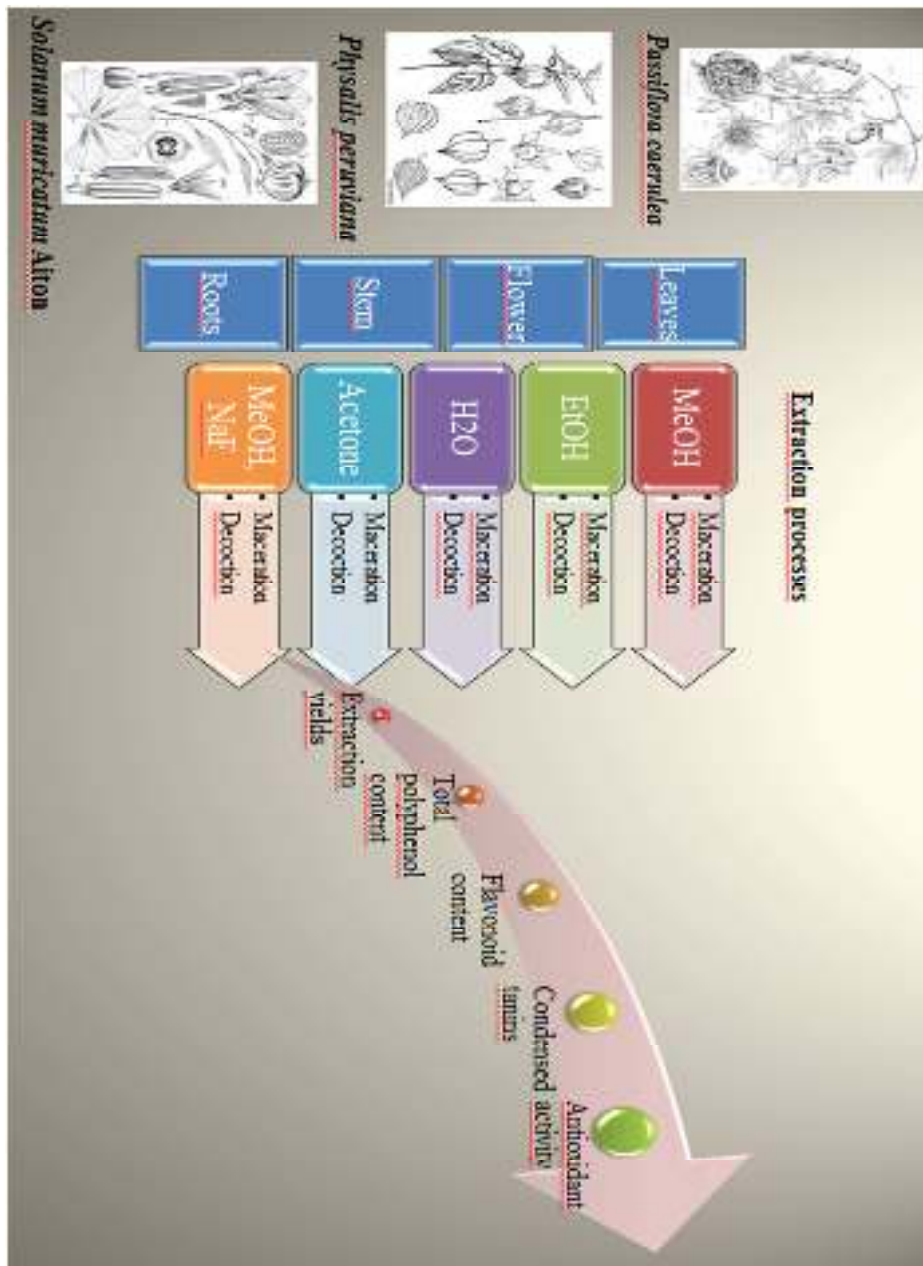


Table des matières

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale.....	2
I. 1. Phytothérapie	6
I. 2. Plante médicinale	8
I. 3. Médicaments à base de plantes	9
Généralités sur les plantes étudiées	11
<i>Passiflora Caerulea</i> L.	12
1. Taxonomie de la passiflore	12
2. Description botanique (morphologie et microscopie)	12
3. Distribution biogéographique de l'espèce	15
Répartition mondiale	15
4. Utilisation de la passiflore	16
<i>Physalis peruviana</i> L.	17
1. Description botanique	17
2. Distribution biogéographique de l'espèce	19
Répartition mondiale	19
4. Utilisation du <i>Physalis peruviana</i> L.	20
<i>Solanum muricatum</i> Aiton	21
1. Description botanique	21
2. Aspects morphologiques de la plante	21
3. Tiges et feuilles	22
4. Fleurs	23
5. Fruit	23
6. Distribution biogéographique de l'espèce	24
Répartition mondiale	24
7. Utilisation du <i>Solanum muricatum</i> Aiton	24
Polyphénols	26
1. Etude phytochimique des composés phénoliques	27
2. Définition des composés phénoliques	27
3. Les polyphénols	28
4. Rôle physiologique des composés phénoliques	30

5. Intérêts thérapeutiques des polyphénols	31
5.1. Polyphénols et cancer	32
5.2. Polyphénols et maladies cardiovasculaires	32
5.3. Polyphénols et inflammation.....	33
5.4. Polyphénols et maladies neurodégénératives	34
Les flavonoïdes	35
1. Définition	35
2. Biosynthèse des flavonoïdes	36
3. Intérêt biologique des flavonoïdes	37
Les antioxydants polyphénoliques	40
5. Polyphénols naturels comme antioxydants	41
Activité antioxydante des flavonoïdes	43
<i>Partie Expérimentale</i>	
Matériels et méthodes	
Introduction	48
1. Matériels végétal	48
2. Dosage des composés phénoliques	49
3. Réactifs chimiques	49
4. Préparation des extraits	50
4.1. Extraction par macération	50
4.2. Extraction par décoction.....	50
5. Dosage des polyphénols totaux.....	51
5. 1. Mesures	52
6. Détermination des flavonoides.....	53
6.1. Mesures	54
8. Etude de l'activité antioxydante.....	56
8.1. Principe du teste ABTS	57
8.2. Détermination de l'activité antioxydante dans la phase hydrophile (<i>H-TAA</i>).....	58
8.3. Détermination de l'activité antioxydante dans la phase lipophile (<i>L - TAA</i>)	59
9. Analyses statistiques	60
Résultats et discussions	
Introduction	62
1. Rendement d'extraction	62

1. 2. Rendement d'extraction par décoction	64
2. Teneur en polyphénols totaux (PPT)	71
3. Teneur en Flavonoïdes	79
4. Teneur en tannins condensés (TC).....	87
Activité antioxydante	95
Conclusion.....	98
Conclusion générale et perspectives.....	99
Références bibliographiques	103

Liste des abréviations

m	Masse
V	Volume
nm	Nanomètre
N	Normalité
M	molaire
Trolox	Acide 6- hydroxy-2, 5, 7, 8- tetramethylchroman-2-carboxylique
L- TAA	Total antioxydante Activité dans la phase lipophile soluble
H- TAA	Total antioxydante Activité dans la phase hydrophile soluble
MeOH, NaF	MeOH: eau (8: 2) contenant le fluorure de sodium.
P	Probabilité
PPT	polyphénol totaux
TC	Tannins condensés
Qu	Quercétine
AG	Gallique acide
MS	Matière sèche
Eq	Equivalent
SE	Erreur standard
SD	Ecart type
λ	Longueur d'onde
rpm	Rotation par minute
ABTS	sel d'ammonium de l'acide 2, 2' – azino bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique).

Liste des figures

Figure I. 1. Feuilles de <i>Passiflora Caerulea</i> L.....	13
Figure I. 2. Tiges grimpantes de <i>Passiflora Caerulea</i> L.....	13
Figure I. 3. Fleurs de <i>Passiflora Caerulea</i> L.....	15
Figure I. 4. Feuilles de <i>Physalis peruviana</i> L.....	17
Figure I. 4. Fleurs de <i>Physalis peruviana</i> L.....	18
Figure I. 6. Fruit de <i>Physalis peruviana</i> L.....	18
Figure I. 7. Feuilles de <i>Solanum muricatum</i> Aiton.....	22
Figure I. 8. Fleurs de <i>Solanum muricatum</i> Aiton.....	23
Figure I. 9. Structure d'unité de base des polyphénols.....	27
Figure I. 10. Motif flavan (a) et flavon(b) et numérotation systématique.....	35
Figure I. 11. Voie de biosynthèse des flavonoïdes Figure I. 12: Illustration d'un mécanisme d'action des polyphénols : la donation d'hydrogène. Le radical formé devient moins dangereux.....	36
Figure I. 12. Structure de quelques tannins condensés.....	40
Figure I. 13. Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques.....	41
Figure I. 14. Les caractéristiques structurales des flavonoïdes avec une activité de piégeage des radicaux libres élevée.....	42
Figure I. 15. Activité antiradicalaire de divers flavonoïdes vis-a-vis du radical ABTS ⁺ , exprimée en indice TEAC (Trolox Equivalent Antioxydant Capacity).....	43
Figure I. 16. Activité antiradicalaire de divers flavonoïdes vis-a-vis du radical ABTS ⁺ , exprimée en indice TEAC (Trolox Equivalent Antioxydant Capacity) (Rice-Evans et al., 1996).....	45
Figure II. 1. Feuilles, fleurs, tiges, racines des trois espèces séchées et broyées.....	49
Figure II. 2. Préparation des macéras.....	50
Figure II. 3. Préparation des décoctés.....	51
Figure II. 4. Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux.....	52
Figure II. 5. Dosage des polyphénols totaux.....	53
Figure II. 6. Courbe d'étalonnage pour le dosage les flavonoïdes.....	54

Figure II. 7. Dosage de flavonoïdes après l'incubation.....	55
Figure II. 8. Courbe d'étalonnage pour le dosage des tannins totaux.....	56
Figure II. 9. Formation du piégeage du radicale ABTS ⁺ par un antioxydant donneur de H ⁺	57
Figure II. 10. Courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration du trolox dans une solution ABTS pour le dosage des (H - TAA).....	59
Figure II. 11. Courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration du trolox dans une solution ABTS pour le dosage des (L- TAA).....	60
Figure III. 1. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par macération.....	62
Figure III. 2. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. extraites par macération.....	63
Figure III. 3. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par macération.....	63
Figure III. 4. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par décoction.....	64
Figure III. 5. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. extraites par décoction.....	65
Figure III. 6. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par décoction.....	65
Figure III. 7. Rendement d'extraction des différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L.....	67
Figure III. 8. Rendement d'extraction des différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L.....	68
Figure III. 9. Rendement d'extraction des différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton.....	68
Figure III. 10. Rendement d'extraction par macération et par décoction de <i>Passiflora caerulea</i> L.....	69
Figure III. 11. Rendement d'extraction par macération et par décoction de <i>Physalis peruviana</i> L.	70
Figure III. 12. Rendement d'extraction par macération et par décoction de <i>Solanum muricatum</i> Aiton.....	70
Figure III. 13. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par Décoction.....	73

Figure III. 14. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par macération.....	73
Figure III. 15. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. extraites par décoction.....	74
Figure III. 16. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. extraites par macération.....	74
Figure III. 17. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par décoction.....	75
Figure III. 18. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par macération.....	75
Figure III. 19. Rendement d'extraction par macération et par décoction des polyphénols totaux de <i>Passiflora caerulea</i> L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche.....	76
Figure III. 20. Rendement d'extraction par macération et par décoction des polyphénols totaux de <i>Physalis peruviana</i> L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche.....	77
Figure III. 21. Rendement d'extraction par macération et par décoction des polyphénols totaux de <i>Solanum muricatum</i> Aiton. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche.....	77
Figure III. 22. Rendement d'extraction par macération et par décoction des flavonoïdes de <i>Passiflora caerulea</i> L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine /g de matière végétale sèche.....	79
Figure III. 23. Rendement d'extraction par macération et par décoction des flavonoïdes de <i>Physalis peruviana</i> L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine /g de matière végétale sèche.....	80
Figure III. 24. Rendement d'extraction par macération et par décoction des flavonoïdes de <i>Solanum muricatum</i> Aiton. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine /g de matière végétale sèche.....	80
Figure III. 25. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par décoction.....	83
Figure III. 26. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par macération.....	83
Figure III. 27. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. extraites par décoction.....	84

Figure III. 28. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. extraites par macération.....	84
Figure III. 29. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par décoction.....	85
Figure III. 30. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par macération.....	85
Figure III. 31. Rendement d'extraction par macération et par décoction des tannins condensés de <i>Passiflora caerulea</i> L. Les résultats sont exprimés mg équivalent catéchine/g de matière végétale sèche.....	87
Figure III. 32. Rendement d'extraction par macération et par décoction des tannins condensés de <i>Physalis peruviana</i> L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine /g de matière végétale sèche.....	88
Figure III. 33. Rendement d'extraction par macération et par décoction des des tannins condensés de <i>Solanum muricatum</i> Aiton. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine /g de matière végétale sèche.....	88
Figure III. 34. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par décoction.....	90
Figure III. 35. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L. extraites par macération.....	91
Figure III. 36. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. Extraites par décoction.....	91
Figure III. 37. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de <i>Physalis peruviana</i> L. Extraites par macération.....	92
Figure III. 38. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par décoction.....	92
Figure III. 39. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de <i>Solanum muricatum</i> Aiton extraites par macération.....	93
Figure IV. 1. Activité antioxydante des différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L., <i>Physalis peruviana</i> L. et <i>Solanum muricatum</i> Aiton dans la phase hydrophile soluble.....	95
Figure IV. 2. Activité antioxydante des différentes parties de <i>Passiflora caerulea</i> L., <i>Physalis peruviana</i> L. et <i>Solanum muricatum</i> Aiton dans la phase lipophile soluble.....	96

Liste des tableaux

Tableau I. 1. : Principales classes de composés phénoliques.....	29
Tableau I. 2. : Prévention de certaines maladies par les flavonoïdes.....	38
Tableau III. 1. Rendement d'extraction (% MS) des différentes parties de passiflore bleue (<i>Passiflora caerulea</i> L.), groseille du Cap (<i>Physalis peruviana</i> L.) et pépino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton) extraites par décoction et macération.....	66
Tableau III. 2. Teneur totale en polyphénols (mg eq GA / 100 g MS) dans les différentes parties de la passiflore bleue (<i>Passiflora caerulea</i> L.), de la groseille du Cap (<i>Physalis peruviana</i> L.) et du pépino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton) extraits par décoction et macération.....	72
Tableau III. 3. Teneur en flavonoïdes (mg eq Qu / 100 g MS) dans les différentes parties de la passiflore bleue (<i>Passiflora caerulea</i> L.), de la groseille du Cap (<i>Physalis peruviana</i> L.) et du pépino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton) extraits par décoction et macération.....	81
Tableau III. 4. Teneur en tannins condensés (mg équivalent catéchine/g MS) dans les différentes parties de la passiflore bleue (<i>Passiflora caerulea</i> L.), de la groseille du Cap (<i>Physalis peruviana</i> L.) et du pépino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton) extraits par décoction et macération.....	89

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les plantes médicinales ont toujours été utilisées, pour soulager et guérir les malades. En effet, leurs propriétés thérapeutiques sont dues à la présence des milliers de composés naturels bioactifs appelés: les métabolites secondaires. Ces derniers sont par la suite accumulés dans différents organes et parfois dans des cellules spécialisées de la plante.

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en dermatopharmacie. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires qui se sont sur tout illustré en thérapeutique. La Pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles, ou des matières premières pour la semi-synthèse (**Bahorun, 1998**).

D'après les estimations, 80% de la population mondiale dépend principalement de la médecine traditionnelle (**OMS, 2012**) Une analyse de prescriptions médicales menée aux Etats Unis entre 1959 et 1980 a montré que 25 % d'entre elles contenaient un principe issu du règne végétal (Farnsworth, 1988), tandis qu'environ 60 % de prescriptions en Europe proviennent directement ou indirectement des plantes (**Rao, Palada, & Becker, 2004**).

Aujourd'hui, l'industrie pharmaceutique a investi dans la recherche des médicaments d'origine végétale. L'étude de la biodiversité des plantes médicinales et les utilisations médicinales traditionnelles ont constitué un axe prioritaire dans cette recherche.

Les plantes médicinales sont extrêmement nombreuses. En effet, les estimations indiquent que plus de 13000 espèces de plantes médicinales sont utilisées comme remèdes traditionnels par diverses cultures dans le monde entier (**Foster, 1999**). Les propriétés médicinales des plantes sont dues à des produits synthétisés par les plantes elle-même appelé métabolites secondaires. De nombreux métabolites secondaires essentiellement les polyphénols sont des antimicrobiennes au sens large, car ils protègent les plantes contre les champignons, les bactéries, les animaux et même les autres plantes (**Macheix, Fleuriet, & Jay-Allemand, 2005**).

Les polyphénols sont aussi connus pour leurs activités biologiques qui sont en relation directe avec la santé de l'être humain. Ils sont largement utilisés en thérapeutique comme vasculoprotecteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants et anti-radicalaires (**Bahorun, 1998**), dans la chimiothérapie et dans le traitement de plusieurs types de cancers (**Ghnimi, 2015**).

Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins (**Boizot & Charpentier, 2006**). Ils sont ainsi présents comme ingrédients dans plusieurs préparations cosmétiques utilisées dans le traitement du vieillissement cellulaire et la protection de la peau (**Menaa, Menaa, & Tréton, 2014**).

Dans ce contexte s'inscrit le présent travail de recherche qui a pour objectif d'extraire les molécules bioactives, en déterminant leurs concentration dans les différentes parties de *Passiflora caerulea*, *Physalis peruviana*, *Solanum muricatum* Aiton qui sont plantes tropicales cultivé et récolté de la région d'Oran ainsi d'évaluer l'activité antioxydante de leurs extraits.

Notre travail a été divisé en trois parties ;

La première partie du manuscrit est purement théorique concerne la phytothérapie et les plantes médicinales, ainsi une synthèse d'une recherche bibliographique. D'abord, une étude ethnobotanique des trois espèces étudiées : *Passiflora caerulea*, *Physalis peruviana* et *Solanum muricatum* Aiton a été réalisée.

Nous avons cité l'importance économique, les différents composés phénoliques présents ainsi que les activités biologiques trouvés dans la littérature relatives aux trois espèces. Ensuite, après avoir présenté les principaux composés phénoliques, nous avons détaillé plus précisément les activités biologiques connues des polyphénols et des flavonoïdes ainsi que leurs bienfaits sur la santé de l'être humain.

Introduction Générale

La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisées dans ce travail qui porte sur :

- Méthodes d'extraction.
- Dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tannins condensés.
- Une étude de l'activité antioxydante des extraits des différentes parties des trois plantes étudiées.

Enfin dans la troisième partie nous présenterons les résultats obtenus et leurs discussions.

La thèse s'achève par une conclusion générale suivie par des perspectives.

Chapitre I.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. 1. Phytothérapie

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques : phuton et therapeia qui signifient respectivement "plante" et "traitement". La Phytothérapie peut donc se définir comme étant une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes (**Tits, 2010**), qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe. Depuis 1987, la phytothérapie est reconnue à part entière par l'Académie de médecine (**Seddik & Abdelkarim, 2020**). Il est important de ne pas confondre cette discipline avec la phytopharmacie qui, quant à elle, désigne l'ensemble des substances utilisées pour traiter les plantes, à savoir les pesticides, fongicides, herbicides, ou encore insecticides (**de France, 2017**). On distingue deux types de phytothérapies. Tout d'abord la phytothérapie traditionnelle. C'est une thérapie de substitution qui a pour but de traiter les symptômes d'une affection. Ses origines peuvent parfois être très anciennes et elle se base sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement (**de France, 2017**). Les indications qui s'y rapportent sont de première intention, propres au conseil pharmaceutique (**Chabrier, 2010**). Elles concernent notamment les pathologies saisonnières depuis les troubles psychosomatiques légers jusqu'aux symptômes hépatobiliaires, en passant par les atteintes digestives ou dermatologiques. On peut citer par exemple les graines de Chardonmarie (*Silybum marianum* L.) qui sont utilisées pour traiter les troubles fonctionnels digestifs attribués à une origine hépatique. En effet cette drogue se distingue par ses propriétés régénératrices de la cellule hépatique associées à une action cholérétique. Pline l'Ancien (**Chevallier & Crouzet-Segarra, 2004**) lui-même recommandait de prendre le jus de la plante mélangé à du miel pour "éliminer les excès de bile" (**Edzard, 2001**). La seconde forme existante est la phytothérapie clinique. C'est une médecine de terrain dans laquelle le malade passe avant la maladie. Une approche globale du patient et de son environnement est nécessaire pour déterminer le traitement, ainsi qu'un examen clinique complet (**Moreau, 2003**). Son mode d'action est basé sur un traitement à long terme agissant sur le système neuro-végétatif. Cette fois-ci les indications sont liées à une thérapeutique de complémentarité. Elles viennent compléter ou renforcer l'efficacité d'un traitement allopathique classique pour des pathologies aiguës d'importance modérée (infection grippale, pathologies O.R.L...). On va principalement agir sur les effets secondaires. On peut citer par exemple l'utilisation chez un vagotonique de la Lavande (*Lavandula angustifolia*) en usage

interne pour ses effets anti-stress, calmant, et pour ses actions contre les crampes musculaires, ainsi que contre les troubles du sommeil. Nous pouvons affirmer que la phytothérapie peut et devrait figurer en bonne place dans notre arsenal thérapeutique de tous les jours, sans que cela soit considéré comme une pratique marginale ou dépassée. Naturellement, le médecin phytothérapeute ne s'interdit pas de prescrire toute molécule de synthèse qu'il juge utile et nécessaire à la guérison de son patient, mais il ne le fera qu'avec discernement et à bon escient, en évaluant au mieux le rapport bénéfice/risque, et surtout en accordant sa pensée à ses actes : à efficacité égale, le phytothérapeute préfère choisir la phytothérapie et/ou l'aromathérapie plutôt qu'un traitement utilisant les molécules de synthèse. Le corollaire de cette préférence est qu'il ne prétend pas tout guérir avec les plantes : à tout moment, il peut compléter ou remplacer son traitement phytothérapeutique par une autre prescription plus conventionnelle si cela est nécessaire. Le médecin sait qu'il ne peut pas tout guérir, pas plus avec les plantes qu'avec l'ensemble des moyens dont il dispose. Mais l'ajout de la phytothérapie dans son approche thérapeutique lui permet d'élargir considérablement son champ d'efficacité et par conséquent son domaine d'activité, non seulement dans le cadre de toutes les affections fonctionnelles, mais aussi dans la plupart des maladies organiques, en prescription isolée ou, dans ces derniers cas, si nécessaire en association avec l'allopathie. L'adjonction d'un traitement phytothérapeutique renforce alors l'efficacité du remède chimique, ou diminue ses effets secondaires. Souvent, il est également possible d'adapter les posologies de ce remède chimique une fois associé au traitement à base de plantes. De même, la phytothérapie permet de remplacer les molécules de synthèse lorsque celles-ci ne sont plus tolérées ou acceptées par le patient. Citons par exemple le cas des anti-inflammatoires, des antidépresseurs, ou encore des anxiolytiques... La phytothérapie offre des possibilités très complètes que bien souvent la chimiothérapie conventionnelle ne peut pas égaler, puisque l'on peut aussi bien rétablir les grands équilibres physiologiques (neuro-endocriniens, immunitaires) qu'agir sur les fonctions et donc intervenir appareil par appareil (locomoteur, cardio-vasculaire, etc.). Il est également possible d'avoir une action thérapeutique spécifique sur chacun des organes du corps, de façon précise et ciblée pour chaque plante utilisée. Mais le phytothérapeute veillera à soigner un tout et non pas un symptôme. Il considère et prend en charge son patient de façon globale et personnalisée, à tous les stades de sa démarche clinique, en adaptant sa thérapeutique au fil des consultations aux besoins réels de son patient par le biais notamment de la préparation magistrale. Il convient enfin de ne pas oublier une démarche fondamentale et spécifique à la phytothérapie, qui est souvent le préalable à toute

autre prescription, et parfois même la seule : la prise en compte du terrain et la relance de l'homéostasie. En rétablissant ainsi les grandes fonctions métaboliques, en facilitant le travail des organes d'élimination (peau, rein, foie, intestin), le phytothérapeute permet à l'organisme malade de retrouver son équilibre, et ainsi le chemin de la guérison. L'atout premier de la phytothérapie est l'exceptionnelle tolérance des plantes médicinales, si elles sont choisies soigneusement en respectant les indications, contre-indications et en tenant compte des interactions éventuelles. Cet avantage permet d'éviter les effets secondaires, les problèmes de rebond, de rétrocontrôles négatifs et de dépendance si fréquemment rencontrés avec les médicaments de synthèse (**Chabrier, 2010**). De nos jours, la Phytothérapie est basée sur les avancées scientifiques et les recherches des extraits actifs des plantes. Une fois identifiés ces derniers sont standardisés. Cette pratique conduit aux phytomédicaments et selon la réglementation en vigueur dans le pays, la circulation de ces derniers est soumise à l'autorisation de mise sur le marché. On parle alors de Pharmacognosie ou de biologie pharmaceutique (**Monnier, 2002**). La phytothérapie moderne trouve donc sa justification dans la pharmacognosie, aspect multidisciplinaire de la connaissance du végétal et de ses propriétés. Enfin il est important de préciser que connaître une plante, c'est aussi être conscient de ses limites et de ses dangers car la phytothérapie n'est en aucun cas une technique anodine. Son utilisation thérapeutique nécessite une bonne connaissance de la matière médicale (**Chabrier, 2010**).

I. 2. Plante médicinale

D'après la X^{ème} édition de la Pharmacopée française, les plantes médicinales "sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses". Ces plantes médicinales peuvent également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques. En d'autres termes nous pouvons dire qu'une plante médicinale est une plante dont un des organes, par exemple la feuille ou l'écorce, possède des vertus curatives lorsqu'il est utilisé à un certain dosage et d'une manière précise. Au Moyen Âge, on parlait de "simples" (**Debuigne, 1974**). Dans le Code de la Santé Publique, il n'existe pas de définition légale d'une plante médicinale au sens juridique (**Moreau, 2003**). C'est une plante, non mentionnée en tant que médicinale, qui est en vente libre par les pharmaciens. Pourtant en France, une définition officielle en est donnée par la jurisprudence : "une plante est dite médicinale lorsqu'elle est inscrite à la pharmacopée et que

son usage est exclusivement médicinal, c'est-à-dire que les plantes sont présentées pour leurs propriétés préventives ou curatives à l'égard des maladies humaines ou animales. Dans le seul cas où ces deux conditions sont réunies, alors la plante appartient à l'usage pharmaceutique. Elles sont considérées comme des médicaments et leur vente est exclusivement réservée aux pharmaciens". Il existe pourtant une exception pour 148 d'entre elles qui sont, par dérogation, en vente libre. On peut distinguer deux types de plantes médicinales : En premier lieu se trouve l'allopathie dans laquelle les plantes ont une action importante et immédiate. Beaucoup des plantes utilisées dans ce mode de traitement peuvent s'avérer toxiques. En effet deux tiers des médicaments sur le marché sont d'origine naturelle, principalement végétale (**Moreau, 2003**). Puis on différencie les plantes dépourvues d'effet iatrogène mais ayant une activité faible. Elles sont utilisées en l'état ou dans des fractions réalisant le totum de la plante, soit la totalité des constituants (**Moreau, 2003**). La plante, organisme vivant, marque son identité par des spécificités morphologiques, à l'origine de la classification botanique, mais aussi biochimiques, liées à des voies de biosynthèses inédites, représentant l'intérêt de l'usage des plantes médicinales (**Bruneton & Barton, 1987**). Les plantes médicinales appartiennent à la Pharmacopée française qui les répertorie dans ses différentes éditions, et dont la liste, révisée en 2000, est publiée dans la Xème édition. Edition officielle, elle reprend les plantes de l'ancienne liste rédigée en 1979 et déjà publiée dans l'IXème édition en janvier 1993 (**Chabrier, 2010**).

I. 3. Médicaments à base de plantes

Les médicaments à base de plantes répondent à la définition du Code de la Santé Publique (C.S.P.), et relèvent donc de la réglementation générale du médicament (**AGENCE, 1998**), à savoir : "On entend par médicament toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions organiques." Sont notamment considérés comme des médicaments les produits diététiques qui renferment dans leur composition des substances chimiques ou biologiques ne constituant pas elles-mêmes des aliments, mais dont la présence confère à ces produits, soit des propriétés spéciales recherchées en thérapeutique diététique, soit des propriétés de repas d'épreuve. Les produits utilisés pour la désinfection des locaux et pour la prothèse dentaire ne sont pas

considérés comme des médicaments (**Chabrier, 2010**). Il est à noter que ces médicaments, d'après leur réglementation, sont sélectionnés sur la base de leur qualité, de leur innocuité et de leur intérêt thérapeutique (**Sévenet & Tortora, 1994**). Quant au terme "médicaments à base de plantes", en donne une définition officielle : "Aux fins de la présente annexe, les termes "substances végétales" et "préparations à base de plantes" sont considérés comme équivalents aux termes "drogues végétales" et "préparations à base de drogues végétales" définis dans la Pharmacopée européenne." Nous pouvons donc définir plus communément les médicaments à base de plantes comme étant des médicaments dont les principes actifs sont exclusivement des drogues végétales et/ou des préparations à base de drogue(s) végétale(s) (**Chabrier, 2010**) . Leurs composants à effets thérapeutiques connus sont des substances ou des groupes de substances, définis chimiquement, dont la contribution à l'effet thérapeutique d'une drogue végétale ou d'une préparation est connue (**Chabrier, 2010**)

Généralités sur les plantes étudiées

Passiflora Caerulea L.

1. Taxonomie de la passiflore

Passiflora est un genre avec plus de 500 espèces, de famille des *Passifloraceae* principalement tropicales et subtropicales, dont la plupart ont un intérêt ornemental, médicinal ou comestible. Appelé en arabe زهرة الألام Les tentatives de culture expérimentale de certaines espèces ont révélé l'existence de graves difficultés de germination et d'homogénéité des semis. Cela peut être le résultat de différences dans la structure des graines (par exemple, la rusticité et l'imperméabilité des téguments), en présence ou en l'absence d'inhibiteurs chimiques, ou dans la sensibilité aux changements de caractéristiques environnementales comme la salinité du sol, le pH du sol ou l'intensité lumineuse (Cárdenas-Hernández, Miranda, Magnitskiyand, & Carranza, 2011; Casierra-Posada, Peña-Olmos, & Tejedor, 2011; Chaín & Causin, 2018; Zucareli, Ferreira, Amaro, & Araújo, 2009) De plus, les graines de nombreuses espèces de Passiflora présentent une forte dormance (Chaín & Causin, 2018; Delanoy, Van Damme, Scheldeman, & Beltran, 2006; Marostega, da Luz, Tavares, Neves, & de Paiva Sobrinho, 2017; Mendiondo & Amela Garcia, 2009; Rego et al., 2014).

2. Description botanique (morphologie et microscopie)

Passiflora caerulea sont des arbustes et des herbes est principalement des plantes grimpantes. *Passiflora caerulea* est une plante vigoureuse avec une tige volumineuse herbacée ou ligneuse, bien ramifiée, haute jusqu'à 4 mètres de maturité, avec des feuilles persistantes, brillantes, alternes, parfois simples, entières, lobées ou palmées (Chaín & Causin, 2018).



Figure I. 1. Feuilles de *Passiflora Caerulea* L.



Figure I. 2. Tiges grimpantes de *Passiflora Caerulea* L.

Les fleurs bisexuées ou unisexuées d'environ 8 cm de diamètre, régulières. Le grand réceptacle est souvent creusé comme une coupelle ou un bassin, et porte de nombreux appendices filamenteux ou annulaires entre la corolle et les étamines, qui peuvent être de

couleur vive et former une couronne remarquable d'une grande diversité. Elles sont blanches, solitaires, avec des sépales vert clair et des pétales blancs, mais semblables aux sépales, de 7 à 8 cm de diamètre, fortement parfumées et se produisent tout au long de l'été et de l'automne. Les étamines sont grandes et nombreuses, à base bleu clair, blanche et rouge, recouvrant les pétales 2/3 de leur longueur. Calice de 3–5 sépales libres ou basement connés, imbriqués. Corolle de 3–5 pétales libres ou basement connés, rarement absents. Étamines 3–5 insérées soit au bas du périanthe, soit à la base ou au sommet du gynophore; filaments subulés ou filiformes, libres ou monadelphes et gainant le gynophore; anthères polyvalentes, introrse, bicellulaires, déhiscence longitudinale. Ovaire supérieur, plus ou moins stipité, très rarement sessile, uniloculaire, de 3–5 carpelles unis contenant plusieurs ou plusieurs ovules anatropes sur placentas pariétaux. Styles égaux en nombre aux placentas, cohérents à la base, distincts au sommet, étalés, simples ou ramifiés, ou 3–5 styles distincts; stigmates clavés ou peltés, parfois sous-bilatéraux; ovules nombreux, , anatropes, 1–2 séries, attachés à 3–5 placentas linéaires pariétaux par des funicules plus ou moins longs, élargis en cupule au niveau de l'ombilic. Fruit 1-loculaire, une baie indéhiscente ou une capsule avec 3–5 valves semi-placentifères. Graines nombreuses; funicule dilaté en un arille cupuliforme pulpeux ou saccate; testa crustacé, fovéolé, facilement séparable de l'endopleura membraneuse, qui porte un raphé longitudinal. Embryon droit, occupant l'axe d'un albumen en pointillé charnu; cotylédons foliacés, plats; radicule cylindrique, près du hile, centrifuge. La pollinisation est effectuée par des insectes, dans l'attraction desquels les remarquables développements corona jouent un rôle important; les fleurs sont souvent fortement parfumées et le nectar est sécrété sur le réceptacle. Des nectories extraflorales se produisent sur les tiges des feuilles (**Rehwald, Sticher, & Meier, 1995**).

Dans *Passiflora caerulea* Linn. des corps en forme de fuseau se trouvent dans les cellules mésophylles; ces corps sont situés dans la sève cellulaire et sont probablement de la nature des cristoïdes (**McGuire, 1999**).



Figure I. 3. Fleurs de *Passiflora Caerulea* L.

3. Distribution biogéographique de l'espèce

Répartition mondiale

La répartition géographique de la Passiflora est principalement limitée aux zones tropicales du nouveau monde, zones subtropicales et parfois tempérées, mais environ 20 espèces sont trouvées en Asie du Sud-Est, en Océanie et en Australie (**Feuillet & MacDougal, 2007; Krosnick, Ford, & Freudenstein, 2009**).

Parmi les espèces de *Passiflora* qui poussent en Argentine, *Passiflora Caerulea* L. est celle qui a la plus large distribution, la trouvant du nord au centre du pays dans une grande variété d'habitats (**Deginani, 2001**). Il a de nombreuses utilisations, en particulier comestibles ou phytothérapeutiques par exemple (**Arenas Rodriguez, 2009; Busilacchi et al., 2008; Calderón et al., 2010**), raison pour laquelle ses populations naturelles sont menacées en raison de la collecte intense sans reconstitution et de l'urbanisation croissante de nombreux les zones où il pousse.

4. Utilisation de la passiflore

Passiflora caerulea (passiflore bleue), introduite en Grande-Bretagne au 17^{ème} siècle, est le plus vigoureux et espèce tendre ayant un usage traditionnel de son fruit comme sédatif et anxiolytique (**Kirtikar & Basu, 1935; Pa, KarthikKc, & Sd; Rendle, 1930**). *Passiflora caerulea* a été utilisé médicinal en Uruguay mais aucun détail n'est disponible (**Sinei & Mwangi, 2015**). Aux Antilles, au Mexique, le Pays-Bas et Amérique du Sud, la racine a été utilisée comme un sédatif et vermifuge. En Italie, la plante a été utilisée comme antispasmodique et sédatif. A Maurice, une teinture et un extrait de la plante avait été utilisé comme remède pour insomnie due à diverses affections nerveuses mais non à douleur. La racine a été utilisée comme diurétique et comme décoction de feuille comme émétique. Dans la médecine populaire argentine, l'antenne certaines parties de *Passiflora caerulea* sont utilisées comme antimicrobien doux agents dans des maladies comme le catarrhe et la pneumonie (**Anesini & Perez, 1993**).

la *Passiflore caerulea* est connu par la présence d'un chrysine, un monoflavonoïde naturellement présent dans cette plante, s'est avéré être un ligand pour récepteurs périphériques aux benzodiazépines (**J. H. Medina et al., 1990**). Lorsqu'il est administré à des souris par voie intracérébroventriculaire, la chrysine a empêché l'expression des saisisseurs tonico-cloniques induit par le pentylènetétrazole, confirmant ainsi la présence de composés de type benzodiazépine dans la passiflore caerulea (**Maluf, Barros, Frochtengarten, Benti, & Leite, 1991**).

Physalis peruviana L.

1. Description botanique

Le nom botanique de la plante est *Physalis peruviana* Linnaeus, appartenant à la famille des **Solanacées** et au genre *Physalis*, il y en a plus de 80 variétés que l'on trouve dans la nature (**Cedeño López & Montenegro Ceballos, 2004**). *Physalis peruviana* L. est une herbacée, semi-arbustive, dressée et vivace dans les zones subtropicales végétales, elle peut pousser jusqu'à atteindre 0,6 à 0,9 m et dans certains cas peut atteindre 1,8 m. Les feuilles sont alternes, simples, pétiolées; le limbe foliaire ovale atteint 10 cm de long et 4-6 cm de large, est largement cunéé et arrondi à la base, acuminé au sommet, sinueux-denté sur le bord, penninerve.



Figure I. 4. Feuilles de *Physalis peruviana* L.

Les fleurs sont solitaires, pentamères, pédicellées, possèdent un calice campanulé, gamosépale, persistant et accrescent dans le fruit, atteignant 3cm de long; la corolle est de couleur jaune-pâle, gamopétale et atteint 1,5 – 3,5 cm de long. La fleur peut être facilement pollinisée par les insectes, le vent et aussi par autopolinisation.



Figure I. 5. Fleurs de *Physalis peruviana* L.

Les fruits sont bacciformes, globuleux. Le fruit est un baie juteuse de forme ovoïde et d'un diamètre compris entre 1,25 et 2,50 cm, Poids de 4 et 10 g, contenant à l'intérieur environ 100 à 200 petites graines, il est protégé par le calice ou la corbeille à fruits qui recouvre complètement le fruit tout au long de son développement et de sa maturation, le protégeant contre les insectes, les oiseaux, les maladies et les situations climatiques défavorables. De plus, cette structure représente une source essentielle de glucides pendant les 20 premiers jours de croissance et de développement (**Fries & Tapia, 2007**).



Figure I. 6. Fruit de *Physalis peruviana* L.

2. Distribution biogéographique de l'espèce

Répartition mondiale

Physalis peruviana L. est une plante indigène de la région des Andes, transcendant l'histoire des périodes pré-inca et inca, dans tout le sud Amérique. Cette plante a été conservée intacte et sans apparente changements dans la structure de leur matériel génétique. Le centre d'origine selon Legge en 1974 (**Legge, 1974**) étaient les Andes péruviennes, mais selon une étude faite par les pays appartenant à la Convention Andres Bello en 1983, une zone plus vaste a été identifiée comme origine du fruit de *P. peruviana* L. y compris les Andes équatoriennes (**Sánchez, Montañez, & Rodríguez, 2014**). Bien que la culture de *Physalis peruviana* L. s'étend sur tout le sud Andes américaines et on le trouve depuis deux décennies sur les marchés du Venezuela au Chilie (**Council, 1989**), est en Colombie où il est cultivé pour l'exportation et le pays a atteint le en tête en tant que plus grand producteur suivi de l'Afrique du Sud (**Mazorra, Quintana, Miranda, Fischer, & de Valencia, 2006**). La Colombie produit 11 500 tonnes / an de fruits de *Physalis peruviana* L., mais l'excédent de fruits non destinés à l'exportation a atteint 50% du total production, ce fruit n'est pas exportable en raison de sa taille, il est donc utilisé pour les nouveaux produits déshydratés (**Castro, Rodriguez, & Vargas, 2008**).

L'espèce *Physalis peruviana* L. a été introduite en Afrique du Sud par l'Espagne et de là a déménagé dans différents pays du tropique et subtropicaux où il est cultivé commercialement. Variétés commerciales ont été signalés aux États-Unis et en Nouvelle-Zélande (**Mazorra et al., 2006**).

3. Écologie

Physalis Peruviana L pousse comme une plante sauvage et semi-sauvage dans les zones plus élevées et s'est étendue à presque tous les les hauts plateaux des tropiques et dans diverses parties des régions subtropicales, y compris la Malaisie et la Chine, entre autres (**Olivares-Tenorio, Verkerk, van Boekel, & Dekker, 2017**).

P. peruviana L. est capable de croître dans une large gamme d'altitude à partir de 3300 m d'altitude. Il peut résister à de basses températures, mais souffrir dommages irréparables inférieurs à 0 ° C, leur croissance est affectée si les températures rester sous 10 ° C. La température optimale est de 18 ° C. Très les températures élevées peuvent affecter la floraison et la fructification. Cela nécessite une haute luminosité et doit être protégé du vent

excessif. Il doit avoir suffisamment d'eau pendant la croissance initiale, mais pas pendant les fruits maturité. C'est une plante à fort potentiel, car elle pousse dans un sol pauvre, mais bien drainé et a un faible besoin de fertilisation. *P. peruviana* L. prospère mieux dans un sol légèrement acide, bien qu'il tolère bien les valeurs de pH entre 5,5 et 7,3 avec une bonne teneur en matière organique et des précipitations entre 1000 et 2000 mm. Il ne tolère pas les sols argileux car il a des racines superficielles (**Fries & Tapia, 2007**).

4. Utilisation du *Physalis peruviana* L.

De nombreuses propriétés médicinales sont attribuées à *Physalis peruviana* L. telles que antispasmodique, diurétique, antiseptique, sédatif, analgésique, aidant à fortifier le nerf optique, soulager les problèmes de gorge, éliminer les parasites des intestins. Des propriétés antidiabétiques ont également été signalées, recommandant la consommation de cinq fruits par jour. Jusque-là, aucune étude n'indique des effets indésirables possibles (**Rodríguez Ulloa & Rodríguez Ulloa, 2007**). Dans différentes régions de Colombie, certains de ses propriétés médicinales sont de purifier le sang des reins, de diminuer l'albumine, nettoyer la cataracte, pour calcifier et contrôler l'amibiase (**Arias, Gómez, Suarez, & Rendón, 2015**).

En médecine traditionnelle péruvienne, le fruit de *Physalis peruviana* L., est utilisé empiriquement pour traiter le cancer et d'autres maladies comme l'hépatite, l'asthme, le paludisme et la dermatite, cependant, leurs propriétés n'ont pas été scientifiquement prouvé (**Zavala et al., 2006**). Des études indiquent que la consommation du fruit de *Physalis peruviana* L. réduit la glycémie après 90 minutes postprandiales chez les jeunes adultes, provoquant un effet hypoglycémiant plus important après cette période (**Rodríguez Ulloa & Rodríguez Ulloa, 2007**).

Les calices de *Physalis peruviana* L. sont largement utilisés en médecine traditionnelle pour ses propriétés anticancéreuses, antimicrobiennes, antipyrétiques, diurétiques et immunomodulateur anti-inflammatoire (**Franco, Matiz, Calle, Pinzón, & Ospina, 2007**).

Physalis peruviana L est utilisée comme plante alimentaire en Congo et le décocté obtenu des feuilles ou de la plante entière est utilisé dans le traitement de la malaria, de l'inflammation et des douleurs abdominales. La plante est utilisée à Taiwan pour soigner le diabète, l'hépatite, l'asthme et la malaria, au Japon comme plante alimentaire qui réduit la tension artérielle et la glycémie. (**Hsieh, Huang, Lin, & Chung, 2006**)

Solanum muricatum Aiton

1. Description botanique

Le Pepino ou Poire-melon ou Morelle de Wallis (*Solanum muricatum*) est une plante vivace de la famille des *Solanacées* (Council, 1989; Duman & Sivaci, 2015). Très populaire aux îles Canaries et à Madère ainsi qu'en Australie et Nouvelle-Zélande. C'est une espèce d'arbuste à feuilles persistantes pouvant atteindre 2 m de haut qui ressemble à une vigne de tomates. Originaire d'Amérique du Sud et cultivée pour ses fruits sucrés comestibles. Ses fleurs sont violettes et donnent de nombreux fruits jaune pâle striés de rayures pourpres. Les fruits peuvent atteindre un poids d'un kg, et contiennent des graines de la grosseur d'une tête d'épingle (Lester, 1991).

Il est connu sous le nom de *pepino dulce* ("sweet cucumber" en anglais, afin de le différencier du concombre qui est aussi appelé "pepino" en espagnol) ou simplement pépino ; ce dernier est également utilisé pour des espèces similaires telles que "*S. mucronatum*" (qui semble en fait appartenir au genre apparenté *Lycianthes*). Le fruit de pépino dulce ressemble à un melon (*Cucumis melo*) en couleur, et sa saveur rappelle un mélange succulent de miellat et de concombre, et donc il est aussi parfois appelé pépino melon ou melon poire. Un autre nom commun, "melon d'arbre", est plus souvent utilisé pour la papaye (*Carica papaya*) bien que la plante pépino dulce ne ressemble généralement pas beaucoup à un arbre; il ressemble plus à un couvre-sol, plante rampante. L'espèce actuelle est cependant un proche parent d'autres morelles cultivées pour leurs fruits, notamment la tomate (*S. lycopersicum*) et l'aubergine (*S. melongena*), auxquelles son propre fruit ressemble étroitement (Sakomoto & Taguchi, 1991).

2. Aspects morphologiques de la plante

La plante du pépino est de type semi-buissonnant, montrant un développement rampant si elle est autorisée à pousser librement. Il a un système racinaire très abondant et ramifié, et a une croissance indéterminée, de sorte qu'il peut se répandre continuellement et être pérenne (Rodríguez-Burruezo, 2003).

3. Tiges et feuilles

Au départ, les tiges sont herbacées, mais avec le temps elles se lignifient, principalement à la base de la plante, tandis que les zones apicales conservent leur consistance herbacée. La couleur qu'ils présentent dépend du cultivar, bien qu'ils soient généralement verts avec plus ou moins de pigmentation, en particulier dans les régions proches des nœuds. La section est généralement circulaire, mais chez certains cultivars, elle est quadrangulaire ou même ailée. Il est important de souligner que le concombre doux (pépino) a une grande facilité à émettre des racines adventives dans les entre-nœuds, s'il est en contact avec un substrat humide **(Rodríguez-Burruezo, 2003)**.

La taille et la forme des feuilles sont d'autres caractéristiques qui varient très nettement entre les cultivars (figure 7). Alors que certains ont une simple feuille allongée et lancéolée, d'autres ont des feuilles composées, avec entre 3 et 7 folioles. De plus, il est courant qu'au début du développement les feuilles soient composées, pour être plus tard simples. La taille des feuilles varie entre 10 et 30 centimètres, selon le sol et les conditions climatiques, et peut atteindre 40 centimètres dans certaines feuilles **(Rodríguez-Burruezo, 2003)**.



Figure I. 7. Feuilles de *Solanum muricatum* Aiton

4. Fleurs

Les caractéristiques des fleurs de concombre sucré dépendent également du cultivar et des conditions environnementales dans lesquelles il a grandi. Ce sont des fleurs hermaphrodites et une corolle pentamérique et rotative, qui apparaissent en grappes composées de 5 à 20 fleurs, bien que des cas soient observés où il y a plus de 50 fleurs dans une grappe. Les pétales sont blancs, avec des stries plus ou moins violettes. Ils présentent normalement un exsertion stigmatique (le pistil dépasse du cône formé par les 5 anthères, qui ne sont pas soudées entre elles) et une déhiscence apicale (**Rodríguez-Burruezo, 2003**).



Figure I. 8. Fleurs de *Solanum muricatum* Aiton.

5. Fruit

Le fruit est une baie, généralement à double peau, avec une cavité centrale dans laquelle les graines sont logées. Cependant, certains cultivars produisent des fruits parthénocarpiques, c'est-à-dire sans graines. La forme du fruit dépend fondamentalement du type de cultivar, bien qu'il s'agisse généralement de fruits de forme ovoïde, il existe également des fruits en forme de cœur, allongés, presque cylindriques et même presque sphériques.

À maturité, la couleur de fond est jaune, jaune clair (presque crème) ou jaune d'or, traversée par des stries de pourpre, qui, selon le cultivar et les conditions environnementales (lumière et température), peuvent couvrir presque toutes les fruits ou, au contraire, être pratiquement inexistante. Chez certains cultivars, le veinage n'est pas violet, mais vert. La couleur de la viande varie du jaune pâle à l'orange vif (**Rodríguez-Burruezo, 2003**).

6. Distribution biogéographique de l'espèce

Répartition mondiale

Solanum muricatum Aiton est un cultigen des Andes, avec le sud de la Colombie / le nord L'Équateur en tant que principal centre de diversité; cette région a été suggéré comme centre d'origine de la culture (**Blanca et al., 2007**). Les pépinos sont décrits par les premiers chroniqueurs espagnols comme étant cultivé sur la côte; la vallée de la Moche au Pérou était particulièrement célèbre pour eux. Ils étaient un populaire motif décoratif dans l'art moche. Sa culture était importante à l'époque précolombienne, mais depuis le déclin de l'Empire Inca, il est devenu de plus en plus une culture négligée. Cependant, au cours des dernières décennies, il y a eu un regain d'intérêt pour la culture du pépino dans les régions Andes et dans plusieurs autres pays du centre d'Amérique, Maroc, Espagne, et les hauts plateaux Kenya, car le pépino est considéré comme une culture avec un potentiel diversification de la production horticole (**Contreras, González-Agüero, & Defilippi, 2016**). La plante est cultivée principalement au Chili, New Zélande et Australie occidentale. Au Chili, plus de 400 hectares sont plantés dans la vallée de Longotoma avec une proportion croissante de la récolte exportée. Récemment, le pépino était courant sur les marchés en Colombie, en Équateur, en Bolivie, au Pérou et au Chili et cultivé commercialement en Equateur, au Pérou et au Chili, principalement pour exportation aux USA et en Europe. La production commerciale a également été tenté en Nouvelle-Zélande, avec la plupart des exportations atteindre le marché japonais (**Prohens, Leiva-Brondo, Rodríguez-Burruezo, & Nuez, 2002**).

7. Utilisation du *Solanum muricatum* Aiton

Outre ses caractéristiques morphologiques attrayantes, le pépino a été attribué comme antioxydant, antidiabétique, anti-inflammatoire, et antitumorales (**Shathish & Guruvayoorappan, 2014**). Les fruits ont été utilisés traditionnellement comme remède du

sucré diabétique, hypertension (Ahmad, Wisdawati, & Asrifa, 2014). Le *solanum* a beaucoup de bienfaits pour la santé, y compris la guérison du diabète, des accidents vasculaires cérébraux, de l'hypertension artérielle pression, brûlures d'estomac (indigestion), cancer, rein, constipation et hémorroïdes et peut apporter une contribution significative (Mahato, Gurung, Chakravarty, Chhetri, & Khawas, 2016). Pépino représente un fruit ayant des valeurs élevées pour la capacité antioxydant active à l'antioxydant apport alimentaire (Chun et al., 2005). Il est connu que les fruits de pépino contiennent des quantités importantes de vitamine C, car ainsi que les caroténoïdes, qui donnent la couleur jaune au chair (Hsu, Guo, Wang, & Yin, 2011). Les fruits et les feuilles de pépino contiennent alcaloïdes, flavonoïdes et tanins (Saptarini & Suryasaputra, 2011). Le phénol et le flavonoïde sont des composés qui peuvent contrecarrer la radicaux libres (Sudha, Priya, Shree, & Vadivukkarasi, 2011).

Polyphénols

1. Etude phytochimique des composés phénoliques

Comme la majorité des métabolites secondaires, les polyphénols et essentiellement les flavonoïdes sont synthétisés pour accomplir certaines fonctions lors du développement de la plante. En terme de fonction protectrice, ils défendent la plante contre les pathogènes tels que les moisissures, les champignons et les bactéries. Ils assurent sa protection contre le rayonnement ultraviolet. Certains d'entre eux sont des répulsifs qui inhibent la croissance d'autres espèces. Les polyphénols jouent un rôle structural comme la lignine constituant la rigidité du bois (**Buchanan, Gruissem, & Jones, 2000; De Bruyne, Pieters, Deelstra, & Vlietinck, 1999**). Ils participent à la coloration des fleurs et des fruits à fin d'attirer les insectes pollinisateurs qui transportent les graines dans les fruits (**Buchanan et al., 2000**).

2. Définition des composés phénoliques

Dans la littérature il existe deux propositions pour définir les polyphénols. La première les définit comme étant une structure moléculaire qui porte plusieurs groupements phénoliques tandis que la deuxième indique la présence d'un groupement phénol polyhydroxylé (figure I. 9). Ces polyphénols sont des métabolites secondaires synthétisés par les végétaux pour se défendre contre les agressions environnementales (**Buchanan et al., 2000**). Il s'agit des dérivés non azotés connus par une grande variété structurale dont environ 8000 composés ont été identifiés (**Ghnimi, 2015**).

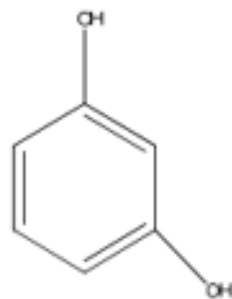


Figure I. 9. Structure d'unité de base des polyphénols.

3. Les polyphénols



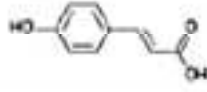
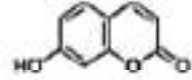
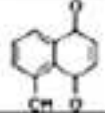
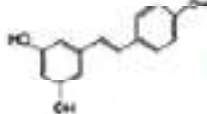
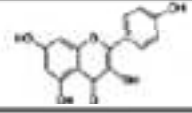
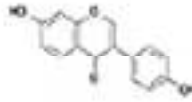
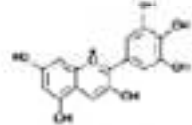
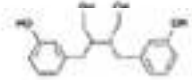

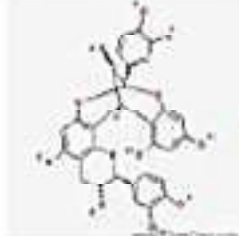
Avec plus de 8000 structures phénoliques connues, les polyphénols constituent l'une des plus grandes familles de molécules largement répandues dans le règne végétal. Ce sont des métabolites secondaires des végétaux présents dans toutes les parties de la plante (**Beta, Nam, Dexter, & Sapirstein, 2005**).

Les polyphénols sont caractérisés par la présence de plusieurs groupements phénoliques et possèdent d'autres fonctions (alcoolique, carboxylique...). Ils regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique et un ou plusieurs groupes hydroxyles. Ils peuvent aller de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés comme les tanins. Les polyphénols sont communément subdivisés en phénols simples, acides phénols (dérivés de l'acide benzoïque ou cinnamique) et coumarines, en naphthoquinones, en stilbénoides (deux cycles C6 liés par C2), en flavonoïdes, isoflavonoïdes et anthocyanes (structure C6-C3-C6) et en formes polymérisées: lignanes, lignines, tanins condensés. Ces squelettes carbonés de base sont issus du métabolisme secondaire des plantes, élaborés par la voie du shikimate.

En s'appuyant sur la structure carbonée de base, on peut dégager les principales classes de composés phénoliques (**Harborne, 1989**) présentées dans le tableau I. 1:

Ce tableau s'inspire de **Marcheix et al., 2005** dans (**SALIMA & NADIA, 2013**), ainsi que de (**Jean, 2009**).

Tableau I. 1. : Principales classes de composés phénoliques.

COMPOSES PHENOLIQUES				
Squelette carboné	Classe	Exemple	Formule	Origine
C6	<u>Phénols simples</u>	Hydroquinone		<u>Busserole</u>
C6-C1	<u>Acides hydroxybenzoïques</u>	Acide p-hydroxybenzoïque		Epices, fraises
C6-C3	<u>Acides hydroxycinnamiques</u>	Acide p-coumarique		Tomates, ail
	<u>Coumarines</u>	Ombelliférone		Carottes, coriandre
C6-C4	<u>Naphtoquinones</u>	Juglone		Noix
C6-C2-C6	<u>Stilbénoides</u>	Trans-resvératrol		Raisin
C6-C3-C6	<u>Flavonoïdes</u>	Kaempférol		Fraises
	<u>Isoflavonoïdes</u>	Daidzéine		Graines de soja
	<u>Anthocyanes</u>	Delphinidol		Raisin Cabernet-Sauvignon
(C6-C3) ₂	<u>Lignanes</u>	Entérodiol		Bactéries intestinales
(C6-C3) _n	<u>Lignines</u>			Bois, fruits à noyaux
(C6-C3-C6) _n	<u>Tanins condensés</u>	Procyanidol		Raisins, kaki

Les acides phénoliques, tels que l'acide chlorogénique, l'acide caféique, l'acide protocatechique, l'acide vanillique, l'acide ferulique, l'acide sinapique et l'acide gallique, sont contenus dans de nombreuses plantes agricoles et médicinales (**Hale, 2005; Psotová, Lasovsky, & Vicar, 2003**). Ils ont des effets prébiotiques, antioxydants, de chélation et anti-inflammatoires. Ils sont considérés comme non toxiques. Certains d'entre eux suscitent de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer. Pharmacologiquement, le mieux caractérisé est l'acide caféique (**Psotová et al., 2003**). Ainsi, l'acide caféique et l'acide ferulique limiteraient la formation du cancer des poumons chez les souris tandis que l'acide gallique empêcherait la formation du cancer œsophagien chez les rats (**Hale, 2005**).

L'intérêt nutritionnel des flavonoïdes date de la découverte de la vitamine C, suite aux travaux de Szent-Gyorgyi en 1938. Contrairement à l'acide ascorbique, le jus d'agrumes permet, *in vitro*, de lutter contre le scorbut. En pratique, les symptômes hémorragiques du scorbut liés à la fragilité des vaisseaux sont guéris par des extraits de paprika et du jus de citron alors que l'acide ascorbique seul est inefficace. Les analyses chimiques ont montré que la fraction active est de nature flavonoïde.

Les tanins sont des polyphénols polaires de haut poids moléculaire (> 3000 Da) d'origine végétale existant dans presque toutes les parties de la plante: écorce, bois, feuilles, fruits et racines. Il est difficile de les séparer dans un extrait végétal parce que de nombreux isomères avec une base moléculaire très semblable coexistent (**Berthod, Billardello, & Geoffroy, 1999**). Ils sont divisés en 2 groupes : tanins hydrolysables (qui donnent après hydrolyse soit de l'acide gallique, soit de l'acide ellagique) et tanins condensés ou catéchiques (constitués de la condensation des dérivés flavane). Des tanins peuvent également être constitués par condensation d'unités quinone (**Cowan, 1999**).

4. Rôle physiologique des composés phénoliques

Les composés phénoliques, tels que les flavonoïdes, sont partiellement responsables des qualités sensorielles et alimentaires des aliments végétaux. L'astringence et l'amertume des aliments et des boissons dépendent de la teneur en polyphénols (**Lugasi, 2003**).

Les flavonoïdes sont des pigments responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles. Ils sont présents dans la cuticule foliaire et dans les cellules épidermiques des feuilles et sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs des rayonnements

UV (**Macheix et al., 2005**). Les pigments responsables de la coloration des fleurs constituent des signaux visuels qui attirent des animaux pollinisateurs. La plupart de ces pigments sont des anthocyanes, des aurones et des chalcones. D'autres polyphénols incolores tels que des flavonols et flavanones interagissent avec des anthocyanes pour altérer, par copigmentation, la couleur des fleurs et des fruits (**Brouillard, Figueiredo, Elhabiri, & Dangles, 1996**).

Les phénols ont également été décrits dans plusieurs processus physiologiques: croissance cellulaire, différenciation, organogenèse, dormance des bourgeons, floraison et tubérisation (**Macheix et al., 2005**).

Les cellules végétales répondent aux stimuli environnementaux en synthétisant des métabolites secondaires tels que les polyphénols qui peuvent les protéger contre les agresseurs. Lorsque la plante est blessée, des composés phénoliques et phénols simples sont synthétisés et l'activité peroxydasique caractéristique des tissus en voie de lignification est stimulée. Ces réactions aboutissent à la formation, au niveau de la blessure, d'un tissu cicatriciel résistant aux infections. De même, lors de l'attaque par des pathogènes, une cascade de réactions aboutissant à la résistance exprimée à l'emplacement de l'infection ou dans d'autres parties non infectées de la plante se met en place. La première étape de ce mécanisme de défense comporterait une accumulation rapide des phénols, à l'emplacement de l'infection, qui agirait pour ralentir la croissance du pathogène. Ainsi, la capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes est souvent corrélée à la teneur en composés phénoliques. Jusqu'ici mal connus, les principes actifs et leurs mécanismes d'action font maintenant l'objet d'un nombre croissant d'études (**Sun, Tan, Huang, Whiteman, & Zhu, 2002**).

5. Intérêts thérapeutiques des polyphénols

La principale caractéristique des polyphénols c'est qu'ils sont des agents antioxydants très puissants. En effet, ils sont capables de piéger les radicaux libres et d'activer les autres antioxydants présents dans le corps. Cette même activité antioxydante permet aux polyphénols de réguler les radicaux libres bon-mauvais, comme l'oxyde nitrique qui favorise une bonne circulation sanguine, coordonne l'activité du système immunitaire avec celle du cerveau et module la communication entre les cellules de ce dernier (**Akroum, 2011**). . De nombreuses études épidémiologiques montrent qu'une alimentation riche en polyphénols

diminue le risque des maladies chroniques (Nève, 2002), dont les plus importantes sont citées ci-dessous.

5.1. Polyphénols et cancer

Parmi les propriétés biologiques intéressantes des polyphénols, la prévention du cancer. En effet, un certain nombre de recherches menées *in vitro* et *in vivo* ont montré que les polyphénols pourraient être utilisés comme des agents de prévention des différentes maladies cancéreuses (Stagos et al., 2012). De nombreuses études ont montré que trois types de cancers (sein, prostate et digestif) peuvent être fortement influencés par l'alimentation notamment l'apport en lipides et en antioxydants et que l'huile d'origan pourrait grâce à sa teneur en polyphénols, contribuer à la prévention de certains cancers tels que le cancer de la prostate (Bennani, Fiet, & Adlouni, 2009). Des recherches ont décrit les activités anti-cancérogènes de la curcumine, le resvératrol et l'épigallocatechine-3-gallate (EGCG) pour le traitement du cancer du col (Di Domenico, Foppoli, Coccia, & Perluigi, 2012). Les effets inhibiteurs du thé vert et noir dans le traitement du cancer ont largement été étudiés. Les polyphénols du thé de type flavan-3-ol sont des composés bioactifs puissants qui interfèrent avec l'initiation, le développement et la progression du cancer par des processus critiques (Di Chen, Yang, Yuan, Chan, & Dou, 2011; Hou, Lambert, Chin, & Yang, 2004; N. Khan & Mukhtar, 2008; Lambert & Elias, 2010; Yang et al., 2013). Ils ont la capacité d'interrompre ou inverser le processus de cancérogenèse en agissant sur les molécules de réseau de signalisation intracellulaires impliquées dans l'initiation et / ou la promotion d'un cancer pour arrêter ou inverser la phase de progression du cancer. Les polyphénols peuvent également déclencher l'apoptose dans les cellules cancéreuses à travers la modulation d'un certain nombre d'éléments principaux en signal cellulaire (Link, Balaguer, & Goel, 2010).

5.2. Polyphénols et maladies cardiovasculaires

Diverses études épidémiologiques ont montré qu'il existe une corrélation inverse entre la consommation d'aliments riches en polyphénols et le risque de développement des maladies cardiovasculaires (Arts & Hollman, 2005; Visioli, Borsani, & Galli, 2000). Au niveau des artères, ces molécules préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL)

évitant ainsi l'athérosclérose (épaississement des artères qui contribue à réduire le flux sanguins et peut conduire à l'asphyxie des tissus irrigués). Les polyphénols inhibent aussi l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose, qui induit l'occlusion des artères. Ainsi en prévenant l'athérosclérose et les risques de thrombose, ces composés limitent les risques d'infarctus du myocarde (**Akroum, 2011**). Selon des études épidémiologiques, un plus grand apport de flavonoïdes tirés des fruits et des légumes s'associe à une diminution du risque d'apparition de maladie cardiovasculaire. Les mécanismes expliquant cette observation ne sont pas clairs, mais d'après les données probantes, les flavonoïdes exerceraient leurs effets par la diminution des facteurs de risque cardiovasculaire. D'après de récentes données probantes, certains polyphénols sous forme purifiée, y compris le resvératrol, la berbérine et la naringénine, ont des effets bénéfiques sur la dyslipidémie chez les modèles humains ou animaux. Un traitement à la naringénine atténuait l'athérosclérose en corrigeant la dyslipidémie (**Mulvihill & Huff, 2010**).

5. 3. Polyphénols et inflammation

L'inflammation est la réponse principale de l'organisme à une agression et est précisément régulée afin de limiter les atteintes possibles des structures de l'organisme. Cependant, une régulation inappropriée de ce phénomène peut conduire à un état inflammatoire chronique. La plupart des pathologies chroniques possèdent une composante inflammatoire. C'est le cas de l'obésité, du diabète de type II, des maladies cardiovasculaires et du cancer. Les différentes études menées sur les effets protecteurs des polyphénols dans ces contextes pathologiques ont montré que ceux-ci diminuaient les marqueurs de l'inflammation et agissaient sur de nombreuses cibles moléculaires au centre des voies de signalisation de l'inflammation. De nombreuses études ont pu montrer que les polyphénols et leurs métabolites agissaient également comme des modulateurs des voies de signalisation de l'inflammation. Les études menées chez l'homme sain ont montré que le suivi d'un régime riche en fruits et légumes était inversement corrélé aux marqueurs de l'inflammation dans le plasma, et que la consommation d'anthocyanes était associée à la diminution du taux de cytokines circulantes (**Lenoir, 2011**).

Des recherches récentes ont démontré que les flavonoïdes, notamment les flavonols, peuvent prévenir de la douleur musculaire en accélérant la réparation des tissus au niveau moléculaire. De manière spécifique, ils inhibent l'enzyme NOS responsable de la synthèse de l'oxyde nitrique, qui est déclencheur chimique de l'inflammation. D'autres études, affirment l'action

inhibitrice de ces flavonoïdes, plus particulièrement la lutéoline, l'apigénine, catéchine sur la cyclo-oxygénase enzyme synthétiques des molécules impliquées fortement dans le processus inflammatoire (Scalbert, Manach, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2005).

5.4. Polyphénols et maladies neurodégénératives

Les maladies neurodégénératives telles que la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer représentent un problème croissant lié aux pathologies du vieillissement cérébral, principalement car il y a une augmentation de la prévalence de la maladie d'Alzheimer à la fois et la maladie de Parkinson avec l'âge. Ceux-ci et d'autres maladies neurodégénératives semblent être déclenchées par des événements multi-factoriels dont la neuro-inflammation, une augmentation du stress oxydatif, de fer et / ou une déplétion des antioxydants endogènes. Par ailleurs, l'apport alimentaire régulière d'aliments riches en flavonoïdes et / ou de boissons a été associée à une réduction de 50% du risque de démence, une préservation des performances cognitives avec l'âge, un retard dans l'apparition de la maladie d'Alzheimer et une réduction du risque de développer la maladie de Parkinson. Les flavonoïdes peuvent agir pour protéger le cerveau dans un certain nombre de façons, y compris par la protection des neurones vulnérables, le renforcement de la fonction neuronale existantes ou en stimulant la régénération neuronale (Vauzour, Rodriguez-Mateos, Corona, Oruna-Concha, & Spencer, 2010). De nombreuses études d'intervention alimentaire menées chez l'homme ou chez l'animal avec des aliments ou boissons issus du raisin, du thé ou de baies comme les myrtilles ont montré une amélioration de la mémoire et de la cognition. Il semblerait cependant que les seules propriétés antioxydantes des flavonoïdes contenus dans ces aliments ne soient pas suffisantes pour expliquer leurs effets bénéfiques au niveau cérébral, d'autant que la concentration de composés retrouvés à ce niveau est relativement faible. Il a ainsi été suggéré que les polyphénols puissent agir en protégeant les neurones vulnérables, en stimulant le fonctionnement neuronal et le flux sanguin ainsi qu'en favorisant la neurogenèse (Lenoir, 2011).

Les flavonoïdes

1. Définition

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange, et rouge de différents organes végétaux (**Ghedira, 2005**).

Le terme flavonoïde regroupe une très large gamme de composés naturels polyphénoliques. On distingue différents types de noyaux (figure I. 10) : flavones, flavonols, flavanones, flavanonols, flavanes, flavan-3-ols, flavylum, chalcones, aurones, isoflavones, isoflavonols, isoflavanes, ptérocarpanes, coumaronochromones, 3-arylcoumarines, coumestanes, roténoïdes etc. Les flavonoïdes ont tous une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base de quinze atomes de carbones constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C6 (A et B) reliés par une chaîne en C3.

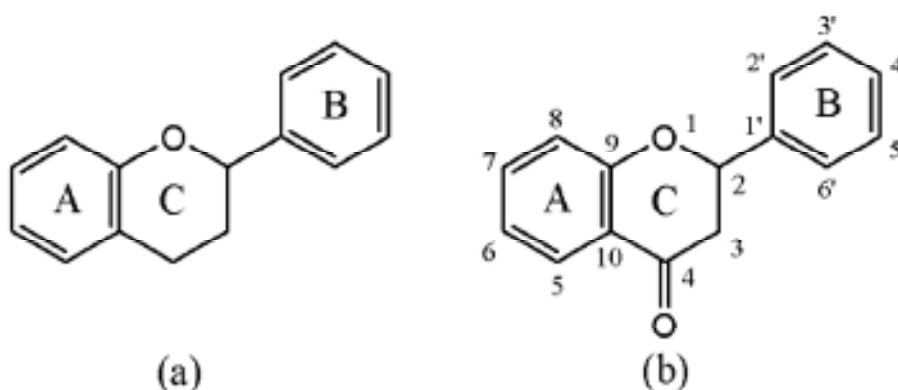


Figure I. 10: Motif flavan (a) et flavon(b) et numérotation systématique.

Les flavonoïdes font partie d'une classe de composés naturels largement répandue chez les végétaux. Ils sont très présents dans les feuilles, les graines, l'écorce et les fleurs de plante, abondants dans les légumes feuilles et présents dans les aliments d'origine végétale (légumes, céréales, légumineuse, fruits, etc.) et les boissons (vin, thé, cidre bière, cacao, etc.). Cette présence est en grande partie influencée par des facteurs génériques et des conditions environnementales (**Lugasi, 2003**).

2. Biosynthèse des flavonoïdes

La biosynthèse des flavonoïdes se fait à partir d'un précurseur commun : la 4', 2', 4', 6'-tétrahydroxychalcone (figure I. 11). La cyclisation de cette chalcone stéréospécifique par la chalcone isomérase forme la (S)-4', 5, 7-trihydroxyflavanone conduisant au squelette de base des flavonoïdes.

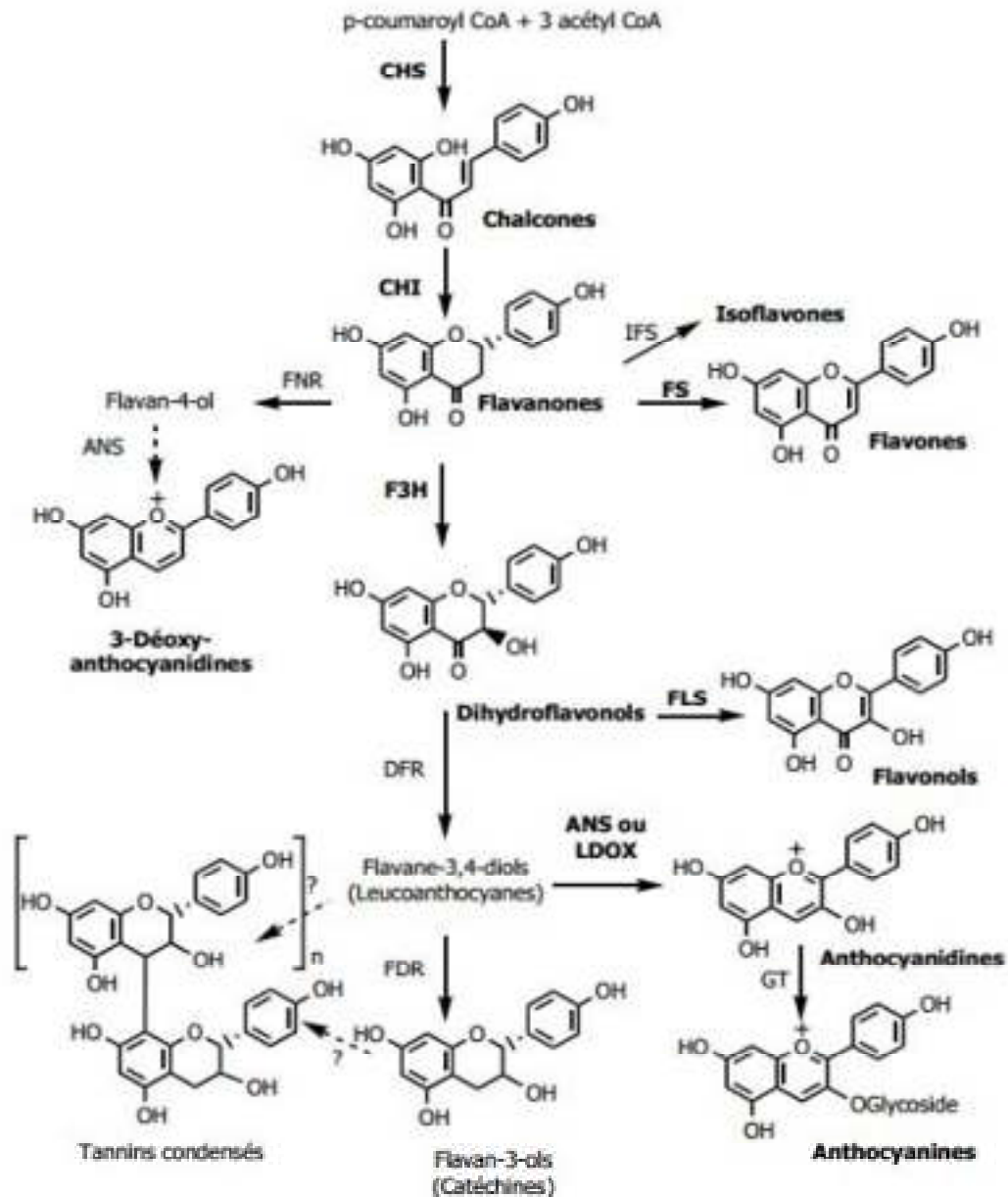


Figure I. 11: Voie de biosynthèse des flavonoïdes (Remesy, Manach, Demigné, Texier, & Regeat, 1996).

3. Intérêt biologique des flavonoïdes

La teneur en flavonol et en flavone des aliments végétaux est fortement influencée par des facteurs tels que la variation du type de croissance, la saison, le climat et le degré de maturité (**Lugasi, 2003**). La teneur en composés phénoliques des plantes est également influencée par des facteurs tels que la germination, le degré de maturité, la variété, le traitement et le stockage. La plupart des flavonoïdes diététiques dans les aliments sont des 3- O-glucosides ou des polymères, mais peuvent également exister sous formes aglycones. Il est estimé que la prise moyenne des flavonoïdes par l'homme est comprise entre 25 mg/jour et 1 g/jour (**Wang & Mazza, 2002**).

Les flavonoïdes présentent de nombreuses activités : antioxydantes, anti-inflammatoires, inhibitrices d'enzymes, et prévention des maladies cardiovasculaires. Pharmacologiquement, les aglycones sont particulièrement efficaces. Certains ont des activités hépatoprotectrices, diurétiques, vasodilatatrices, antibactériennes, chimoprotectrices, anti-inflammatoires, antidiabétiques, inhibitrices de l'aldolase réductase et antiallergiques (**Cushnie & Lamb, 2005; Mercader et al., 2008; Sharma, Viswanath, Salunke, & Roy, 2008**) Une synthèse de quelques études concernant l'action des flavonoïdes pour la prévention de maladies est présentée dans le tableau I. 2.

Tableau I. 2 : Prévention de certaines maladies par les flavonoïdes.

Références	Flavonoïdes	Activités
Mercader et al., 2008	56 flavonoïdes	Inhibition de l'aldolase réductase ; prévention de la formation de cataracte chez les diabétiques
Cushnie et Lamb, 2003	Différents types de flavonoïdes (flavones, isoflavones, flavonols...)	Activité antifongique, antivirale, antibactérienne.
Ziaee et al., 2009	Rutine	Inhibition de l'hypercholestérolémie chez des souris sous régime hypercholestérolémiant.
Hooper et al., 2008	Différentes sous classes de flavonoïdes et aliments riches en flavonoïdes (chocolat, thé noir, thé vert, soja, cacao)	Diminution du niveau de LDL, diminution de la pression sanguine
Lotito et Frei, 2006	Différentes classes de flavonoïdes et aliments riches en flavonoïdes	Diminution de l'oxydation des LDL, du plasma et du sérum. Inhibition de l'oxydation des lipides et des protéines.
Yochum et al., 1999	Apport élevé en flavonoïdes	Diminution du risque de mort par maladie coronarienne chez les femmes ménopausées
Arts et al., 2001	Catéchine	Prévention de la mort par cardiopathie ischémique
Nakagawa et al., 2000	Quercétine, rutine	limitation de la peroxydation des lipides dans les fractions lysosomales. Activité antioxydante grâce à sa localisation dans les membranes.
Hirano et al., 2001	catéchine, épicatechine , épigallocatechine, épicatechine gallate, gallate d'épigallocatechine, myricétine, quercétine, apigénine, kaempférol, et lutéoline	Inhibition de radical DPPH, inhibition de l'oxydation du LDL
Kosmider et al., 2004	Différentes classes de flavonoïdes	Activité antitumorale
Plochmann, 2007	23 flavonoïdes	Relation structure-activité cytotoxique vis-à-vis des cellules leucémiques humaines.
Nijveldt et al., 2001	Différentes classes de flavonoïdes	Piégeage direct des radicaux libres, inhibition des enzymes génératrices de radicaux libres (xanthine oxydase, acide nitrique synthase), activités antitumorale, antiinflammatoire, antiarthérosclérose, antithrombogénique, antivirale, antiostéoporotique, inhibition de la peroxydation lipidique, cytotoxicité sélective des cellules cancéreuses.

La majorité des activités biologiques des flavonoïdes est due à leur pouvoir antioxydant et chélateur. Plusieurs études ont montré qu'un régime alimentaire riche en flavonoïdes peut avoir des effets bénéfiques sur la santé. Grâce à leur capacité à inhiber l'oxydation des LDL, les flavonoïdes ont démontré des effets cardioprotecteurs importants (**Hooper et al., 2008; Lotito & Frei, 2006**). Une autre étude a montré qu'un apport élevé en flavonoïdes peut diminuer la mortalité par maladies coronariennes et réduit les risques de ces maladies de 38% chez les femmes ménopausées (**Yochum, Kushi, Meyer, & Folsom, 1999**). Une étude réalisée sur 806 hommes âgés a démontré qu'il y a une relation inverse entre la consommation de catéchine, un flavonoïde prédominant dans le thé, et la mortalité par maladies cardiaques (**Arts, Hollman, Feskens, Bueno de Mesquita, & Kromhout, 2001**).

Nakagawa et al. (2000) ont évalué l'efficacité antioxydante de la quercétine dans les fractions lysosomales hépatiques des souris à l'aide du générateur de radical hydrophile AAPH (2,2' azobis (2 amidinopropane) dihydrochloride) et du générateur de radical lipophile AMVN (2,2' azobis (2, 4-diméthylvaléronitrile). La quercétine a empêché la peroxydation des lipides dans les fractions lysosomales et a inhibé la libération des enzymes lysosomales contre AAPH et AMVN. La rutine, un dérivé glycosylé de la quercétine, a été moins efficace. Ces auteurs ont suggéré que la quercétine pouvait avoir une activité antioxydante efficace à l'interface entre la phase aqueuse et la phase lipidique dans les systèmes biologiques grâce à sa localisation dans les membranes.

Les tannins condensés

Ces composés sont appelés aussi proanthocyanidines. Ces composés possèdent comme structure de base le flavan-3-ol ou le flavan-3,4-diol. Ces tannins ne renferment pas de sucres dans leurs molécules. Ils ne sont pas hydrolysés par les acides comme c'est le cas des tannins hydrolysables. Ils se transforment en présence d'acide fort ou d'agents d'oxydation en substances rouges qui sont les phlobaphènes. Les tannins condensés donnent une structure hérissée du groupement hydroxyle OH du composé phénolique pour former des liaisons avec les protéines (**Ghnimi, 2015**) exemple la profisetinidine et la proguibourtinidine (Figure I. 12).

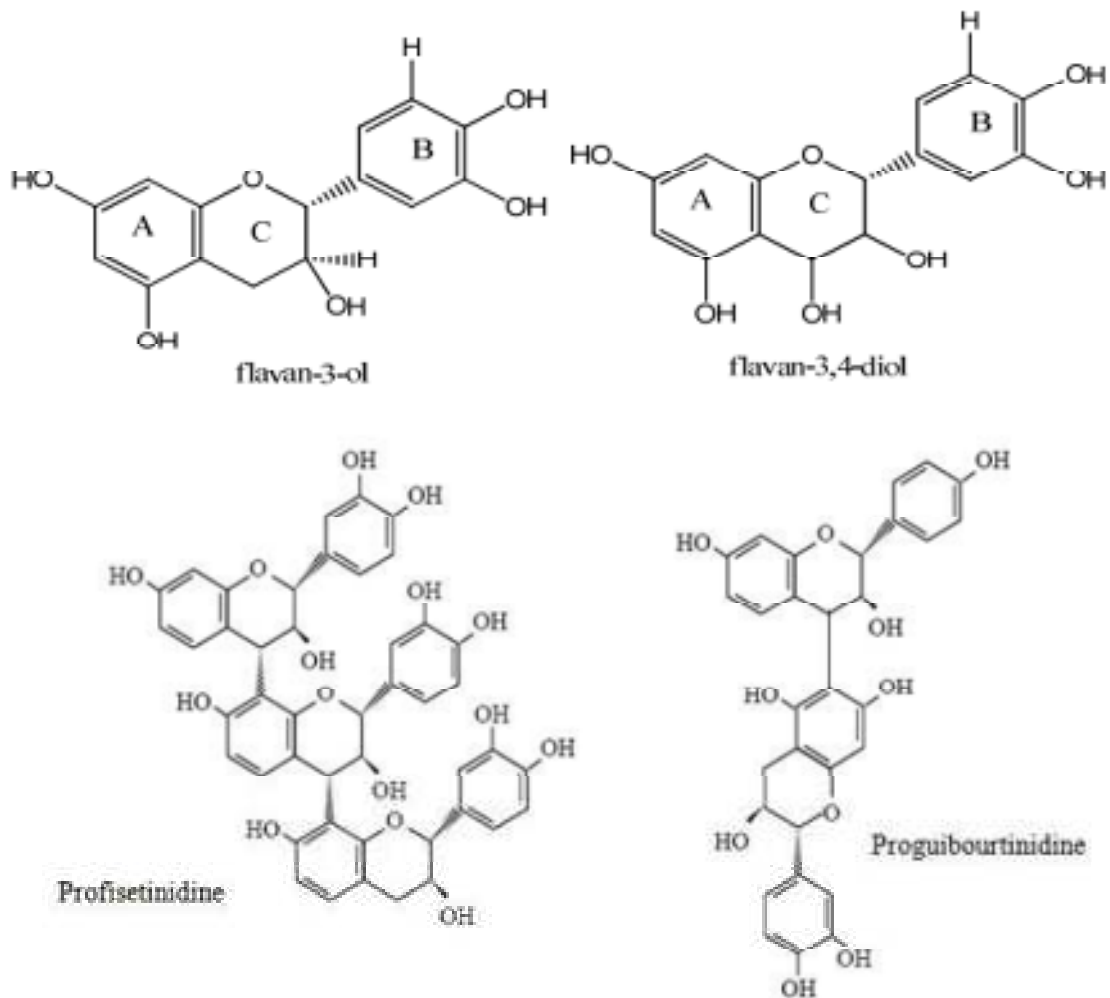


Figure I. 12. Structure de quelques tannins condensés.

Les antioxydants polyphénoliques

L'intérêt porté aux antioxydants naturels, notamment de nature polyphénolique ne cesse de croître. Dans le domaine de la nutrition, il s'agit d'étudier de nouvelles molécules pour la prévention ou le traitement de certaines maladies liées au vieillissement. De nombreuses classes de substances naturelles ont été étudiées et le nombre de composés reconnus pour leurs propriétés antioxydantes intéressantes ne cesse d'augmenter. On entend par composé phénolique, tout composé possédant un noyau aromatique contenant un ou plusieurs substituants hydroxyles et incluant différents groupes fonctionnels dérivés (esters, glycosides, etc...). Ils sont très répandus dans les fruits et les légumes et sont donc régulièrement consommés par les personnes bénéficiant d'une alimentation "normale". Parmi ces composés,

les flavonoïdes représentent la classe de substances la plus étudiée (Bors, Heller, Michel, & Saran, 1990).

5. Polyphénols naturels comme antioxydants

Les composés phénoliques sont capables d'agir comme des antioxydants (Apak et al., 2007; Halliwell, 2008; Laughton, Halliwell, Evans, Robin, & Houlst, 1989; Perron, García, Pinzón, Chaur, & Brumaghim, 2011) qui peuvent neutraliser les radicaux libres en donnant un électron ou un atome d'hydrogène (figure I. 13). Leurs structures leur confèrent une activité antioxydante aussi importante. Les groupes hydroxyle des polyphénols sont bien des donateurs d'atomes d'hydrogènes ; ils peuvent réagir avec les espèces réactives de l'oxygène et les espèces réactives de l'azote, enfin de réaction, le cycle de génération de nouveaux radicaux est interrompu.

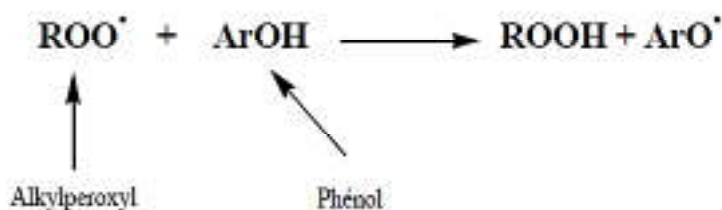


Figure I. 13: Illustration d'un mécanisme d'action des polyphénols : la donation d'hydrogène. Le radical formé devient moins dangereux.

Suite à l'interaction avec les espèces réactives initiales, la forme radicalaire de l'antioxydant est produite, ayant une plus grande stabilité chimique que le radical initial. L'interaction des groupes hydroxyle de composés phénoliques avec les électrons π du noyau benzénique donne aux molécules des propriétés particulières, le plus notamment la capacité à générer des radicaux libres, où le radical est stabilisé par la délocalisation. Le pouvoir antioxydant des composés phénoliques est également attribué à leur capacité à chélater les métaux ioniques impliqués dans la production de radicaux libres. Cependant, les composés phénoliques peuvent agir comme des prooxydants (Pereira, Valentão, Pereira, & Andrade, 2009; Tsao, 2010).

Les composés phénoliques ont des propriétés antioxydantes en raison de leur capacité à piéger les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène, le processus est radicalaire (SÖKMEN, AYDIN, & KINALIOĞLU, 2012). Ils interfèrent avec l'oxydation des lipides et d'autres molécules par la donation rapide d'un atome d'hydrogène aux radicaux libres selon un mécanisme proposé dès 1976 par Sherwin : l'antioxydant cède formellement un radical hydrogène, qui peut être un transfert d'électrons suivi, plus ou moins rapidement, par un transfert de proton, pour donner un radical intermédiaire (figure I. 14). Il est stabilisé par ses structures mésomères conjuguées (Portes, 2008).

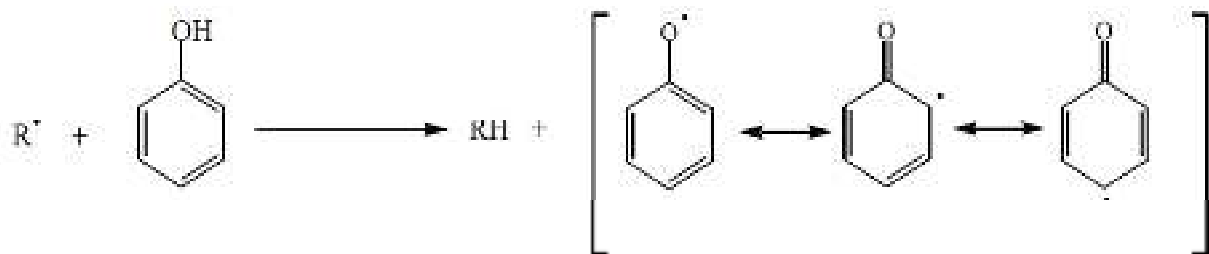


Figure I. 14. Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques.

Les radicaux intermédiaires phénoxy (PO^\bullet) sont relativement stables en raison de la résonance et donc une nouvelle réaction en chaîne n'est pas facile à initier (Dai & Mumper, 2010). Par ailleurs, ils peuvent agir avec d'autres radicaux libres selon la réaction:



Les composés phénoliques possèdent une structure chimique idéale pour le piégeage des radicaux libres, parce qu'ils possèdent:

- Des groupes phénoliques hydroxyles qui sont susceptibles de donner un atome d'hydrogène ou un électron au radical libre.
- Un système aromatique stabilisé par la résonance (Dai & Mumper, 2010).

Activité antioxydante des flavonoïdes

Les flavonoïdes peuvent agir de différentes façons dans les processus de régulation du stress oxydant (Cotelle, 2001; Nijveldt et al., 2001; Peterson & Dwyer, 1998): par capture directe des radicaux, par chélation des métaux de transition comme le fer (empêchant ainsi la réaction de Fenton) et par inhibition de l'activité de certaines enzymes responsables de la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO). Notons que sous certaines conditions, les flavonoïdes sont cependant susceptibles de se comporter comme des agents prooxydants et d'engendrer une altération des protéines, de l'ADN ou encore des lipides membranaires et des glucides (Galati, Moridani, Chan, & O'Brien, 2001; Oikawa, Hirosawa, Hirakawa, & Kawanishi, 2001; van der Woude et al., 2005).

Les flavonoïdes en général et les flavan-3-ols en particulier sont de bons piègeurs des radicaux libres (Fraga, 2007). A cause la présence de 3',4'-dihydroxy et la présence du groupe odihydroxy (structure des catéchol) sur le noyau aromatique B; ils possèdent la propriété de donneur d'électrons. En outre, la présence du 3-OH du cycle C est également bénéfique pour

L'activité antioxydante des flavonoïdes. La présence de la double liaison C2-C3 conjuguée avec le groupe 4-céto est responsable de la délocalisation des électrons du noyau B, ce qui améliore encore l'activité antiradicalaire (figure I. 15) (Amić, Davidović-Amić, Bešlo, & Trinajstić, 2003; Khazai, Piri, Nazeri, Karamian, & Zamani, 2011; Sritularak et al., 2010).

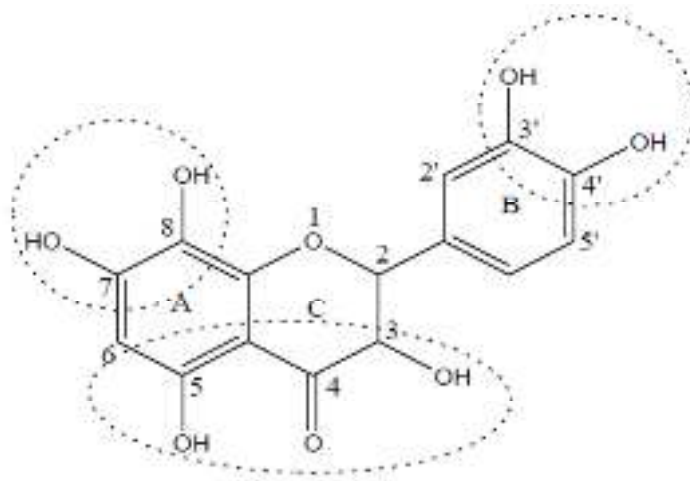


Figure I. 15. Les caractéristiques structurales des flavonoïdes avec une activité de piégeage des radicaux libres élevée.

L'activité antioxydante des flavonoïdes est essentiellement liée à leur capacité à piéger les espèces réactives de l'oxygène comme les radicaux superoxyde, hydroxyle, peroxyde, et alkoxyde (**Krishnamachari, Levine, & Paré, 2002; McPhail, Hartley, Gardner, & Duthie, 2003; Nagai, Ohara, & Mukai, 2005; Rajendran, Manisankar, Gandhidasan, & Murugesan, 2004**) La plupart des résultats proviennent d'études expérimentales de radiolyse pulsée, (**Erben-Russ, Bors, & Saran, 1987; Saran et al., 1987**). Cette technique permet de générer et de suivre le devenir des formes radicalaires de composés antioxydants comme les flavonoïdes. Elle est souvent combinée à diverses techniques analytiques comme la spectroscopie d'absorption UV/visible afin de déterminer les constantes de vitesse associées aux processus conduisant à l'apparition et à la capture des espèces radicalaires (**Bors et al., 1990; Bors, Michel, & Saran, 1994; Jovanovic, Steenken, Tosic, Marjanovic, & Simic, 1994; Sichel, Corsaro, Scalia, Di Bilio, & Bonomo, 1991**)

Le pouvoir antioxydant de composés est le plus souvent évalué par le biais d'une méthode spectrométrique de référence (**N. Miller & Rice-Evans, 1996; N. J. Miller, Castelluccio, Tijburg, & Rice-Evans, 1996; N. J. Miller, Rice-Evans, Davies, Gopinathan, & Milner, 1993; N. J. Miller & Rice-Evans, 1997; N. J. Miller, Sampson, Candeias, Bramley, & Rice-Evans, 1996**). Il s'agit de mesurer la capacité d'un composé à piéger le radical 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) (ABTS⁺) et de la comparer à celle d'un antioxydant de référence, le Trolox (6-hydroxy- 2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) (analogue de la vitamine E mais soluble dans l'eau). Cette méthode a permis de comparer le pouvoir antioxydant de différents flavonoïdes (**Montoro, Braca, Pizza, & De Tommasi, 2005; Rastija & Medić-Šarić, 2009; Rice-Evans et al., 1996**).

Celui-ci est exprimé selon un indice TEAC (Trolox Equivalent Antioxydant Capacity). Il s'agit de la concentration (en mM) d'une solution de Trolox ayant la même activité antioxydante qu'une solution de concentration 1 mM de la substance testée. Il s'ensuit que plus l'indice TEAC est élevé plus le composé possède une activité antioxydante importante. A titre d'exemple, la quercétine fait partie des flavonoïdes présentant les indices TEAC les plus élevés (**Rice-Evans et al., 1996**)

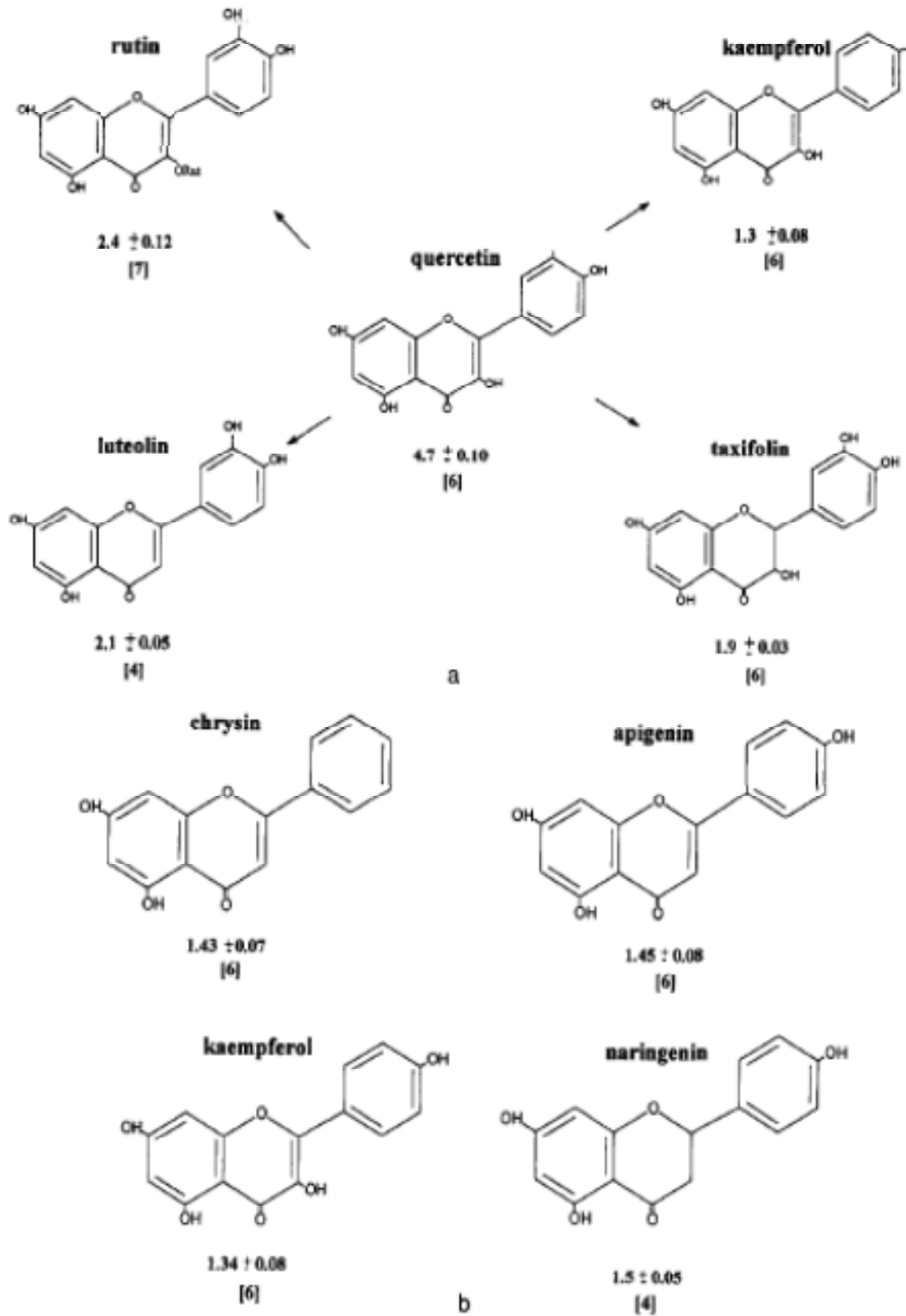


Figure I. 16. Activité antiradicalaire de divers flavonoïdes vis-a-vis du radical ABTS.+ , exprimée en indice TEAC (Trolox Equivalent Antioxydant Capacity) (**Rice-Evans et al., 1996**)

Partie Expérimentale

Chapitre II.

Matériels et méthodes

Introduction

L'étude de ces plantes et de leurs composés chimiques dérivés offre une source différente des produits naturels, ce qui pourrait être un domaine prometteur d'étude des ingrédients fonctionnels. Ce type de transformation est très durable dans la production industrielle, car elle dispose d'un marché sécurisé pour le produit final (**Putnik et al., 2017**). En ce sens, lors de la production de fruits de la passion, de groseille du Cap ou de pépino, certaines parties de la plante sont généralement éliminées comme déchets, mais pourrait fournir une source de revenus.

Dans ce contexte, l'objectif de notre étude est de déterminer la meilleure technique d'extraction des polyphénols totaux et des flavonoïdes provenant de différentes parties des plantes tropicales susmentionnées en utilisant différents solvants d'extraction, ainsi pour déterminer leurs activités antioxydante. Avant d'entamer la partie expérimentale, il serait judicieux de notre part de présenter l'ensemble des matériels et des méthodes utilisés lors de cette étude. Pour cela, on va essayer de définir les produits chimiques ainsi que les diverses techniques utilisées pour l'extraction.

1. Matériels végétal

Passiflora caerulea L., *Physalis peruviana* L. et le *Solanum muricatum* Aiton ont été récoltées en septembre 2018 dans la région d'Oran (Ouest Algérien). Une fois récoltées, les feuilles, les fleurs les tiges et les racines des trois espèces étudiées ont été séparés ensuite lavées à l'eau distillée et séché à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 21 jours pour éviter la perte des substances actives. Ce séchage est effectué dans un endroit protégé afin d'éviter la contamination par la poussière, les insectes ravageurs.

Après le séchage les feuilles, les fleurs, les tiges, et les racines des trois espèces sont broyées à l'aide d'un moulin à café, la poudre obtenue de chaque partie est stockée dans des sacs en plastique et étiquetés en fonction de leur provenance puis conservé à l'ombre.



Figure II. 1. Feuilles, fleurs, tiges et racines des trois espèces séchées et broyées.

2. Dosage des composés phénoliques

La détermination des composés phénoliques : polyphénols totaux, flavonoïdes ainsi que leur activité antioxydante dans les différentes parties des trois plantes a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible de type Shimadzu.

3. Réactifs chimiques

Une série de produits chimiques ont été utilisés pour doser les composés phénoliques des différentes parties des trois plantes. Les étalons polyphénoliques (acide gallique, quercetine-3-rutnoside hydraté, cathécol), H_2O_2 , ABTS et la peroxydase proviennent de Sigma (USA), Le trolox provient de Aldrich, les réactifs (Folin-Ciocalteu, trichlorure d'aluminium, acétate de sodium) proviennent de Sigma-Aldrich, les autre solvants sont obtenus auprès Panreac, Macron, Lab-Scan, Sigma-Aldrich.

4. Préparation des extraits

4.1. Extraction par macération

afin d'extraire les polyphénols totaux à partir des différentes parties des plantes par la méthode de macération, a été effectuée selon le protocole décrit par Romani et al (**Romani, Pinelli, Cantini, Cimato, & Heimler, 2006**): 1 à 3 g de la poudre des différentes parties des trois plantes ont été macérés pendant 2,5 h (deux fois) à température ambiante dans 10 ml de solutions aqueuses des solvants : méthanol, éthanol, acétone à 70% v/v dans l'eau, eau et MeOH avec fluorure de sodium (MeOH, NaF) selon (**Tomás-Barberán et al., 2001**) Après une filtration sur un tissu en mousseline, les filtrats sont centrifugés à 4000 t/min à température ambiante pendant 20 min puis conservés à 4°C jusqu'à l'utilisation.

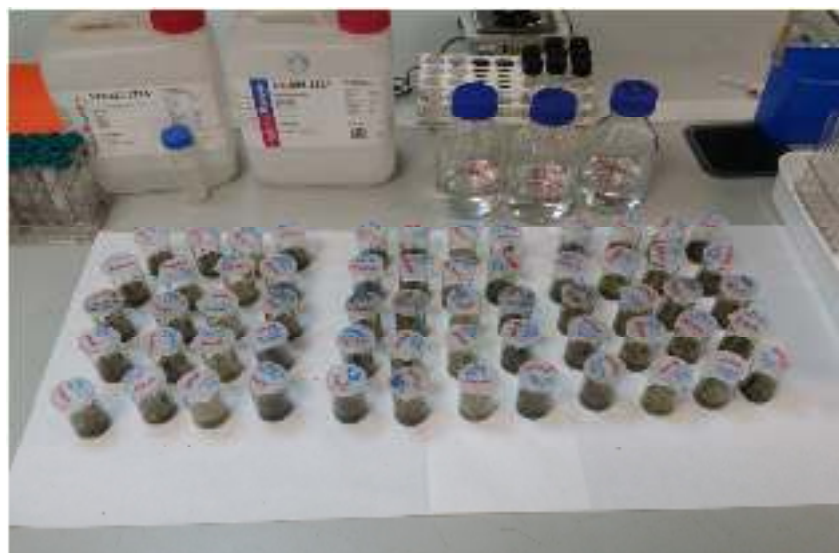


Figure II. 2. Préparation des macéras.

4.2. Extraction par décoction

Pour extraire les polyphénols totaux par décoction nous avons effectué le protocole décrit par Chavane et al. (**Chavan, Shahidi, & Naczki, 2001**): 1 g de la poudre des différentes parties des trois plantes sont additionnés à 40 ml de solvant d'extraction (méthanol, éthanol, acétone à 70 % v/v dans l'eau, eau et MeOH avec fluorure de sodium (MeOH, NaF)). Chaque mélange est mis à l'ébullition pendant 30 min dans un bain marie ensuite filtré sur un tissu en

mousseline, les filtrats sont centrifugés à 4000 t/min à température ambiante pendant 20 min puis conservés à 4°C jusqu'à l'utilisation.



Figure II. 3. Préparation des décoctés.

5. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols est réalisé à l'aide du réactif de « Follin-Ciocalteu » en présence de Na_2CO_3 . Il s'agit d'une solution d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et l'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$) dont la réduction par l'action des polyphénols donne un mélange de complexes de sels de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) de couleur bleu. Cette solution absorbe à une longueur d'onde de 760 nm. Ainsi, le dosage des PPT se fait par comparaison de l'absorbance de la solution étudiée par rapport à celle obtenue par un étalon qui est l'acide gallique. (Ghnimi, 2015)

D'abord une courbe d'étalonnage a été réalisée. Pour cela 170,12 mg d'acide gallique sont diluées dans 10 ml d'éthanol puis le volume est ajusté à 100 ml avec l'eau distillée (solution mère). Des solutions diluées de concentration connues en acide gallique ont été préparées (25, 50, 100, 150, 200 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$).

Le dosage des PPT de chacun des échantillons se fait par leur comparaison de leurs absorbance à celle de la courbe d'étalonnage.

La courbe d'étalonnage de l'acide gallique représente l'absorbance en fonction de la concentration en acide gallique. Elle est obtenue avec un coefficient de corrélation de 0,9985 (Figure II. 4)

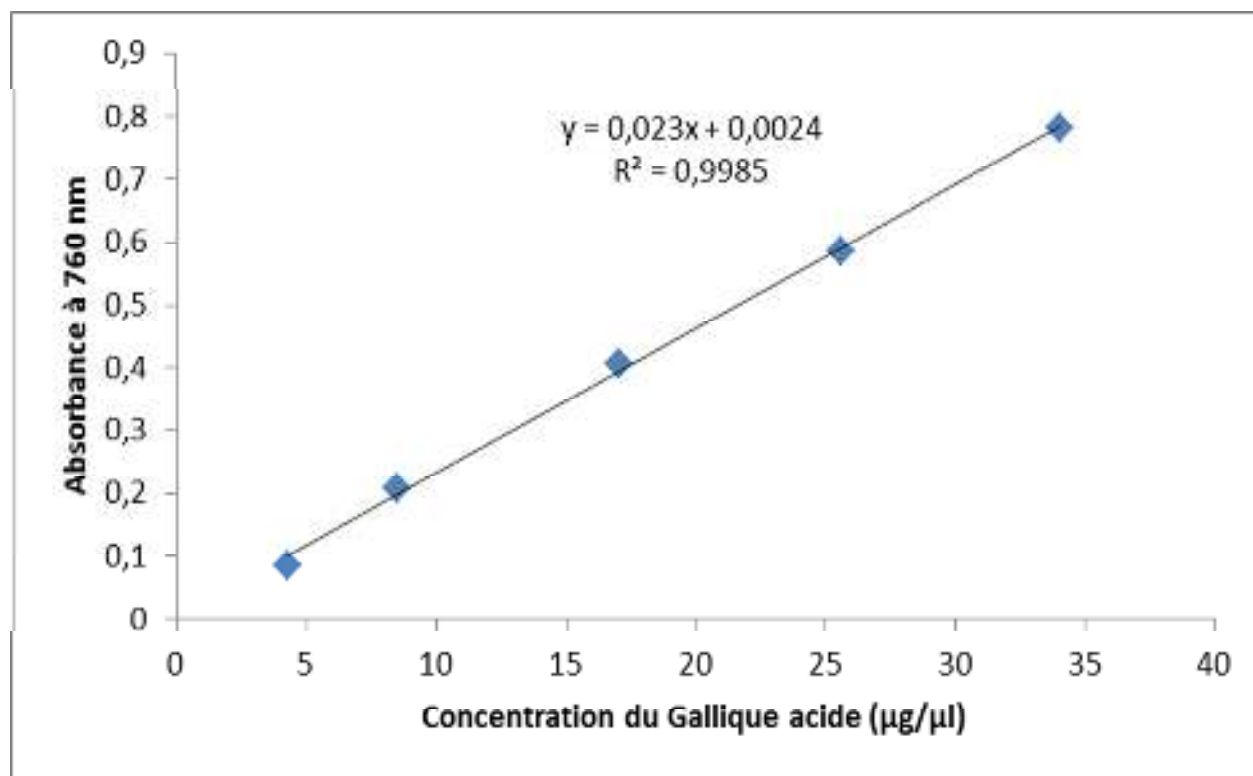


Figure II. 4. Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux.

5. 1. Mesures

Les polyphénols totaux sont déterminés par méthode de Folin-Ciocalteu décrite par Singleton et al., 1965 et Scalbert et al., 1989 (**Scalbert, Monties, & Janin, 1989; Singleton & Rossi, 1965**): la méthode consiste à placer dans des tubes à essai et d'une manière successive, 200 µl de chaque extrait à analyser sont ajoutés à 300 µl de solution tampon phosphate, 2,5 ml du réactif Follin Ciocalteu et 2 ml de Na₂CO₃ à 1N. Le mélange est agité à l'aide d'un vortex puis placé dans un bain marie à 50°C pendant 5 min. Le blanc est réalisé par remplacement de l'extrait par la solution du tompon phosphate. L'absorbance est mesurée à 760 nm par un spectrophotomètre UV (Shimadzu). Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide

gallique/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.



Figure II. 5. Dosage des polyphénols totaux

6. Détermination des flavonoïdes

Pour le dosage des flavonoïdes, la méthode utilisée est celle développée par Woisky and Salatino, 1998 (Woisky & Salatino, 1998) avec quelques modifications.

D'abord une courbe d'étalonnage a été réalisée en utilisant la quercétine. Des solutions de l'ordre (0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.07, 0.100, 0.140 mg/μl) ont été préparées, les réactifs utilisés sont : le chlorure d'aluminium ($AlCl_3$, 10%), acétate de sodium ($C_2H_3NaO_2$, 1M)

La courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration en quercétine a été réalisée. Elle présente un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,998. (Figure II. 6)

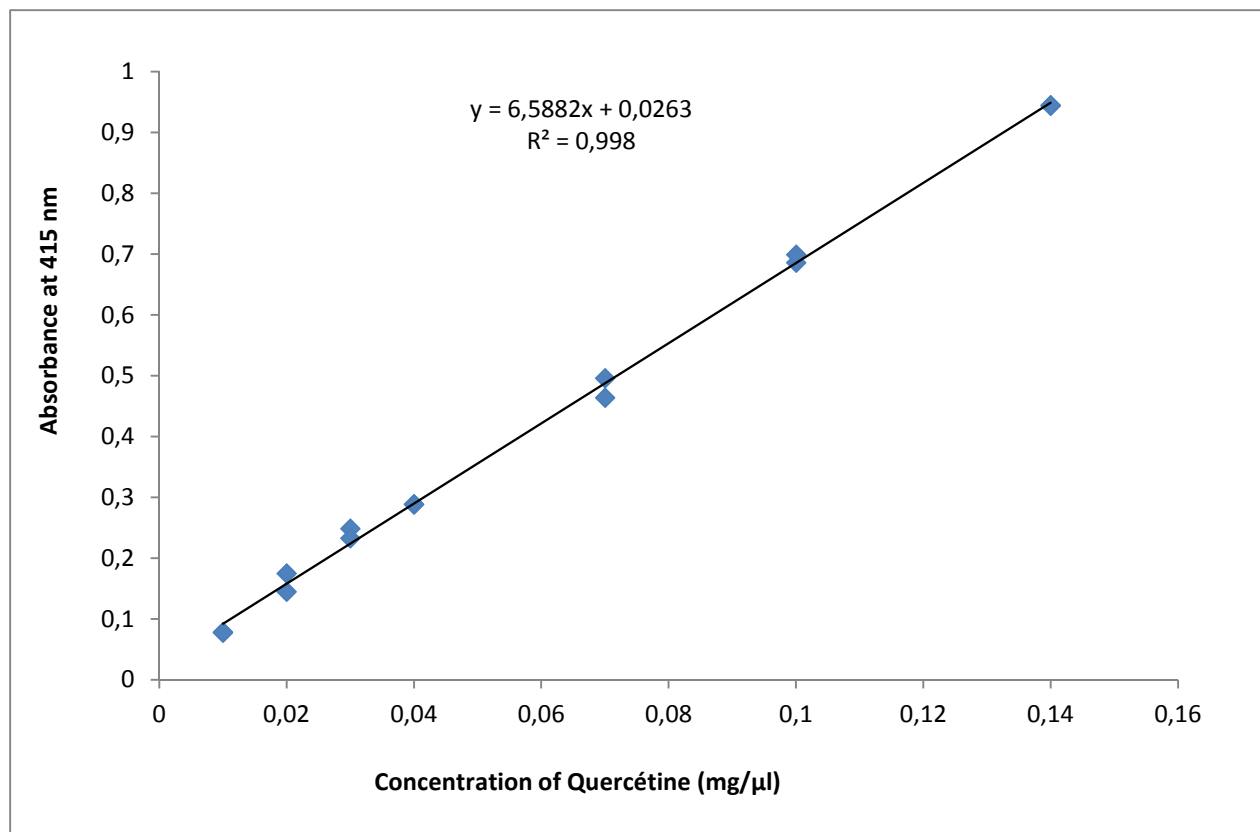


Figure II. 6. Courbe d'étalonnage pour le dosage les flavonoïdes

6.1. Mesures

La détermination des flavonoïdes a été effectuée selon la méthode détaillée par Woisky and Salatino, 1998. Dans des tubes à essai on a placé 500 μl de chaque extrait à analyser qui ont été mélangés à 1500 μl de méthanol à 95 %, 100 μl de AlCl₃ à 10 % (m/v), 100 μl d'acétate de sodium à 1 M et 2,8 ml d'eau distillée. L'ensemble est agité à l'aide d'un vortex puis incubé à température ambiante et à l'obscurité pendant 30 min. Le blanc est réalisé par remplacement de l'extrait par du méthanol à 95 % et l'absorbance est mesurée à 415 nm par un spectrophotomètre UV (Shimadzu). Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine-3-rutnoside/g de matière végétale sèche en se référant de la courbe d'étalonnage de la quercétine-3-rutnoside.



Figure II. 7. Dosage de flavonoïdes après l'incubation.

7. Détermination des tannins condensés (TC)

7.1.Méthode

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode de la vanilline en milieu acide décrite par Ba et al (**Ba, Tine, Destain, Cissé, & Thonart, 2010**): au cours de cette réaction, la vanilline va réagir avec les tannins condensés pour donner des complexes colorés qui absorbent à 500 nm.

Le dosage des quantités de TC est réalisé à partir d'une courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration en catéchine. La courbe d'étalonnage présente un coefficient de corrélation de 0,9782 (Figure II.8).

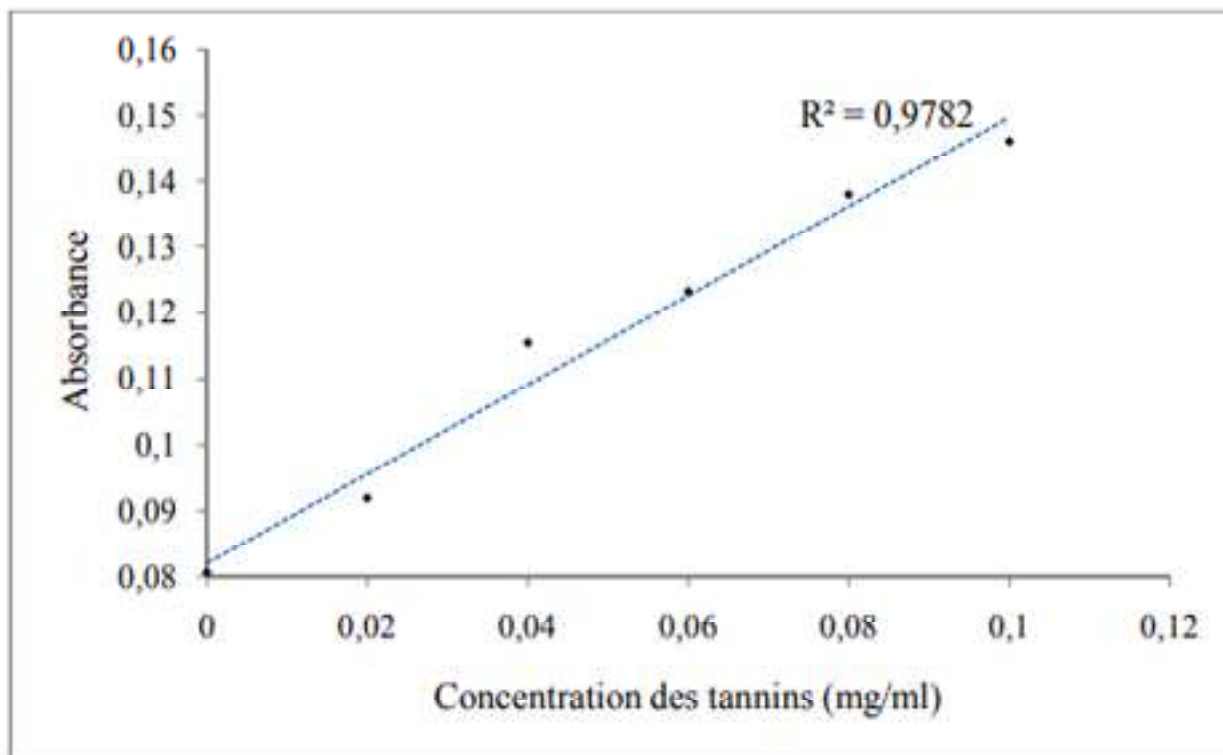


Figure II.8. Courbe d'étalonnage pour le dosage des tannins totaux.

7.2. Mesure

Le réactif de vanilline a été préparé en mélangeant à volume égal : HCl à 8 % (v/v), le méthanol à 37 % (v/v) et 4 % de vanilline dans du méthanol (m/v). Le mélange a été maintenu à 30 °C avant le dosage.

200 µl de chaque extrait à analyser ont été ajoutés à 1 000 µl de réactif de vanilline et 1,5 ml de l'acide chlorhydrique ; le mélange a été agité puis incubé à l'obscurité à 30 °C pendant 20 min. L'absorbance est mesurée à 500 nm par un spectrophotomètre UV (Shimadzu). Contre un blanc constitué d'un mélange de méthanol (37 %) et de HCl (8%) à volume égal. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage du catéchine

8. Etude de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante peut se réaliser selon plusieurs méthodes, au cours de cette étude, nous avons choisi d'évaluer l'activité antioxydante par le teste ABTS. L'intérêt de ce teste est d'évaluer l'activité antioxydante dans les solutions aqueuses.

8.1. Principe du teste ABTS

Ce teste est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS^{•+} (sel d'ammonium de l'acide 2, 2' – azino bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique)) de coloration bleu verdâtre. Ce radical cationique est formé suite à l'oxydation de l'ABTS initialement incolore avec les différents composés comme le phosphate de potassium (KH₂PO₄) et le 2, 2'-azo-bis (2-amidino-propane) dihydrochloride (AAPH). Ainsi, la réaction se déroule en deux étapes : au cours de la première étape le radical ABTS^{•+} est formé par arrachement d'un électron e⁻ à un atome d'azote de l'ABTS. La deuxième se déroule en présence d'antioxydant donneur de H[•], le radical d'azote concerné piège un H[•], conduisant à l'ABTSH⁺, ce qui entraîne la décoloration de la solution (Figure II. 9) (Ghnimi, 2015).

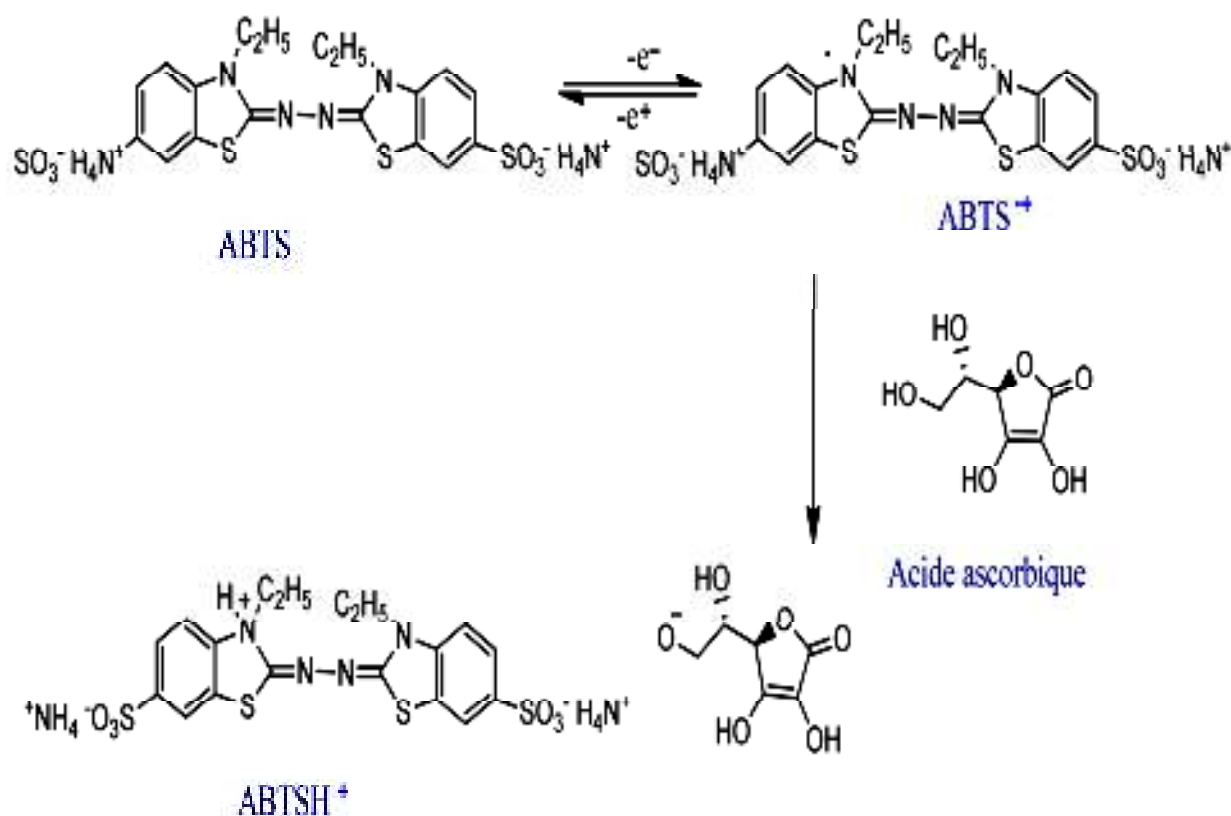


Figure II. 9. Formation du piégeage du radicale ABTS^{•+} par un antioxydant donneur de H[•].

La détermination de l'activité antiradicalaire par le test d'ABTS a été effectuée en utilisant la méthode décrite par Cano et al (Cano, Hernández-Ruíz, García-Cánovas, Acosta, & Arnao, 1998) légèrement modifiée. 10 ml de solution tampon phosphate et 6 ml d'acétate

d'éthyle ont été additionnés à 0.5 g de tissu végétale (différentes parties des trois plantes), le mélange a été homogénéisé pendant 1 min et ensuite centrifugé à 10.000 rpm pendant 20 min à -4°C. Les phases hydrophiles et lipophiles des différentes parties des plantes ont été séparées. L'ABTS a été dissous dans l'eau distillée à une concentration 10 mM, la solution a été obtenue en incubant pendant 12h à 16h à l'obscurité et à la température ambiante.

Le témoin positif de référence utilise est le trolox (acide 6- hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylique), dont la structure moléculaire cyclique est similaire à celle de la vitamine E.

8.2.Détermination de l'activité antioxydante dans la phase hydrophile (*H-TAA*)

890µl de la solution tampon de glycine a été mélangé à 30 µl de solution ABTS, 30 µl d'H₂O₂ et 25 µl de peroxydase, l'absorbance de ce mélange a été mesuré à λ 730 nm contre un blanc préparé par une solution tampon de glycine. 25 µl de chaque phase hydrophile ont été ajouté au mélange précédant et l'absorbance a été mesuré une autre fois à λ 730 nm après 1 min. Les résultats sont exprimés en mg équivalent trolox/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage du trolox et quatre essais ont été effectués pour chaque échantillon.

La courbe d'étalonnage (Figure II. 10) est réalisée à partir des absorbances en fonction des différentes concentrations du trolox. 890µl de la solution tampon de glycine, 30 µl de solution ABTS, 30 µl d'H₂O₂ et 25 µl de peroxydase ont été additionnés aux différentes concentrations du trolox. La courbe présente une bonne corrélation de 0,9945 (Cano et al., 1998).

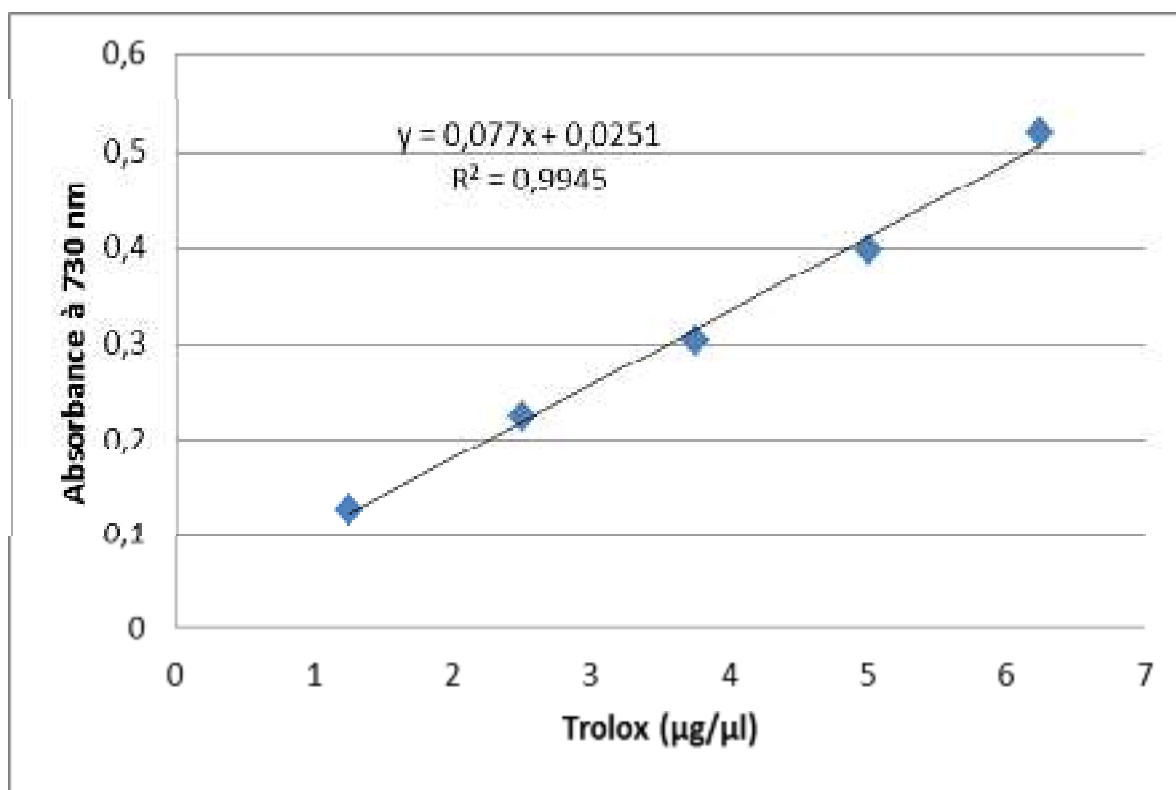


Figure II. 10. Courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration du trolox dans une solution ABTS pour le dosage des (H - TAA)

8.3. Détermination de l'activité antioxydante dans la phase lipophile (L - TAA)

30 µl de la solution ABTS ont été mélangés à 30 µl d' H₂O₂, 25 µl de peroxydase et 850 µl d'éthanol, l'absorbance de ce mélange a été mesurée à λ 730 nm contre un blanc préparé par l'éthanol. 25 µl de chaque phase lipophile ont été ajoutés au mélange précédent et l'absorbance a été mesurée une autre fois à λ 730 nm après 1 min. Les résultats sont exprimés en mg équivalent trolox/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage du trolox et quatre essais ont été effectués pour chaque échantillon.

La courbe d'étalonnage (Figure II. 11) est réalisée à partir des absorbances en fonction des différentes concentrations du trolox. 30 µl de la solution ABTS, 30 µl d' H₂O₂, 25 µl de peroxydase et 850 µl d'éthanol ont été additionnés aux différentes concentrations du trolox. La courbe présente une bonne corrélation de 0,989 (Cano et al., 1998).

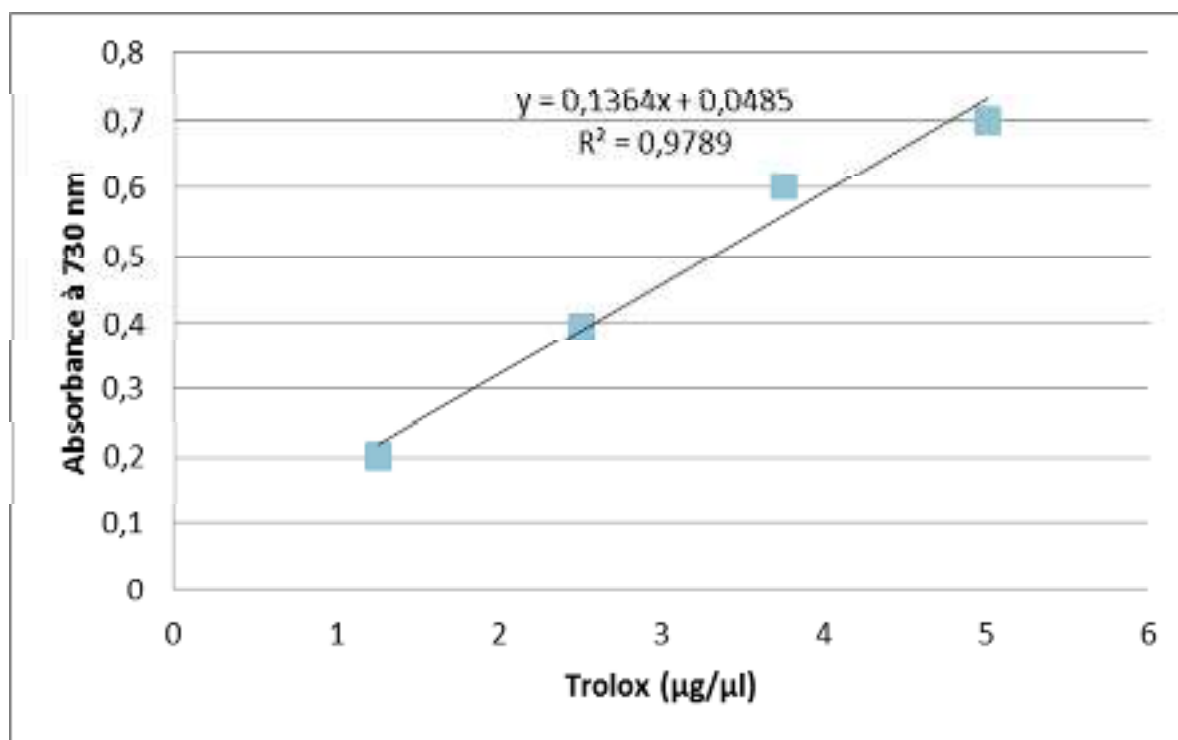


Figure II. 11. Courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration du trolox dans une solution ABTS pour le dosage des (L- TAA)

9. Analyses statistiques

Les différentes analyses ont été réalisées au moins trois fois. Par la suite, les traitements ont été distribués selon un plan randomisé complet (CRD) avec quatre répliques. Les données ont été analysées à l'aide de trois méthodes d'analyse de la variance (méthodes, solvants et parties de plante). Les analyses statistiques ont été effectuées avec SAS software version 9.4 pour Windows. Les comparaisons moyennes ont été effectuées à l'aide du test de différence la moins significative (LSD) ($P = 0,05$) avec écart-type (SD) pour les tableaux. Et l'erreur standard (SE) pour les graphiques.

Chapitre III.
Résultats et discussions

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons discuter les résultats de l'extraction des polyphénols totaux et des flavonoïdes à partir des feuilles, fleurs, tiges et racines de *Passiflora caerulea* L., *Physalis peruviana* L. *Solanum muricatum* Aiton dans les différents solvants d'extraction ainsi que leurs activité antioxydante.

1. Rendement d'extraction

Les deux méthodes d'extraction (décoction et macération) ont montré des différences significatives ($P < 0,05$) pour toutes les espèces et parties de plantes utilisées dans cette recherche.

1. 1. Rendement d'extraction par macération

Les résultats du rendement d'extraction par macération (tableau III. 1) montrent que l'acétone est le meilleur solvant d'extraction, avec une moyenne de $20,43 \pm 0,23\%$ pour *Passiflora*, $20,95 \pm 0,15\%$ pour *Physalis* et $20,01 \pm 0,18\%$ pour *Solanum*, suivie de l'eau, avec moyennes de $19,53 \pm 0,23\%$, $18,67 \pm 0,14\%$ et $18,32 \pm 0,19\%$ pour *Passiflora*, *Physalis* et *Solanum*, respectivement. L'extraction la plus élevée de *Solanum* a été trouvée dans les feuilles pour tous les solvants utilisés ($P < 0,05$).

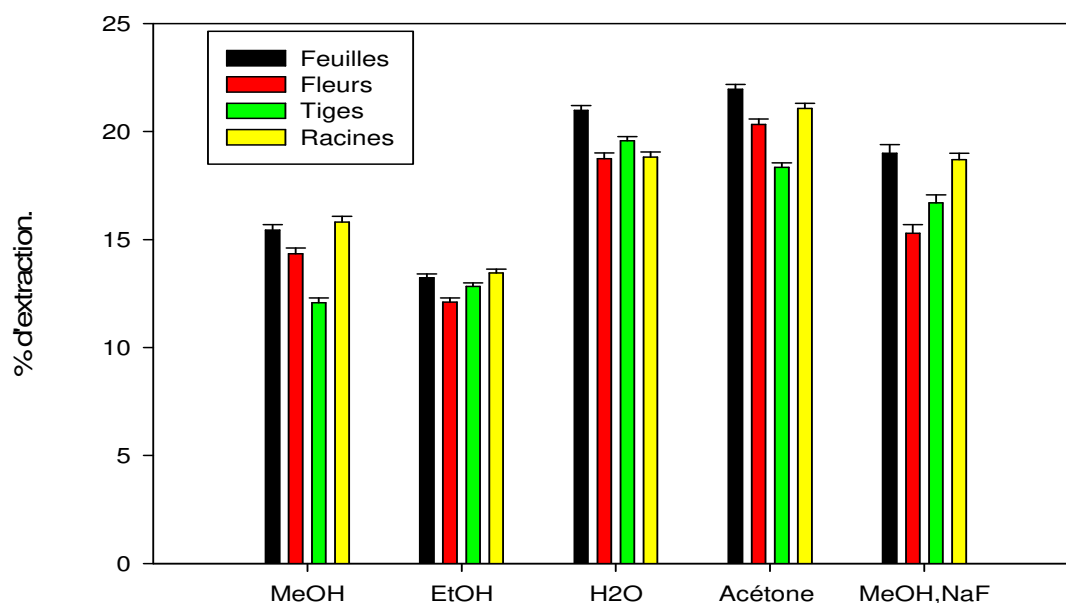


Figure III. 1. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par macération.

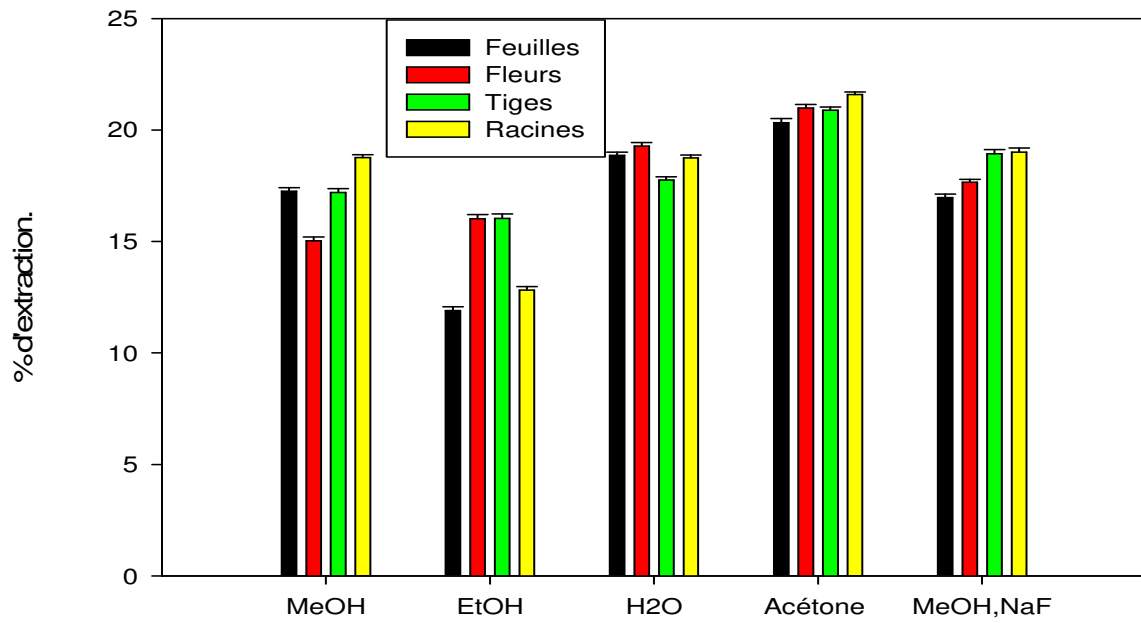


Figure III 2. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. extraites par macération.

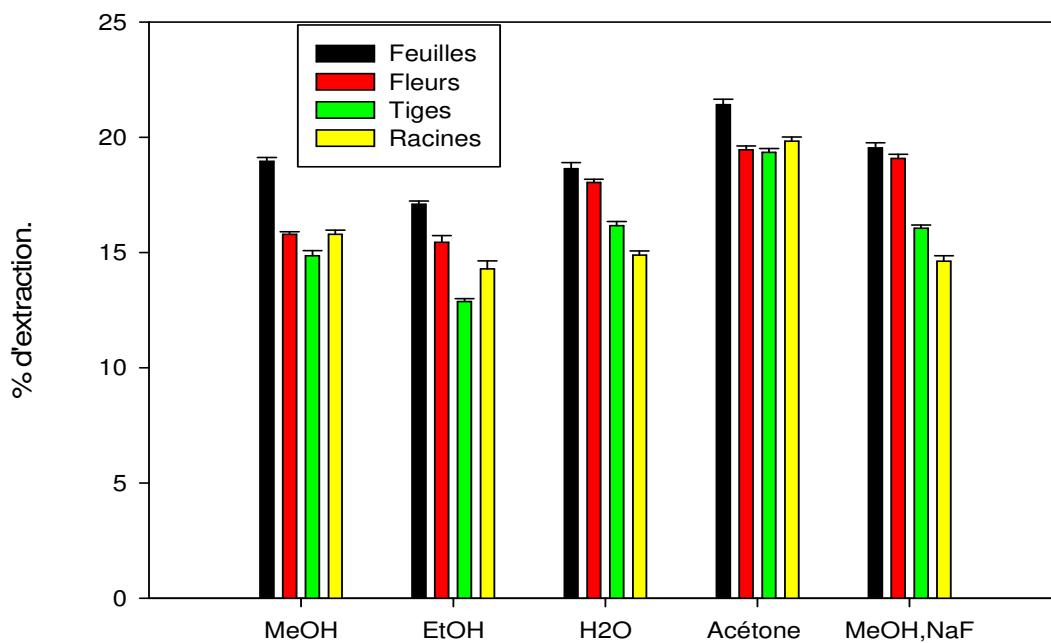


Figure III. 3. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par macération

1. 2. Rendement d'extraction par décoction

Contrairement aux résultats des rendements obtenus par macération, les rendements les plus élevés ont été obtenus par méthanol (tableau III. 1) étaient les rendements les plus élevés, avec des moyennes de $21,58 \pm 0,24\%$ pour *Passiflora caerulea*, $20,89 \pm 0,14\%$ pour *Physalis peruviana* et $21,57 \pm 0,26\%$ pour *Solanum muricatum* sur quatre échantillons (feuilles, fleurs, tiges, racines), tandis que l'acétone a donné le rendement le plus faible pour *Passiflora*, *Physalis* et *Solanum*, avec des moyennes de $14,83 \pm 0,15\%$, $14,39 \pm 0,14\%$ et $11,15 \pm 0,23\%$, respectivement. *Physalis peruviana* présentait le niveau d'extraction le plus élevé de ses racines lorsque le méthanol était utilisé, montrant une différence significative ($P < 0,05$) par rapport à d'autres parties de la plante, telles que les feuilles et la tige. D'autre part, *Passiflora* et *Solanum* en général ont donné des niveaux d'extraction plus élevés dans les racines et les feuilles, avec des différences significatives ($P < 0,05$) entre ces parties de la plante, en particulier pour *Solanum*.

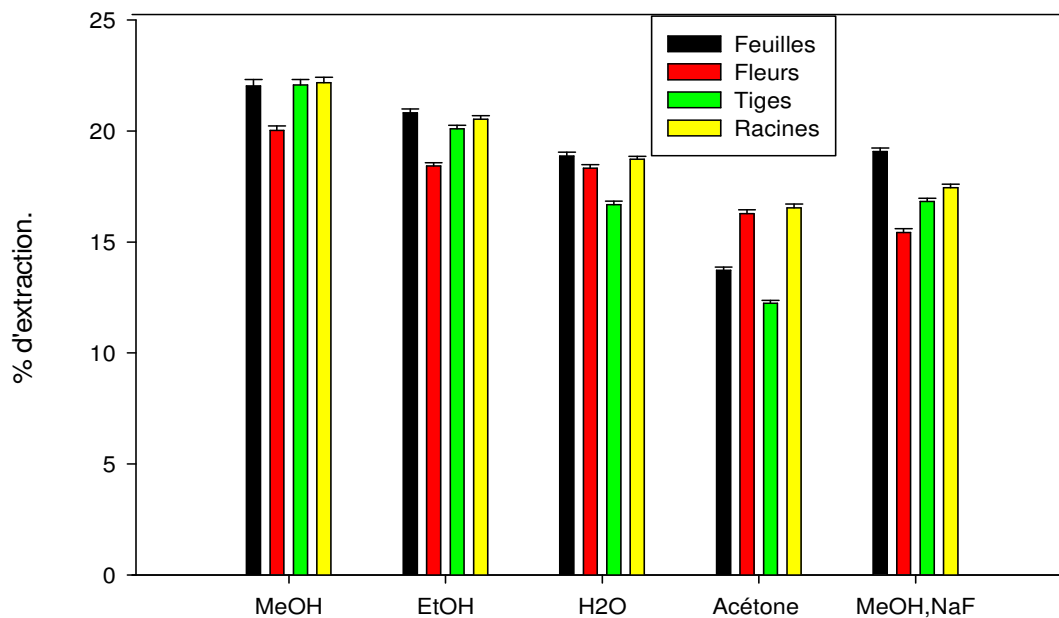


Figure III. 4. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par décoction.

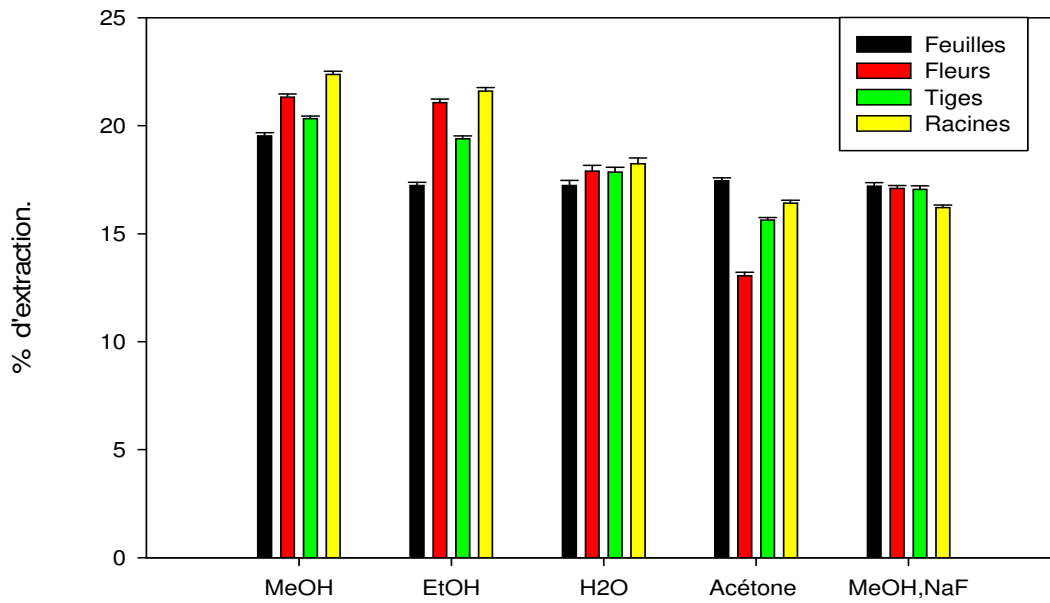


Figure III. 5. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. extraites par décoction.

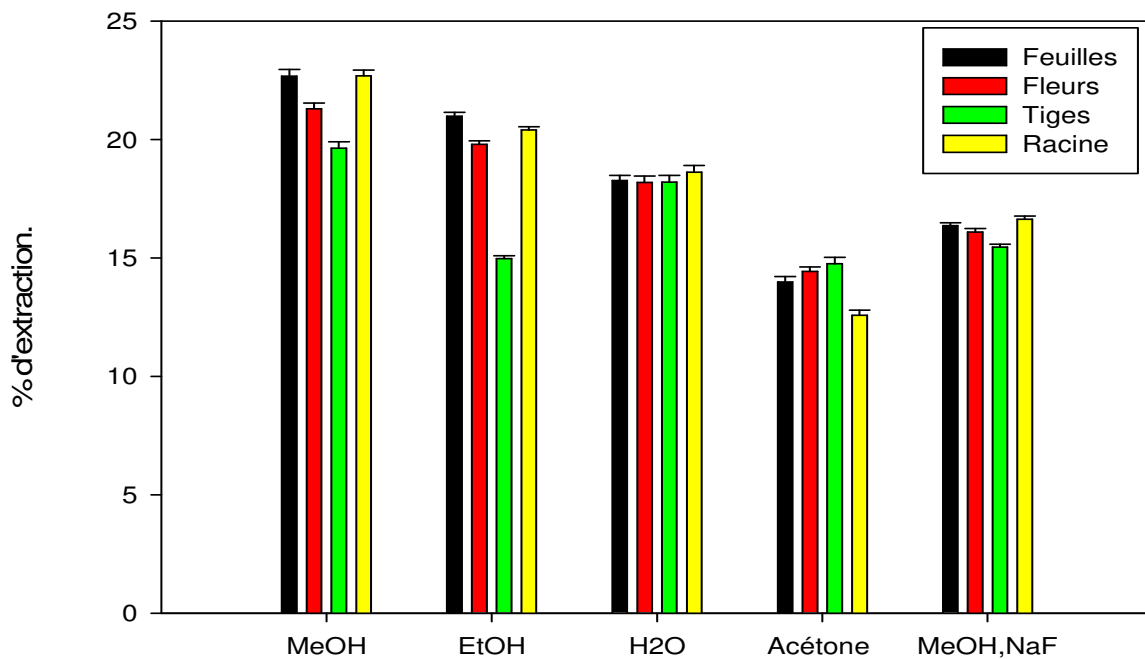


Figure III. 6. Rendement d'extraction par les différents solvants dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par décoction.

Résultats et discussions

Tableau III. 1. Rendement d'extraction (% MS) des différentes parties de passiflore bleue (*Passiflora caerulea* L.), groseille du Cap (*Physalis peruviana* L.) et pépino (*Solanum muricatum* Aiton) extraites par décoction et macération.

Les différentes lettres dans la même colonne pour chaque plante indiquent une différence significative à un niveau de probabilité $P < 0,05$. Les données sont la moyenne \pm écart type (ET).

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	<i>Passiflora caerulea</i>				<i>Physalis peruviana</i>				Pépino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton)			
		Feuilles	Fleurs	Tiges	racines	Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines	Feuille	Fleurs	Tiges	Racines
Décoction	MeOH	22.02 \pm 0.02	20.02 \pm 0.05	22.08 \pm 0.96	22.18 \pm 0.06	19.53 \pm 0.36	21.32 \pm 0.35	20.31 \pm 0.5	22.36 \pm 0.13	22.67 \pm 0.07	21.29 \pm 0.01	19.63 \pm 0.43	22.69 \pm 0.1
	EtOH	20.82 \pm 0.17	18.42 \pm 0.79	20.09 \pm 0.27	20.53 \pm 1.47	17.22 \pm 0.15	21.07 \pm 0.14	19.38 \pm 0.1	21.60 \pm 0.64	20.98 \pm 0.16	19.80 \pm 0.89	14.97 \pm 0.61	20.41 \pm 0.68
	H ₂ O	18.87 \pm 0.81	18.32 \pm 1.63	16.68 \pm 1.34	18.73 \pm 0.54	17.22 \pm 0.3	17.90 \pm 0.65	17.85 \pm 0.3	18.23 \pm 0.34	18.27 \pm 0.54	18.18 \pm 0.41	16.20 \pm 2.02	18.61 \pm 0.2
	Acétone	13.73 \pm 0.27	16.28 \pm 0.07	12.25 \pm 0.28	16.53 \pm 1.93	17.45 \pm 0.8	13.06 \pm 0.46	15.62 \pm 0.2	11.41 \pm 0.08	13.98 \pm 0.59	14.43 \pm 0.45	14.75 \pm 0.67	12.57 \pm 0.05
	MeOH, NaF	19.07 \pm 0.31	15.43 \pm 1.11	16.83 \pm 2.76	17.45 \pm 0.1	17.2 \pm 0.73	17.09 \pm 0.32	17.08 \pm 0.1	16.20 \pm 0.32	16.36 \pm 0.71	16.09 \pm 0.38	15.46 \pm 0.31	16.64 \pm 0.075
Macération	MeOH	15.44 \pm 0.58	14.34 \pm 1.33	12.07 \pm 0.05	15.81 \pm 0.4	17.25 \pm 0.14	15.02 \pm 0.19	17.20 \pm 0.1	18.76 \pm 0.83	18.95 \pm 0.17	15.78 \pm 0.29	14.85 \pm 0.55	15.79 \pm 0.4
	EtOH	13.22 \pm 0.07	12.10 \pm 2.14	12.83 \pm 1.27	13.45 \pm 2.7	11.90 \pm 0.67s	16.02 \pm 0.2	16.04 \pm 0.2	12.81 \pm 0.17	17.09 \pm 0.3	15.44 \pm 0.7	12.86 \pm 0.33	14.28 \pm 0.87
	H ₂ O	20.98 \pm 0.27	18.73 \pm 0.67	19.56 \pm 7.43	18.81 \pm 0.87	18.87 \pm 0.9	19.28 \pm 0.39	17.76 \pm 0.8	18.74 \pm 0.83	18.63 \pm 0.65	18.03 \pm 0.35	16.17 \pm 0.15	14.88 \pm 0.4
	Acétone	21.95 \pm 0.05	20.32 \pm 0.38	18.33 \pm 0.53	21.07 \pm 0.9	20.33 \pm 0.0	20.99 \pm 1.25	20.90 \pm 0.1	21.59 \pm 0.29	21.41 \pm 0.58	19.46 \pm 0.4	19.34 \pm 0.14	19.82 \pm 0.01
	MeOH, NaF	19.00 \pm 0.95	15.28 \pm 2.33	16.69 \pm 1.67	18.70 \pm 2.26	16.96 \pm 1.07m-p	17.66 \pm 0.821	18.93 \pm 0.2	19.01 \pm 0.23	19.54 \pm 0.52	19.08 \pm 0.44	16.05 \pm 0.12	14.62 \pm 0.83

Résultats et discussions

En général, les feuilles ont enregistré le meilleur rendement pour *Passiflora* et *Solanum*, avec une moyenne de $18,51 \pm 0,22\%$ et $18,79 \pm 0,21\%$, respectivement, suivies des racines ($18,33 \pm 0,21\%$), des fleurs ($16,93 \pm 0,22\%$) et des tiges ($16,75 \pm 0,20\%$). %) pour *Passiflora*. Les fleurs, les racines et les tiges avaient des rendements moyens de $17,76 \pm 0,18\%$, $17,04 \pm 0,21\%$ et $16,23 \pm 0,19\%$, respectivement, pour *Solanum*. (Figure III. 8 et III. 10)

En revanche, le rendement le plus élevé enregistré à partir de la moyenne de *Physalis* était celui des racines ($18,57 \pm 0,16\%$), suivis des tiges ($18,11 \pm 0,16\%$), des fleurs ($17,89 \pm 0,17\%$) et des feuilles ($17,40 \pm 0,16\%$). (Figure III. 9)

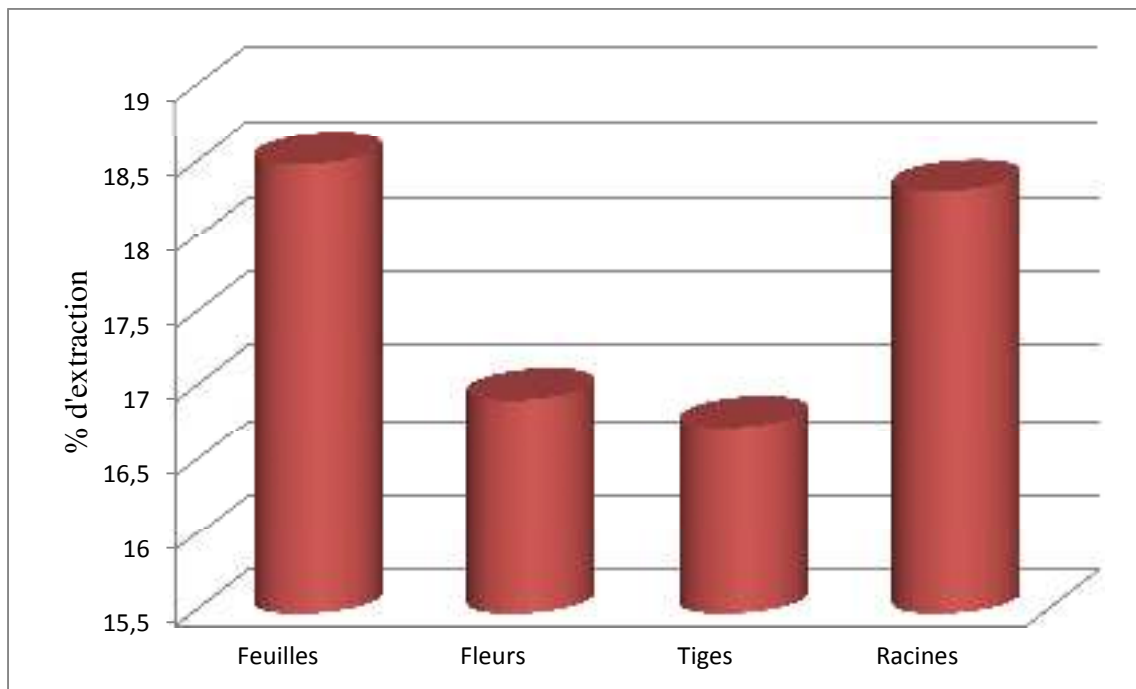


Figure III. 7. Rendement d'extraction des différentes parties de *Passiflora caerulea* L.

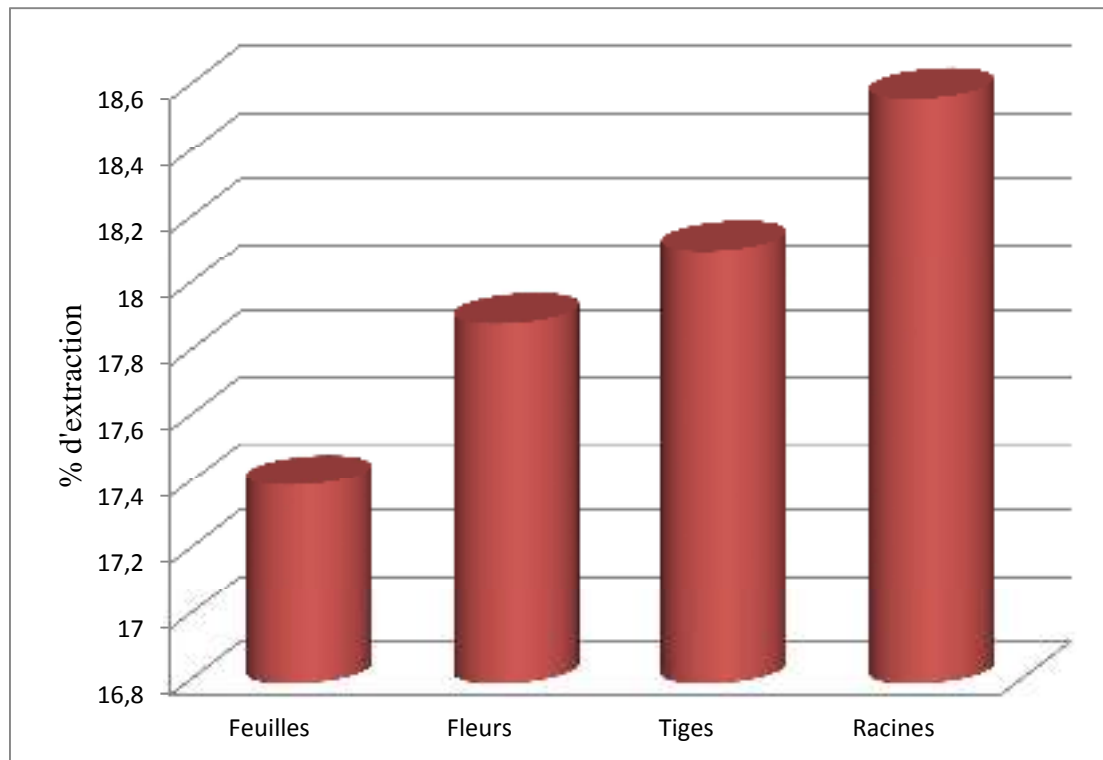


Figure III. 8. Rendement d'extraction des différentes parties de *Physalis peruviana* L.

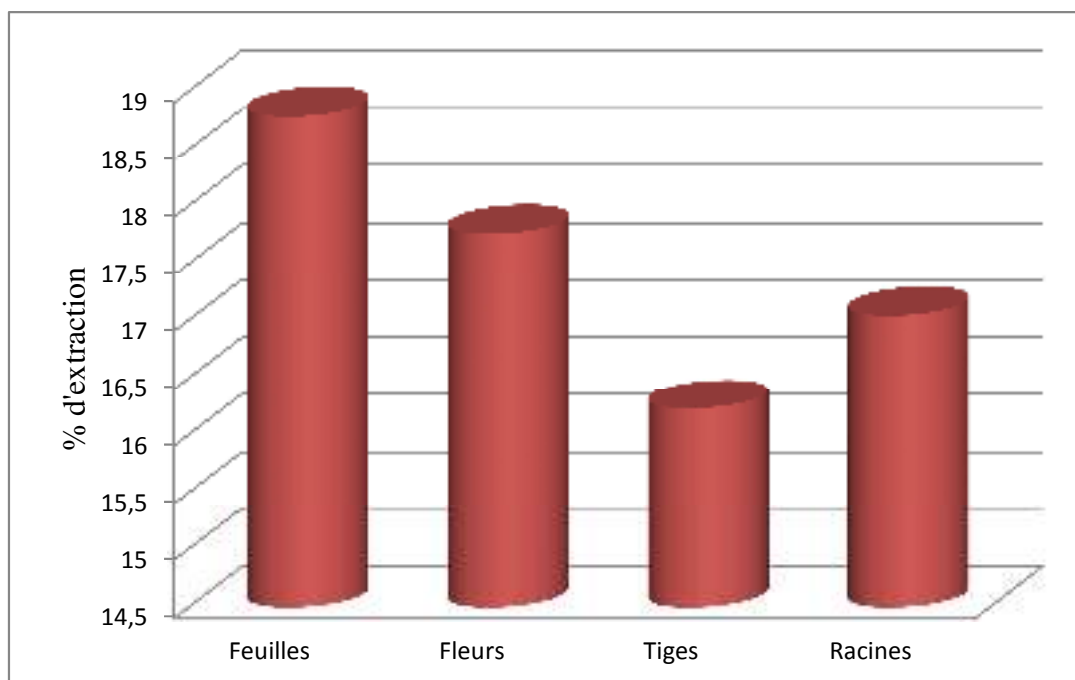


Figure III. 9. Rendement d'extraction des différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton

Résultats et discussions

Entre les deux méthodes d'extraction, les meilleurs rendements ont été enregistrés par décoction, ce qui a donné des moyennes de $18,35 \pm 0,20\%$ pour *Passiflora* (figure III. 11), $17,86 \pm 0,16\%$ pour *Physalis* (figure III. 12) et $17,24 \pm 0,20\%$ pour *Solanum* (figure III. 13), contre $16,94 \pm 0,94\%$, $17,81 \pm 0,16\%$ et $17,10 \pm 0,19\%$ (*Passiflora*, *Physalis* et *Solanum*, respectivement) avec macération. Ces résultats des rendements moyens des différents solvants sont comparables à ceux obtenus par **Didi, A.** à partir d'*Arbutus unedo* et *Dapline gaidium*, *Cynara scolymus* (**Mahmoudi, Khali, & Mahmoudi, 2013**) et de *Nitraria retusa* (**Salem et al., 2011**), ou **Ozarowski et al.** Des espèces *Passiflora*.

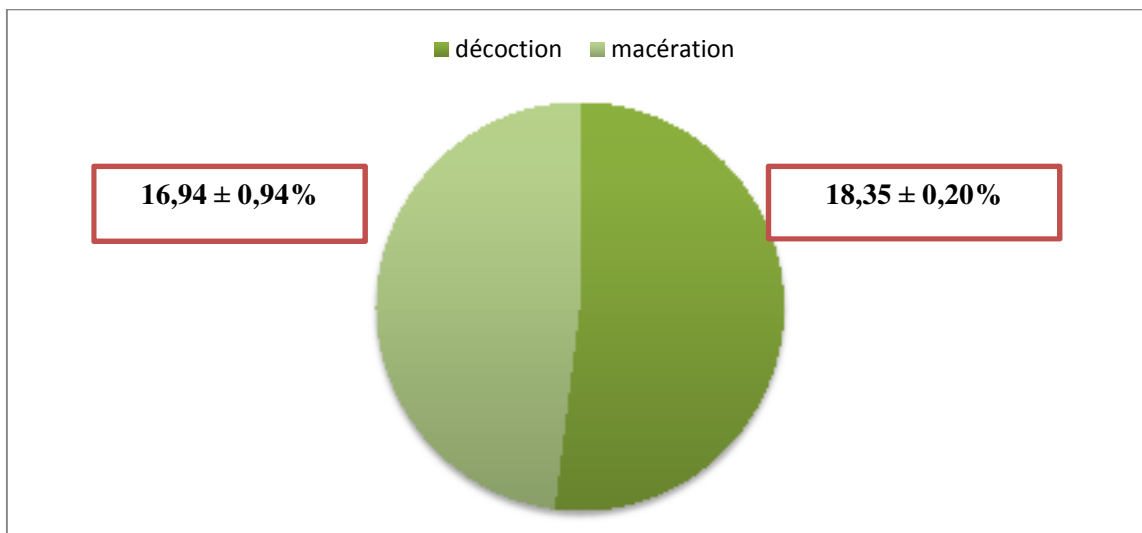


Figure III. 10. Rendement d'extraction par macération et par décoction de *Passiflora caerulea* L.

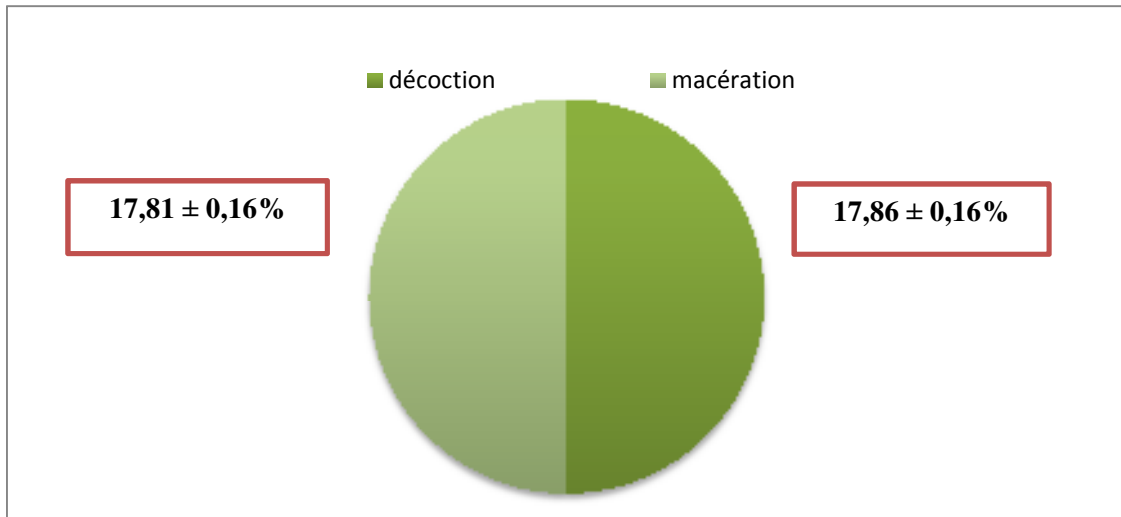


Figure III. 11. Rendement d'extraction par macération et par décoction de *Physalis peruviana* L.

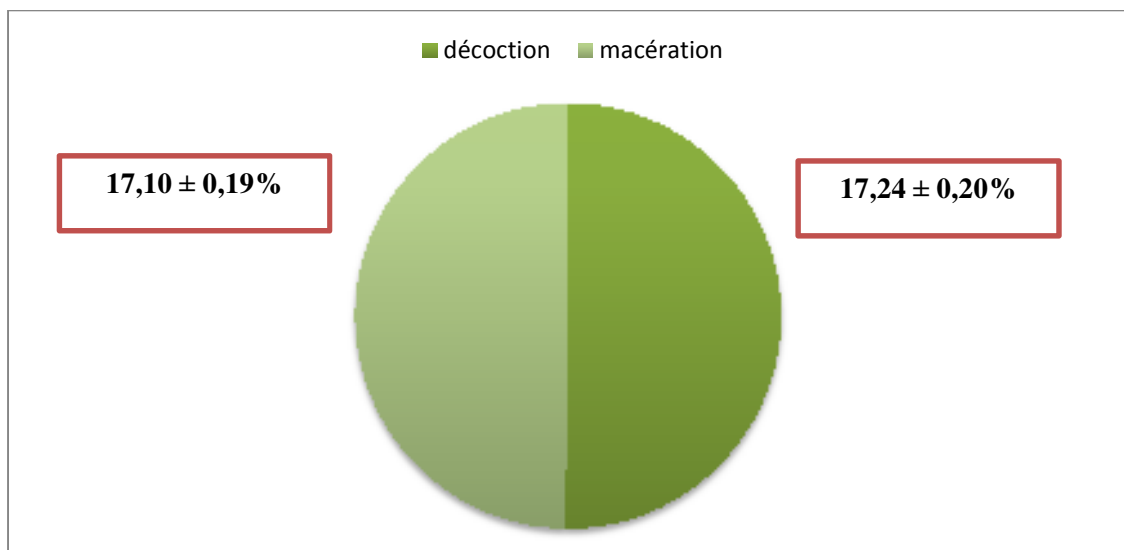


Figure III. 12. Rendement d'extraction par macération et par décoction de *Solanum muricatum* Aiton.

2. Teneur en polyphénols totaux (PPT)

L'analyse des données a montré des différences significatives ($P < 0,05$) dans la teneur en polyphénols totaux (PPT) entre les parties de la plante (tableau III. 2). Après dosage et calcul des PPT extrait par décoction et par macération pour les différentes parties des plantes *Passiflora* et *Physalis*, nous pouvons conclure que l'extraction par décoction a donné de meilleurs résultats généraux par rapport aux solvants extraits par macération.

Le taux de PPT le plus élevé extrait des différentes parties de *Passiflora caerulea* et *Solanum muricatum* Aiton via la méthode de décoction avec du méthanol en combinaison avec du fluorure de sodium (MeOH, NaF) a été enregistré en général pour les feuilles, suivi par les racines. Les teneurs en polyphénols totaux de ces deux espèces sont données dans l'ordre décroissant suivant: feuilles > racines > tiges > fleurs). En ce sens, le PPT dans les feuilles de *Passiflora caerulea* et *Solanum muricatum* Aiton présentait les niveaux les plus élevés pour la décoction ($1976,95 \pm 62,04$ et $1637,82 \pm 47,29$ mg eq AG / 100 g MS, respectivement), suivi des racines ($1466,08 \pm 49,69$ et $1398,69 \pm 36,46$ mg eq AG / 100 g MS, respectivement). Les teneurs en PPT les plus élevées dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* et *Solanum muricatum* Aiton via la méthode de macération ont été obtenues avec MeOH, NaF des feuilles ($1597,17 \pm 41,45$ et $1824,34 \pm 27,72$ mg eq AG / 100 g MS, respectivement). De plus, quel que soit le solvant utilisé, les teneurs totales en polyphénols des différentes parties de *Physalis peruviana* ont été obtenues dans l'ordre suivant: Racines > feuilles > tiges > fleurs. Cet ordre était indépendant de la méthode appliquée (macération ou décoction), mais le taux de TPC obtenu était en général plus élevé lorsque la méthode de décoction était appliquée.

MeOH NaF a enregistré la plus haute teneur en polyphénols totaux, ce qui est significativement différent ($P < 0,05$) par rapport aux autres solvants pour les trois espèces. Le potentiel d'extraction du TPC par macération par le reste des solvants pourrait être classé dans un ordre différent, en fonction des espèces étudiées, à savoir, *Passiflora* et *Solanum* (extraits Ethanolic > extraits acétoniques > extraits méthanoliques) ou *Physalis* (Extraits acétoniques > extraits éthanoliques > extraits méthanoliques). Lors de la décoction, les extraits méthanoliques et acétoniques ont montré moins de différences quant au potentiel d'extraction entre eux dans les trois espèces évaluées, mais surtout pour *Passiflora* et *Solanum*, le meilleur solvant utilisé dans un procédé de décoction était l'éthanol, en comparaison avec l'acétone ou le méthanol.

Résultats et discussions

Tableau III. 2. Teneur totale en polyphénols (mg eq GA / 100 g MS) dans les différentes parties de la passiflore bleue (*Passiflora caerulea* L.), de la groseille du Cap (*Physalis peruviana* L.) et du pépino (*Solanum muricatum* Aiton) extraits par décoction et macération. Les données sont la moyenne \pm écart type (ET)

Méthode d'extraction	Solvants d'extraction	<i>Passiflora caerulea</i>				<i>Physalis peruviana</i>				Pepino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton)			
		Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines	Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines	Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines
Macération	MeOH	1234.13 \pm 26.411	924.34 \pm 24.33	974.34 \pm 19.28	958.04 \pm 4.17	1141.73 \pm 27.72	480.86 \pm 9.39	1120 \pm 37.73	1224.34 \pm 29.05	1198.26 \pm 36.89	921.08 \pm 24.94	963.47 \pm 23.81	1045 \pm 34.48
		1373.26 \pm 32.02	964.56 \pm 24.69	991.73 \pm 15.26	1447.17 \pm 19.24e-	1221.08 \pm 40.53	809.13 \pm 29.38	1177.6 \pm 37.96	1268.91 \pm 24.94	1403.69 \pm 22.83	950.43 \pm 29.05	1002.6 \pm 24.84	1061.3 \pm 33.01
	H ₂ O	1229.78 \pm 35.56	787.39 \pm 28.5	918.91 \pm 12.98	947.17 \pm 8.92	1026.52 \pm 31.25	422.17 \pm 18.27	772.17 \pm 31.15	1099.34 \pm 28.7	1074.34 \pm 22.02	920 \pm 31.75	738.47 \pm 35.03	900.43 \pm 25.72
		Acétone	1362.39 \pm 47.4	938.47 \pm 23.38	984.13 \pm 9.64	1289.56 \pm 31.15	1237.39 \pm 43.91	490.65 \pm 20.81	1134.13 \pm 41.91	1348.26 \pm 24.72	1374.34 \pm 27.61	1009.13 \pm 25.22	977.6 \pm 23.1
	MeOH, NaF	1597.17 \pm 41.45	1020 \pm 27.26	997.17 \pm 22.83	1551.52 \pm 26.88	1393.91 \pm 39.37	558.04 \pm 31.22	1291.73 \pm 25.96	1554.78 \pm 37.06	1824.34 \pm 27.7	1068.91 \pm 27.81	1268.91 \pm 21.41	1243.91 \pm 27.15
Décoction	MeOH	1429.13 \pm 55.62	1261.73 \pm 47.89j	1233.47 \pm 74.25	1372.6 \pm 60.81	1340 \pm 36.54	940 \pm 27.03	1050.86 \pm 35.05	1576.95 \pm 19.28	1266.08 \pm 44.33	818.26 \pm 27.03	887.826 \pm 36.54	1159.56 \pm 37.82
		1505.21 \pm 65.65	1166.08 \pm 47.89	1259.56 \pm 75.26	1437.82 \pm 67.12	1774.78 \pm 27.03	983.08 \pm 30.81	1129.13 \pm 37.14	1448.69 \pm 29.27	1335.65 \pm 48.67	1024.78 \pm 29.59	1131.3 \pm 40.47	1168.26 \pm 30.43
	H ₂ O	1324.78 \pm 57.84	1083.47 \pm 43.18	1198.69 \pm 57.4	1137.82 \pm 56.07	1205.21 \pm 49.69	829.13 \pm 29.59	1048.69 \pm 30.94	1366.08 \pm 32.14	1163.91 \pm 46.76	716.08 \pm 35.05	840 \pm 37.56	966.08 \pm 32.14
		Acétone	1476.95 \pm 58.7	1274.78 \pm 47.62	1290 \pm 56.07	1316.08 \pm 57.4	1337.82 \pm 31.25	968.26 \pm 25.96	1220.43 \pm 32.04	1492.17 \pm 29.27	1340 \pm 45.73	892.17 \pm 31.75	1016.08 \pm 36.46
	MeOH, NaF	1976.95 \pm 62.04	1498.69 \pm 28.73	1518.26 \pm 68.1	1466.08 \pm 49.69	1635.65 \pm 29.7	1016.08 \pm 28.73	1296.52 \pm 33.67	1637.82 \pm 36.46	1637.82 \pm 47.29	1013.91 \pm 31.75	1172.6 \pm 37.82	1398.69 \pm 36.46

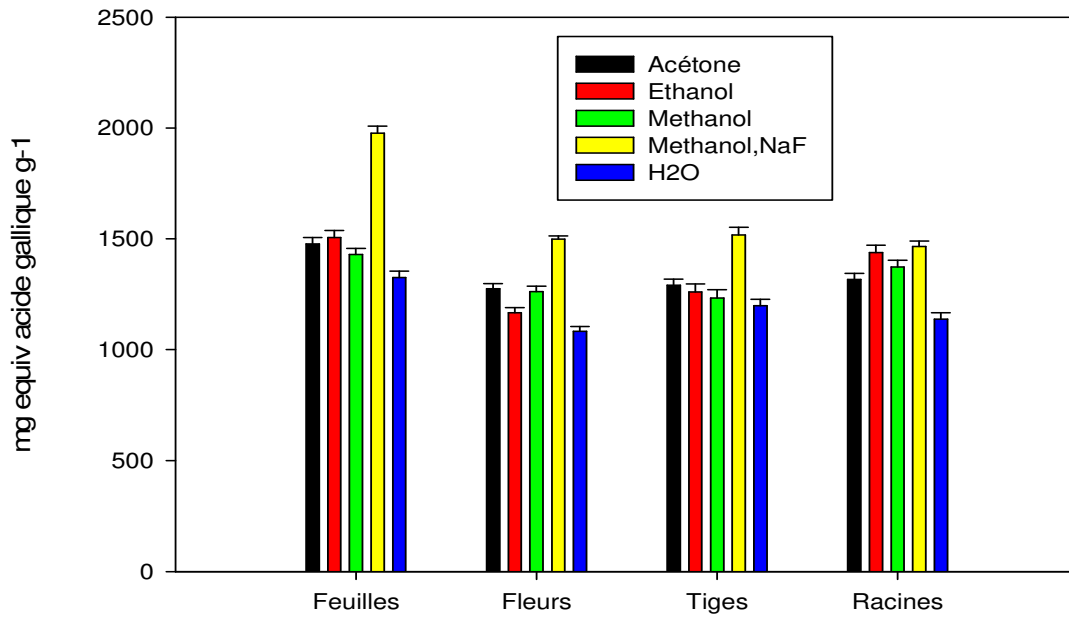


Figure III. 13. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par Décoction.

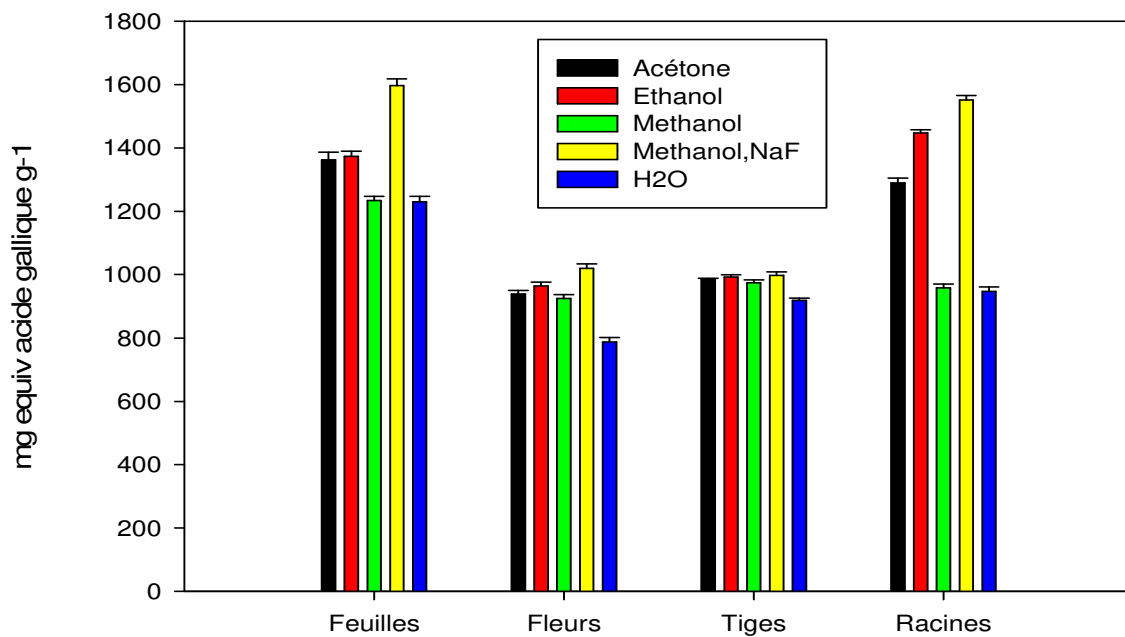


Figure III. 14. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par macération.

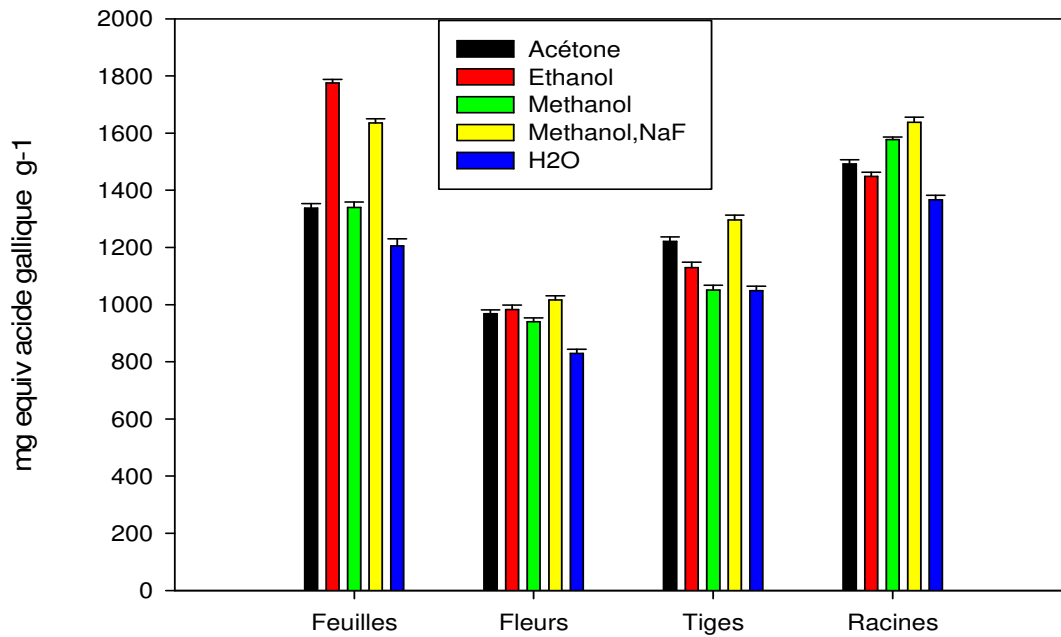


Figure III. 15. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. extraites par décoction.

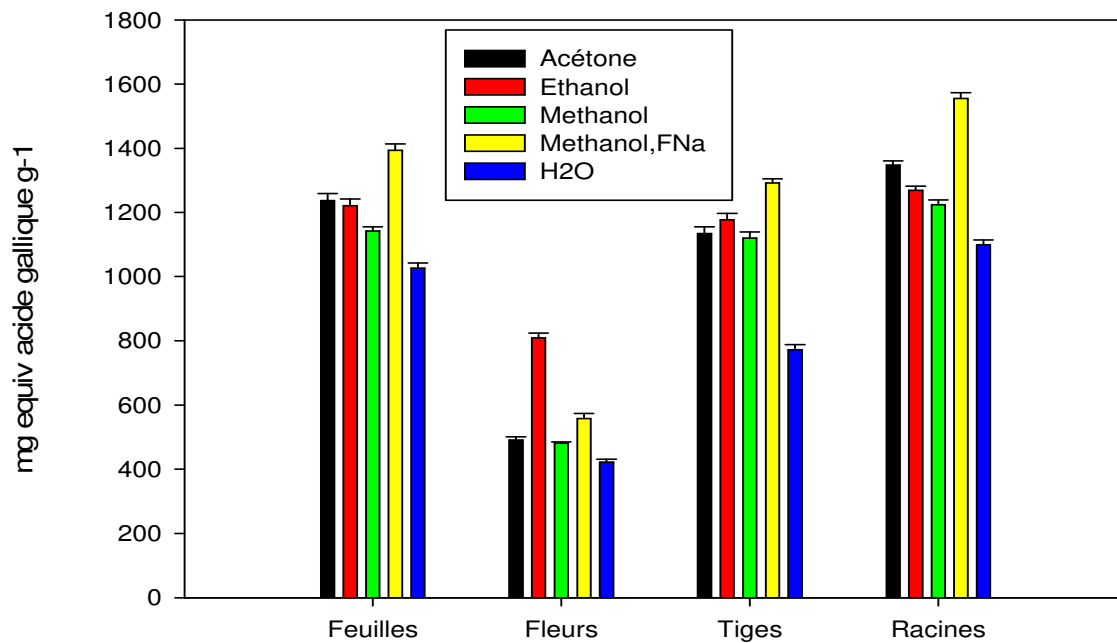


Figure III. 16. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. extraites par macération.

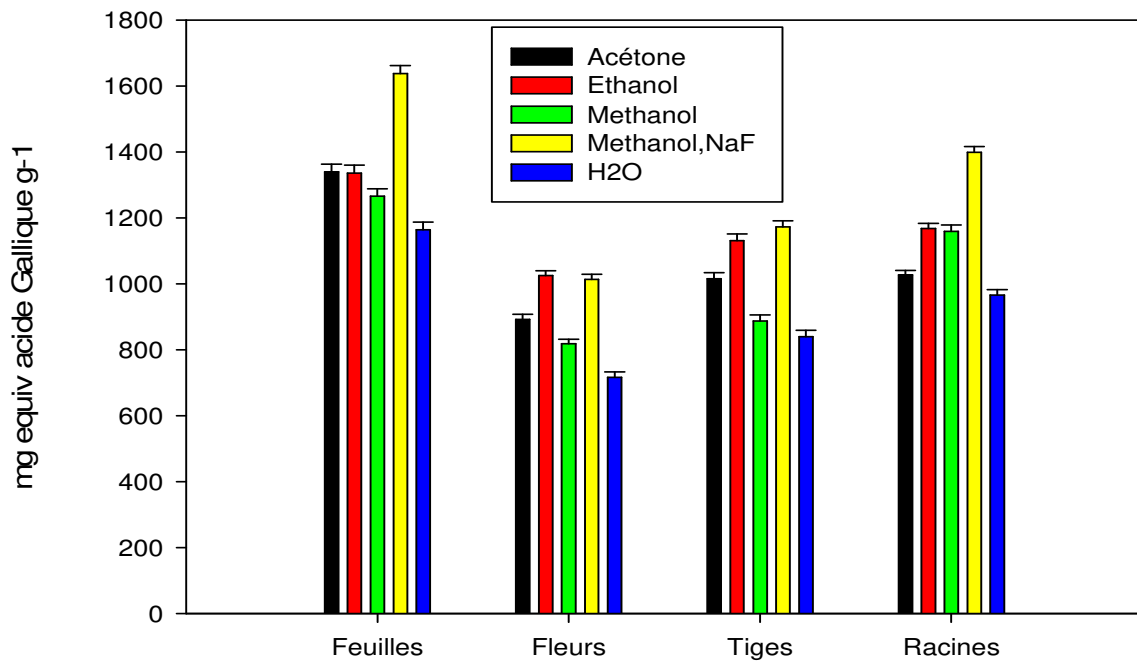


Figure III. 17. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par décoction.

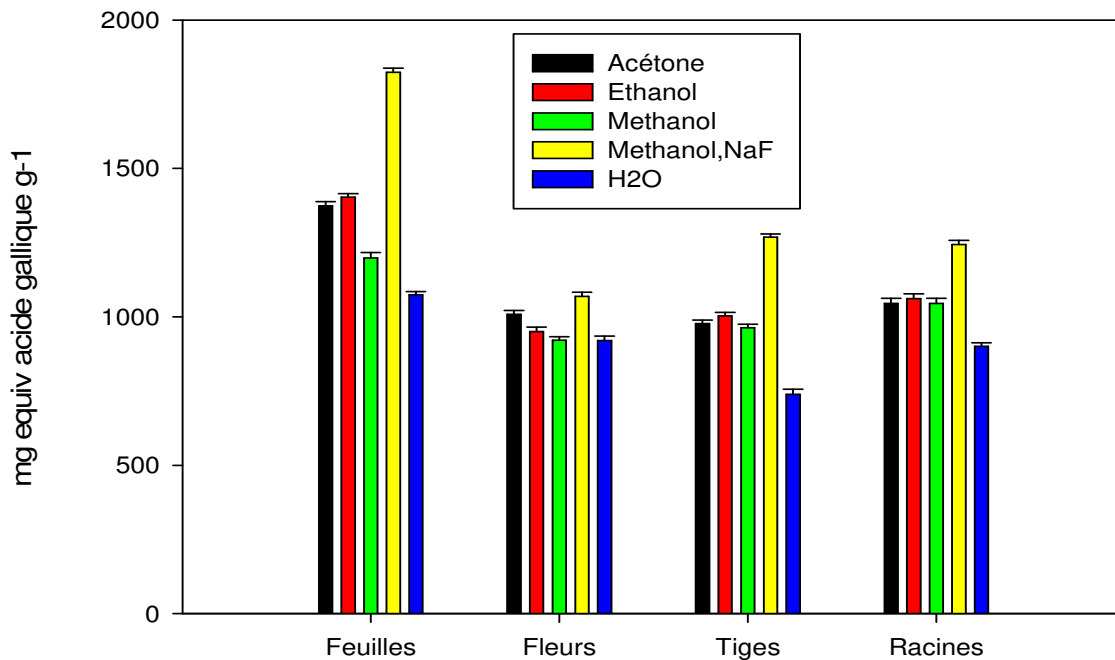


Figure III. 18. Teneur en polyphénols totaux dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par macération.

Résultats et discussions

Les PPT extraits par la méthode de décoction étaient plus élevés que celui extrait par la méthode de macération pour *Passiflora Physalis et Solanum*, et il y avait des différences significatives entre les deux méthodes d'extraction.

L'extraction par décoction et macération des différentes parties des trois plantes, qui après dosage et calcul de la teneur de leur teneur en polyphénols totaux (figures III. 20 ; III. 21 ; III. 22) a conclu que l'extraction par décoction donnait de meilleurs résultats par rapport à la macération. En moyenne 1361,26 mg eq AG / g MS pour la décoction versus 1124,57 mg eq AG / g MS pour la macération pour la *Passiflora caerulea*, 1296,73 mg eq AG / g MS pour la décoction versus 1039,64 mg eq AG / g PS pour la macération concernant le *Physalis peruviana* et enfin 1098,80 mg eq AG / g MS (décoction) versus 1093,06 mg eq AG / g MS (macération) pour le *Solanum muricatum* Aiton.

Ces résultats confirment qu'une température modérée agirait en faveur de l'extraction; ce fait a été confirmé par certains auteurs qui précisent que les techniques utilisant des températures et / ou pressions plus ou moins élevées augmenteraient considérablement l'efficacité de l'extraction des polyphénols des polyphénols (S. A. Khan, Aslam, & Makroo, 2019; Salem et al., 2011; Vuong, Golding, Stathopoulos, Nguyen, & Roach, 2011).

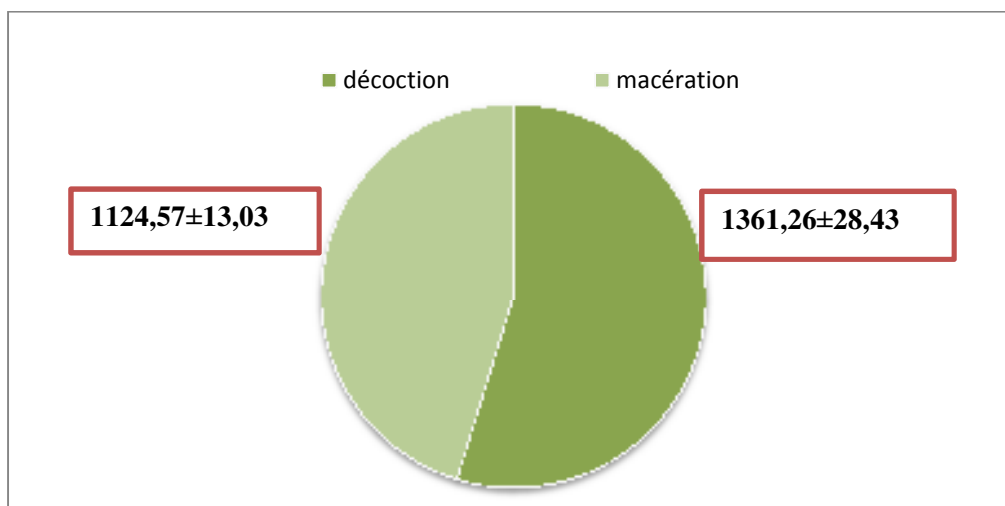


Figure III. 19. Rendement d'extraction par macération et par décoction des polyphénols totaux de *Passiflora caerulea* L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche

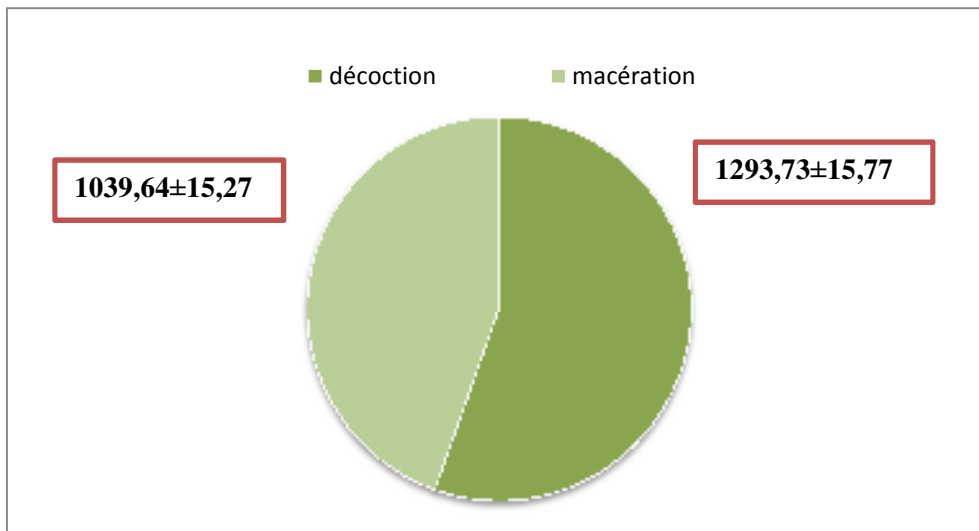


Figure III. 20. Rendement d'extraction par macération et par décoction des polyphenols totaux de *Physalis peruviana* L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche.

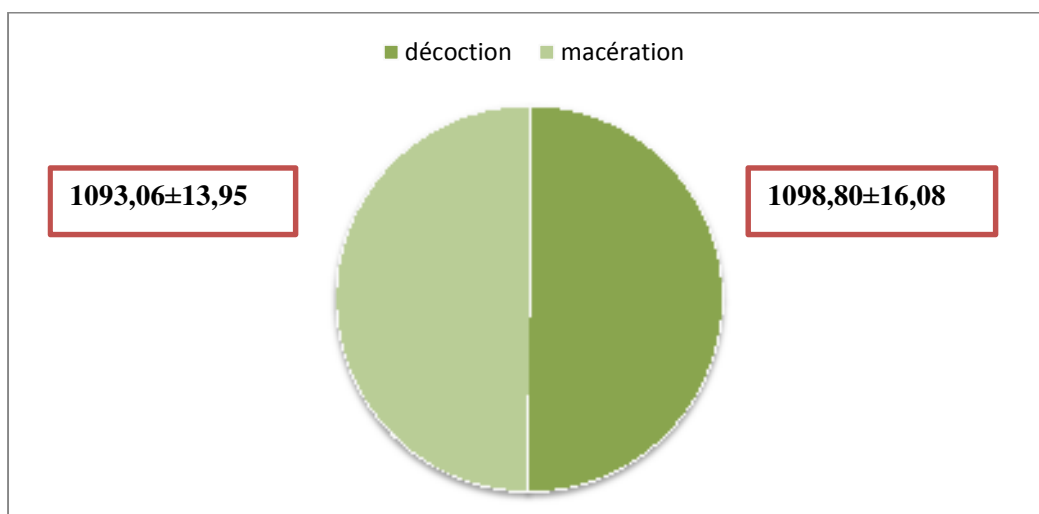


Figure III. 21. Rendement d'extraction par macération et par décoction des polyphenols totaux de *Solanum muricatum* Aiton. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche.

De faibles rendements d'extraction pourraient limiter l'utilisation de certains extraits de *Passiflora*, *Physalis* et *Solanum* (et des plantes en général) comme sources de composés bioactifs. De plus, ces composés peuvent parfois être présents à une très faible concentration. En revanche, et en accord avec **(Orlando et al., 2019)**, nous avons observé que les rendements d'extraction des polyphénols variaient considérablement entre les différentes parties de la plante.

Dans une étude récente, et en accord avec nos résultats, **(Salih et al., 2020)** n'ont pas obtenu une bonne extraction des polyphénols à partir d'échantillons macérés ou décoctés en utilisant de l'eau comme agent d'extraction, en comparaison avec le méthanol et l'éthanol. Ces résultats ont été attribués au rendement d'extraction des polyphénols plus faible obtenu lorsque l'eau était utilisée. Cependant, l'utilisation d'autres agents d'extraction dans ces techniques conventionnelles implique une extraction optimale des composés bioactifs **(Salih et al., 2020)**.

En ce sens, la polarité du méthanol est plus élevée que celle de l'éthanol; pour cette raison, les acides phénoliques très polaires, tels que les acides cinnamique ou benzoïque, pourraient être extraits plus facilement, augmentant la teneur totale en polyphénols dans les extraits obtenus **(Stalikas, 2007)**. Cet effet était en accord avec nos résultats, dans lesquels, en augmentant depuis l'utilisation d'une concentration de méthanol plus élevée, l'extraction des PPT est devenue plus élevée par rapport au méthanol (70%) et au reste des agents d'extraction pour la macération ou la décoction dans toutes les espèces végétales étudiées.

D'autre part, les travaux de **(Martinez-Espla et al., 2014)** sur *Prunus avium* L. et **(Tomás-Barberán et al., 2001)** sur les nectarines, les pêches et les prunes confirme nos résultats en indiquant que MeOH contenant du NaF permet des polyphénol oxydases inactivées et empêche la dégradation phénolique due au brunissement. D'autre part, le potentiel d'extraction élevé de l'éthanol évalué lors de la décoction a également été observé par **(Katalinić et al., 2010)**, **(Koffi, Sea, Dodehe, & Soro, 2010)** et **(Mahmoudi et al., 2013; Sripad, Prakash, & Rao, 1982)**. Dans ces études, l'éthanol en combinaison avec de l'eau a permis une meilleure extraction des polyphénols totaux, car l'ajout d'eau aux solvants organiques augmente la solubilité des polyphénols et permet une extraction maximale **(Sripad et al., 1982)**.

3. Teneur en Flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes des décoctés et macérâts des quatre parties de la plante étudiée, obtenus par les différents solvants (tableau III. 3), montrent que la macération est préférable pour extraire les flavonoïdes en général des feuilles et fleurs de *Solanum* et pour les feuilles de *Passiflora* (figure III. 23 ; III. 25), qui a enregistré le niveau le plus élevé, avec une moyenne de $736,10 \pm 5,38$ a mg eq Qu / 100 g MS pour MeOH, NaF. D'autre part, la décoction était en général la meilleure méthode pour une extraction optimale des flavonoïdes des fleurs, des tiges et des racines de *Physalis* et de *Passiflora* (figure III. 23 ; III. 24).

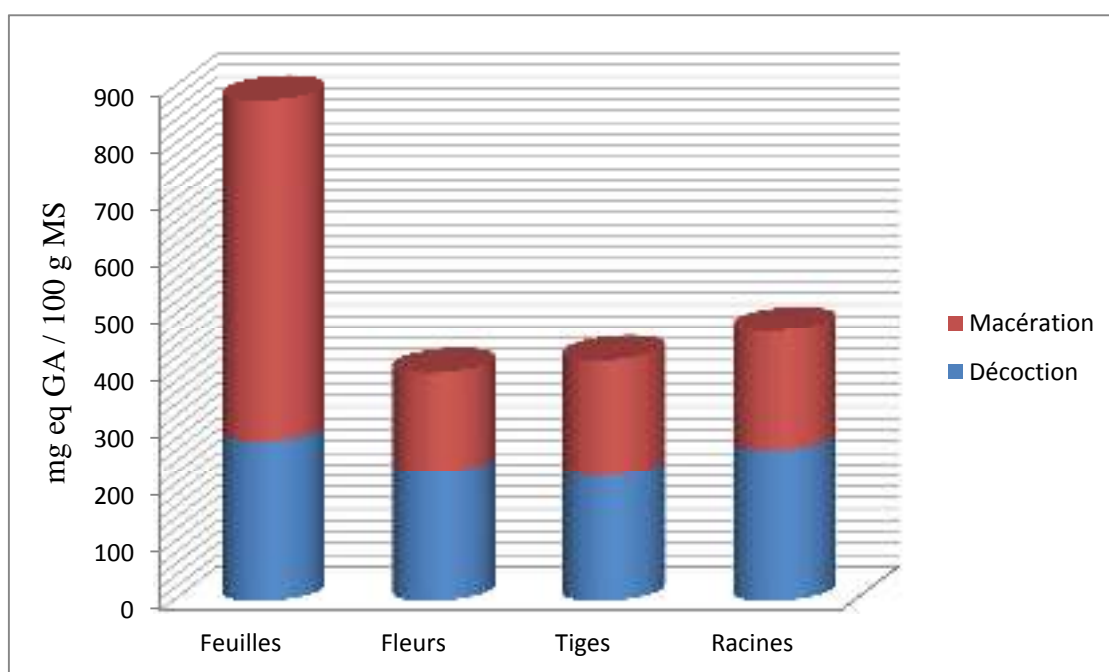


Figure III. 22. Rendement d'extraction par macération et par décoction des flavonoids de *Passiflora caerulea* L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine /g de matière végétale sèche.

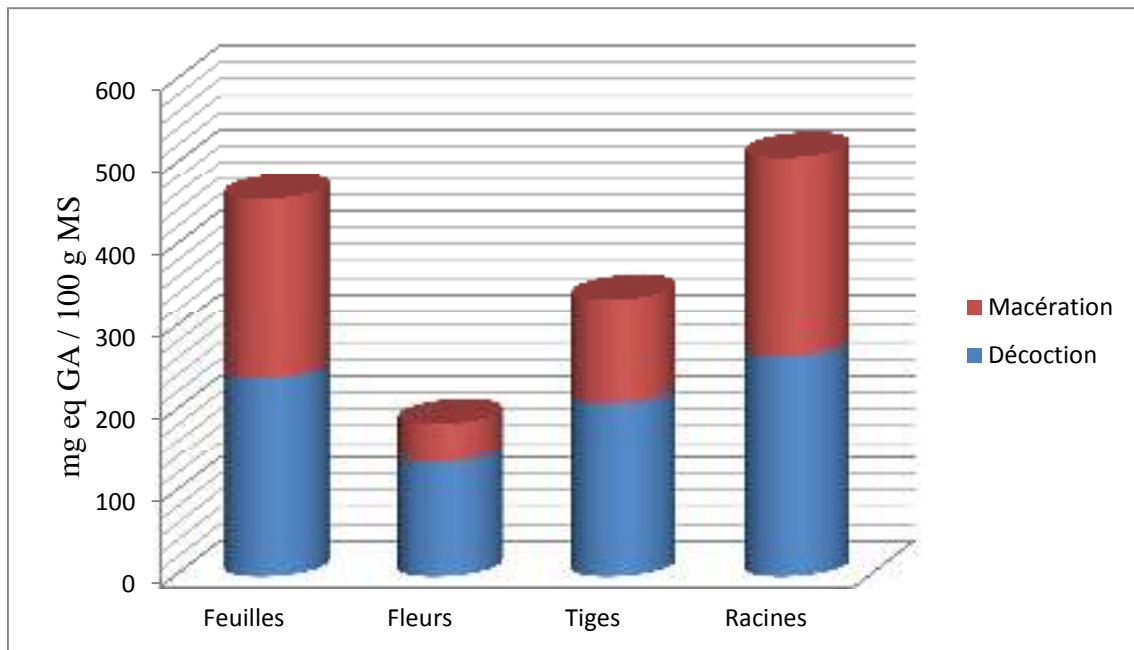


Figure III. 23. Rendement d'extraction par macération et par décoction des flavonoids de *Physalis peruviana* L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine /g de matière végétale sèche.

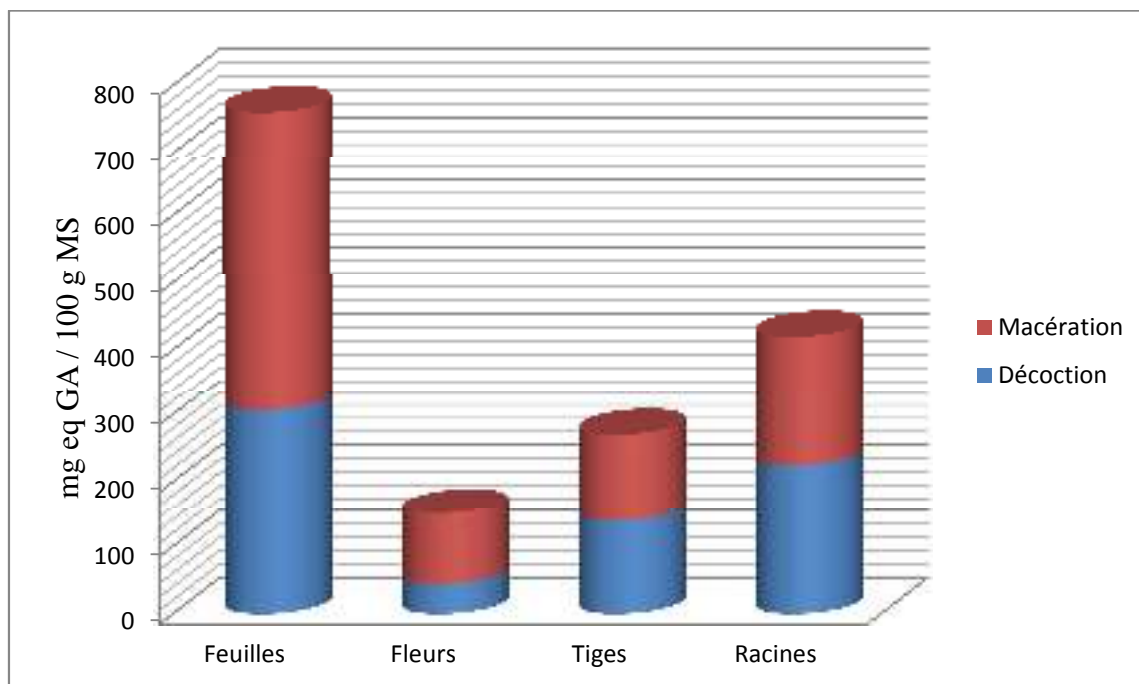


Figure III. 24. Rendement d'extraction par macération et par décoction des flavonoids de *Solanum muricatum* Aiton. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine /g de matière végétale sèche.

Résultats et discussions

La grande différenciation entre les parties des plantes apparaît au niveau de la richesse des uns et de la pauvreté des autres. Les teneurs en flavonoïdes dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* et de *Solanum muricatum* Aiton sont données par ordre décroissant selon: feuilles> racine> tiges> fleurs qui sont en moyenne d'environ 598,402; 208; 201,81; 174,03 mg eq Qu / g MS respectivement pour la macération et 280,484; 264,76; 224,814; 218,98 mg eq Qu / g MS respectivement pour la décoction dans le cas de la passiflore, 453,53; 195,32; 131,1; 105,64 mg eq Qu / g MS respectivement pour la macération et 306,97; 224,28; 138,67; 44,56 mg eq Qu / g MS respectivement pour la décoction de *Solanum*. En revanche, les niveaux de flavonoïdes dans les différentes parties du *physalis* sont donnés comme suit: Racine> feuilles> tiges> fleurs, en moyenne dans l'ordre décroissant suivant: 266,05; 239,45; 210,07; 137,241 mg eq Qu / g MS respectivement pour la décoction et 242,98; 217,42; 125,98; 47,48 mg eq Qu / g dm respectivement pour la macération.

Il y avait une différence significative ($P < 0,05$) dans la teneur en flavonoïdes entre les parties de la plante, comme prévu. La grande différenciation entre les parties de la plante semble être liée aux niveaux élevés de flavonoïdes dans certaines parties de ces plantes, en particulier dans les feuilles et les racines de l'espèce dans cette étude. La teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de *Passiflora* et *Solanum* était plus élevée dans les feuilles que dans le reste des parties de la plante quel que soit le solvant appliqué aux échantillons macérés et décoctés. En général, pour *Physalis* en conditions de macération.

Les extraits éthanoliques et acétoniques sont les solvants d'extraction qui enregistrent les taux de flavonoïdes les plus élevés, quelle que soit la partie de la plante étudiée, dans presque tous les échantillons étudiés (tableau III. 3).

Résultats et discussions

Tableau III. 3. Teneur en flavonoïdes (mg eq Qu / 100 g MS) dans les différentes parties de la passiflore bleue (*Passiflora caerulea* L.), de la groseille du Cap (*Physalis peruviana* L.) et du pépino (*Solanum muricatum* Aiton) extraits par décoction et macération. Les données sont la moyenne \pm écart type (ET).

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	<i>Passiflora caerulea</i>				<i>Physalis peruviana</i>				Pepino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton)			
		Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines	Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines	Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines
Décoction	MeOH	300.42 \pm 19.63	173.89 \pm 0.7	183.6 \pm 0.7	236.42 \pm 1.4	209.1 \pm 1.93	57.31 \pm 2.1	215.78 \pm 7.01	279.53 \pm 3.51	252.82 \pm 2.33	41.53 \pm 0.7	159.92 \pm 1.40	190.89 \pm 3.51
	EtOH	318.99 \pm 5.61	301.63 \pm 4.21	218.82 \pm 0.7	472.85 \pm 5.48	323.85 \pm 2.64	155.07 \pm 1.2	217.6 \pm 13.32	272.24 \pm 4.72	502.96 \pm 3.55	49.42 \pm 4.21	178.14 \pm 4.21	214.57 \pm 7.0
	H ₂ O	211.53 \pm 3.51	198.78 \pm 1.4	158.71 \pm 1.4	147.17 \pm 2.1	169.64 \pm 9.82	140.49 \pm 1.4	170.24 \pm 2.1	210.32 \pm 0.7	212.74 \pm 0.7	17.85 \pm 1.4	87.67 \pm 0.7	227.92 \pm 5.61
	Acétone	297.74 \pm 2.1	246.74 \pm 0.7	255.24 \pm 0.7	238.24 \pm 0.7	234.6 \pm 2.1	175.71 \pm 7.01	222.46 \pm 4.91	315.35 \pm 2.62	277.71 \pm 4.21	61.87 \pm 2.56	159.92 \pm 2.8	241.28 \pm 2.8
	MeOH, NaF	273.74 \pm 5.6	203.03 \pm 3.51	278.56 \pm 6.83	229.14 \pm 2.8	260.1 \pm 9.11	157.49 \pm 2.8	224.28 \pm 4.21	252.82 \pm 3.51	288.64 \pm 1.4	52.15 \pm 2.22	107.71 \pm 2.8	246.74 \pm 0.7
Macération	MeOH	532.71 \pm 5.28	162.84 \pm 1.05	222.46 \pm 4.91	200.48 \pm 0.35	205.34 \pm 3.86	49 \pm 1.4	115.78 \pm 2.1	219.6 \pm 0.7	402.17 \pm 3.51	120.46 \pm 6.31	97.22 \pm 2.29	171.34 \pm 0.35
	EtOH	676 \pm 9.82	222.46 \pm 10.52	242.49 \pm 1.2	239.03 \pm 4.21	257.55 \pm 2.19	55.68 \pm 3.51	148.57 \pm 4.91	282.14 \pm 2.8	649.89 \pm 7.71	128.96 \pm 6.12	158.71 \pm 1.63	229.02 \pm 0.35
	H ₂ O	329.92 \pm 1.01	100.6 \pm 1.4	132.6 \pm 0.7	129.44 \pm 0.35	116.09 \pm 3.86	23.8 \pm 0.35	73.59 \pm 1.05	133.39 \pm 0.7	224.89 \pm 4.72	67.03 \pm 2.1	112.56 \pm 8.41	137.64 \pm 1.4
	Acétone	717.28 \pm 1.4	217.48 \pm 2.45	265.57 \pm 8.23	237.82 \pm 0.7	277.59 \pm 1.77	63.26 \pm 3.15	136.43 \pm 5.61	300.66 \pm 8.58	550.32 \pm 3.32	127.74 \pm 3.51	187.24 \pm 2.1	236.6 \pm 0.7
	MeOH, NaF	736.1 \pm 5.38	166.78 \pm 0.7	154.94 \pm 0.35	233.27 \pm 0.35	230.53 \pm 7.71	45.66 \pm 1.75	155.55 \pm 10.17	279.11 \pm 2.1	440.42 \pm 2.04	84.03 \pm 0.7	99.81 \pm 2.1	202 \pm 4.21

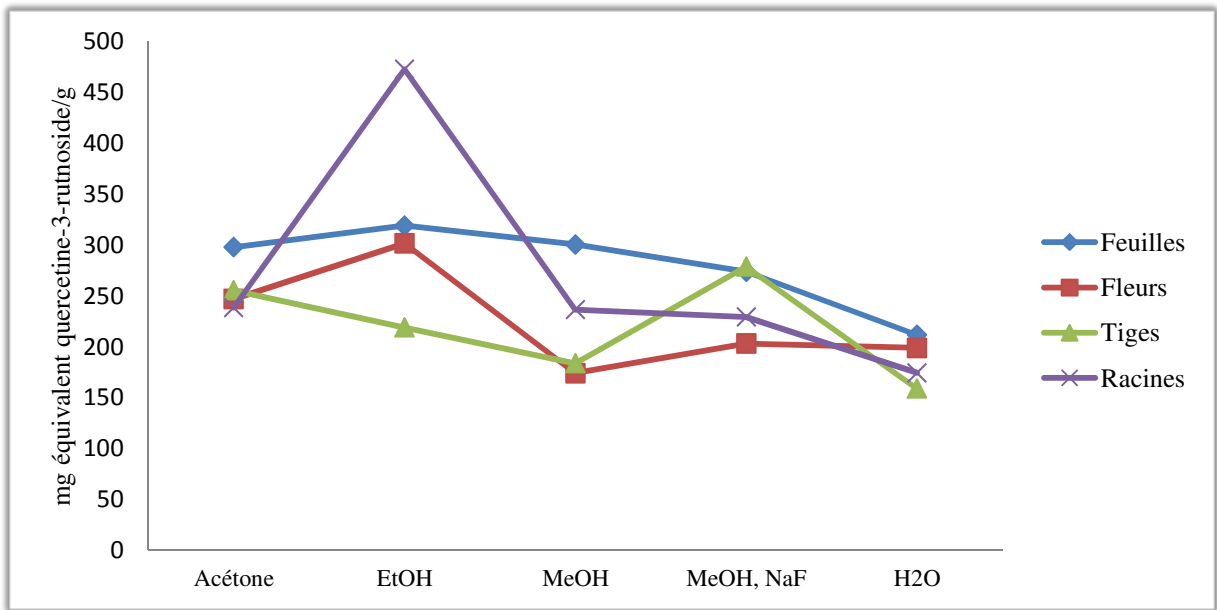


Figure III. 25. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par décoction.

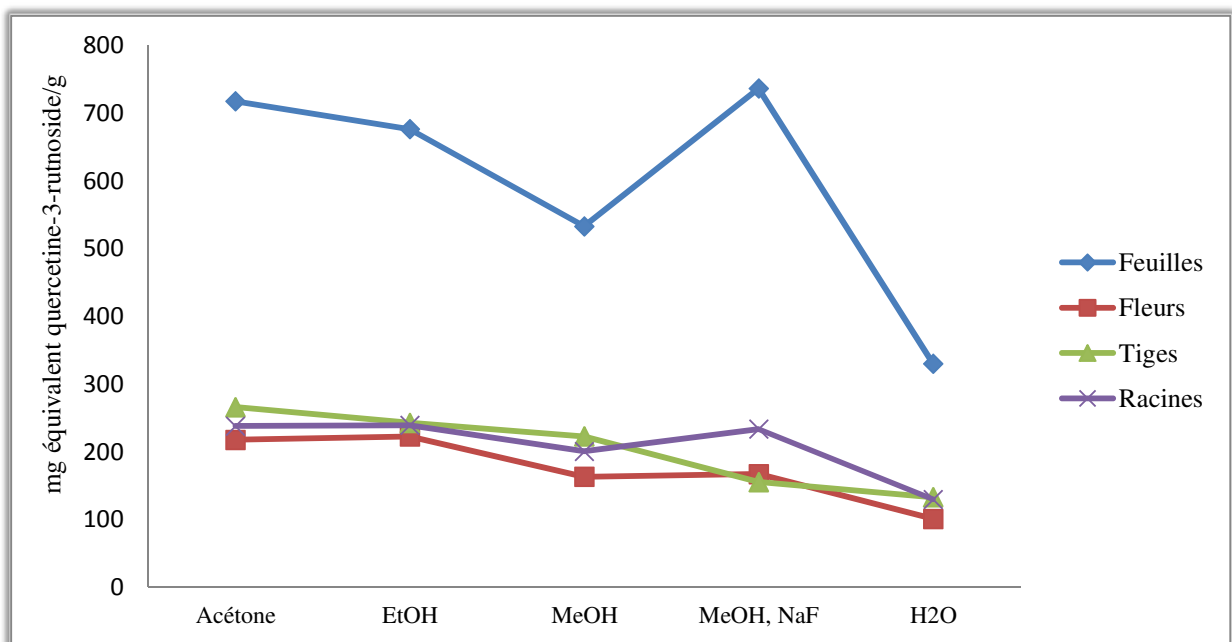


Figure III. 26. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par macération.

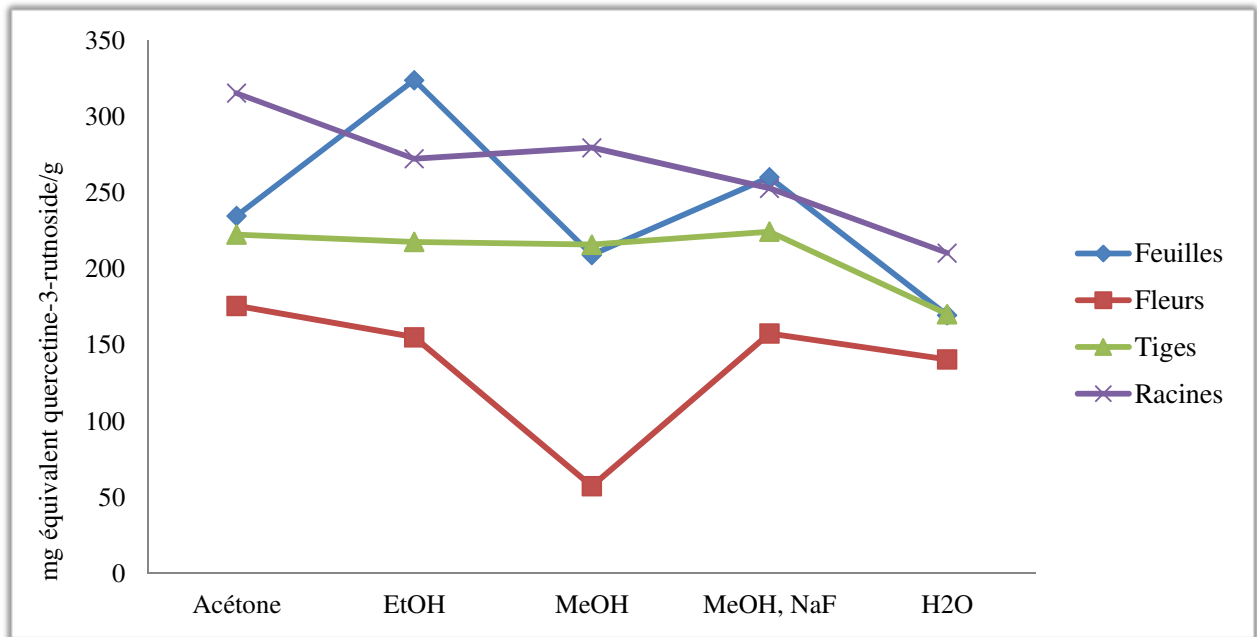


Figure III. 27. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. extraites par décoction.

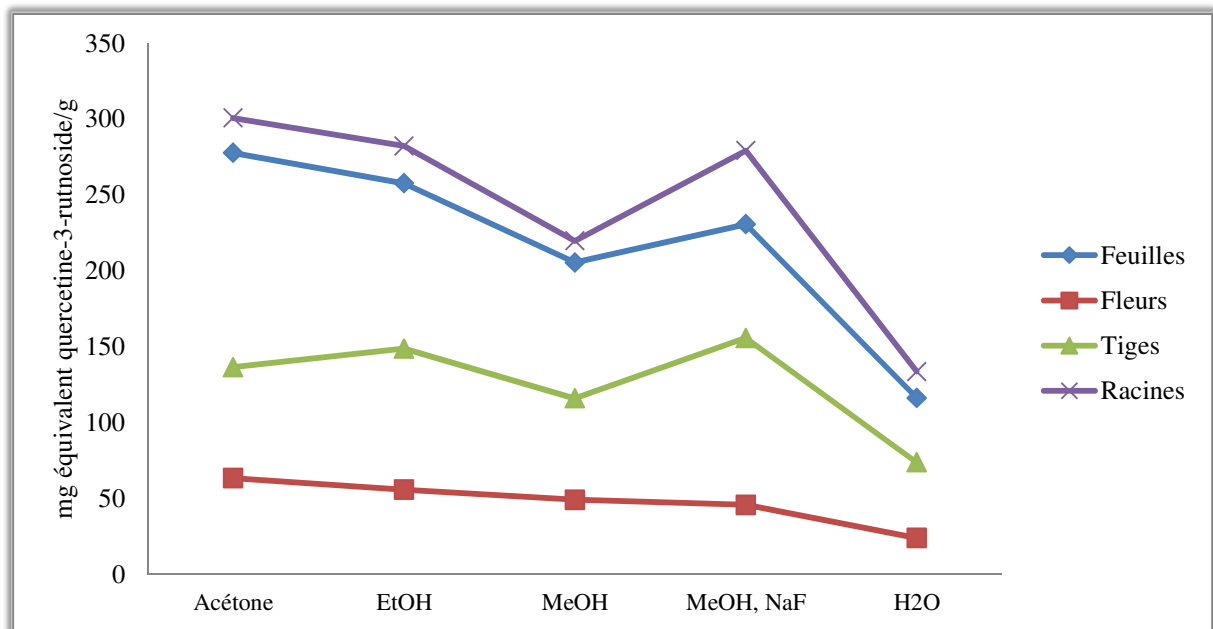


Figure III. 28. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. extraites par macération.

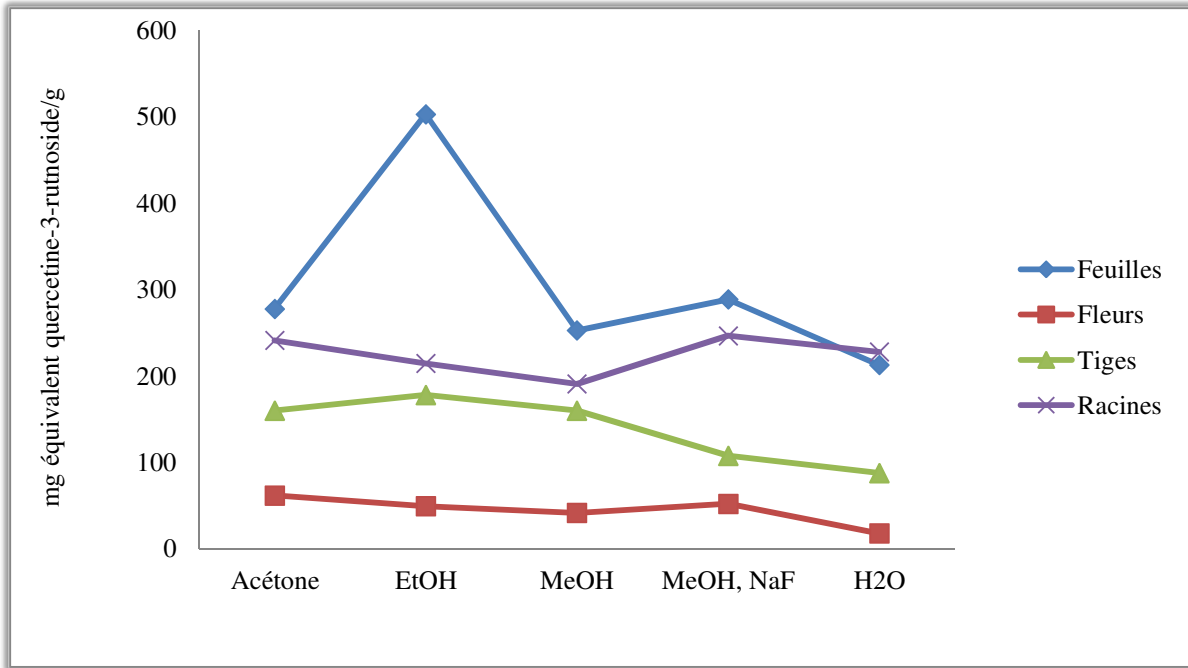


Figure III. 29. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par décoction.

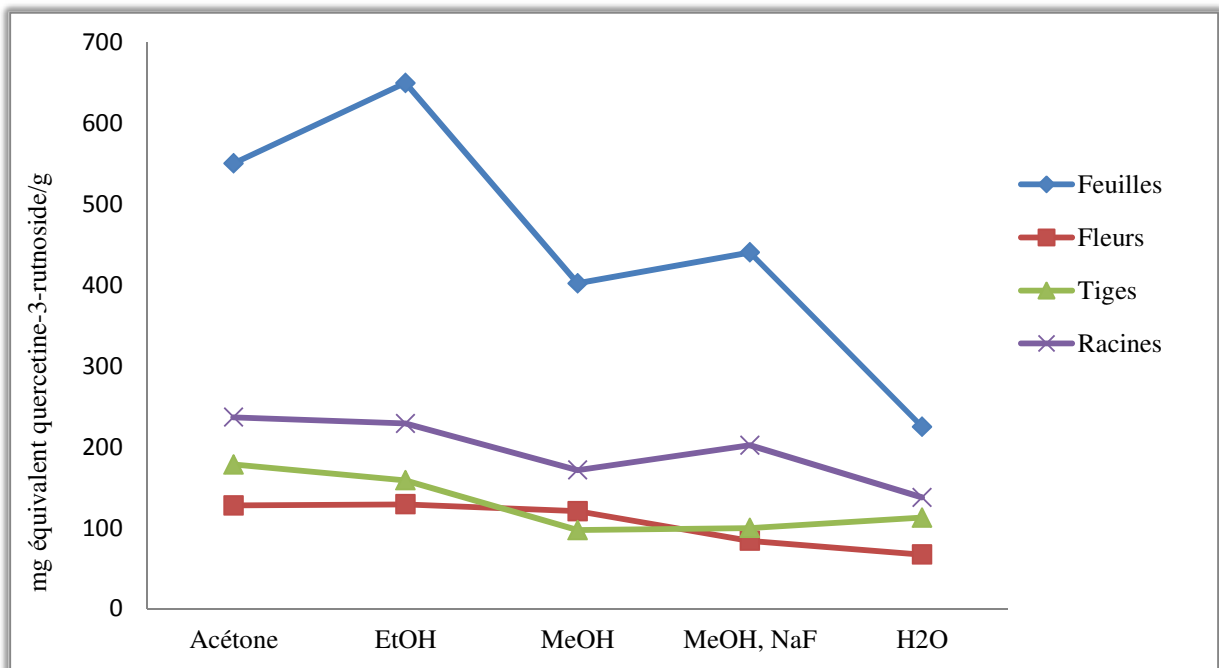


Figure III. 30. Teneur en flavonoïdes dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par macération.

Chez ces espèces étudiées, la majorité des métabolites secondaires appartiennent aux flavonoïdes, et en particulier aux glycosides des flavonols quercétine, rutine et myricétine (Ahmad et al., 2014; Azmir et al., 2013; Licodiedoff, Koslowski, & Ribani, 2013). Dans cette étude, et malgré les différences entre les différentes parties de la plante, les feuilles apparaissent comme l'organe avec le plus haut niveau de flavonoïdes totaux pour toutes les espèces étudiées. Les feuilles sont toujours plus exposées au soleil que les autres organes végétaux. En effet, les flavonoïdes protègent les tissus végétaux contre les effets néfastes du rayonnement solaire (Gehin, Guyon, & Nicod, 2006). La présence de flavonoïdes dans les quatre organes de la plante pourrait suggérer que la plante possède des propriétés anti-inflammatoires, et pourrait ainsi jouer un rôle positif dans le traitement des maladies cardiovasculaires et neuro dégénératives, ayant peut-être également des propriétés antitumorales (Evenamede et al., 2017). En revanche, suite à nos résultats, les solvants éthanoliques seraient capables d'extraire les plus grandes quantités de flavonoïdes totaux de *Passiflora*, *Physalis* et *Solanum*. Mulinacci et al (Mulinacci et al., 2004) ont montré qu'une solution éthanol: eau (7: 3) augmente la quantité de flavonoïdes dans l'extraction. En ce sens, lorsque les parties aériennes de *Passiflora caerulea* ont été évaluées à l'aide de méthanol, plus de structures flavonoïdes ont été détectées (isoorientine, orientine, vitexine, saponarine et rutine) que lorsque l'éthanol était utilisé (isoorientine, orientine, vitexine, isovitexine) (Gadioli, da Cunha, de Carvalho, Costa, & Pineli, 2018).

Ces résultats pourraient expliquer le niveau plus élevé de polyphénols totaux et de teneur en flavonoïdes, que nous avons trouvé dans notre manuscrit avec le méthanol, NaF comme agent d'extraction pour *Passiflora* montrant le plus haut rendement d'extraction en flavonoïdes, suivi par l'éthanol. Cependant, l'éthanol et l'eau sont préférables car ils ont l'avantage d'être non polluants, moins chers et non toxiques par rapport à d'autres solvants, comme le méthanol (Jokić et al., 2010; Mahmoudi et al., 2013).

La littérature est rare en ce qui concerne les parties végétales de *Physalis peruviana*. Cependant, dans les feuilles, les flavonoïdes tels que la quercétine, le kaempférol et la rutine étaient les métabolites secondaires les plus importants, tandis que les principaux acides hydroxycinnamiques détectés étaient les acides p-coumarique et caféoyl-quinique (S. Medina et al., 2019). Concernant *Solanum muricatum*, la quercétine était le flavonoïde le plus important, tandis que les acides férulique et cinnamique étaient les acides phénoliques les plus abondants détectés (Hsu et al., 2011).

4. Teneur en tannins condensés (TC)

La teneur en flavonoïdes des décoctés et des macérâtes des différentes parties du passiflore et du pépino par les différents solvants (tableau III.4) montrent que la macération est préférable pour extraire les tannins condensés en général des feuilles et fleurs de *Solanum* et pour les feuilles de *Passiflora* (figure III. 32 ; III.34), qui ont enregistrés le niveau le plus élevé avec une moyenne de 5.17 ± 2.5 mg équivalent catéchine/g MS pour MeOH, NaF. Et la décoction pour le reste des parties des deux plantes. Alors que la décoction était en général la meilleure méthode pour une extraction optimale des tannins condensés des fleurs, des tiges et des racines de *Physalis* (figure III. 33).

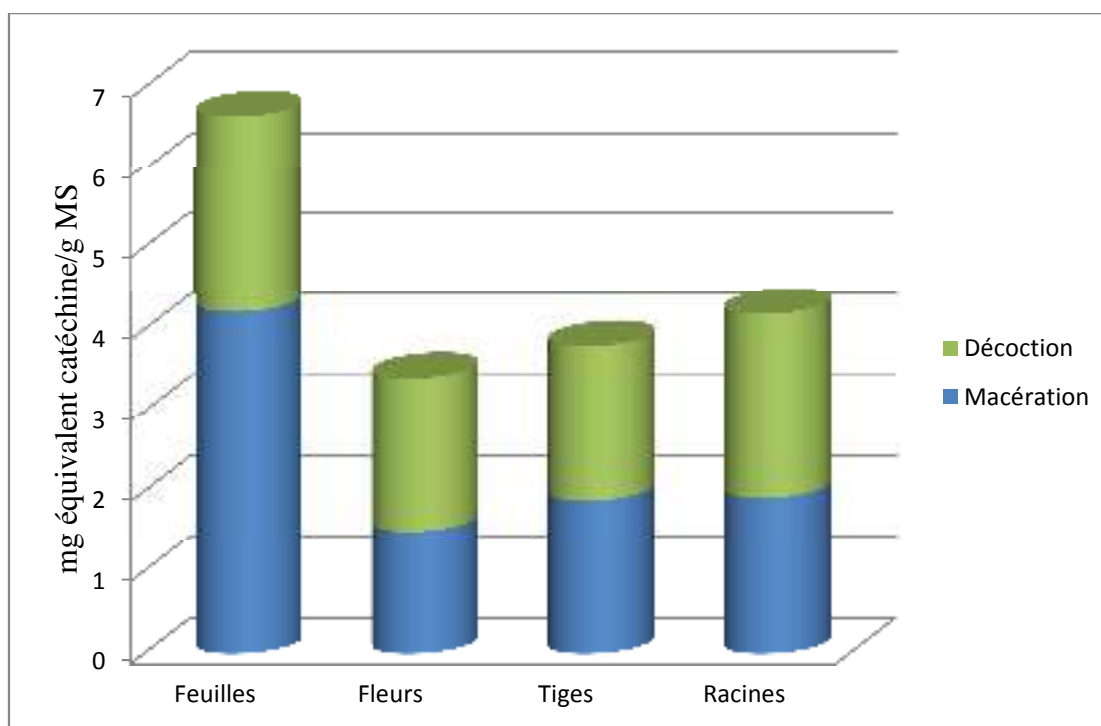


Figure III. 31. Rendement d'extraction par macération et par décoction des tannins condensés de *Passiflora caerulea* L. Les résultats sont exprimés mg équivalent catéchine/g de matière végétale sèche.

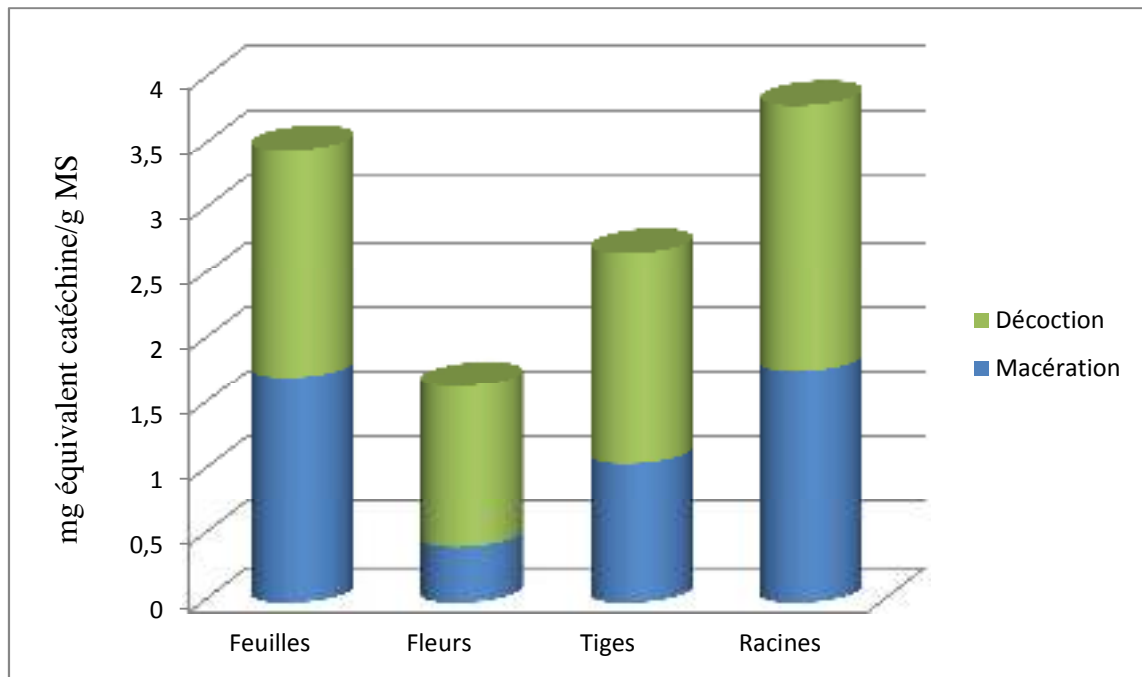


Figure III. 32. Rendement d'extraction par macération et par décoction des tannins condensés de *Physalis peruviana* L. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine /g de matière végétale sèche.

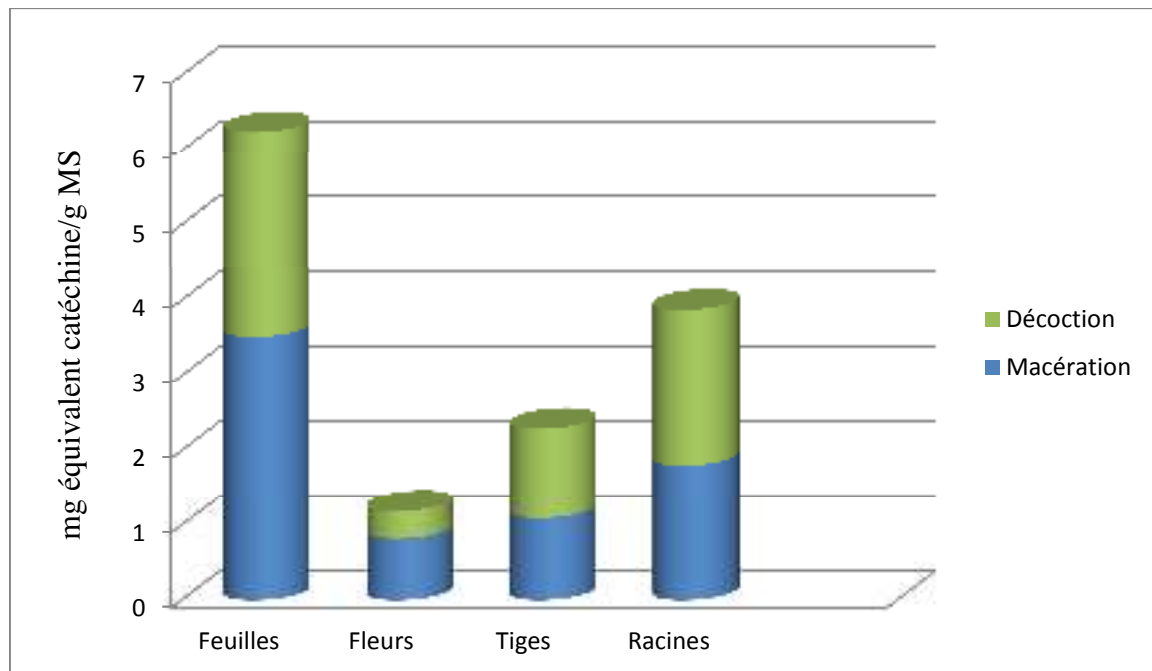


Figure III. 33. Rendement d'extraction par macération et par décoction des tannins condensés de *Solanum muricatum* Aiton. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine /g de matière végétale sèche.

Résultats et discussions

Tableau III. 4. Teneur en tannins condensés (mg équivalent catéchine/g MS) dans les différentes parties de la passiflore bleue (*Passiflora caerulea* L.), de la groseille du Cap (*Physalis peruviana* L.) et du pépino (*Solanum muricatum* Aiton) extraits par décoction et macération.

Les données sont la moyenne \pm écart type

Méthodes d'extraction	Solvant d'extraction	<i>Passiflora caerulea</i>				<i>Physalis peruviana</i>				Pépino (<i>Solanum muricatum</i> Aiton)			
		Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines	Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines	Feuilles	Fleurs	Tiges	Racines
Macération	MeOH	3.94 \pm 1.63	1.41 \pm 0.25	2.26 \pm 1.2	1.77 \pm 0.26	2.02 \pm 0.03	0.41 \pm 0.01	1.12 \pm 0.01	1.66 \pm 0.00	3.17 \pm 0.98	0.94 \pm 0.3	1.04 \pm 0.13	1.72 \pm 0.04
	EtOH	4.94 \pm 2.09	2.16 \pm 0.1	2.1 \pm 0.37	2.22 \pm 0.19	1.85 \pm 0.07	0.46 \pm 0.03	1.15 \pm 0.02	1.90 \pm 0.01	4.85 \pm 1.89	1.01 \pm 0.34	1.34 \pm 0.3	2.18 \pm 0.15
	H ₂ O	2.51 \pm 0.9	0.73 \pm 0.31	1.21 \pm 0.12h-j	1.14 \pm 0.17	1.05 \pm 0.11	0.23 \pm 0.05	0.66 \pm 0.03	1.08 \pm 0.02	1.78 \pm 0.55	0.52 \pm 0.16	0.86 \pm 0.3	1.1 \pm 0.31
	Acetone	4.56 \pm 3.01	1.89 \pm 0.33	2.34 \pm 0.38	2.39 \pm 0.08	1.71 \pm 0.15	0.58 \pm 0.07	1.12 \pm 0.05	2.21 \pm 0.03	4.09 \pm 1.62	0.93 \pm 0.39	1.46 \pm 0.47	2.13 \pm 0.27
	MeOH, NaF	5.17 \pm 2.55	1.34 \pm 0.36	1.39 \pm 0.17	2.04 \pm 0.32	1.96 \pm 0.19	0.40 \pm 0.09	1.123 \pm 0.06	1.96 \pm 0.04	3.69 \pm 0.84	0.69 \pm 0.1	0.77 \pm 0.26	1.86 \pm 0.18
Décoction	MeOH	2.91 \pm 0.17	1.81 \pm 0.13	1.41 \pm 0.48	2.36 \pm 0.08	1.71 \pm 0.01	0.5 \pm 0.0	1.54 \pm 0.0	2.09 \pm 0.00	2.36 \pm 0.23	0.38 \pm 0.03	1.37 \pm 0.26	1.9 \pm 0.04
	EtOH	2.09 \pm 1.26	2.46 \pm 0.63	1.91 \pm 0.31	3.40 \pm 1.57	2.15 \pm 0.03	1.32 \pm 0.01	1.83 \pm 0.01	2.36 \pm 0.00	4.05 \pm 1.14	0.42 \pm 0.08	1.51 \pm 0.3	1.85 \pm 0.33
	H ₂ O	1.89 \pm 0.25	1.69 \pm 0.35	1.46 \pm 0.15	1.25 \pm 0.25	1.33 \pm 0.05	1.24 \pm 0.02	1.42 \pm 0.01	1.63 \pm 0.01	1.93 \pm 0.22	0.14 \pm 0.03	0.7 \pm 0.19	2.03 \pm 0.28
	Acetone	2.43 \pm 0.63	1.74 \pm 0.83	2.56 \pm 0.12	2.35 \pm 0.12	1.84 \pm 0.07	1.64 \pm 0.03	1.64 \pm 0.02	2.40 \pm 0.01	2.56 \pm 0.26	0.53 \pm 0.17	1.37 \pm 0.25	2.31 \pm 0.12
	MeOH, NaF	2.85 \pm 0.16	1.78 \pm 0.29	2.25 \pm 0.62	1.99 \pm 0.35	1.72 \pm 0.09	1.47 \pm 0.04	1.64 \pm 0.03	1.69 \pm 0.02	2.74 \pm 0.17	0.39 \pm 0.05	0.97 \pm 0.14	2.26 \pm 0.25

Les teneurs en tanins condensés dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* et de *Solanum muricatum* Aiton sont données par ordre décroissant suivant : feuilles > Racine > tiges > fleurs qui sont en moyennes de l'ordre 4,22 ; 1,92 ; 1,86 ; 1,51 mg eq catéchine /g MS respectivement pour la macération et 2,43 ; 2,27 ; 1,91 ; 1,90 en mg eq catéchine /g MS respectivement pour la décoction dans le cas du passiflore, 3,52 ; 1,8 ; 1,1 ; 0,82 mg eq catéchine /g MS respectivement pour la macération et 2,73 ; 2,08 ; 1,19 ; 0,38 mg catéchine /g MS respectivement pour la décoction du pépino. En revanche, les niveaux des tanins condensés dans les différentes parties du *physalis* sont donnés comme suit: Racine > feuilles > tiges > fleurs soit en moyenne de l'ordre décroissant suivant : 2,04 ; 1,76 ; 1,62 ; 1,24 mg eq catéchine /g MS respectivement pour la décoction et 1,77 ; 1,72 ; 1,06 ; 0,42 mg eq catéchine /g MS respectivement pour la macération.

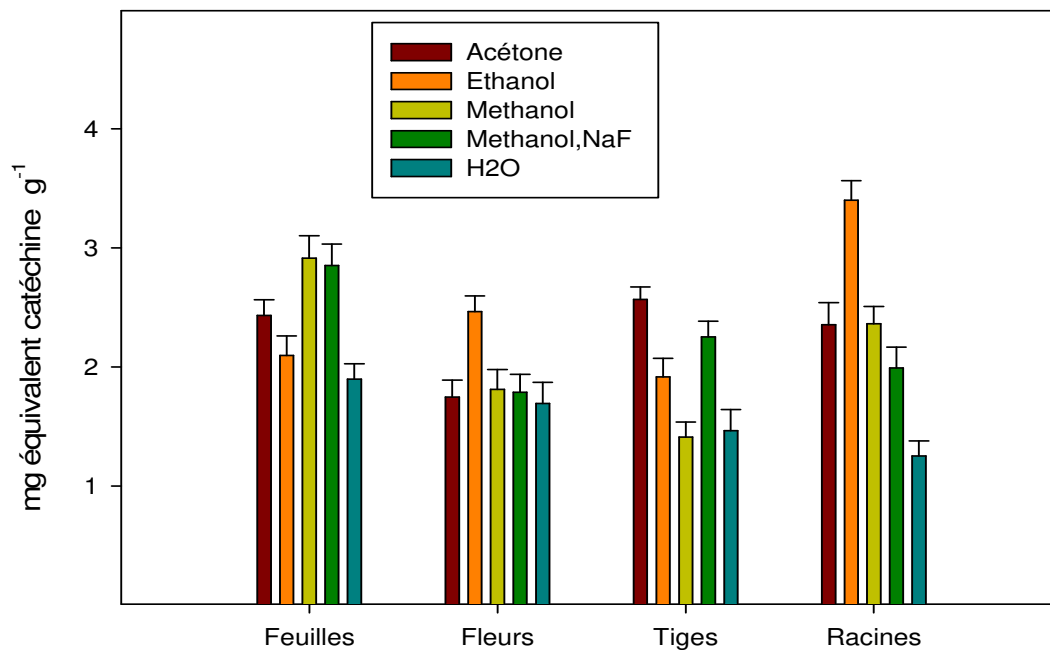


Figure III. 34. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par décoction.

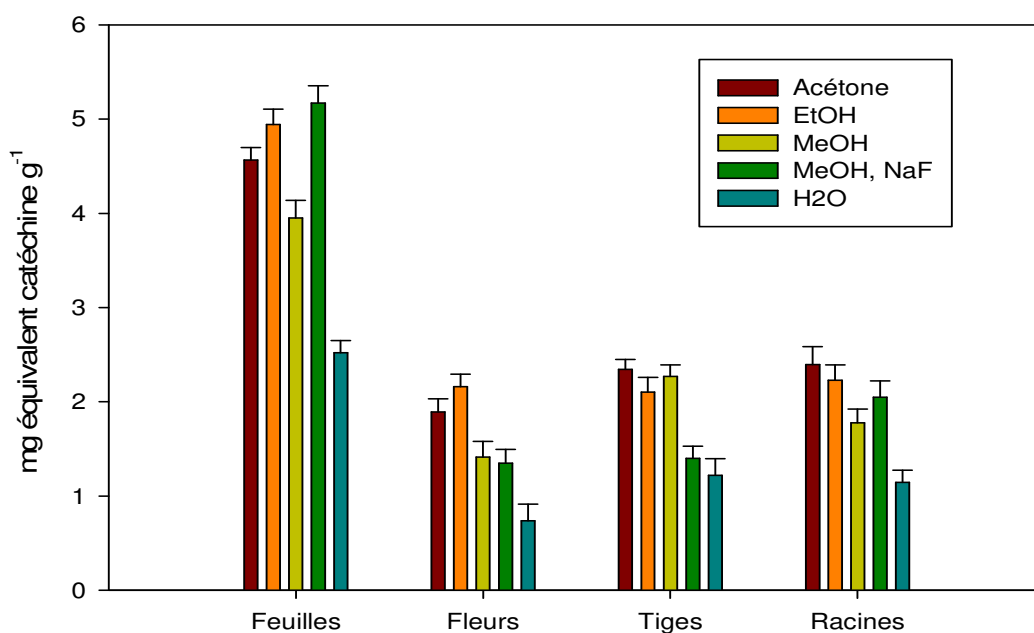


Figure III. 35. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de *Passiflora caerulea* L. extraites par macération.

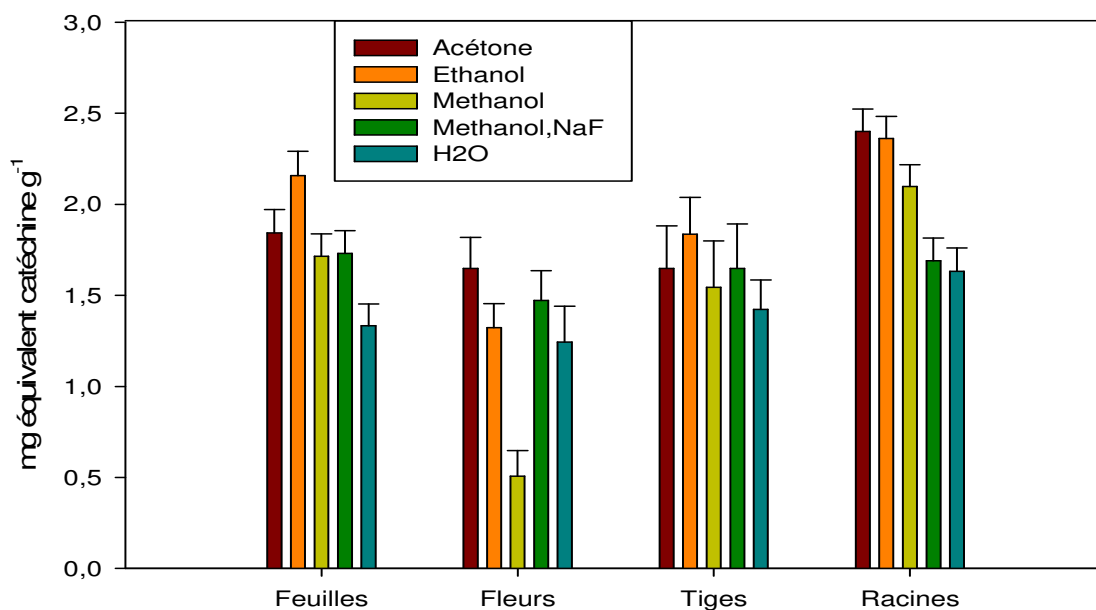


Figure III. 36. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. Extraites par décoction.

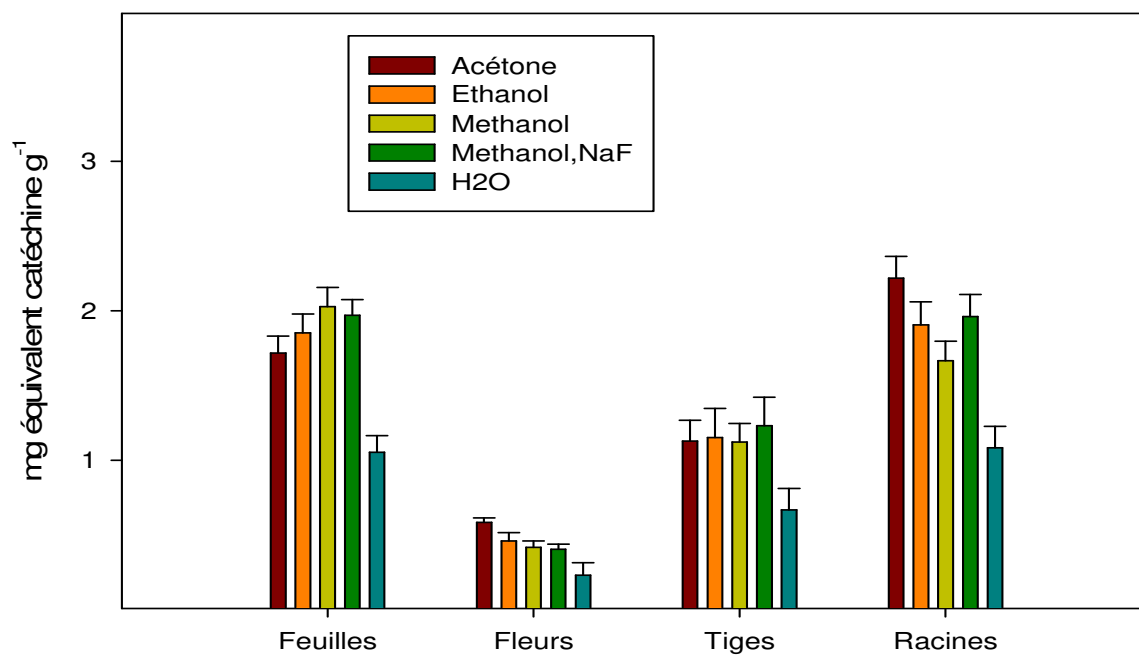


Figure III. 37. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de *Physalis peruviana* L. Extraites par macération.

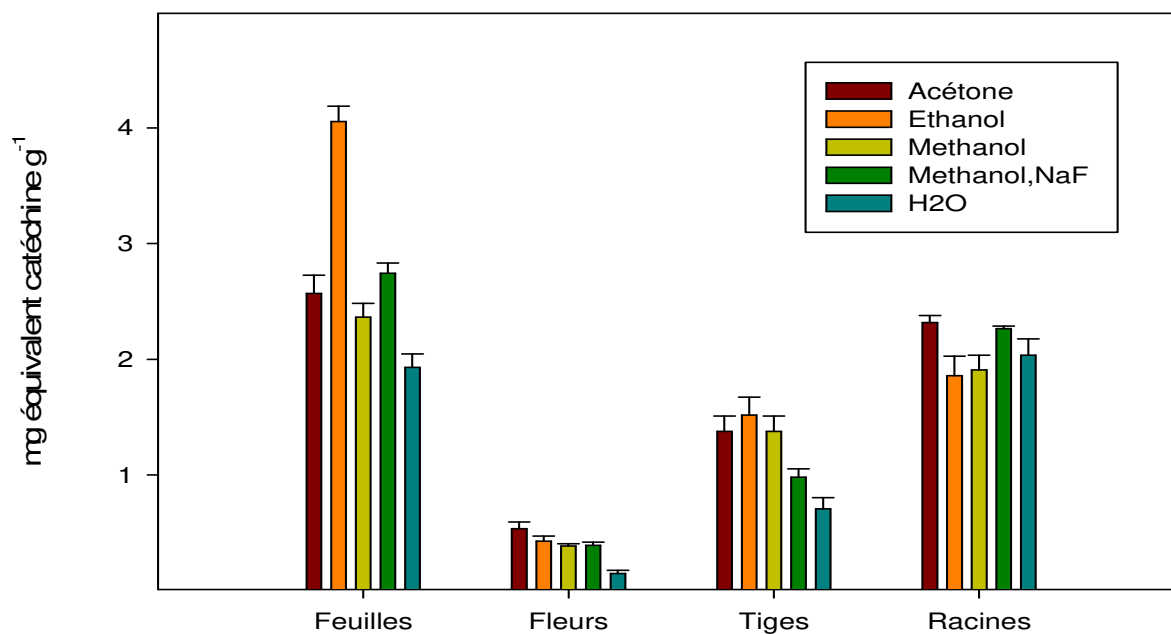


Figure III. 38. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par décoction.

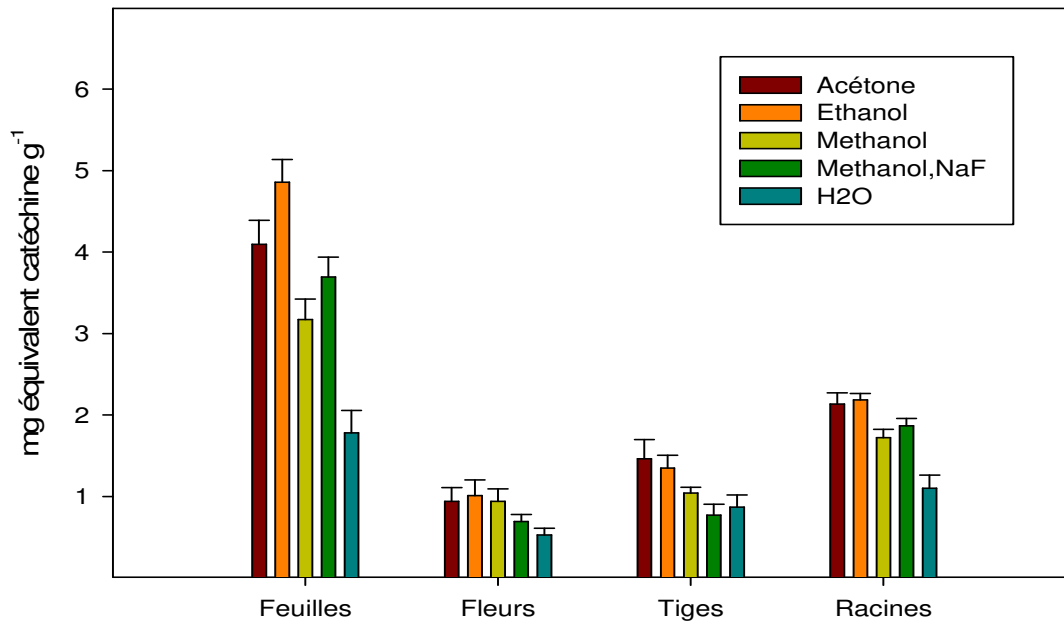


Figure III. 39. Teneur en tannins condensés dans les différentes parties de *Solanum muricatum* Aiton extraites par macération.

Il y avait une différence significative ($P < 0,05$) dans la teneur en tannins condensés entre les parties de la plante, comme prévu. La grande différenciation entre les parties de la plante est liée aux niveaux élevés des tanins condensés dans certaines parties de ces plantes, en particulier dans les feuilles et les racines dans cette étude.

En ce qui concerne le solvant d'extraction quel que soit la méthode d'extraction. L'acétone et l'éthanol sont les meilleurs solvants d'extraction qui enregistrent les teneurs tanins condensés les plus élevées dans les différentes parties des trois plantes étudiées.

(Mulinacci et al., 2004) Confirme que la solution éthanol/eau augmente la quantité des tanins condensés. L'éthanol et l'eau sont préférables car ils ont l'avantage d'être non polluants, moins chers et non toxiques par rapport à d'autres solvants comme le méthanol.

Chapitre IV.

Activite antioxydante

Activité antioxydante

Dans nos échantillons, l'activité antioxydante totale (TAA) a été mesurée dans les fractions hydrophile (H-TAA) et lipophile (L-TAA), illustrées aux figures IV. 1 et IV. 2 Les résultats ont montré que les fractions H-TAA de *Passiflora*, *Physalis* et *Solanum* ont obtenu les niveaux les plus élevés de H-TAA dans les feuilles et les racines. Ces niveaux étaient significativement plus élevés ($P < 0,05$) dans les racines de *Physalis* et *Solanum* ($979,54 \pm 42,43$ et $823,62 \pm 22,06$ mg eq trolox / 100 g MS, respectivement) que dans les autres parties de la plante. Les feuilles et les fleurs de *Passiflora* ont montré le plus haut niveau de H-TAA parmi toutes les espèces étudiées dans cette recherche. D'autre part, pour le L-TAA, *Passiflora* et *Physalis* avaient tous deux un équilibre plus élevé d'antioxydants lipophiles dans les tiges et les racines, en comparaison avec *Solanum* (Figure III. 2). En ce sens, les niveaux les plus bas de L-TAA ont été trouvés à *Solanum*, quelle que soit la partie de la plante évaluée.

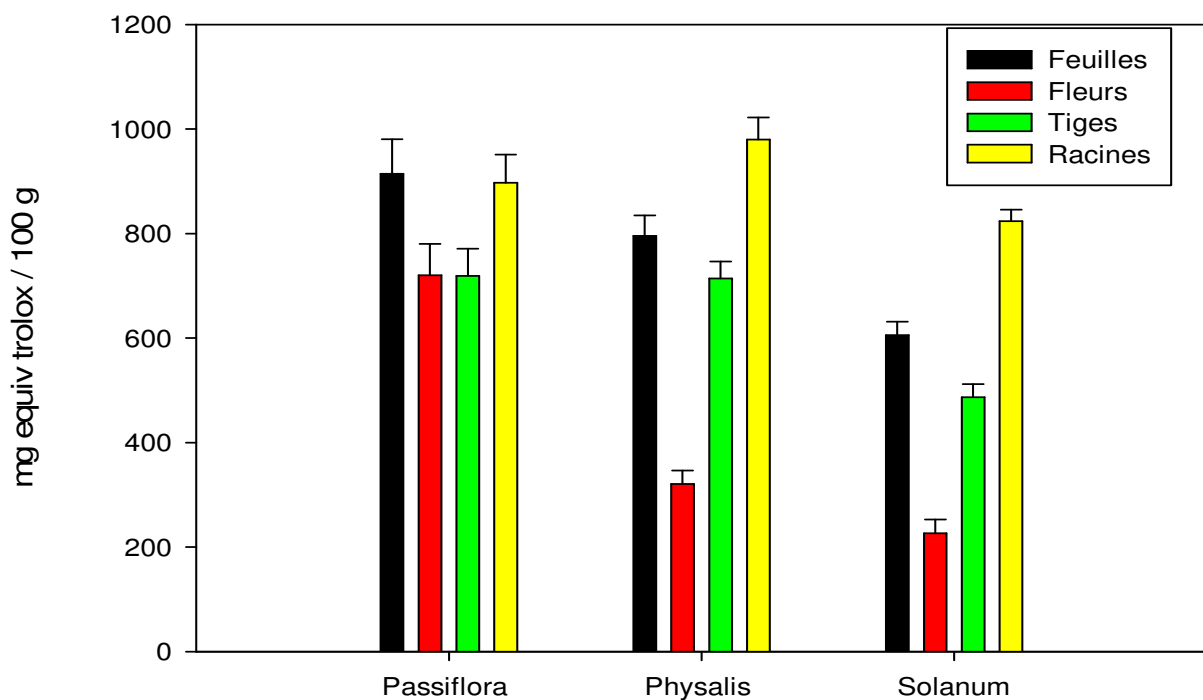


Figure IV. 1. Activité antioxydante des différentes parties de *Passiflora caerulea* L., *Physalis peruviana* L. et *Solanum muricatum* Aiton dans la phase hydrophile soluble.

Les données sont la moyenne \pm erreur standard (SE).

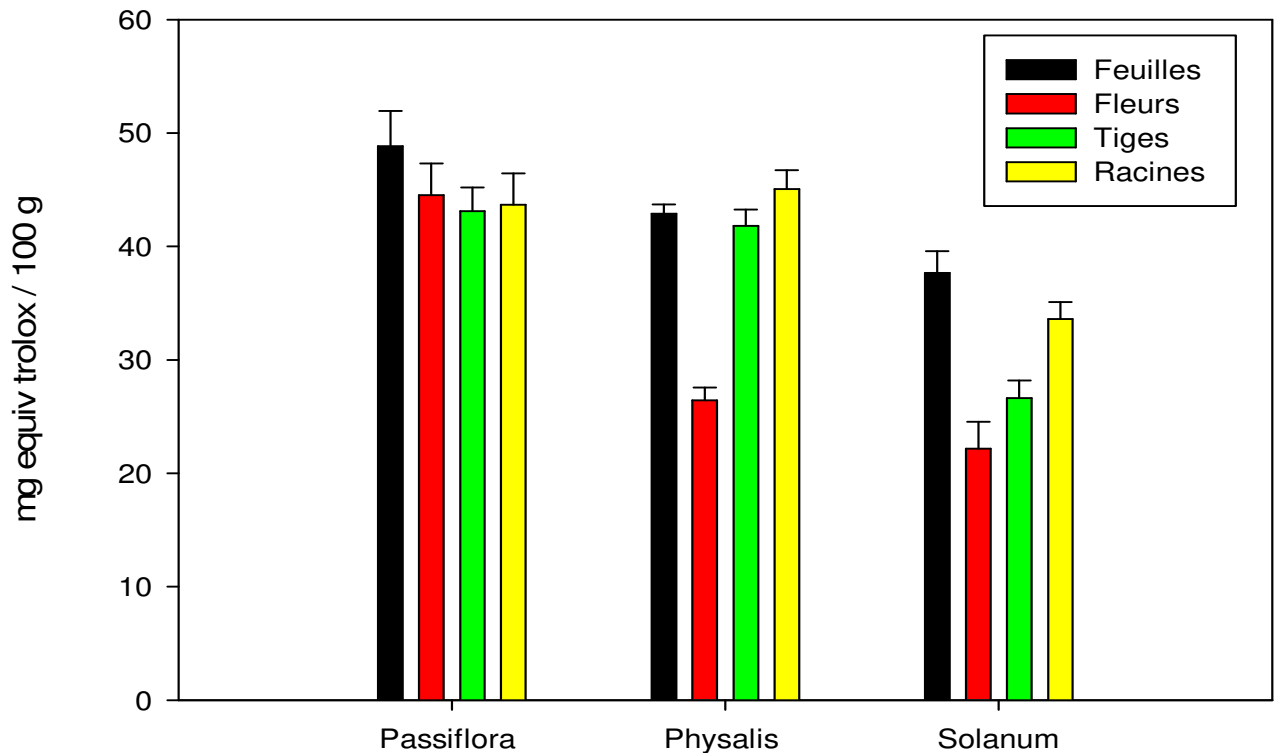


Figure IV. 2. Activité antioxydante des différentes parties de *Passiflora caerulea* L., *Physalis peruviana* L. et *Solanum muricatum* Aiton dans la phase lipophile soluble.

Les données sont la moyenne \pm erreur standard (SE).

Les résultats obtenus dans la fraction H-TAA pour *Passiflora caerulea* ont montré que les feuilles et les racines ont enregistré les moyennes les plus élevées (914,38 ; 897,51 mg eq trolox / 100 g MS respectivement) suivies des fleurs et des tiges. Alors que pour le L-TAA, les feuilles restent toujours en première place avec une moyenne de 48,84 mg eq trolox / 100 g MS, suivies par les fleurs, les racines et les tiges avec des moyennes très proches (44,5; 43,67 ; 43,1 mg eq trolox / 100 g MS respectivement).

Concernant *Physalis peruviana* et *Solanum muricatum* Aiton en fractions hydrophiles Le classement est de l'ordre décroissant suivant: Racines> feuilles> tiges> fleurs qui correspondent en moyenne à: 979,54> 795,69> 713,65> 320,93 mg eq trolox / 100 g MS respectivement pour le *physalis* et 823,62> 605,44> 486,74> 226,09 mg eq trolox / 100 g MS

respectivement pour *Solanum muricatum* Aiton. La classification reste la même pour le *Physalis peruviana* dans les fractions lipophiles (45,06 > 42,89 > 41,80 > 26,41 mg eq trolox / 100 g MS respectivement). Cependant, les feuilles représentent la moyenne la plus élevée suivies des racines, des tiges et des fleurs pour le *Solanum muricatum* Aiton (37,67 ; 33,59 ; 26,62 ; 22,17 mg eq trolox / 100 g MS respectivement).

Les différentes parties de *Passiflora caerulea*, *Physalis peruviana* et *Solanum muricatum* Aiton sont considérées comme saines en raison de leurs niveaux élevés de composés bioactifs, tels que les composés phénoliques (polyphénols totaux, flavonoïdes), qui contribuent à l'activité antioxydante totale (TAA) (Azmir et al., 2013; Chemat et al., 2019; Farnsworth, Akerele, Bingel, Soejarto, & Guo, 1985).

Les fleurs et les tiges ont montré des niveaux similaires de H-TAA pour *Passiflora*, atteignant des niveaux plus élevés dans ses fleurs par rapport à toutes les valeurs obtenues dans le reste des fleurs de cette étude. Il est probable que les niveaux élevés d'anthocyanes que contiennent les fleurs de *Passiflora* pourraient expliquer les différences significatives entre les fleurs étudiées dans cette recherche (Aizza & Dornelas, 2011; Aizza, Sawaya, & Dornelas, 2019).

Les niveaux élevés de TAA dans certaines parties de la plante et les faibles niveaux dans d'autres parties sont liés à leurs compositions chimiques, aux groupes fonctionnels des principaux composés et à la teneur en polyphénols (Athamena, Chalghem, Kassah-Laouar, Laroui, & Khebri, 2010; Evenamede et al., 2017; C.-C. Wong, Li, Cheng, & Chen, 2006). En effet, pour *Physalis*, la teneur totale en polyphénols des feuilles est deux fois plus élevée que celle des fleurs lors de l'application de la plupart des solvants étudiés dans cette recherche, notamment avec la méthode de décoction. Un schéma similaire a été observé dans les échantillons obtenus après macération, mais le niveau de PPT extrait à l'aide de cette méthode était plus faible dans les fleurs *Physalis*, suggérant que la macération pourrait extraire les niveaux inférieurs de ces composés bioactifs situés dans les fleurs *Physalis* (Tableau III. 2).

L'activité antioxydante dépend généralement du nombre et de la position des groupes hydroxyle par rapport aux groupes carboxyle fonctionnels (Hayes, Allen, Brunton, O'grady,

& Kerry, 2011). En ce sens, les niveaux de PPT et de flavonoïdes étaient en accord avec le TAA évalué.

Les composés phénoliques ne sont pas les seuls contributeurs à l'activité antioxydante dans la phase hydrosoluble, car d'autres composés, tels que l'acide ascorbique, présentent une activité antioxydante dans la fraction hydrosoluble. D'autre part, dans la fraction lipophile, différents composés bioactifs, tels que les tocophérols, les caroténoïdes et les terpènes, contribuent également à l'activité antioxydante totale d'un échantillon particulier (**Y. S. Wong et al., 2014**). Dans toutes les fleurs évaluées, des anthocyanes sont présentes, conférant leur couleur violette caractéristique à certaines parties de cet organe et contribuant à la fraction hydrophile avec d'autres composés phénoliques, comme l'isoorientine et l'orientine pour *Passiflora*, ou la quercétine pour *Physalis* et *Solanum*, en particulier dans les feuilles et racines. D'autre part, Salih et al. dans une autre étude, ont montré que les extraits lipophiles étaient plus riches en tanins (principalement des dérivés d'acide ellagique). Dans cette étude, la fraction lipophile pourrait également fournir l'activité antioxydante d'autres composés, tels que l'acide myristique pour *Passiflora* (**Song et al., 2018**) ou le β -carotène pour *Physalis* (**Ozturk, Özdemir, Albayrak, Simşek, & Yildirim, 2017**) et *Solanum* (**Duman & Sivaci, 2015**).

En résumé, ces résultats montrent que dans les trois plantes étudiées, les feuilles et les racines, ainsi que les fleurs dans le cas de la *Passiflora*, représentent une source très riche d'antioxydants naturels.

Conclusion

A partir de ce travail, la décoction avec du méthanol: eau (8: 2) contenant 2 mM de NaF était la méthode préférée d'extraction des polyphénols totaux. D'autre part, la macération avec ce solvant, ainsi qu'avec l'éthanol et l'acétone, ont été des techniques réussies pour l'extraction des flavonoïdes, en particulier des feuilles (*Passiflora* et *Solanum*) et des fleurs pour *Solanum*.

Cette étude révèle la difficulté de déterminer un seul procédé d'extraction adapté à toutes les différentes parties de la plante, montrant des différences significatives entre les trois espèces étudiées. Dans chacun d'eux, les résultats ont montré que les feuilles et les racines contiennent des quantités plus élevées de composés bioactifs, augmentant leur activité antioxydante totale par rapport aux autres organes de la plante.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

L'extraction des composés polyphénoliques est une étape cruciale pour la valorisation de ces principes actifs, elle dépend de la méthode et du solvant approprié qui préservent leurs propriétés biologiques.

Notre travail de recherche est centré sur la valorisation de trois espèces : *Passiflora caerulea* L., *Physalis peruviana* L. et *Solanum muricatum* Aiton connus essentiellement par leurs richesse en métabolites secondaire, les plantes sont connues pour leurs utilisation dans la fabrication des produits cosmétiques et surtout en médecine traditionnelle pour leurs propriétés pharmacologiques.

L'objet de notre travail a porté sur les dosages de composés phénoliques présents dans les différentes parties des plantes étudiées dans cinq solvants différents. Pour cela, nous avons réalisé une étude phytochimique qui a concerné essentiellement les composés phénoliques puis nous avons testé les propriétés antioxydantes de tous les extraits.

Le présent travail est la première étude rapportant des informations sur ces espèces de plantes médicinales, par rapport aux différentes parties de la plante. L'extraction des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes est une étape importante dans l'évaluation des composés bioactifs et des propriétés fonctionnelles. Le choix d'un solvant et d'une technique d'extraction appropriés sont nécessaires pour préserver les propriétés biologiques de ces substances bioactives.

A partir de ce travail, la décoction au méthanol: eau (8: 2) contenant 2 mM de NaF était la méthode préférée d'extraction des polyphénols totaux. D'autre part, la macération avec ce solvant, ainsi qu'avec l'éthanol et l'acétone, ont été des techniques réussies d'extraction flavonoïdes et des tannins condensés, en particulier des feuilles (*Passiflora* et *Solanum*) et des fleurs pour *Solanum*.

Cette étude révèle la difficulté de déterminer un procédé d'extraction unique adapté à toutes les différentes parties de la plante, montrant des différences significatives entre les trois espèces étudiées. Dans chacun d'eux, les résultats ont montré que les feuilles et les racines contiennent des quantités plus élevées de composés bioactifs, augmentant leur antioxydant activité en comparaison avec d'autres organes de la plante.

Conclusion générale et perspectives

En conclusion, avec cette recherche et concernant les possibilités médicinales des différentes parties de la plante, les connaissances obtenues augmentent le potentiel d'utilisation de ces plantes médicinales dans la prévention ou le traitement de nombreuses maladies affectant la santé humaine.

En ce sens, une enquête plus approfondie doit être menée afin d'élucider les composés individuels avec propriétés antioxydantes que ces espèces peuvent apporter. Et pour la suite, il serait intéressant d'isoler et de caractériser les composés phénoliques des extraits étudiés et d'évaluer les activités biologiques *in vitro* et *in vivo* de chacun de ces composés pris séparément.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- AGENCE, D. M. (1998). Médicaments à base de plantes: septembre 1997. *Paris, Agence du médicament, Les Cahiers de l'agence*, 3, 81.
- Ahmad, A., Wisdawati, S., & Asrifa, W. (2014). Study of Antioxidant activity and determination of Phenol and Flavonoid content of Pepino's Leaf extract (*Solanum muricatum* Aiton). *Int. J. PharmTech Res*, 6, 600-606.
- Aizza, L. C. B., & Dornelas, M. C. (2011). A genomic approach to study anthocyanin synthesis and flower pigmentation in passionflowers. *Journal of nucleic acids*, 2011.
- Aizza, L. C. B., Sawaya, A. C. H. F., & Dornelas, M. C. (2019). Identification of anthocyanins in the corona of two species of *Passiflora* and their hybrid by ultra-high performance chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry (UHPLC-ESI-MS/MS). *Biochemical Systematics and Ecology*, 85, 60-67.
- Akroum, S. (2011). Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. *thèse de doctorat, Université Constantine 1, Algérie*.
- Amić, D., Davidović-Amić, D., Bešlo, D., & Trinajstić, N. (2003). Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica chemica acta*, 76(1), 55-61.
- Anesini, C., & Perez, C. (1993). Screening of plants used in Argentine folk medicine for antimicrobial activity. *Journal of ethnopharmacology*, 39(2), 119-128.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., . . . Özyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7), 1496-1547.
- Arenas Rodriguez, P. (2009). Los estudios sobre medicina y farmacopea vernácula en el Gran Chaco. *Rojasiana*, 8 (2), 81-100
- Arias, F., Gómez, L., Suarez, E., & Rendón, S. (2015). Inteligencia de mercados para la cadena de uchuva colombiana (*Physalis Peruviana*). *Revista Oidles*, 18.

Références bibliographiques

- Arts, I. C., & Hollman, P. C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *The American journal of clinical nutrition*, *81*(1), 317S-325S.
- Arts, I. C., Hollman, P. C., Feskens, E. J., Bueno de Mesquita, H. B., & Kromhout, D. (2001). Catechin intake might explain the inverse relation between tea consumption and ischemic heart disease: the Zutphen Elderly Study. *The American journal of clinical nutrition*, *74*(2), 227-232.
- Athamena, S., Chalghem, I., Kassah-Laouar, A., Laroui, S., & Khebri, S. (2010). Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese Science Journal*, *11*(1), 69-81.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M., Sharif, K., Mohamed, A., Sahena, F., . . . Omar, A. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, *117*(4), 426-436.
- Ba, K., Tine, E., Destain, J., Cissé, N., & Thonart, P. (2010). Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, *14*(1), 131-139.
- Bahorun, T. (1998). *Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle*. Paper presented at the Second Annual Meeting of Agricultural Scientists.
- Bennani, H., Fiet, J., & Adlouni, A. (2009). Impact de l'huile d'argan sur le cancer de la prostate: étude de l'effet antiprolifératif des polyphénols. *Revue Francophone des Laboratoires*, *2009*(416), 23-26.
- Berthod, A., Billardello, B., & Geoffroy, S. (1999). Polyphenols in countercurrent chromatography. An example of large scale separation. *Analisis*, *27*(9), 750-757.

Références bibliographiques

- Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E., & Sapistein, H. D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal chemistry*, 82(4), 390-393.
- Blanca, J. M., Prohens, J., Anderson, G. J., Zuriaga, E., Cañizares, J., & Nuez, F. (2007). AFLP and DNA sequence variation in an Andean domesticated, pepino (*Solanum muricatum*, Solanaceae): implications for evolution and domestication. *American Journal of Botany*, 94(7), 1219-1229.
- Boizot, N., & Charpentier, J.-P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.
- Bors, W., Heller, W., Michel, C., & Saran, M. (1990). [36] Flavonoids as antioxidants: determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods in enzymology*, 186, 343-355.
- Bors, W., Michel, C., & Saran, M. (1994). [41] Flavonoid antioxidants: Rate constants for reactions with oxygen radicals. *Methods in enzymology*, 234, 420-429.
- Brouillard, R., Figueiredo, P., Elhabiri, M., & Dangles, O. (1996). *Molecular interactions of phenolic compounds in relation to the colour of fruit and vegetables*. Paper presented at the PROCEEDINGS-PHYTOCHEMICAL SOCIETY OF EUROPE.
- Bruneton, J., & Barton, D. H. R. (1987). *Eléments de Phytochimie et de Pharmacognosie: Technique et documentation*.
- Buchanan, B., Gruissem, W., & Jones, R. (2000). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, American Society of Plant Physiologists. Courier Companies. Inc. Waldorf, MD.
- Busilacchi, H., Severin, C., Gattuso, M., Aguirre, A., Di Sapio, O., & Gattuso, S. (2008). Field culture of micropropagated *Passiflora caerulea* L. histological and chemical studies. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 7(5), 257-263.

Références bibliographiques

- Calderón, Á. I., Romero, L. I., Ortega-Barría, E., Solís, P. N., Zacchino, S., Gimenez, A., . . . Guerra, C. (2010). Screening of Latin American plants for antiparasitic activities against malaria, Chagas disease, and leishmaniasis. *Pharmaceutical biology*, 48(5), 545-553.
- Cano, A., Hernández-Ruíz, J., García-Cánovas, F., Acosta, M., & Arnao, M. B. (1998). An end-point method for estimation of the total antioxidant activity in plant material. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 9(4), 196-202.
- Cárdenas-Hernández, J., Miranda, D., Magnitskiyand, S., & Carranza, C. (2011). Morphological and anatomical analyses of the seed coats. *Agronomía Colombiana*, 29(3), 377-385.
- Casierra-Posada, F., Peña-Olmos, J. E., & Tejedor, E. (2011). Growth of banana passionfruit seedlings (*Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Kunth) LH Bailey) under saline stress. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(1), 31-38.
- Castro, A. M., Rodriguez, L., & Vargas, E. M. (2008). Dry gooseberry (*Physalis peruviana* L) with pretreatment of osmotic dehydration. *Vitae*, 15(2), 226-231.
- Cedeño López, M. M., & Montenegro Ceballos, D. M. (2004). Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEX[®] PO SCI Ltda.
- Chabrier, J.-Y. (2010). *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie*. UHP- Université Henri Poincaré.
- Chaín, J. M., & Causin, H. F. (2018). Germinability and antioxidant metabolism in *Passiflora caerulea* L. seeds exposed to salt stress. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, 20(1), 23-34.

Références bibliographiques

- Chavan, U., Shahidi, F., & Naczk, M. (2001). Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents. *Food chemistry*, 75(4), 509-512.
- Chemat, F., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A. S., Strube, J., Uhlenbrock, L., Gunjevic, V., & Cravotto, G. (2019). Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 248-263.
- Chevallier, L., & Crouzet-Segarra, C. (2004). *Médicaments à base de plantes*: Elsevier Masson.
- Chun, O. K., Kim, D. O., Smith, N., Schroeder, D., Han, J. T., & Lee, C. Y. (2005). Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(10), 1715-1724.
- Contreras, C., González-Agüero, M., & Defilippi, B. G. (2016). A review of pepino (*Solanum muricatum* Aiton) fruit: A quality perspective. *HortScience*, 51(9), 1127-1133.
- Cotelle, N. (2001). Role of flavonoids in oxidative stress. *Current topics in medicinal chemistry*, 1(6), 569-590.
- Council, N. R. (1989). *Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*: National Academies Press.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.
- Cushnie, T. T., & Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International journal of antimicrobial agents*, 26(5), 343-356.
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.

Références bibliographiques

- De Bruyne, T., Pieters, L., Deelstra, H., & Vlietinck, A. (1999). Condensed vegetable tannins: biodiversity in structure and biological activities. *Biochemical Systematics and Ecology*, 27(4), 445-459.
- de France, A. V. (2017). Rapport sur les conditions d'utilisation, en France, des préparations à base de plantes chez les animaux de production. Approuvé le 30 Juin 2010. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*.
- Debuigne, G. (1974). Larousse des plantes qui guérissent.
- Deginani, N. B. (2001). Las especies argentinas del género *Passiflora* (Passifloraceae). *Darwiniana*, 43-129.
- Delanoy, M., Van Damme, P., Scheldeman, X., & Beltran, J. (2006). Germination of *Passiflora mollissima* (Kunth) LH Bailey, *Passiflora tricuspidata* Mast. and *Passiflora nov* sp. seeds. *Scientia Horticulturae*, 110(2), 198-203.
- Di Chen, S. B. W., Yang, H., Yuan, J., Chan, T. H., & Dou, Q. P. (2011). EGCG, green tea polyphenols and their synthetic analogs and prodrugs for human cancer prevention and treatment. *Advances in clinical chemistry*, 53, 155.
- Di Domenico, F., Foppoli, C., Coccia, R., & Perluigi, M. (2012). Antioxidants in cervical cancer: chemopreventive and chemotherapeutic effects of polyphenols. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1822(5), 737-747.
- Duman, S., & Sivaci, A. (2015). Investigation of drought stress in pepino (*Solanum muricatum* Ait. cv. Miski) leaves. *Pak. J. Bot*, 47(5), 1621-1627.
- Edzard, E. (2001). The desktop guide to complementary and alternative medicine, 2ème édition, Grande-Bretagne, Ed: Mosby.
- Erben-Russ, M., Bors, W., & Saran, M. (1987). Reactions of linoleic acid peroxy radicals with phenolic antioxidants: a pulse radiolysis study. *International Journal of*

Références bibliographiques

- Radiation Biology and Related Studies in Physics, Chemistry and Medicine*, 52(3), 393-412.
- Evenamede, K. S., Kpegba, K., Simalou, O., Boyode, P., Agbonon, A., & Gbeassor, M. (2017). Etude comparative des activités antioxydantes d'extraits éthanoliques de feuilles, d'écorces et de racines de *Cassia sieberiana*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 2924-2935.
- Farnsworth, N. R. (1988). Screening plants for new medicines. *Biodiversity*, 15(3), 81-99.
- Farnsworth, N. R., Akerele, O., Bingel, A. S., Soejarto, D. D., & Guo, Z. (1985). Medicinal plants in therapy. *Bulletin of the world health organization*, 63(6), 965.
- Feuillet, C., & MacDougal, J. (2007). Passifloraceae *Flowering Plants· Eudicots* (pp. 270-281): Springer.
- Foster, S. (1999). *Tyler's honest herbal: a sensible guide to the use of herbs and related remedies*: Routledge.
- Fraga, C. G. (2007). Plant polyphenols: how to translate their in vitro antioxidant actions to in vivo conditions. *IUBMB life*, 59(4-5), 308-315.
- Franco, L. A., Matiz, G. E., Calle, J., Pinzón, R., & Ospina, L. F. (2007). Antiinflammatory activity of extracts and fractions obtained from *Physalis peruviana* L. calyces. *Biomedica*, 27(1), 110-115.
- Fries, A. M., & Tapia, M. E. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*: FAO, ANPE-PERÚ.
- Gadioli, I. L., da Cunha, M. d. S. B., de Carvalho, M. V. O., Costa, A. M., & Pineli, L. d. L. d. O. (2018). A systematic review on phenolic compounds in *Passiflora* plants: Exploring biodiversity for food, nutrition, and popular medicine. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(5), 785-807.

Références bibliographiques

- Galati, G., Moridani, M. Y., Chan, T. S., & O'Brien, P. J. (2001). Peroxidative metabolism of apigenin and naringenin versus luteolin and quercetin: glutathione oxidation and conjugation. *Free Radical Biology and Medicine*, 30(4), 370-382.
- Gehin, A., Guyon, C., & Nicod, L. (2006). Glyphosate-induced antioxidant imbalance in HaCaT: The protective effect of Vitamins C and E. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 22(1), 27-34.
- Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.
- Ghnimi, W. (2015). *Étude phytochimique des extraits de deux Euphorbiaceae: Ricinus communis et Jatropha curcas. Évaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase. Thèse de doctorat, Université de lorraine, France.*
- Hale, A. L. (2005). *Screening potato genotypes for antioxidant activity, identification of the responsible compounds, and differentiating Russet Norkotah strains using AFLP and microsatellite marker analysis.* Texas A&M University.
- Halliwell, B. (2008). Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and in vivo studies? *Archives of biochemistry and biophysics*, 476(2), 107-112.
- Harborne, J. (1989). General procedures and measurement of total phenolics. *Methods in plant biochemistry*, 1, 1-28.
- Hayes, J., Allen, P., Brunton, N., O'grady, M., & Kerry, J. (2011). Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (*Olea europaea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid. *Food chemistry*, 126(3), 948-955.

Références bibliographiques

- Hooper, L., Kroon, P. A., Rimm, E. B., Cohn, J. S., Harvey, I., Le Cornu, K. A., . . . Cassidy, A. (2008). Flavonoids, flavonoid-rich foods, and cardiovascular risk: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*, 88(1), 38-50.
- Hou, Z., Lambert, J. D., Chin, K.-V., & Yang, C. S. (2004). Effects of tea polyphenols on signal transduction pathways related to cancer chemoprevention. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 555(1-2), 3-19.
- Hsieh, W.-T., Huang, K.-Y., Lin, H.-Y., & Chung, J.-G. (2006). Physalis angulata induced G2/M phase arrest in human breast cancer cells. *Food and Chemical Toxicology*, 44(7), 974-983.
- Hsu, C. c., Guo, Y. r., Wang, Z. h., & Yin, M. c. (2011). Protective effects of an aqueous extract from pepino (*Solanum muricatum* Ait.) in diabetic mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(8), 1517-1522.
- Jean, B. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.)*: Lavoisier.
- Jokić, S., Velić, D., Bilić, M., Bučić-koJić, A., PIANiNić, M., & ToMAS, S. (2010). Modelling of solid-liquid extraction process of total polyphenols from soybeans. *Czech Journal of Food Sciences*, 28(3), 206-212.
- Jovanovic, S. V., Steenken, S., Tosic, M., Marjanovic, B., & Simic, M. G. (1994). Flavonoids as antioxidants. *Journal of the American Chemical Society*, 116(11), 4846-4851.
- Katalinić, V., Možina, S. S., Skroza, D., Generalić, I., Abramovič, H., Miloš, M., . . . Terpinč, P. (2010). Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 *Vitis vinifera* varieties grown in Dalmatia (Croatia). *Food chemistry*, 119(2), 715-723.
- Khan, N., & Mukhtar, H. (2008). Multitargeted therapy of cancer by green tea polyphenols. *Cancer letters*, 269(2), 269-280.

Références bibliographiques

- Khan, S. A., Aslam, R., & Makroo, H. A. (2019). High pressure extraction and its application in the extraction of bio-active compounds: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 42(1), e12896.
- Khazai, V., Piri, K., Nazeri, S., Karamian, R., & Zamani, N. (2011). Free radical scavenging activity and phenolic and flavonoid contents of *Echinophora platyloba* DC. *Asian J. Med. Pharm. Res*, 1(1), 09-11.
- Kirtikar, K., & Basu, B. (1935). Indian medicinal plants. *Indian Medicinal Plants*.
- Koffi, E., Sea, T., Dodehe, Y., & Soro, S. (2010). Effect of solvent type on extraction of polyphenols from twenty three Ivorian plants. *Journal of Animal and Plant Sciences (JAPS)*, 5(3), 550-558.
- Krishnamachari, V., Levine, L. H., & Paré, P. W. (2002). Flavonoid oxidation by the radical generator AIBN: a unified mechanism for quercetin radical scavenging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(15), 4357-4363.
- Krosnick, S. E., Ford, A. J., & Freudenstein, J. V. (2009). Taxonomic revision of *Passiflora* subgenus *Tetrapathea* including the monotypic genera *Hollrungia* and *Tetrapathea* (Passifloraceae), and a new species of *Passiflora*. *Systematic Botany*, 34(2), 375-385.
- Lambert, J. D., & Elias, R. J. (2010). The antioxidant and pro-oxidant activities of green tea polyphenols: a role in cancer prevention. *Archives of biochemistry and biophysics*, 501(1), 65-72.
- Laughton, M. J., Halliwell, B., Evans, P. J., Robin, J., & Hoult, S. (1989). Antioxidant and pro-oxidant actions of the plant phenolics quercetin, gossypol and myricetin: effects on lipid peroxidation, hydroxyl radical generation and bleomycin-dependent damage to DNA. *Biochemical pharmacology*, 38(17), 2859-2865.
- Legge, A. (1974). Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. *Journal of the Royal Horticultural Society*, 99(7), 310-314.

Références bibliographiques

- Lenoir, L. (2011). *Effet protecteur des polyphénols de la verveine odorante dans un modèle d'inflammation colique chez le rat*. Université d'Auvergne-Clermont-Ferrand I.
- Lester, R. (1991). Evolutionary relationships of tomato, potato, pepino, and wild species of *Lycopersicon* and *Solanum*. *Solanaceae III: taxonomy, chemistry, evolution*, 283-301.
- Licodiedoff, S., Koslowski, L. A. D., & Ribani, R. H. (2013). Flavonol rates of goseberry fruits *Physalis peruviana* determined by HPLC through the optimization and validation of the analytic method. *Int. J. Food Sci. Nutr. Eng*, 3, 1-6.
- Link, A., Balaguer, F., & Goel, A. (2010). Cancer chemoprevention by dietary polyphenols: promising role for epigenetics. *Biochemical pharmacology*, 80(12), 1771-1792.
- Lotito, S. B., & Frei, B. (2006). Consumption of flavonoid-rich foods and increased plasma antioxidant capacity in humans: cause, consequence, or epiphenomenon? *Free Radical Biology and Medicine*, 41(12), 1727-1746.
- Lugasi, A. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta biologica szegediensis*, 47(1-4), 119-125.
- Macheix, J.-J., Fleuriot, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*: PPUR presses polytechniques.
- Mahato, S., Gurung, S., Chakravarty, S., Chhetri, B., & Khawas, T. (2016). An introduction to Pepino (*Solanum muricatum* Aiton). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1(2), 238513.
- Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technology*(9), 35.

Références bibliographiques

- Maluf, E., Barros, H., Frochtengarten, M. L., Benti, R., & Leite, J. (1991). Assessment of the hypnotic/sedative effects and toxicity of *Passiflora edulis* aqueous extract in rodents and humans. *Phytotherapy Research*, 5(6), 262-266.
- Marostega, T. N., da Luz, P. B., Tavares, A. R., Neves, L. G., & de Paiva Sobrinho, S. (2017). Methods of breaking seed dormancy for ornamental passion fruit species. *Ornamental Horticulture*, 23(1), 72-78.
- Martinez-Espla, A., Zapata, P. J., Valero, D., García-Viguera, C., Castillo, S., & Serrano, M. (2014). Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds, and antioxidant capacity in sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(15), 3432-3437.
- Mazorra, M. F., Quintana, Á. P., Miranda, D., Fischer, G., & de Valencia, M. C. (2006). Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae). *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 69-81.
- McGuire, C. M. (1999). *Passiflora incarnata* (Passifloraceae): a new fruit crop. *Economic Botany*, 53(2), 161-176.
- McPhail, D. B., Hartley, R. C., Gardner, P. T., & Duthie, G. G. (2003). Kinetic and stoichiometric assessment of the antioxidant activity of flavonoids by electron spin resonance spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6), 1684-1690.
- Medina, J. H., Paladini, A. C., Wolfman, C., de Stein, M. L., Calvo, D., Diaz, L. E., & Peña, C. (1990). Chrysin (5, 7-di-OH-flavone), a naturally-occurring ligand for benzodiazepine receptors, with anticonvulsant properties. *Biochemical pharmacology*, 40(10), 2227-2231.
- Medina, S., Collado-González, J., Ferreres, F., Londoño-Londoño, J., Jiménez-Cartagena, C., Guy, A., . . . Gil-Izquierdo, Á. (2019). Potential of *Physalis peruviana* calyces as a

Références bibliographiques

- low-cost valuable resource of phytoprostanes and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5), 2194-2204.
- Menaa, F., Menaa, A., & Tréton, J. (2014). Polyphenols against skin aging *Polyphenols in Human Health and Disease* (pp. 819-830): Elsevier.
- Mendiondo, G. M., & Amela Garcia, M. T. (2009). Germination of stored and scarified seeds of *Passiflora caerulea* L.(Passifloraceae). *Plant Biosystems*, 143(2), 369-376.
- Mercader, A. G., Duchowicz, P. R., Fernández, F. M., Castro, E. A., Bennardi, D. O., Autino, J. C., & Romanelli, G. P. (2008). QSAR prediction of inhibition of aldose reductase for flavonoids. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 16(15), 7470-7476.
- Miller, N., & Rice-Evans, C. (1996). Spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Redox report*, 2(3), 161-171.
- Miller, N. J., Castelluccio, C., Tijburg, L., & Rice-Evans, C. (1996). The antioxidant properties of theaflavins and their gallate esters—radical scavengers or metal chelators? *FEBS letters*, 392(1), 40-44.
- Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., & Milner, A. (1993). A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical science*, 84(4), 407-412.
- Miller, N. J., & Rice-Evans, C. A. (1997). Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS•+ radical cation assay. *Free radical research*, 26(3), 195-199.
- Miller, N. J., Sampson, J., Candeias, L. P., Bramley, P. M., & Rice-Evans, C. A. (1996). Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS letters*, 384(3), 240-242.
- Monnier, C. (2002). *Les plantes médicinales: vertus et traditions*: Privat.

Références bibliographiques

- Montoro, P., Braca, A., Pizza, C., & De Tommasi, N. (2005). Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. *Food chemistry*, 92(2), 349-355.
- Moreau, B. (2003). 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*.
- Mulinacci, N., Prucher, D., Peruzzi, M., Romani, A., Pinelli, P., Giaccherini, C., & Vincieri, F. (2004). Commercial and laboratory extracts from artichoke leaves: estimation of caffeoyl esters and flavonoidic compounds content. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 34(2), 349-357.
- Mulvihill, E. E., & Huff, M. W. (2010). Antiatherogenic properties of flavonoids: implications for cardiovascular health. *Canadian Journal of Cardiology*, 26, 17A-21A.
- Nagai, S., Ohara, K., & Mukai, K. (2005). Kinetic study of the quenching reaction of singlet oxygen by flavonoids in ethanol solution. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109(9), 4234-4240.
- Nève, J. (2002). Modulation de l'apport alimentaire en anti-oxydants. *Nutrition clinique et métabolisme*, 16(4), 292-300.
- Nijveldt, R. J., Van Nood, E., Van Hoorn, D. E., Boelens, P. G., Van Norren, K., & Van Leeuwen, P. A. (2001). Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American journal of clinical nutrition*, 74(4), 418-425.
- Oikawa, S., Hirosawa, I., Hirakawa, K., & Kawanishi, S. (2001). Site specificity and mechanism of oxidative DNA damage induced by carcinogenic catechol. *Carcinogenesis*, 22(8), 1239-1245.

Références bibliographiques

- Olivares-Tenorio, M.-L., Verkerk, R., van Boekel, M. A., & Dekker, M. (2017). Thermal stability of phytochemicals, HMF and antioxidant activity in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Functional Foods*, *32*, 46-57.
- Orlando, G., Zengin, G., Ferrante, C., Ronci, M., Recinella, L., Senkardes, I., . . . Leone, S. (2019). Comprehensive Chemical Profiling and Multidirectional Biological Investigation of Two Wild Anthemis Species (*Anthemis tinctoria* var. *Pallida* and *A. cretica* subsp. *tenuiloba*): Focus on Neuroprotective Effects. *Molecules*, *24*(14), 2582.
- Ozturk, A., Özdemir, Y., Albayrak, B., Simşek, M., & Yildirim, K. C. (2017). Some nutrient characteristics of golden berry (*Physalis peruviana* L.) cultivar candidate from Turkey. *Sci. Papers Ser. B Hortic*, *61*, 293-297.
- Pa, D. S., KarthikKc, B. S., & Sd, K. In vitro Evaluation of Antibacterial Efficacy using *Passiflora foetida* Activated Carbon.
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., & Andrade, P. B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology: Molecular Diversity Preservation International.
- Perron, N. R., García, C. R., Pinzón, J. R., Chaur, M. N., & Brumaghim, J. L. (2011). Antioxidant and prooxidant effects of polyphenol compounds on copper-mediated DNA damage. *Journal of inorganic biochemistry*, *105*(5), 745-753.
- Peterson, J., & Dwyer, J. (1998). Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition Research*, *18*(12), 1995-2018.
- Portes, E. (2008). *Synthèse et études de tétrahydrocurcuminoïdes: propriétés photochimiques et antioxydantes: applications à la préservation de matériaux d'origine naturelle*. Bordeaux 1.
- Prohens, J., Leiva-Brondo, M., Rodríguez-Burruezo, A., & Nuez, F. (2002). 'Puzol': A facultatively parthenocarpic hybrid of pepino (*Solanum muricatum*). *HortScience*, *37*(2), 418-419.

Références bibliographiques

- Psotová, J., Lasovsky, J., & Vicar, J. (2003). Metal-chelating properties, electrochemical behavior, scavenging and cytoprotective activities of six natural phenolics. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 147(2), 147-153.
- Putnik, P., Barba, F. J., Španić, I., Zorić, Z., Dragović-Uzelac, V., & Kovačević, D. B. (2017). Green extraction approach for the recovery of polyphenols from Croatian olive leaves (*Olea europea*). *Food and Bioproducts Processing*, 106, 19-28.
- OMS : Organisation mondiale de la Santé, 2012. Médecine traditionnelle : des textes anciens aux nouveaux médicaments, 90 (8), pp 557-632. Rajendran, M., Manisankar, P., Gandhidasan, R., & Murugesan, R. (2004). Free radicals scavenging efficiency of a few naturally occurring flavonoids: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7389-7394.
- Rao, M., Palada, M., & Becker, B. N. (2004). Medicinal and aromatic plants in agroforestry systems *New vistas in agroforestry* (pp. 107-122): Springer.
- Rastija, V., & Medić-Šarić, M. (2009). QSAR study of antioxidant activity of wine polyphenols. *European journal of medicinal chemistry*, 44(1), 400-408.
- Rego, M., Rego, E., Nattrodt, L., Barroso, P., Finger, F., & Otoni, W. (2014). Evaluation of different methods to overcome in vitro seed dormancy from yellow passion fruit. *African Journal of Biotechnology*, 13(36).
- Rehwald, A., Sticher, O., & Meier, B. (1995). Trace analysis of harman alkaloids in *Passiflora incarnata* by reversed-phase high performance liquid chromatography. *Phytochemical Analysis*, 6(2), 96-100.
- Remesy, C., Manach, C., Demigné, C., Texier, O., & Regeat, F. (1996). Intérêt nutritionnel des flavonoïdes. *Médecine et nutrition*, 32(1), 17-27.
- Rendle, A. B. (1930). *The Classification of Flowering Plants: Volume 2, Dicotyledons* (Vol. 2): CUP Archive.

Références bibliographiques

- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20(7), 933-956.
- Rodríguez-Burruezo, A. (2003). *Utilización de la variación intraespecífica e interespecífica para la mejora genética del rendimiento y la calidad del pepino dulce (Solanum muricatum)*. Universitat Politècnica de València.
- Rodríguez Ulloa, S. L., & Rodríguez Ulloa, E. M. (2007). Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Revista Médica Vallejana*, 4(1), 43-53.
- Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimato, A., & Heimler, D. (2006). Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Food chemistry*, 95(2), 221-225.
- Sakomoto, K., & Taguchi, T. (1991). Regeneration of intergeneric somatic hybrid plants between *Lycopersicon esculentum* and *Solanum muricatum*. *Theoretical and applied genetics*, 81(4), 509-513.
- Salem, J. H., Chevalot, I., Harscoat-Schiavo, C., Paris, C., Fick, M., & Humeau, C. (2011). Biological activities of flavonoids from *Nitraria retusa* (Forssk.) Asch. and their acylated derivatives. *Food chemistry*, 124(2), 486-494.
- Salih, E. Y., Julkunen-Tiitto, R., Luukkanen, O., Sipi, M., Fahmi, M. K., & Fyhrquist, P. J. (2020). Potential anti-tuberculosis activity of the extracts and their active components of *Anogeissus leiocarpa* (Dc.) Guill. and Perr. with special emphasis on polyphenols. *Antibiotics*, 9(7), 364.
- SALIMA, B., & NADIA, K. (2013). Extraction des flavonoïdes de la plante *Inula viscosa* de la région d'Oran et mise en évidence de l'activité microbienne.

Références bibliographiques

- Sánchez, A. M. C., Montañez, G. A. P., & Rodríguez, Y. B. (2014). Alternativas de procesamiento de uchuva (*Physalis peruviana* L) para el aprovechamiento de frutos no aptos para la comercialización en fresco. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 121-130.
- Saptarini, N., & Suryasaputra, D. (2011). AMS Analisis Rasio Proteksi Antiulser Sari Buah Pepino (*Solanum muricatum* Aiton) Menggunakan Mencit sebagai Model Hewan Coba. *Majalah Obat Tradisional*, 16(2), 75-80.
- Saran, M., Vetter, G., Erben-Russ, M., Winter, R., Kruse, A., Michel, C., & Bors, W. (1987). Pulse radiolysis equipment: A setup for simultaneous multiwavelength kinetic spectroscopy. *Review of scientific instruments*, 58(3), 363-368.
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical reviews in food science and nutrition*, 45(4), 287-306.
- Scalbert, A., Monties, B., & Janin, G. (1989). Tannins in wood: comparison of different estimation methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37(5), 1324-1329.
- Seddik, B. A., & Abdelkarim, B. (2020). *Mise en valeur de la plante Ricinus communis: activités antioxydante et anti hémolytique.*
- Sévenet, T., & Tortora, C. (1994). *Plantes, molécules et médicaments*: Nathan.
- Sharma, B., Viswanath, G., Salunke, R., & Roy, P. (2008). Effects of flavonoid-rich extract from seeds of *Eugenia jambolana* (L.) on carbohydrate and lipid metabolism in diabetic mice. *Food chemistry*, 110(3), 697-705.
- Shathish, K., & Guruvayoorappan, C. (2014). *Solanum muricatum* Ait. inhibits inflammation and cancer by modulating the immune system. *Journal of cancer research and therapeutics*, 10(3), 623.

Références bibliographiques

- Sichel, G., Corsaro, C., Scalia, M., Di Bilio, A. J., & Bonomo, R. P. (1991). In vitro scavenger activity of some flavonoids and melanins against O₂⁻ dot. *Free Radical Biology and Medicine*, 11(1), 1-8.
- Sinei, K. A., & Mwangi, J. W. (2015). An in vitro study on the oxytocic action of *Adenia Globosa* Engl. *East and Central African Journal of Pharmaceutical Sciences*, 18(3), 96-99.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- SÖKMEN, B., AYDIN, S., & KINALIOĞLU, K. (2012). Antioxidant and antibacterial properties of a lichen species *Diploschistes scruposus* (Schreb.) Norman. *European Journal of Biology*, 71(1), 43-51.
- Song, Y., Wei, X.-Q., Li, M.-Y., Duan, X.-W., Sun, Y.-M., Yang, R.-L., . . . Wang, H. (2018). Nutritional composition and antioxidant properties of the fruits of a Chinese wild *Passiflora foetida*. *Molecules*, 23(2), 459.
- Sripad, G., Prakash, V., & Rao, M. N. (1982). Extractability of polyphenols of sunflower seed in various solvents. *Journal of Biosciences*, 4(2), 145-152.
- Sritularak, B., Tantituvanont, A., Chanvorachote, P., Meksawan, K., Miyamoto, T., Kohno, Y., & Likhitwitayawuid, K. (2010). Flavonoids with free radical scavenging activity and nitric oxide inhibitory effect from the stem bark of *Artocarpus gomezianus*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(5), 387-392.
- Stagos, D., Amoutzias, G. D., Matakos, A., Spyrou, A., Tsatsakis, A. M., & Kouretas, D. (2012). Chemoprevention of liver cancer by plant polyphenols. *Food and Chemical Toxicology*, 50(6), 2155-2170.

Références bibliographiques

- Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 30(18), 3268-3295.
- Sudha, G., Priya, M. S., Shree, R. I., & Vadivukkarasi, S. (2011). In vitro free radical scavenging activity of raw pepino fruit (*Solanum muricatum* aiton). *Int J Curr Pharm Res*, 3(2), 137-140.
- Sun, J., Tan, B. K., Huang, S.-H., Whiteman, M., & Zhu, Y.-Z. (2002). Effects of natural products on ischemic heart diseases and cardiovascular system. *Acta Pharmacologica Sinica*, 23(12), 1142-1151.
- Tits, M. (2010). Place et importance de la phytothérapie en thérapeutique moderne.
- Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., Cremin, P., Waterhouse, A. L., Hess-Pierce, B., & Kader, A. A. (2001). HPLC– DAD– ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4748-4760.
- Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231-1246.
- van der Woude, H., Alink, G. M., van Rossum, B. E., Walle, K., van Steeg, H., Walle, T., & Rietjens, I. M. (2005). Formation of transient covalent protein and DNA adducts by quercetin in cells with and without oxidative enzyme activity. *Chemical research in toxicology*, 18(12), 1907-1916.
- Vauzour, D., Rodriguez-Mateos, A., Corona, G., Oruna-Concha, M. J., & Spencer, J. P. (2010). Polyphenols and human health: prevention of disease and mechanisms of action. *Nutrients*, 2(11), 1106-1131.
- Visioli, F., Borsani, L., & Galli, C. (2000). Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovascular Research*, 47(3), 419-425.

Références bibliographiques

- Vuong, Q. V., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2011). Optimizing conditions for the extraction of catechins from green tea using hot water. *Journal of separation science*, 34(21), 3099-3106.
- Wang, J., & Mazza, G. (2002). Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production in LPS/IFN- γ -activated RAW 264.7 macrophages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 850-857.
- Woisky, R. G., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of apicultural research*, 37(2), 99-105.
- Wong, C.-C., Li, H.-B., Cheng, K.-W., & Chen, F. (2006). A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food chemistry*, 97(4), 705-711.
- Wong, Y. S., Sia, C. M., Eng, H., Ang, Y. K., Chang, S. K., & Yim, H. S. (2014). Influence of extraction conditions on antioxidant properties of passion fruit (*Passiflora edulis*) peel. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13(3).
- Yang, C. S., Li, G., Yang, Z., Guan, F., Chen, A., & Ju, J. (2013). Cancer prevention by tocopherols and tea polyphenols. *Cancer letters*, 334(1), 79-85.
- Yochum, L., Kushi, L. H., Meyer, K., & Folsom, A. R. (1999). Dietary flavonoid intake and risk of cardiovascular disease in postmenopausal women. *American Journal of Epidemiology*, 149(10), 943-949.
- Zavala, D., Mauricio, Q., Pelayo, A., Posso, M., Rojas, J., & Wolach, V. (2006). *Citotoxic effect of Physalis peruviana (capuli) in colon cancer and chronic myeloid leukemia*. Paper presented at the Anales de la Facultad de Medicina.
- Zucareli, V., Ferreira, G., Amaro, A. C. E., & Araújo, F. P. D. (2009). Fotoperíodo, temperatura e reguladores vegetais na germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(3), 106-114.

Références bibliographiques

