



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

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA1
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE
Laboratoire de Recherche des Plantes Aromatiques et Médicinales

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la nature et de la vie.

Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes

THEME

**Influence de traitements phytosanitaires sur la teneur et
l'activité biologique des métabolites secondaires du
pommier**

Présenté par :

Mme M'ZIANE SARAH

Mlle FEKIER RAZIKA

Devant le jury composé de:

Mme BELGUENDOZ R.	MCA	USDB	Président
Mme OUTTAR F.	MCB	USDB	Examinatrice
Mme BENFKIH-ALLAL L.	Pr	USDB	Promotrice
Mlle HAMEL A.	Doctorante	USDB	Co-promotrice

Année universitaire 2018-2019

Remerciements

Avant toutes choses, Nous remercions Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience.

Au terme de ce travail, il nous est agréable de remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

*Nous exprimons nos profonds remerciements et notre vive connaissance au professeur **MME ALLAL**, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'elle nous accordé pour nous permettre de réaliser ce travail*

*Nous adressons nos sincères remerciements au **MLLE HAMEL A**, pour sa disponibilité, ses conseils pour nous permettre de réaliser ce travail.*

*Notre profonde gratitude est à **Mr TFAHI** chef de service au niveau de laboratoire d'hygiène Blida ; qui nous ont dirigés au cours la réalisation de la partie expérimentale. Nous les remercions pour leurs conseils pertinents et leurs disponibilités.*

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements, et nos reconnaissances toute particulières et gratitude à **Pr BOUTOUMI** pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apporté.*

*Nous adressons nos sincères remerciements au **Mme BELGEUNDOUZ**, d'avoir accepté de présider le jury.*

Nous tenons également nos vifs remerciements à Mme OUTTAR, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Nous adressons nos remerciements et notre reconnaissance à tous les enseignants, étudiants Et travailleurs de l'université Blida 1, qui ont contribué de près ou de loin à notre formation pédagogique et scientifique.

Nous tenons également nos vifs remerciements pour tous les collègues de notre promotion BVP, on leur exprimant notre respect et notre profonde sympathie.

Dédicace

C'est avec respect et gratitude que je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma sympathie à :

*Mes très **chers parents**; je vous adresse ici toute mon affection et ma plus profonde estime. Merci de m'avoir menée là où j'en suis aujourd'hui. Les mots me manquent et je ne pourrais jamais vous remercier suffisamment pour tout l'amour, les sacrifices, la tendresse et la confiance que vous m'avez témoignée. Merci d'avoir pu comprendre et supporter ma distance et pour m'avoir laissée la liberté de suivre mon propre chemin.*

Cet achèvement je vous le dois.

*A mon âme sœur **HANA'A** et mes adorables frères **RACHID, MOHAMED** et **AMINE** pour leurs aides, soutiens et encouragements*

*Mes remerciements les plus sincères s'adressent à une personne extraordinaire, "**MON CHER MARIE**", les quelques phrases que je me permets ici de t'adresser ne suffisent pas pour exprimer tout le respect, la reconnaissance et l'affection que j'éprouve envers toi. Merci pour ton optimisme invincible, ta patience admirable, ton énorme soutien, tes vivaces encouragements. Pour toute ta gentillesse, ton humour, ta disponibilité et ta patience*

*A mes très chères **tantes** et **oncles** et mes adorables **cousins ; cousines** et mes **belles sœurs** pour leurs prières et encouragements*

*A mes neveux **Houda, Amira ; Abderrahim ; Yacine ; Haithem abdeldjalil et Selma***

*A mes **beaux-parents**, Je profite de l'occasion qui m'est ainsi donnée pour vous faire part de mon profond attachement et vous assurer de toute mon affection merci pour vos aides et disponibilité*

A ma grand-mère à qui je souhaite santé et longue vie.

A la mémoire de nos regrettables dont les souvenirs nous accompagnent toujours

*A mon partenaire de travail, très chère binôme **RAZIKA***

*A tout(es) mes amis (es) ; **chaima'a, Yasmine, Manel ; Wissem ; Cherine ; Radia ; Meriem** Et tous ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils surtout dans les moments difficiles.*

SARAH

Dédicace

*A mes chers
parents*

*Qui m'ont aidé à être ce que je suis, avec tant d'amour et
d'affection.*

*A mes chères sœurs, Amina et Wissem, zineb, Amira ainsi qu'à
leurs petites familles*

*Pour leur aide et leur soutien
moral.*

A mon frère Mohamed.

*A mes neveux Maram ,
Douaa Abdlmalkanes, aya .*

*A mon binome Sarah qui a
contribué a la réalisation de ce
modeste travail.*

*A tout(es) mes amis (es); Hafsa, Yasmine, Hadjer et wissem et Hind ; tous
ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils surtout dans les
moments difficiles.*

A toutes mes cousines : Fatima, ilham.

*Spéciale dédicace à moi pour ma patience
Je dédie ce modeste travail à la
pensée de ma grande mère et
grande père.*

RAZIKA

Résumé :

Ce travail rentre dans le cadre de la valorisation des pelures de pomme . Ces pelures pourraient être une source prometteuse de biomolécules d'intérêt, notamment les polyphénols.. Les activités anti oxydante et antimicrobienne des phytoextraits phénoliques des pelures de pomme *Malus domestica* de la variété 'Golden Delicious' ont été appréhendées dans cette étude. L'état phytosanitaire des deux vergers étudiés (le verger de l'ITAFV et le verger de la ferme pilote Hamamou situés dans la région de Benchicao, Médéa) a été pris en considération. Les résultats montrent que les rendements en polyphénols totaux (PPT) ainsi qu'en flavonoïdes (FLV) sont plus importants dans les pelures de pomme obtenus du verger de l'ITAFV par rapport à ceux de la ferme Hamamou, avec des taux de PPT= 50,71%, FLV=2,45% et PPT= 31,52% FLV=1,30%, respectivement. L'activité antioxydante la plus élevée, tous tests confondus, a été obtenue avec les pelures de pomme du verger de l'ITAF. Les teneurs en phénols totaux et en flavonoïdes des extraits étudiés sont de 0.183 EAG/g MS (verger ITAF) et 0.085EAG/g MS (verger Hamamou).et de 0,075 et 0,045mg ER/g MS respectivement. L'activité antioxydante a été évaluée par le pouvoir de piéger le radical stable 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH). L'IC₅₀ le plus faible est celui de l'extrait phénolique du verger de Hamamou. L'inhibition bactérienne est plus grande avec l'extrait flavonoïque par rapport à celle des polyphénols totaux (p= 0,006)

L'inhibition antifongique est plus faible avec les phytoextraits .concernant les autres facteurs, il semble que le diamètre d'inhibition est similaire quelque soit la souche (il n'ya pas de différence significative, p=0,63) et on peut dire dire que ce diamètre est resté stable quelque que soit le temps de lecture (24h, 48h, 72h et 7jours, P= 0,108).

Mots clés : sous-produits, pelures, pommier, Golden delecious, flavonoides, polyphénols, activité antioxydant, activité antimicrobienne.

Abstract:

This work falls within the framework of waste recovery. This waste could be a promising source of biomolecules of interest, including polyphenols. Antioxidant and antimicrobial activities of phenolic phytoextracts of apple peel *Malus domestica* of the variety '**Golden Delicious**' were apprehended in this study. The phytosanitary status of the two studied orchards (the ITAFV orchard and the orchard of the Hamamou pilot farm located in the region of Benchicao, Medea) was taken into consideration. The results show that yields of total polyphenols (PPT) and flavonoids (FLV) are higher in apple peels obtained from the ITAFV orchard compared to those of the Hamamou farm, with PPT levels = 50.71%, FLV = 2.45% and PPT = 31.52% FLV = 1.30%, respectively. The highest antioxidant activity, all tests combined, was obtained with apple peels from the ITAF orchard. The total phenol and flavonoid contents of the extracts studied are 0.183 EAG / g MS (ITAF orchard) and 0.085 EAG / g MS (Hamamou orchard) and 0.075 and 0.045 mg ER / MS respectively. Antioxidant activity was evaluated by the ability to trap the stable 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH). The lowest IC₅₀ is that of the phenolic extract from the Hamamou orchard. Bacterial inhibition is greater with flavonoic extract compared with total polyphenols (p = 0.006) .

The antifungal inhibition is weaker with Plant extracts. Concerning the other factors, it seems that the diameter of inhibition is similar whatever the strain (there is no significant difference, p = 0.63) and one can say to say that this diameter remained stable whatever the reading time (24h, 48h, 72h and 7 days, P = 0.108).

Key words: byproducts, peels, apple tree, Golden delecious, flavonoids, polyphenols, antioxidant activity, antimicrobial activity.

ملخص:

يندرج هذا العمل في إطار استعادة القشور. قد تكون هذه القشور مصدرًا واعدًا للجزيئات الحيوية ذات الاهتمام ، بما في ذلك البوليفينول. تم القبض على الأنشطة المضادة للأكسدة ومضادات الميكروبات من مجموعة متنوعة "الذهبي لذيذ" في هذه الدراسة. تم أخذ الوضع الصحي للصحة في البستانين *domestica* ، المدية) في Benchicao التجريبية الواقعة في منطقة Hamamou وبستان مزرعة ITAFV المدرستين (بستان أعلى في قشور التفاح التي تم (FLV) والفلافونويدات (PPT) الاعتبار. أظهرت النتائج أن غلات البوليفينول الكلي = PPT ، مع مستويات Hamamou بالمقارنة مع تلك الموجودة في مزرعة ITAFV الحصول عليها من بستان ، على التوالي. تم الحصول على أعلى FLV = 1.30 % PPT = 31.52 % و FLV = 2.45 % ، 50.71 إجمالي محتويات الفينول. ITAF. نشاط مضاد للأكسدة ، جميع الاختبارات مجتمعة ، مع قشور التفاح من بستان EAG / g MS (ITAF) و 0.085EAG / g MS والفلافونويد في المستخلصات المدروسة هي 0.183 على التوالي. تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة من خلال القدرة 0.045 mg ER / MS و 0.075 (Hamamou) هو المستخلص IC50 أدنى. (DPPH) على حبس جذري ثابت ثنائي 2،2 - ثنائي فينيل - 1 - بيكريل هيدرازيل الفينولي من بستان هامامو. تثبيط البكتيريا أكبر مع مستخلص الفلافونيك مقارنة مع مجموع البوليفينول (ع = 0.006).

تثبيط مضاد للفطريات هو أضعف مع مستخلصات النبات. فيما يتعلق بالعوامل الأخرى ، يبدو أن قطر تثبيط مماثل مهما كانت سلالة (لا يوجد فرق كبير ، ع = 0.63) ويمكن للمرء أن يقول أن هذا القطر بقي مستقرًا مهما كان وقت القراءة 24 ساعة أو 72 ساعة أو اسبوع (P = 0.108)

الكلمات المفتاحية: المنتجات الثانوية ، القشور ، شجرة التفاح ، الشهى الذهبي ، الفلافونويد ، البوليفينول ، نشاط مضاد للأكسدة ، النشاط المضاد للميكروبات.

Liste des abréviations

LRPMA : laboratoire du recherche des plantes médicinales et aromatiques.

DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50%.

Mg E/g Ps: Milligramme d'équivalent par gramme du poids sec de la plante.

ITAFV : l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la vigne.

DMSO: Diméthylsulfoxyde.

DPPH : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle.

PPT : polyphénol totaux

FLV : flavonoïdes

HM : Verger Hamamou

FeCl₃ : chlorure de fer

P.aeruginosa : Pseudomonas aeruginosa

S.aureus : Staphylococcus aureus

C.albicans : Candida albicans

E.coli: Escherechia coli

AM: Amoxicilline

MK :Amikoz

Depuis toujours la pomme est considérée comme un aliment aux vertus thérapeutiques. La pomme est l'un des fruits le plus consommé mondialement avec une production mondiale de 66 millions de tonnes (FAO, 2010) et une production nationale de l'ordre de 124,1 qx/ha (MADR, 2016).

Les pommes sont l'un des fruits très consommés à travers le monde, En Algérie, la culture du pommier est en progression durant cette dernière décennie. A partir de l'année 2011, la superficie des vergers à évolué de 70% qui correspond à une augmentation annuelle de 13% avec une production de 35% et par conséquent sa consommation est très importante **(FAO, 2010)**.

La consommation régulière de pommes (2 à 3 par jour) pourrait en effet diminuer de 5 à 15 % le taux de cholestérol **(Aprifel, 2008)**. Les polyphénols de ce fruit lui assurent par ailleurs un fort potentiel antioxydant **(Eberhardt et al., 2000)**. La prévention des maladies chroniques est associée à une consommation de pommes **(Rupasinghe 2012)**. Les régimes riches en flavonoïdes ont été associés à une réduction du risque des maladies cardiovasculaires **(Bondonno et al., 2017)** et certains types de cancer **(Woo et Kim, 2013)**.

Dans l'axe de recherche et de valorisation des pelures vert des fruits, nous avons choisis d'étudier les effets d'extraits des pelures de la pomme. Le choix de cette plante et de ses pelures en tant que déchets a été justifié par les indications d'usage traditionnel et par le faible nombre de travaux documentés. L'objectif de notre travail vise à démontrer la richesse des pelures de pommes en composés phénoliques et à déterminer leurs propriétés biologiques.

Ce document est concrétisé en trois parties :

La première partie : Une revue bibliographique décrivant la pomme, son origine ; ses différents composés phénoliques et flavonoïques ainsi que leur emploi thérapeutique.

La deuxième partie présente le matériel et la méthodologie d'étude ; nous avons commencé par l'extraction de polyphénols, des différentes fractions flavonoïques, leurs dosages, ainsi que l'explication des paramètres de l'étude. Suivi de l'étude de quelques activités biologiques, tel que:

- L'activité antioxydant vis-à-vis du radical libre DPPH.
- l'estimation, *in-vitro*, de l'activité antimicrobienne vis-à-vis des souches bactériennes et fongiques qui sont la source de plusieurs infections graves chez l'homme.

La troisième partie consiste à présenter les différents résultats obtenus et leurs interprétations.

Nous terminons enfin par une conclusion et des perspectives à cette contribution.

Sommaire

Page

Résumé

Introduction générale

Chapitre I : Revue bibliographique

1. La pomme	1
1.1. Origine et historique du pommier.....	1
1.2 Description botanique.....	1
1.3. Classification.....	2
1.4. Composition du fruit.....	3
1.5. Protection phytosanitaire des pommes.....	3
1.6. Production des pommes.....	3
1.6.1. Production mondiale.....	4
1.6.2 .Production en Algérie.....	5
1.6.2.1. Pomiculture a Médéa.....	7
2. Généralités sur les métabolites secondaires	8
2.1. Classification des métabolites secondaires.....	8
2.2. Les composés phénoliques.....	9
2.2.1. Localisation des composés phénoliques dans la plante.....	9
2.2.2. Rôles des composés phénoliques.....	9
2.2.3. Biosynthèse des composés phénoliques.....	10
2.2.4. Activité antioxydant des polyphénols.....	11
2.3. Emplois thérapeutiques des composés phénoliques de pommes.....	11
2.4. Les composés phénoliques de la pomme.....	12
3. Les Flavonoïdes	
3.1. La structure chimique.....	12
3.2. La classification des flavonoïdes.....	12

a). Les flavonols.....	13
b). Les flavones.....	13
c). Les flavan-3-ols.....	14
d).Les anthocyanidines.....	14
e).Les Flavanones.....	15
f).Les Isoflavones	15
3.3. Biosynthèse des flavonoïdes.....	15
4. Activité antimicrobienne des polyphénols.....	16

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Objectifs de l'étude.....	17
2. Présentation de la zone d'étude (origine de la plante).....	17
2.1.Présentation du site d'échantillonnage.....	18
2. Matériel	19
2.1. Matériel	
biologique.....	19
2.1.1. Matériel végétal	19
2.1.2. La récolte (échantillonnage).....	20
2.1.3. Préparation des échantillons.....	20
2.1.4. Matériel (souches) microbien.....	21
2.2. Appareils du laboratoire.....	21
2.3. Les produits chimiques.....	22
3. Extraction des polyphénols totaux par macération dans le méthanol aqueux.....	22
4. Mise en évidence des différents composés phénoliques.....	23
4.1. Mise en évidence des poly phénols totaux.....	24
4.2. Mise en évidence des flavonoïdes.....	24
5. Dosage des composés phénoliques totaux	24
5.1. Calcule de dosage des composés phénoliques	25
6. Dosage des flavonoïdes.....	25
7. Extraction des flavonoïdes.....	26

8. Etude de l'activité antioxydant des extraits phénoliques	27
9. Etude de l'activité antimicrobien	28
Chapitre III : Résultats et discussions	
Résultats.....	30
Discussion.....	49
Conclusion Générale.....	52
Annexe.....
Références bibliographiques

Liste des Figures :

Figure 1: a) Evolution de la superficie du pommier dans le monde(2008-2018).....	4
b) Evolution de la production du pommier dans le monde (2008-2018)	
c) Evolution du rendement du pommier dans le monde (2008-2018)	
Figure 2: a)Evolution de la superficie du pommier en Algérie (2008-2018).....	6
b) Evolution de la production du pommier en Algérie (2008-2018)	
c) Evolution du rendement du pommier en Algérie (2008-2018)	
Figure 3 : a)-Evolution du rendement du pommier à Médéa(2014-2017).....	8
b)-Evolution de la production du pommier à Médéa (2014-2017)	
c)- Evolution de la superficie du pommier à Médéa(2014-2017)	
Figure 4 : Structure de base d'un flavonoïde (Heller et Forkmann 1993).....	12
Figure 5 : Structures chimiques des principales classes des Flavonoïdes.....	13
Figure 6 : Structures chimiques de classes mineures des Flavonoïdes.....	13
Figure 7: a) Commune Benchicao (Google earth).....	18
b) Vergers choisis pour les prélèvements des échantillons	
Figure 8 : Nombre des traitements phytosanitaires appliqués sur les vergers d'étudiant la campagne agricole 2017/2018.....	19
Figure 9: fruits et pelures de pommes <i>Golden Delicious</i>	20
Figure 10 : Poudres obtenues après broyage des échantillons séchés.....	20
Figure 11 : Protocole d'extraction des polyphénols totaux.....	22
Figure 12 : Protocole d'extraction des flavonoïdes.....	26
Figure 13 : La mise en évidence de la présence des polyphénols et des flavonoïdes...31	
Figure 14 : Rendements comparés des polyphénols totaux et des flavonoïdes obtenus à partir des pelures de pommes <i>Golden delicious</i> récoltées dans les deux vergers (verger 1 : ITAF, verger 2 :Hamamou).....	31
Figure 15 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	32
Figure16 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.....	33
Figure17: Représentation graphique de l' activité antioxydant.....	35
a) Acide ascorbique	
b) extrait phénolique du verger ITAFV	
c) extrait phénolique du verger Hamamou	
Figure18 : Le pouvoir d'inhibition de l'activité antioxydante.....	36

Figure 19: Effet anti bactérien comparé des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées de verger ITAFV	38
Figure 20: Effet anti bactérien comparé des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées de verger Hamamou.....	39
Figure 21 : Effet anti bactérien des extraits phénoliques totaux issus des pelures de pommes prélevées de deux verger.....	39
Figure 22 : Effet anti bactérien des extraits phénoliques totaux issus des pelures de pommes prélevées de deux verger.....	40
Figure 23 : Effet anti fongique des extraits flavonoïque issus des pelures de pommes prélevées de verger hamamou après 24h.....	41
Figure 24 : Effet anti fongique des extraits flavonoïque issus des pelures de pommes prélevées de verger ITAFV après 24h.....	41
Figure 25 : Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées de verger ITAFV après 24h.....	42
Figure 26 : Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées de verger hamamou après 24h.....	42
Figure 27 : Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées de verger ITAFV après 48h	43.
Figure 28: Effet anti fongique des extraits phénoliques issus des pelures de pommes prélevées de deux verger après 48h	44
Figure 29 : Effet anti fongique des extraits flavonoïque issus des pelures de pommes prélevées du verger ITAFV après 48h	44
Figure 30: Effet antifongique des extraits flavonoïque issus des pelures de pommes prélevées de verger hamamou après 48h.....	45
Figure 31 : Effet antifongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées de verger ITAFV après 7jours.....	45
Figure 32: Effet antifongique des extraits polyphénols totaux issus des pelures de pommes prélevées du verger hamamou après 7 jours.....	46

Figure 33: Effet antifongique des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées de verger ITAFV après 7 jours.....	46
Figure 34: Effet antifongique des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées de verger hamamou après 7 jours.....	47
Figure 35: Variation de l'activité antimicrobienne selon la partie du fruit, le solvant utilisé et la sensibilité des souches microbiennes.....	48

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de la culture du pommier dans le monde (2010- 2017).

Tableau 2 : Evolution de la culture du pommier en Algérie (2014-2017).

Tableau 3: Activité biologique de certains composés phénoliques.

Tableau 4: Souches microbiennes testés pour l'effet des extraits végétaux.

Tableau05 : la mise en évidence de la présence des composés phénoliques.

Tableau06 : la teneur en polyphénol totaux et en flavonoïde.

Tableau 07: le pouvoir d'inhibition d'IC50 .

Tableau 08 : Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de l'activité antimicrobienne pour les extraits d'écorce de *Malus domestica* Var. *Golden delicious* .

II.1. Objectifs de l'étude :

L'objectif de cette étude est de rechercher l'effet quantitatif et qualitatif des traitements phytosanitaires sur les composés phénoliques des pelures de pommes notamment les flavonoïdes.

Le travail était réalisé en deux étapes discriminées :

La 1^{ère} étape : consacrée à l'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes, réalisée au Laboratoire de Recherche des Plantes Aromatiques et Médicinales (LRPAM), Département des Biotechnologies, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV), Université Blida 1.

La 2^{ème} étape : porte sur l'évaluation des activités biologiques des extraits phénoliques et flavonoïques à savoir :

- L'activité antioxydante ; réalisée au laboratoire LRPAM, Département de biotechnologie, Faculté SNV, Université Blida 1.
- L'activité antimicrobienne ; testée au niveau du laboratoire d'hygiène du Blida.

2. Présentation de la zone d'étude (origine de la plante):

Les fruits de pommes utilisés dans cette étude ont été récoltés au niveau de la commune de Benchicao W. de Médéa, connue par sa vocation agricole en particulier en pomiculture.

La wilaya de Médéa est située au cœur de l'atlas tellien, caractérisée par une altitude élevée et un relief mouvementé enserrant quelques plaines assez fertiles. Elle s'étend sur une superficie de 8700 Km², regroupant 64 communes et 19 Dairates. Elle est limitée au nord par la wilaya de Blida, l'ouest par la wilaya de Ain Defla et Tissemsilt, au sud par la wilaya de Djelfa, et à l'Est par les wilayas de M'sila et Bouira .

2.1. Présentation du site d'échantillonnage :

La commune de BENCHICAO se situe au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Médéa, à une distance de 22 Km. Elle est limitée au nord par la commune d'Ouzra, au sud par la commune de Berrouaghia à l'ouest par les communes de Tizi Mehdi et Si Mahdjoub.

L'échantillonnage a été fait de deux vergers situées à une distance de 5 km au sud-ouest du chef-lieu de BENCHICAO, à une altitude qui varie entre 1080m et 1133m, il s'agit de la

ferme pilote RayadesHmamou et de la ferme de démonstration de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne. (Fig7)

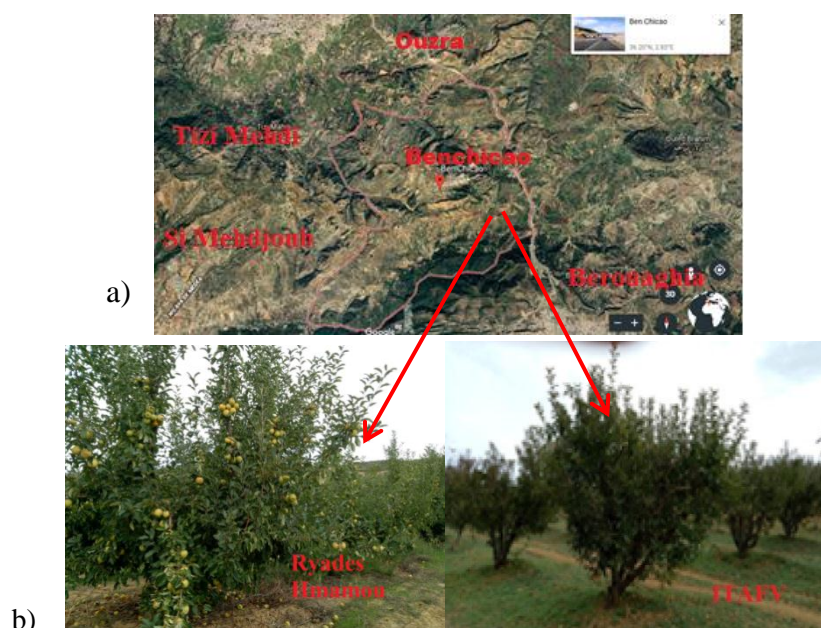


Figure 7: a) Commune Benchicao (Google earth).

b) Vergers choisis pour les prélèvements des échantillons (Originales, 2018).

Données générales des vergers :

Ferme pilote RayadesHmamou:

Variété: *Golden delicious*

Age: 15 ans (2004)

Surface : 10.5 ha

Densité : 333 arbre /ha
(Écartement : 6X5)

Ferme de démonstration ITAF :

Variété : *Golden delicious*

Age : 16 ans (2003)

Surface : 10.5 ha

Densité : 400 arbres /ha
(Écartement : 5X5)

Le choix des vergers est basé sur la différence enregistrée en matière d'intensité des traitements phytosanitaires, où nous avons remarqué que la ferme pilote à procéder aux différents types de traitements nécessaires (préventifs et curatifs), allant du stade poste-récolte de la campagne précédente jusqu'à la maturation des fruits échantillonnés ; alors qu'au niveau de la station d'ITAF les traitements ont été en nombre limité et d'ordre curatif, ils n'ont commencé qu'en cours du stade de fructification. (**Figure 8**).

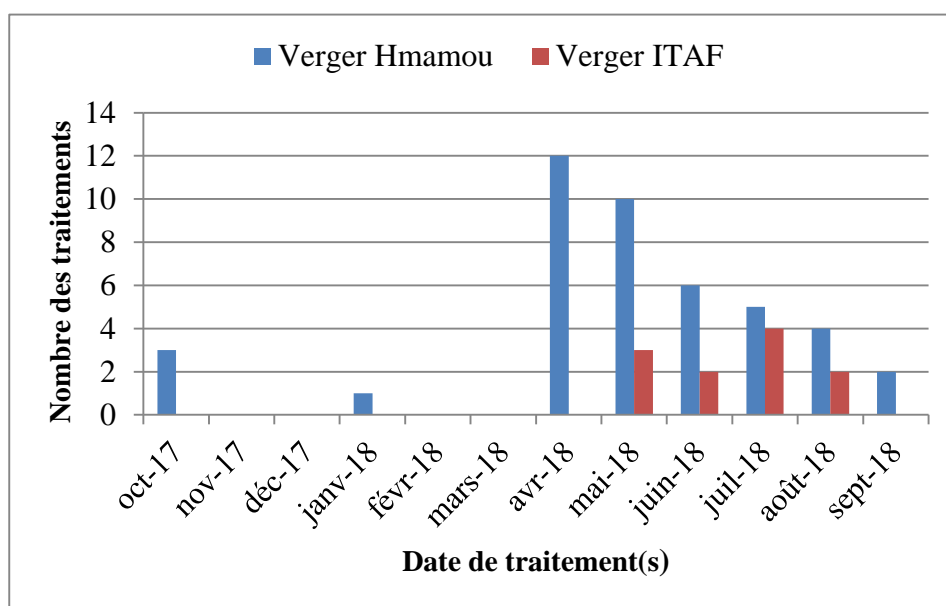


Figure 8: Nombre des traitements phytosanitaires appliqués sur les vergers d'étude durant la campagne agricole 2017/2018.

2. Matériel :

2.1. Matériel biologique :

2.1.1. Matériel végétal :

Le matériel végétal objet de cette étude consiste en pelures de fruits mûrs, de couleur jaune verdâtre, de la pomme *Golden Delicious* cultivée en Algérie, plus précisément des vergers de la ferme RyadesHmamou et la station démonstrative ITAFV, présentés auparavant.

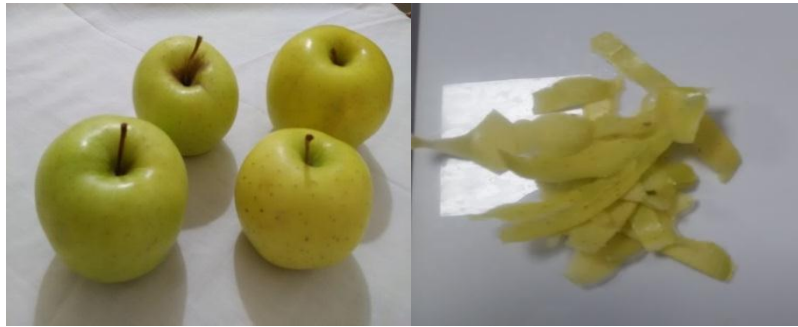


Figure 9: fruits et pelures de pommes *Golden Delicious*(Originale, 2018)

2.1.2. La récolte (échantillonnage) :

L'échantillonnage était effectué aléatoirement, en date du 08 octobre 2018, et ce durant la période de récolte de la variété étudiée dans la wilaya de Médéa.

Une quantité de 5 Kg d'environ, de chaque verger, a été prélevée et ramenée au laboratoire LRPMA. Les fruits ont été laissés dans des sacs en papier à température ambiante (fraîches) jusqu'à utilisation.

2.1.3. Préparation des échantillons :

L'étape de séchage a pour but d'abaisser la teneur en eau des fruits. Ces derniers sont bien lavés avec l'eau du robinet et essuyés par un tissu. Les fruits sont épluchés pour avoir les pelures qui vont être séchées sur du papier cuisson par étuve réglée à une température de 50 C° jusqu'à stabilisation du poids.

La matière sèche est réduite en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique, et tamisée par la suite pour l'obtention d'une poudre homogène. Cette dernière est conservée dans des boîtes stériles fermées hermétiquement (**Figure 10**).



Figure 10 : Poudres obtenues après broyagedes échantillons séchés(originale 2018).

2.1.4. Matériel (souches) microbien :

Des souches pathogènes pour l’homme, obtenues du Laboratoire d’Hygiène de la wilaya de Blida sont utilisées pour l’évaluation de l’activité antimicrobienne des polyphénols totaux et des flavonoïdes extraits des pelures de pommes.

La gamme microbienne est composée de de trois (03) bactéries et une levure référenciées, et deux (02) champignons filamenteux (**tableau 4**).

Les souches alimentaires		Référence	Provenance
Bactéries	Gram-	<i>Escherichia coli</i>	ATCC25922
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC27853
	Gram+	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 6538
Champignons		<i>Candida albicans</i>	ATCC 24433
		<i>Aspergillusniger</i>	ATCC 16404
		<i>Peniciliumdigitatum.</i>	Souche d’origine alimentaire
			Laboratoire d’hygiène de Blida

Tableau 4 : Souches microbiennes testés pour l’effet des extraits végétaux.

2.2. Les produits chimiques :

- Méthanol
- Ether de pétrole
- L’eau distillée
- Acide acétique
- DMSO
- DPPH
- Hcl
- Fecl3
- Acide gallique
- Acide ascorbique
- Quercétine
- Folin–Ciocalteu
- NaCa3 ,AlCl3

3. Extraction des polyphénols totaux par macération dans le méthanol aqueux :

La macération (extraction solide-liquide) est une opération qui consiste à laisser séjourner la matière végétale dans une solution alcoolique pour extraire les principes actifs (composés phénoliques et flavonoïdes).

- **Mode opératoire :**

L'extraction des composés phénoliques a été effectuée selon le protocole décrit par **Rong (2007)** avec quelques modifications:

- Dans un bécher de 500 ml, 5g de poudre de pomme est macérée dans un mélange de méthanol-eau-acide acétique (85: 15: 0,5, v/v/v).
- Laisser macérer pendant 1 h, ensuite filtrer sur papier Wathman (n°:1) ;
- L'opération a été répétée trois fois ; Les trois filtrats sont récupérés dans le même récipient.
- Evaporer le filtrat sous pression réduite à 60°C, puis récupérer l'extrait dans 5ml de méthanol et conservé à 4°C

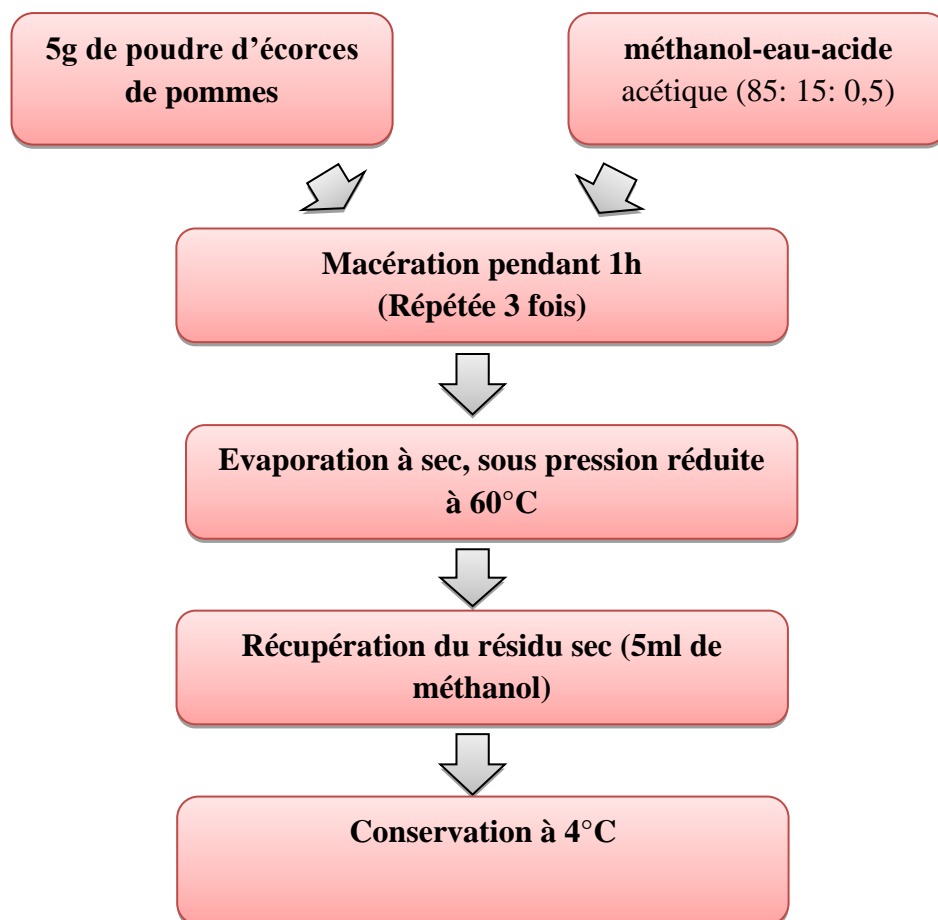


Figure 11: Protocole d'extraction des polyphénols totaux (**Rong, 2007**).

Détermination des rendements en polyphénols totaux et flavonoïdes :

Le rendement (**R**) des différentes fractions phénoliques est déterminé selon la formule suivante:

$$R(\%) = \frac{(P1 - P2)}{P3} \times 100$$

P1 : Poids du ballon après évaporation ;

P2 : Poids du ballon vide ;

P3 : Poids de la matière végétale de départ

4. Mise en évidence de la présence des composés phénoliques :

4.1. Mise en évidence des polyphénols totaux :

Dans un tube à essai, on met 1ml de chaque extrait ensuite on additionne quelques gouttes de perchlorure ferrique ($FeCl_3$) (**Békro et al, 2007**). L'apparition de couleur verte noirâtre indique la présence des composés phénoliques dans l'extrait.

4.2. Mise en évidence des flavonoïdes

Dans un tube à essai, plongé dans de l'eau froide contenant 2ml de l'extrait méthanolique, sont ajoutés quelques gouttes de l'alcool chlorhydrique (4 ml éthanol + 1ml HCl concentré) et ajouter 15 mg magnésium (**Békro 2007**).

La présence des flavonoïdes dans les extraits est indiquée par l'apparition d'une couleur Rose-orange ou violacée.

5. Dosage des composés phénoliques totaux :

Principe :

Le dosage des phénols totaux des extraits des plantes a été déterminé par la méthode de Folin–Ciocalteu préconisée par **Grigoras 2013**; lors de l'oxydation des phénols, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène. La coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (**singleton et al 1965**).

Mode opératoire :

1ml d'extrait est mélangée a 1 ml de Folin-Ciocalteu après incubation de 8 minutes on ajoute 3ml de la solution aqueuse Na₂CO₃ (20%) complétez le volume du mélange est ajusté jusqu'au 20 ml de l'eau distillé, le mélange est incubé pendant 2h en température ambiante et à l'obscurité.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent AG par litre (mg EAG/L) en utilisant une courbe d'étalon d'AG de différentes concentrations.

L'absorbance est lue à l'aide d'un spectrophotomètre 760nm contre un blanc composé de

5.1. Calcule de dosage des composés phénoliques :

Les résultats de dosage sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par g de matière sèche et a été calculée selon la formule suivante :

$$T = \frac{CXV}{M}$$

T:Concentration des polyphénols (mg EAG / g matière sèche)

C:Concentration obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml)

V:Volume de l'extrait méthanolique (ml)

M: poids de l'extrait sec (mg)

6. Dosage des flavonoïdes :

Principe :

La teneur en flavonoïde totale a été déterminée par la méthode colorimétrique au trichlorure d'Aluminium (AlCl₃) qui donne un mélange de couleur jaune en présence de flavonoïde (Ismail et al., 2010) .

Mode opératoire :

1ml d'extrait est mélangéà 1 ml de solution d'AlCl₃ (2%) après 10 minutes d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été mesurés à 435 nmcontre un blanc composé de méthanol de la solution d'AlCl₃.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent EQ par litre (mg EQ/L) en utilisant une courbe d'étalon de la quercitine de différentes concentrations.

7. Extraction des flavonoïdes :

7.1. Affrontement par l'éther de pétrole:

Avant l'extraction des différents flavonoïdes, les différentes solutions méthanoliques obtenues ont été débarrassées des cires, des lipides et de la chlorophylle par trois lavages successifs avec l'éther de pétrole (**Kebièche et al, 2011**).

D'après **Rihane et Benlahreche (2013)**, le protocole est comme suit avec quelques

Modifications:

La matière végétale a été macérée dans un mélange méthanol/eau/acide acétique (85: 15: 0,5, v /v/ v). Sous agitation douce pendant une 1h puis filtrer par papier filtre. Le mélange est additionné à 50ml de l'éther de pétrole et met dans une ampoule à décanter pour séparer les deux phases (phase épiphase et phase hypophase) et récupérer la phase organique (hypophase) dans un récipient en verre et la laisser sécher à l'air libre. L'opération est répétée trois (03) fois.

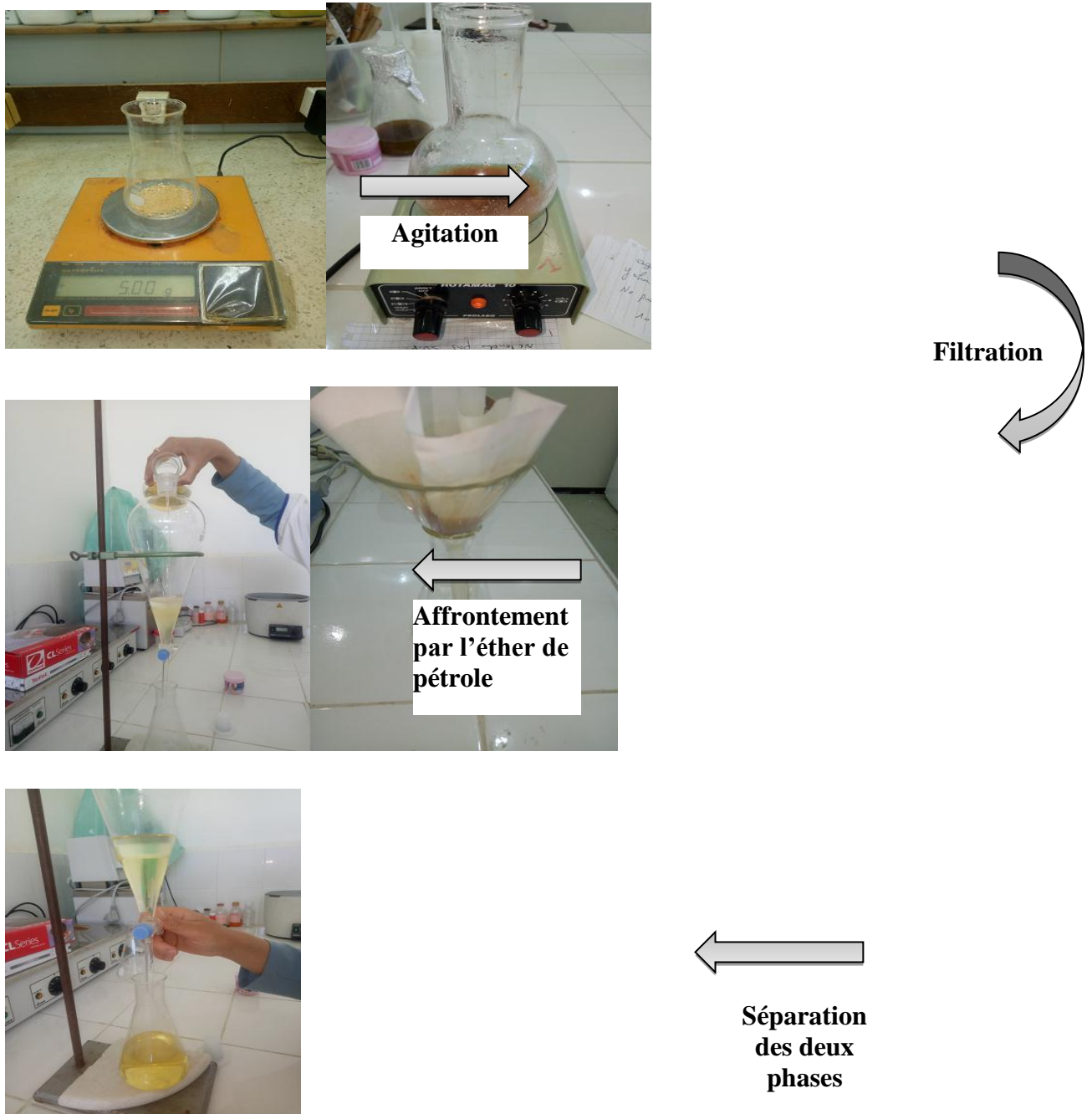


Figure 12 : Protocole d'extraction des flavonoïdes (Kebîèche et al, 2011).

8. Etude de l'activité antioxydante des extraits phénoliques :

Principe :

La mesure de l'activité antioxydante des différents extraits phénoliques a été effectuée par l'estimation de leur pouvoir de piéger le radical stable 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH).

Mode opératoire

1ml de l'extrait est dilué 5 fois dans le méthanol (dilution décimale) et additionné à 1mL de DPPH ; Un contrôle négatif est préparé avec du méthanol et du DPPH. Après homogénéisation et incubation pendant 30 minutes à température ambiante et à l'abri de la lumière l'absorbance est lue à 517 nm contre le blanc.

Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard : l'Acide ascorbique dont l'absorbance est mesurée dans la même condition (**Hamia, 2014**).

8.1. Calcul de pourcentage d'inhibition :

Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) selon l'équation suivante :

$$\% \text{Inhibition} = (\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon} / \text{Abs contrôle}) * 100$$

Abs contrôle : correspond à l'absorbance du contrôle négative (méthanol).

Abs échantillon : correspond à l'absorbance de l'échantillon

Les valeurs de l'EC50 ont été déterminées graphiquement par la régression linéaire. L'étude de la variation de l'activité anti radicalaire en fonction de la concentration des extraits permet de déterminer la concentration d'extrait nécessaire pour réduire 50% de radical DPPH; c'est la concentration efficace à 50% (Ec50) aussi appelée Ic50 (concentration inhibitrice de 50%), elle est exprimée en mg/ml. Une faible valeur d'IC50 correspondant à une grande efficacité de l'extrait.

9. Etude de l'activité antimicrobienne :

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a été réalisée selon la méthode de diffusion sur milieu solide (**Sokmen et al ;2004**) . Tout le matériel utilisé a été stérilisé à l'autoclave à 120°C pendant 15 min et dans un environnement stérile.

- **préparation des milieux de culture :**

Les milieux gélosés **Mueller Hinton** et **Sabouraud** sont utilisés pour les bactéries et les champignons respectivement. Ils sont mis dans un bain-marie à 40°C pendant 30min pour être écouler dans des boîtes de Pétri.

- **préparation de l'inoculum :**

des suspensions microbiennes préparées à partir des cultures de bactéries et de champignons a été préparé auparavant afin de servir comme source d'ensemencement pour tester l'effet de nos extraits végétaux ; le prélèvement est fait à l'aide d'une anse de platine stérile à une seule fois dans 10 ml d'eau physiologique puis portées à l'incubation pendant (18-24) heures à 37°C.

- **Préparation des disques :**

Des disques de papier Wathman n°1 de 6 mm de diamètre, stériles, sont chargés de phytoextrait à tester à raison de 20µl par disque.

Des disques imprégnés de DMSO et d'eau physiologique et d'autres non imprégnés (vierges) sont également utilisés pour servir de témoin négatif. Le témoin positif est représenté par des disques contenant de l'Amoxicilline (25mg/ml) et d'Amikoz (50 mg/ml) pour leur activité antibiotique et antifongique, respectivement.

- **Ensemencement**

Des boîtes de pétrie stériles préalablement coulées, sont ensemencées par écouvillon, l'ensemencement s'effectue de telle sorte à assurer une distribution homogène des bactéries. À l'aide d'une pince stérile, les disques de papier filtre contenant les produits à tester sont déposés à la surface de la gélose inoculée au préalable. (RAHAL, 2005).

- **Lecture des résultats**

L'activité antibactérienne a été déterminée en mesurant à l'aide d'une règle le diamètre de la zone d'inhibition. L'inhibition se traduit par l'apparition d'un halo translucide autour du disque (Chebaibiet *al.*, 2011).

Selon Mutai *etal.* (2009), le classement des extraits en fonction des diamètres des zones d'inhibitions est comme suit:

- Très fortement inhibiteur: $\text{Ø} \geq 30$ mm.
- Fortement inhibiteur : $21 \text{ mm} \leq \text{Ø} \leq 29$ mm.
- Modérément inhibiteur : $16 \text{ mm} \leq \text{Ø} \leq 20$ mm.
- Légèrement inhibiteur : $11 \text{ mm} \leq \text{Ø} \leq 16$ mm.
- Non inhibiteur lorsque $\text{Ø} \leq 10$.

Nous présentons dans cette partie les résultats relatifs d'une part à l'activité anti oxydante des phytoextraits phénoliques des pelures de pomme et à leur activité antimicrobienne, d'autre part. L'état phytosanitaire des deux vergers étudiés (le verger de l'ITAF et le verger de la ferme pilote Hamamou) a été pris en considération, sachant que le nombre de pesticides et de traitements réalisés apparait différent.

A cet effet, sont donnés les résultats des rendements ainsi que la teneur des phytoextraits obtenus à partir des pelures de fruits récoltés à maturité. Nous donnons ensuite les résultats de l'activité antioxydante, antibactérienne et antifongique de ces mêmes extraits.

1. Mise en évidence de la présence des composés phénoliques :

Cette analyse qualitative a pour but la mise en évidence de la présence des polyphénols dans nos échantillons, notamment les flavonoïdes.

Ce test est basé sur des réactions de coloration en utilisant différents réactifs, le tableau suivant résume les réactions:

Tableau05 :La mise en évidence des composé phénoliques.

Composé	Réactif	Couleur	Réaction
Polyphénols totaux	Perchlorure ferrique (FeCl ₃)	Vert noirâtre	+
Flavonoïde	Alcool chlorhydrique+ magnésium	Rose orange	+

+ : Présence du métabolite dans l'extrait.

Le test phytochimique a montré que les extraits des pelures de pommes des deux vergers étudiés, contiennent des polyphénols et des flavonoïdes (figure 14).

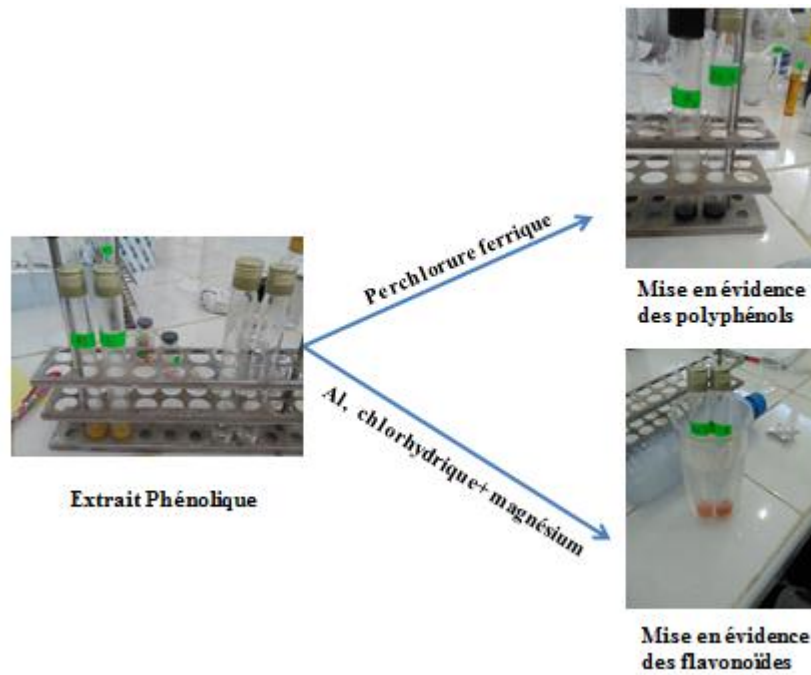


Figure 13 : Mise en évidence de la présence des polyphénols et des flavonoïdes

2. Détermination du rendement des polyphénols totaux et des flavonoïdes :

Les rendements des phytoextraits étudiés sont exprimés en pourcentages par rapport à la matière végétale sèche. Les données sont représentées dans la figure 15.

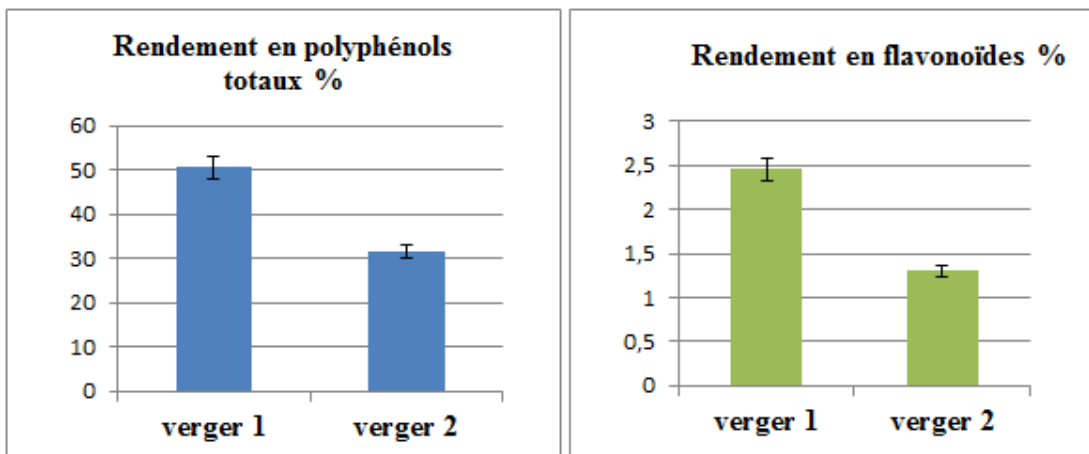


Figure 14 : Rendements comparés des polyphénols totaux et des flavonoïdes obtenus à partir des pelures de pommes *Golden délicious* récoltées dans les deux vergers (verger 1 : ITAF, verger 2 : Hamamou).

Les résultats montrent que les rendements en polyphénols totaux ainsi qu'en flavonoïdes sont plus importants dans les pelures de pomme obtenus du verger de l'ITAFV par rapport à ceux de la ferme Hamamou, avec des taux de PPT= 50,71%, FLV=2,45% et PPT= 31,52% FLV=1,30%, respectivement.

3. Dosage des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes :

Les teneurs en composés phénoliques peuvent être utilisées comme indicateurs importants de la capacité antioxydante et servir d'écran préliminaire pour tout produit destiné à constituer une source naturelle d'antioxydants dans les aliments fonctionnels (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

Ces teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes sont calculées respectivement, à partir des équations de régression des courbes d'étalonnage de l'Acide gallique ($y = 175,12x + 0,0281$; $R^2 = 0,9996$) et de la Quercétine ($y = 364,17x + 0,0958$; $R^2 = 0,9866$) (Figures 12 et 13).

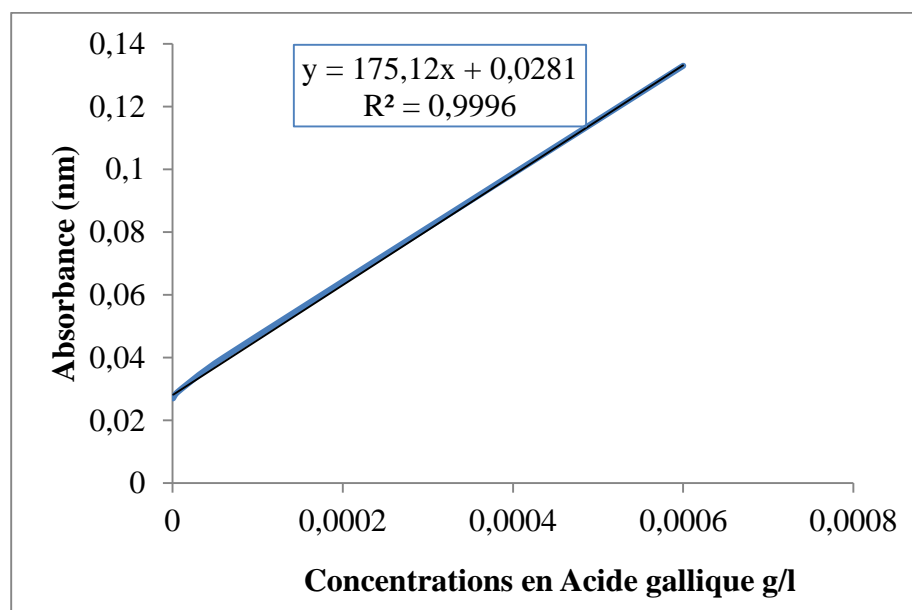


Figure 15 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

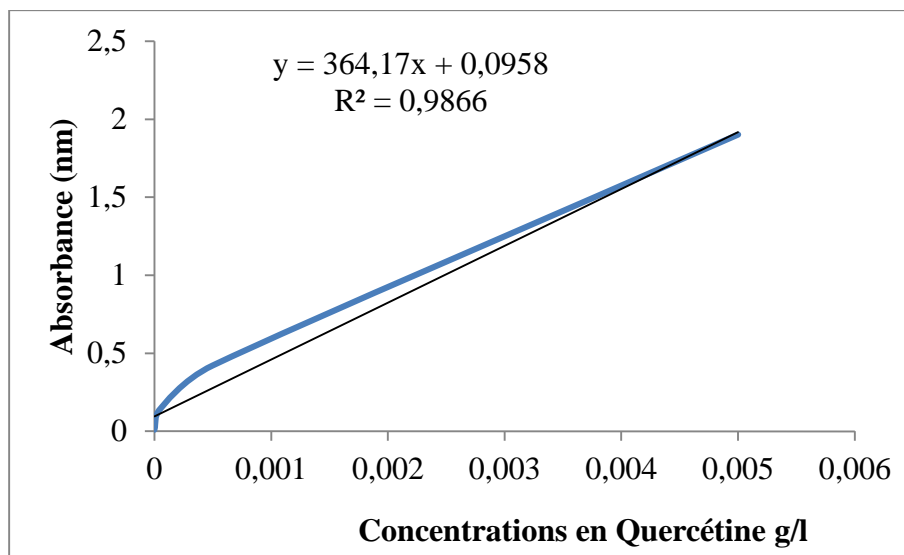


Figure16 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

Les résultats enregistrés en matière de teneur, résumé dans le tableau ci-après, ont montré que les fruits récoltés du verger d'I.T.A.F.V. sont plus riches en polyphénols totaux et en flavonoïdes que ceux du verger Hamamou :

Verger	Teneur en polyphénols totaux (mgEAG/gMS)	Teneur en flavonoïdes (mgEQ/gMS)
I.T.A.F.V.	0,183	1,531
Hamamou	0,075	0,045

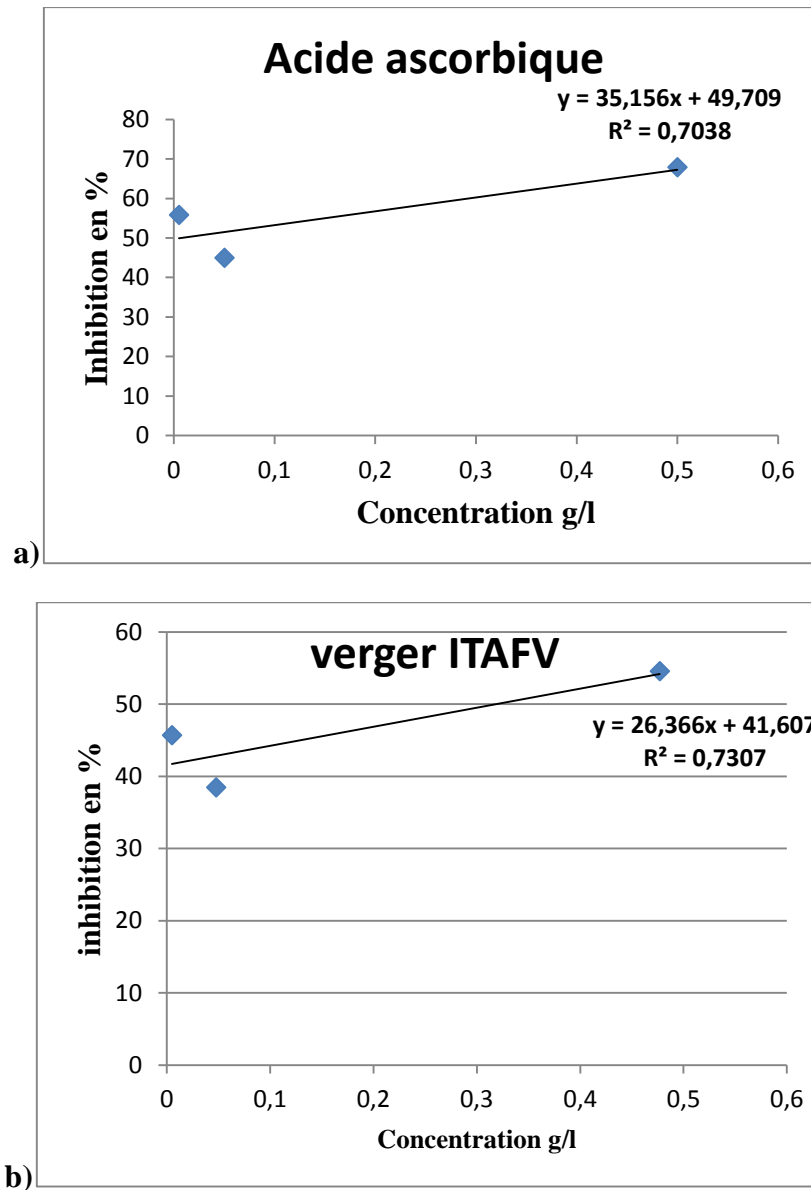
La teneur en polyphénol de verger ITAFV (0.183g/EAG/GMS)est supérieure à teneur de verger hamamou (0,075 g/EAG/GMS) et la teneur en flavonoïde de verger ITAFV 0.085g/EAG/GMS est plus au verger hamamou 0.045 g/EAG/GMS

4. Mesure de l'activité antioxydante :

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par le test DPPH, ce test nous a permis de déterminer la capacité de nos extraits à neutraliser le radical stable DPPH présent dans le milieu réactionnel.

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par le calcul de la valeur EC50 qui indique la concentration nécessaire de l'extrait qui inhibe 50% du radical libre DPPH. Il est à noter que l'EC50 est inversement proportionnelle à l'activité antioxydante du mélange.

Les résultats sont exprimés sont représentés dans le figure 18.



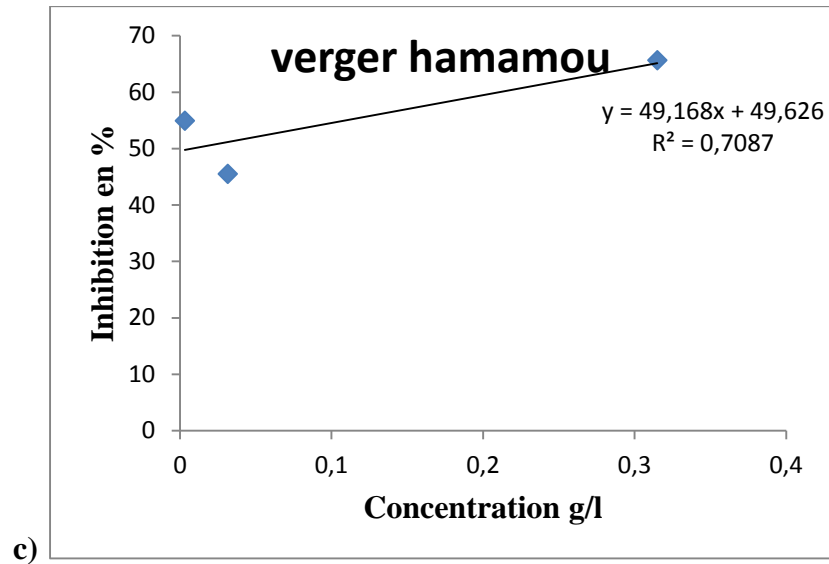


Figure 17: Représentation graphique de l'activité antioxydante :

a) Acide ascorbique

b) extrait phénolique du verger ITAFV

c) extrait phénolique du verger Hamamou

Nous constatons que les extraits phénoliques des deux vergers sont dotés d'une capacité antioxydante. Les polyphénols issus des échantillons de hamamou ont une activité importante environ 65%

L'activité antioxydante la plus élevée, tous tests confondus, a été obtenue avec le verger hamamou..

4.1. Mesure de l'IC50 :

A partir des courbes de régression les concentrations efficaces IC50 ont été déterminées. la IC50 est la quantité de réactifs nécessaire à l'inhibition de la moitié de la quantité initiale de radicaux libres présents.

Tableau 06: le pouvoir d'inhibition d'IC50

IC50 (mg/ml)	Acide Ascorbique	Verger « ITAF »	Verger « Hamamou »
IC50	0.008	0.011	0.007

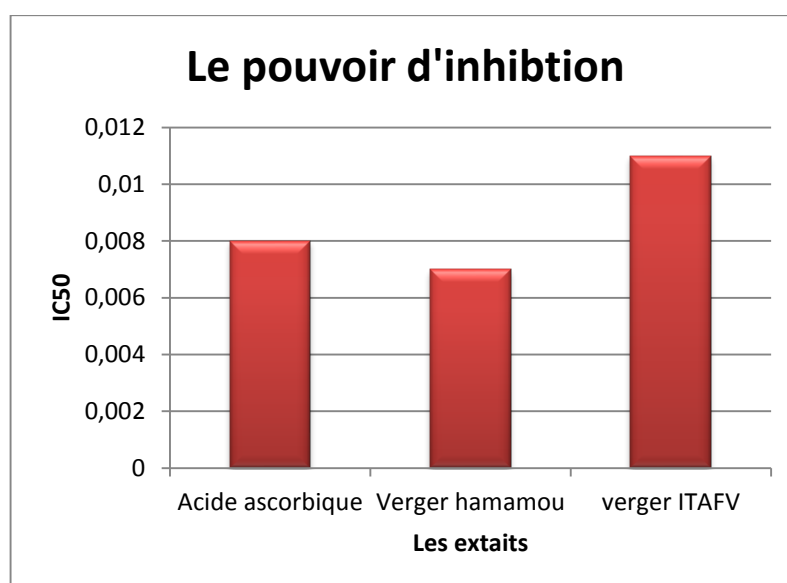


Figure18 : Le pouvoir d'inhibition de l'activité antioxydante

L'IC50 le plus faible est de l'extrait de verger hamamou 0.007

5. Activité antimicrobienne :

Ce travail vise à mettre en évidence l'activité antimicrobienne des polyphénols totaux et des flavonoïdes des extraits de pelures de fruits récoltés de nos vergers étudiés. L'activité est comparée à des témoins de référence à savoir, l'antibiotique «Amoxicilline» et l'antifongique « Amikoz ,

Chapitre III : Résultats et Discussion

Tableau 08 : Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de l'activité antimicrobienne pour les extraits d'écorce de *Malus domestica* Var. *Golden delicious*.

souche	PPT/ITAFV	PPT/Hamamou	FLV/ITAFV	FLV/Hamamou
<i>P. aeruginosa</i>	8.16±1.472	8±1.183	14.58±7.207	8.33±1.033
<i>Effet inhibiteur</i>	-	-	+	-
<i>E.coli</i>	2.75±4.263	0	6.92±3.427	8.25±0.88
<i>Effet inhibiteur</i>	-	-	-	-
<i>S.aureus</i>	10.58±1.75	3.67±4.082	9.08±1.281	12±2.683
<i>Effet inhibiteur</i>	+	-	-	+
<i>C.albicans</i>	22.77±1.133	22.53±0.653	27.5±0	5.5±4.278
<i>Effet inhibiteur</i>	+++	+++	+++	-
<i>P. digitatum</i>	27.5±0	22.33±5.66	27.5±0	18.11±10.29
<i>Effet inhibiteur</i>	+++	+++	+++	++
<i>A.niger</i>	3.47±3.567	11.44±1.862	9.86±1.391	10.69±0.776
<i>Effet inhibiteur</i>	-	+	-	+

Les diamètres des zones d'inhibition observées sont mesurés en millimètre (mm). Les paramètres de classement de l'effet inhibiteur sont les suivants : (-) : non inhibiteur ; (+) : légèrement inhibiteur ; (++) : modérément inhibiteur ; (+++) : fortement inhibiteur ; (++++) : très fortement inhibiteur. Selon l'échelle de classement (Mutai et al., 2009), nous remarquerons que *E.coli* est fortement résistante à l'ensemble des extraits, alors que *C.albicans*, *P. digitatum* et *A.niger* sont fortement sensibles polyphénols totaux des deux vergers et au flavonoïdes du verger d'ITAFV.

Les résultats d'inhibition des croissances bactériennes et fongiques par les différents traitements sont considérés en relation avec les vergers étudiés et les extraits phénoliques appliqués (figure).

Les résultats de l'activité antibactérienne :

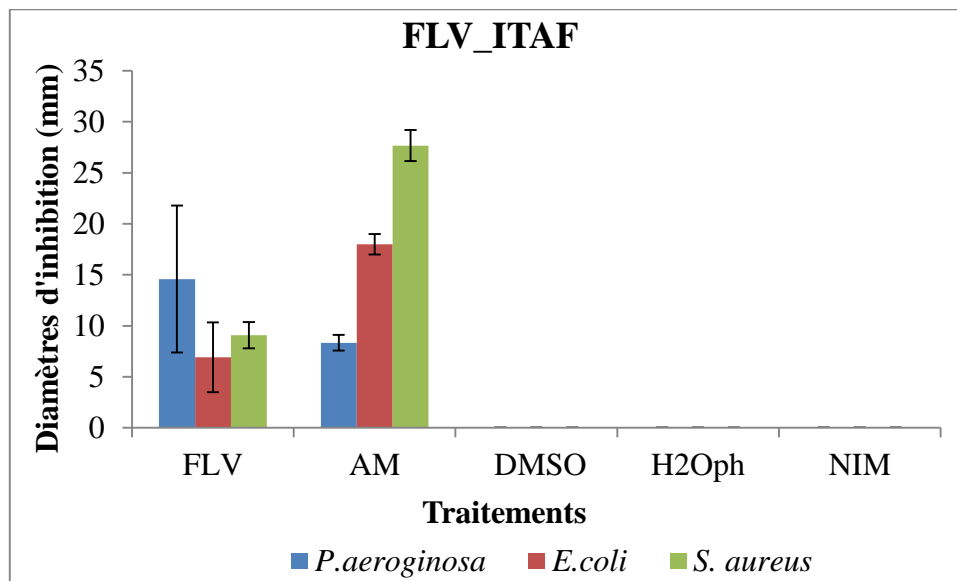


Figure 19 : Effet anti bactérien comparé des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées de verger ITAFV.

Pour les flavonoïdes issus du verger de l'ITAFV, nous remarquerons que le diamètre de la zone d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* (15mm) est supérieur à celui de l'amoxicilline contrairement à *E.coli* et *S.aureus*.

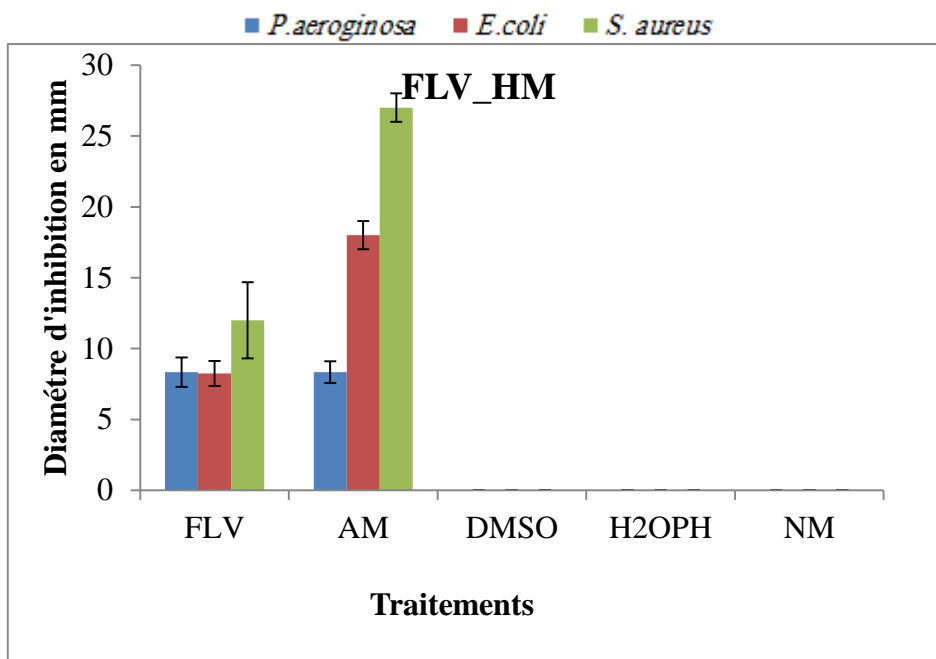


Figure 20: Effet anti bactérien comparé des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées de verger de la ferme pilote Hmamou.

On observe que l'effet de l'amoxicilline est efficace par rapport à celui des flavonoïdes à l'égard des trois souches bactériennes. Par ailleurs, l'extrait flavonoïque des pelures de pommes récoltées au niveau du verger de l'ITAF a induit un effet inhibiteur plus élevé par rapport à l'extrait de V.HM sur la bactérie *P.aeruginosa* et l'extrait flv hm sur la bactérie *S.aureus* supérieur à l'extrait de V.ITAFV

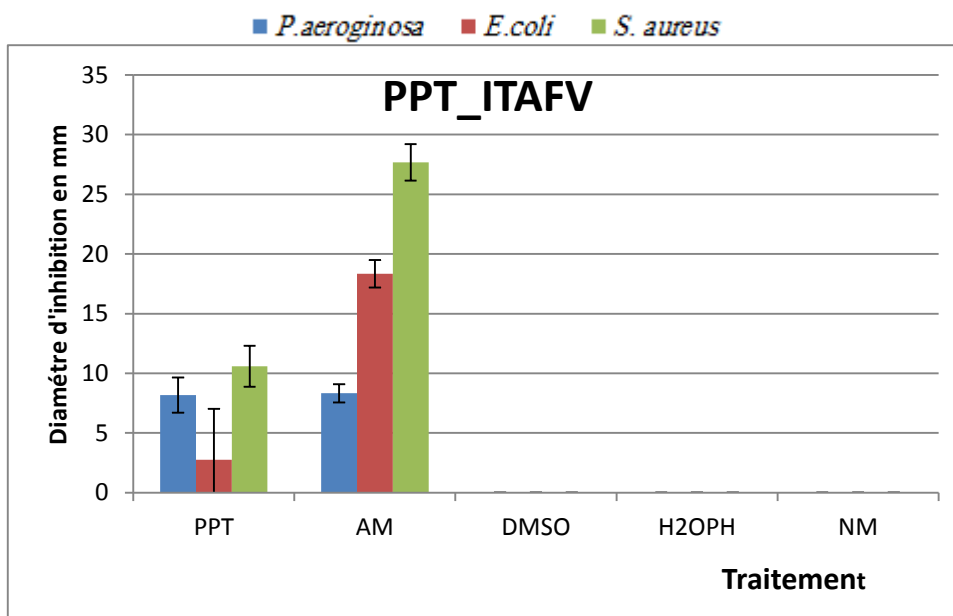


Figure 21 : Effet anti bactérien comparé des extraits phénoliques totaux issus des pelures de pommes prélevées des deux vergers.

On remarque que l'inhibition du traitement amoxicilline plus élevée dans les trois bactéries par rapport à l'extrait PPT Itaf .Et l'inhibition du PPT sur *S.aureus* est supérieure à l'inhibition des autres bactéries.

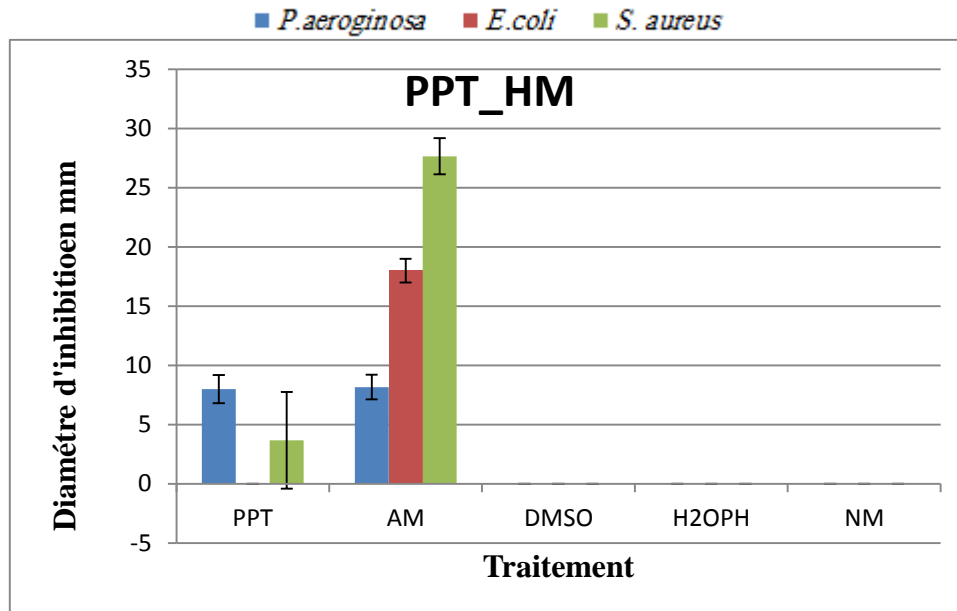


Figure 22 : Effet anti bactérien comparé des extraits phénoliques totaux issus des pelures de pommes prélevées des deux vergers.

On remarque que l'inhibition du traitement à l'amoxicilline est plus élevée sur les trois bactéries par rapport à l'extrait PPT HM. Le traitement PPT est efficace sur *P.aeruginosa* mais il n'y a aucune inhibition des bactéries *E.coli*. Donc, l'extrait PPT ITAF est plus efficace que l'extrait PPT HM. L'activité antibactérienne de nos extraits reste inférieure à celle de l'antibiotique de référence: amoxicilline.

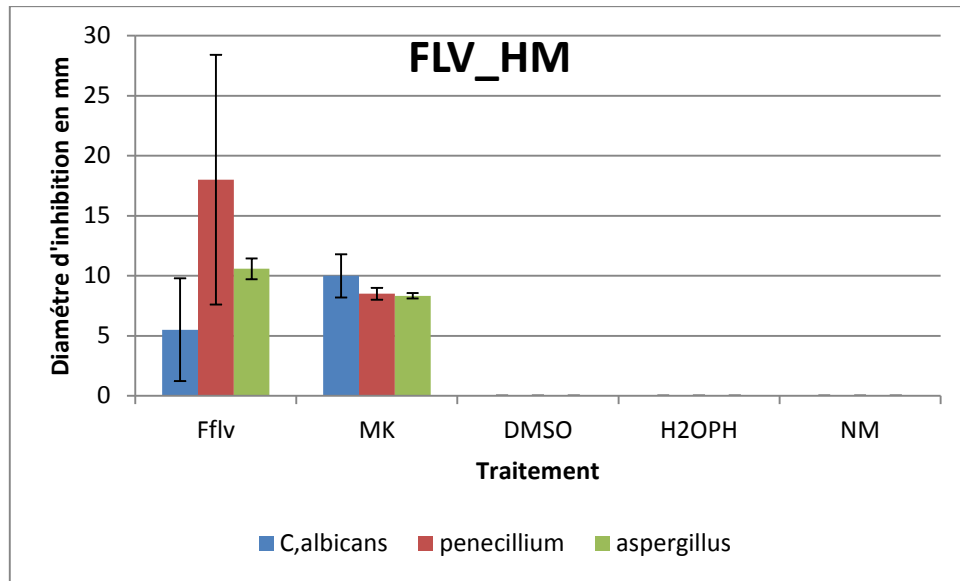


Figure 23: Effet anti fongique des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées du verger Hmamou après 24h.

Il apparaît que l'extrait flavonoïque des pelures de la pomme de verger hamamou montrent un effet inhibiteur significatif sur la croissance des champignons de référence testés surtout le *Penicillium* par rapport au témoin MK.

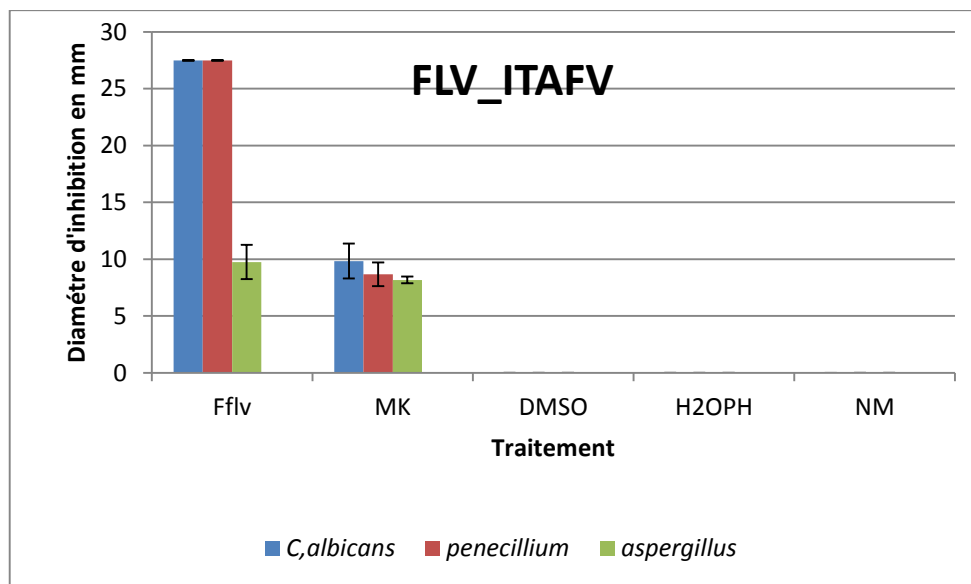


Figure 24: Effet anti fongique des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées du verger ITAFV après 24h.

On remarque que l'extrait FLV_itaf montre un effet inhibiteur significatif sur la croissance des champignons surtout sur le *C.albicans* et le *P.aeruginosa* par rapport au témoin. Donc on conclut que l'activité anti fongique de nos extraits semble supérieure à celle de l'antifongique de référence: amikoz

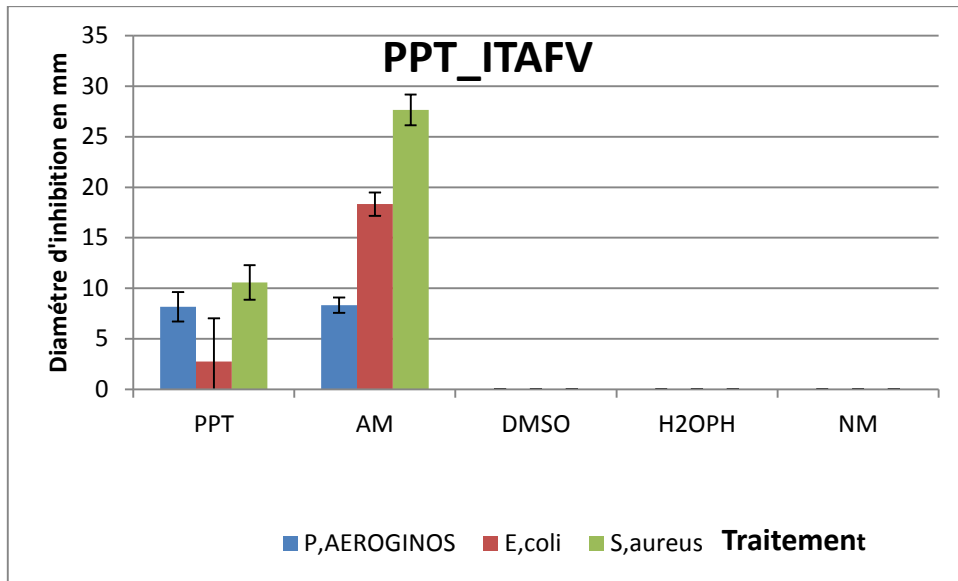


Figure 25 : Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées au niveau du verger ITAFV après 24h .

L'extrait des polyphénols des pelure de la pomme de verger hamamou a un effet inhibiteur total des bactéries *C.albicans* et *penecillium*. L'inhibition des traitements mk est plus faible sur les trois bactéries par apport des extrais phénolique. Donc on conclut que l'activité anti fongique de nos extraits reste supérieur à celle de l'antifongique de référence: amikoz

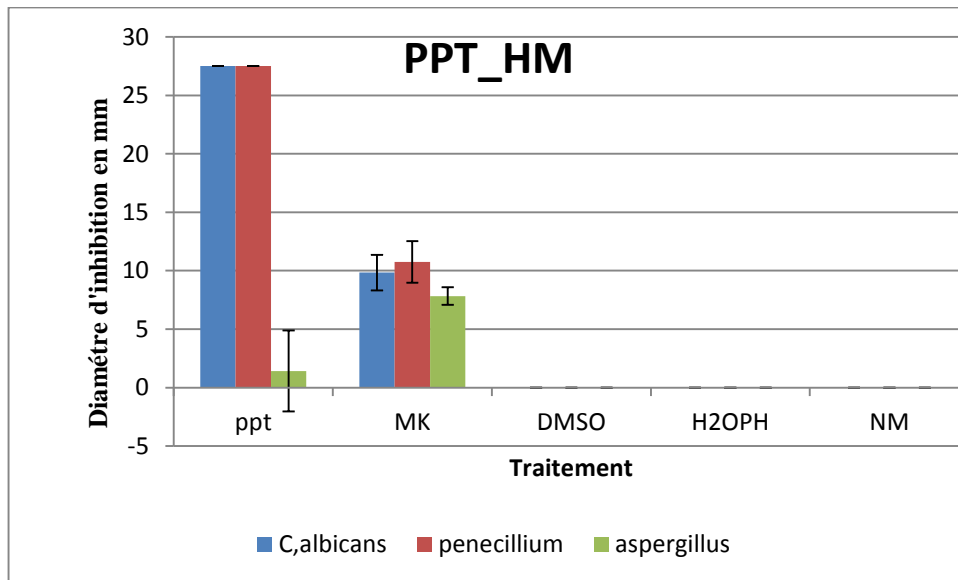


Figure 26 : Effet anti fongique des extraits polyphénoliques totaux issus des pelures de pommes prélevées du verger Hmamou après 24h.

Chapitre III : Résultats et Discussion

On remarque que l'activité anti fongique de nos extraits est supérieure à celle de l'antifongique de référence: amikoz

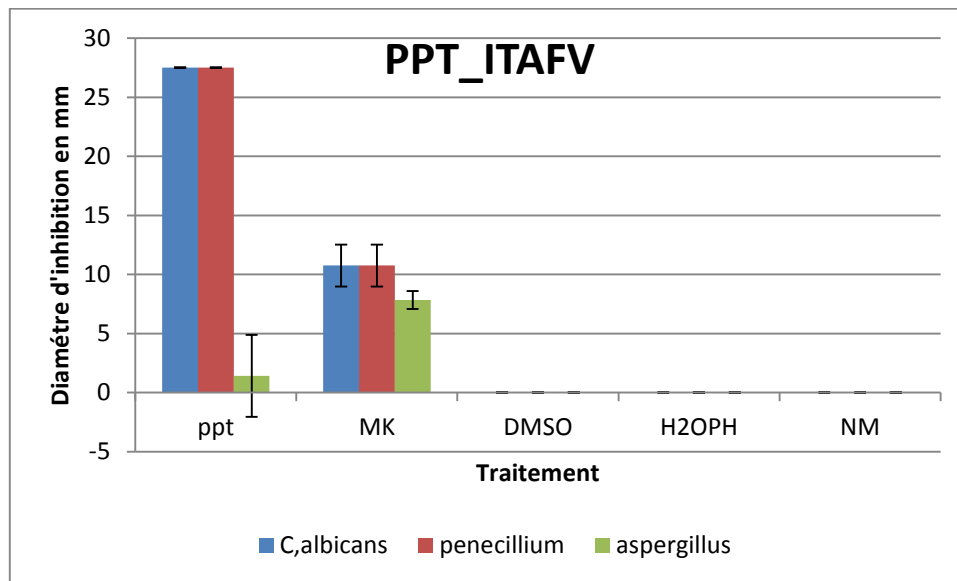


Figure 27: Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées du verger de l'ITAF après 48h.

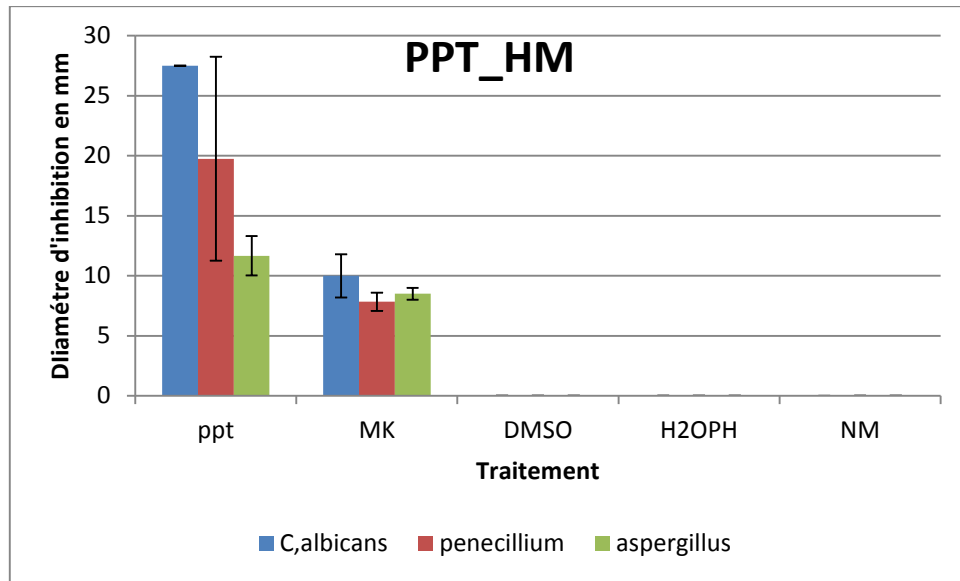


Figure 28 : Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées des deux vergers après 48h

Les polyphénols des pelures de la pomme du verger de l'ITAFV ont un effet inhibiteur total des champignons *C.albicans*. Nos extraits ont montré une meilleure inhibition que le témoin positif.

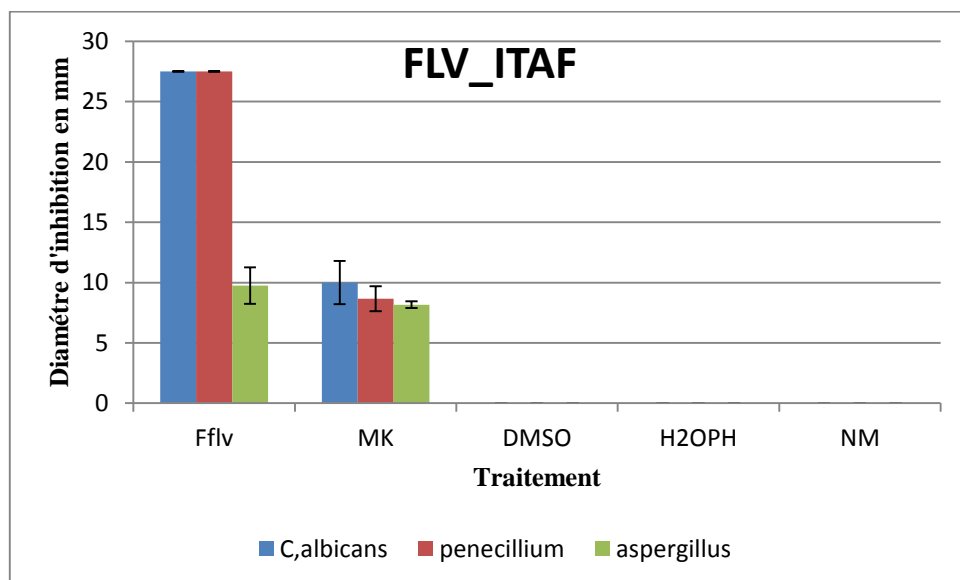


Figure 29: Effet anti fongique des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées du verger ITAF après 48h.

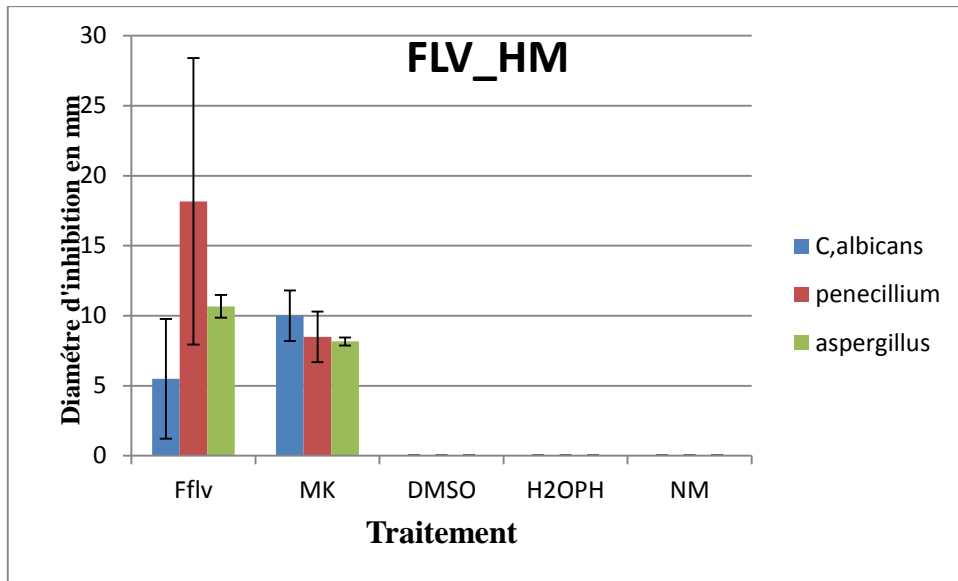


Figure 30: Effet anti fongique des extraits flavonoïques issus des pelures de pommes prélevées du verger Hmamou après 48h.

L'extrait de flavonoïde des pelures de la pomme de verger _itaf a une inhibition total sur les deux champignons donc l'extrait est plus efficace par rapport aux extraits de l'autre verger et au témoin antifongique (MK).

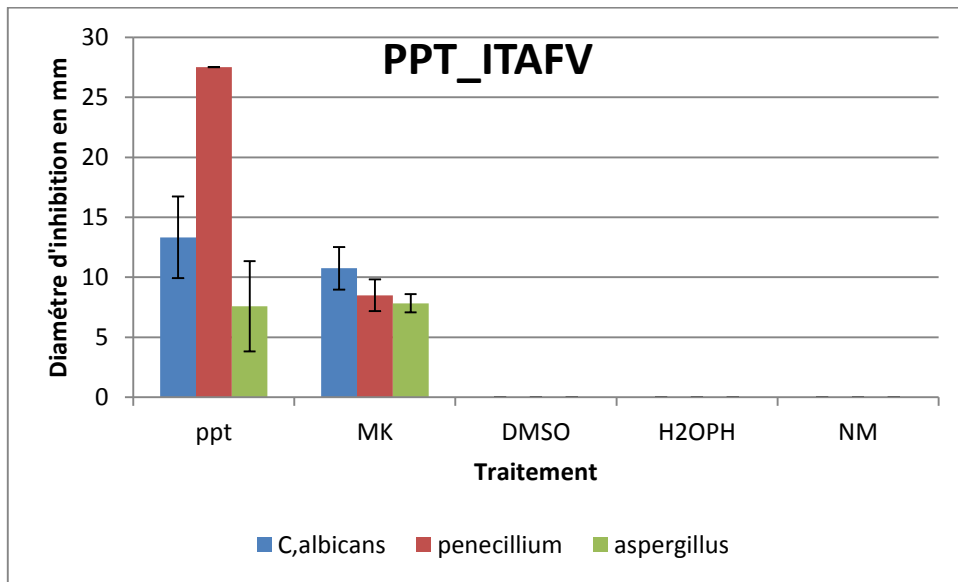


Figure 31: Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées du verger ITAFV après 7j.

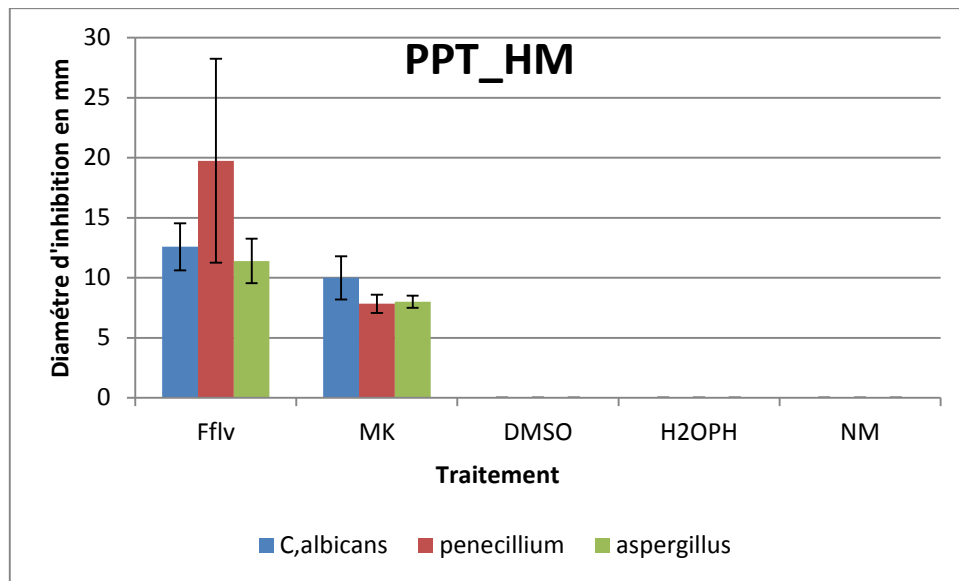


Figure 32 : Effet anti fongique des extraits polyphénol totaux issus des pelures de pommes prélevées du verger Hmamou après 7J

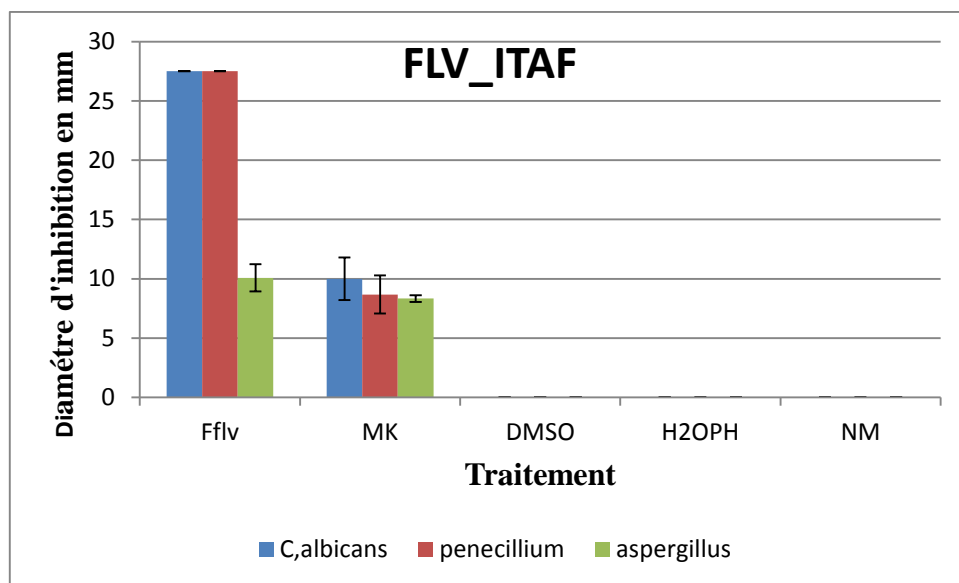


Figure 33 : Effet anti fongique des extraits flavonoique issus des pelures de pommes prélevées des du verger ITAF après 7 jours.

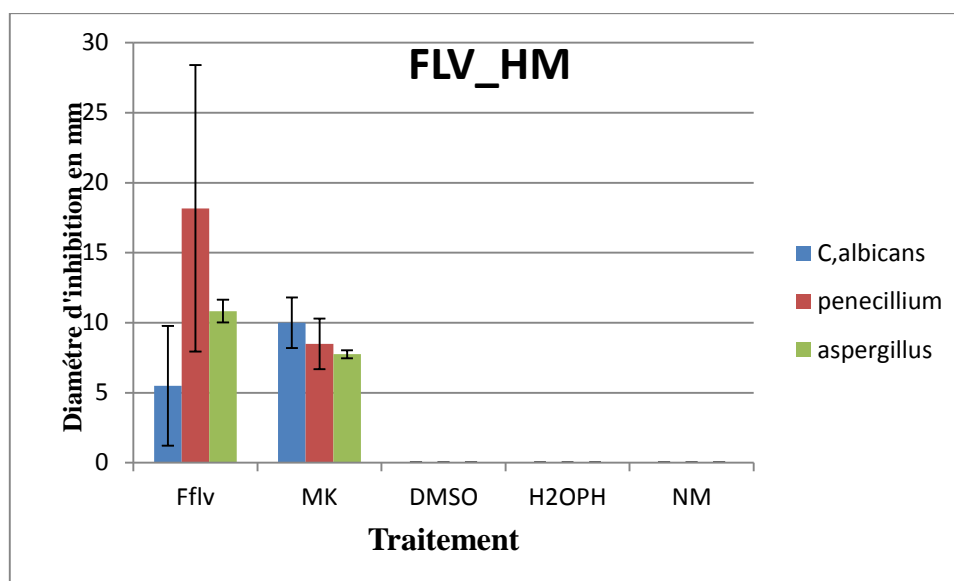


Figure 34 : Effet anti fongique des extraits flavonoique issus des pelures de pommes prélevées des du verger hamamou après 7 jours.

Après 7 jours, les extraits flavonoique des pelures de pomme inhibent totalement la croissance des champignons par rapport aux témoins.

L'analyse statistique de l'effet des traitements étudiés sur l'inhibition de la croissance microbienne indique des différences significatives pour les souches fongiques: concernant l'effet verger ($P=0,000$, différence très hautement significative), l'effet extrait (différence marginale $p=7\%$), et l'effet des traitements ($P=0,000$, différence très hautement significative).

Alors que la différence est non significative entre souches($p=0,63$) et de même , le diamètre est resté stable quelque que soit le temps de lecture (24h, 48h, 72h et 7jours, $P= 0,108$)

Analyse de Variance, Modèle linéaire globaliennes)(Inhibition des souches bactériennes

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
VERGER	403,359	1	403,359	21,999	0
EXTRAIT	60,043	1	60,043	3,275	0,071
SUCHE	16,53	2	8,265	0,451	0,637
TRAITEMENT	45 521,255	21	2 167,679	118,225	0
TEMPS\$	82,014	2	41,007	2,237	0,108
Erreur	11 367,866	620	18,335		

Chapitre III : Résultats et Discussion

L'analyse de l'effet des différents phytoextraits sur l'Inhibition de la croissance bactérienne, montre que celle est plus grande avec l'extrait flavonoïque par rapport à celui des polyphénols totaux ($p= 0,006$), il ya une différence très hautement significative ($p<1\%$). Concernant l'effet souche: ST supérieur PS supérieur EC et la différence est très claire par rapport à tous les témoins.

Analysede Variance, Modèle GLM, (Inhibition des souches fongiques)

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
VERGER	25,696	1	25,696	1,836	0,177
EXTRAIT	109,084	1	109,084	7,795	0,006
SOUCHE	553,51	2	276,755	19,776	0
TRAITEMENT	9 878,000	21	470,381	33,611	0
Erreur	2 659,022	190	13,995		

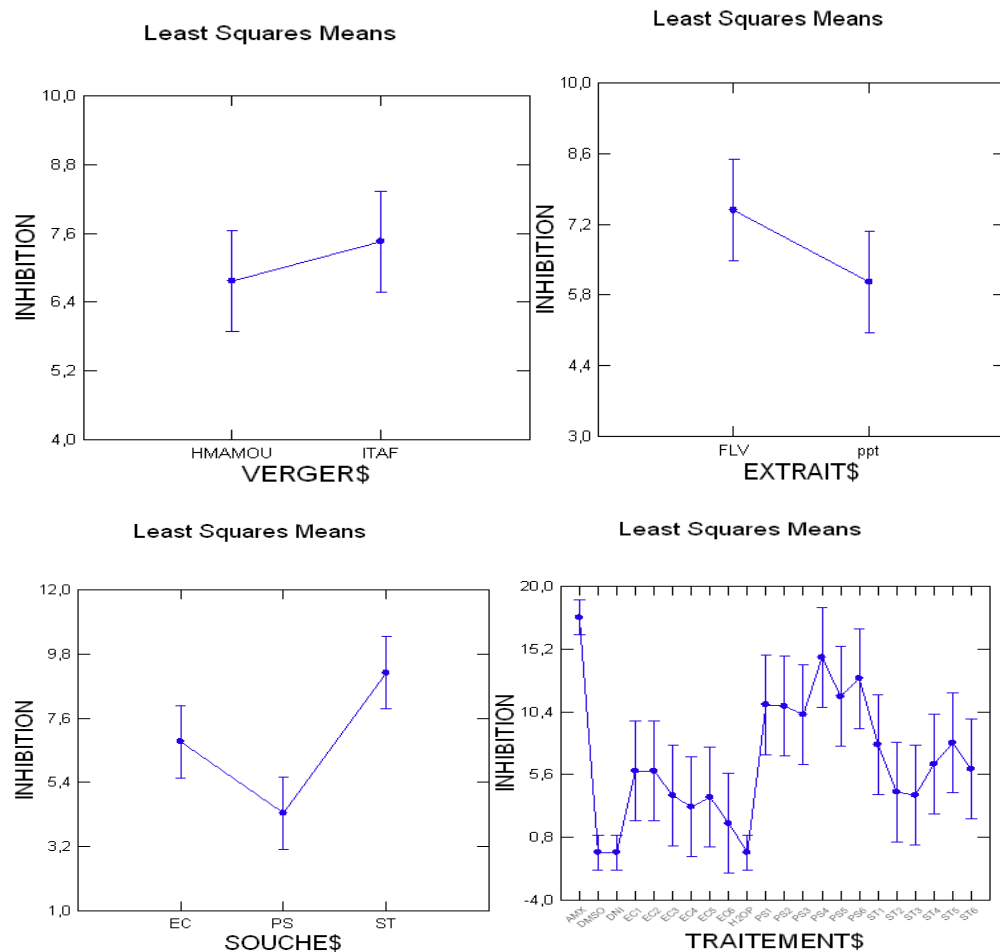


Figure 35: Variation de l'activité antimicrobienne selon la partie du fruit, le solvant utilisé et la sensibilité des souches microbiennes.

Discussion Générale :

Lors de l'évaluation des effets bénéfiques de la consommation de pommes, il convient de noter que la composition polyphénolique des produits à base de pomme dépend de différents facteurs tels que le cultivar, le stade de maturation, les pratiques agricoles, les facteurs environnementaux, la région de culture, les conditions post-récolte et le type de transformation des fruits ainsi que la méthode d'extraction utilisée (**Kevers et al., 2011**). Cette composition peut être même influencée par le type de tissu, **Lamperi et al., (2008)** ont montré que la région de culture de la même variété touchait principalement la composition phénolique sur la peau de pomme alors que pour la pulpe de pomme des différences non significatives ont été détectées. Les facteurs environnementaux tels que une température plus basse et une meilleure exposition à la lumière à maturité et le moment de la récolte pourrait améliorer le contenu total en composés phénoliques totaux et flavonoïdes dans la peau de pomme (**Gonzalez-Talice, Yuri et Del Pozo, 2013; Musacchi& Serra, 2018**).

Nos résultats ont montré que la teneur en composés phénoliques (polyphénols totaux et en flavonoïdes) ainsi que, leurs activités biologique étudiées (activité antioxydante et activité antimicrobienne) varient par la variation de l'intensité des traitements phytosanitaires appliqués dans les vergers de pommiers. Ces résultats sont

cohérentes à ceux de MikulikPetkoveseke *al.*, (2008) qui ont trouvé que la teneur des feuilles en certains composés phénoliques tel que la Catechine, le Rutin et l' Acide chlorogénic, de différents cultivars de pommier attaqués par *Venturia inaequalis* sont plus importants dans les sujets infectés que sains, ils ont enregistré une valeur en Acide chlorogénic 2à 6 fois plus élevée. Cette augmentation est généralement une conséquence d'une réaction de défense contre l'infection (Kelly *et al.*,2003).

Les polyphénols sont des principaux composés antimicrobiens des plantes, possédants des modes d'action divers et des activités inhibitrices et létales vis -à- vis d'un nombre important de microorganismes(Djennane *et al.*,2012). De plus, Les métabolites secondaires, dont font partie les composés phénoliques, contiennent des substances très recherchées par les industries du cosmétique pharmaceutique et phytothérapeutique.(Hammoudi *et al.*, 2012).

L'activité antioxydante dans la gamme de 820 mol d'équivalent Trolox/100 g de fruits de pommes, a été mesurée pour la variété Golden par Serra *et al.* (2010). Les effets éclectiques de la catéchine, de l'épicatéchine, de la procyanidine B1 et du quercétine-3-glucoside ont été identifiés comme des contributeurs majeurs aux activités antioxydantes (extraits pulpe/ pelures). Par exemple, le mélange des variétés de pommes (Fuji, Granny Smith et Qinguan) se sont révélés être un puissant mélange d'activité antioxydante, exprimé en taux d'inhibition radicalaire de l'ABTS. Une corrélation positive a été notée avec les composés phénoliques de diverses fractions et en particulier avec la présence de procyanindines, acide chlorogénique et quercétine(Serra *et al.*, 2010)

L'étude activité antimicrobienne que nous avons réalisé contre les trois souches bactériennes : *P.aeruginosa*, *E. coli* et *S.aureus* ; et les souches fongiques : *C.albicans*, *P.digitatum*A.*fumigatusa* montré que la réponse des microorganismes est différents d'un extrait à l'autre. Cependant, l'analyse statistique à montrer que les extraits de pelures de pommes récoltés de la ferme de l'ITAFV ont un pouvoir d'inhibition significativement différent de ceux de la ferme Hamamou.

Les travaux sur l'effet pesticides sur les activités biologiques des composés phénoliques sont pratiquement inexistantes. Néanmoins, Irene *et al.*,(2018), a cité que l'activité antioxydante est liée à plusieurs paramètres comme les conditions environnementales,

conditions agricoles, le type de fruits et le cultivar. En outre, différentes recherches ont mis en évidence le pouvoir antimicrobien des phénols de pomme et d'autres plantes contre ces taxons, où il est constaté que la réponse de l'espèce diffère suivant plusieurs facteurs intrinsèques (génétique) et extrinsèques .

Nous citons, **Maria Rosa et al., (2006)**, qui ont montré que l'activité antibactérienne des extraits phénoliques des pelures de pommes varie en fonction de la variété, du solvant et de la concentration où ils ont noté une activité des composés à forte concentration pour les deux variétés étudiées (royal gala et Granny smith) extraits par méthanol pour les souches : *E.coli* (ATCC25922), *S.aureus* (ATCC 25923 et ATCC 29213), et *P.aeruginosa* (ATCC27). **Jelodarian et al., (2013)**, en étudiant l'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques de plusieurs variétés de pommes d'Iran sur *P.aeruginosa*, *E.coli*, *S.aureus*, *C.albicans* et *A.niger* n'ont enregistré d'activité que chez *P.aeruginosa* par l'extrait d'une seule variété (Variété Hossain).

Taylor et al., (1995), en testant l'activité antimicrobienne des composés phénoliques de quelques plantes médicinales appartenant à différentes familles botaniques, sur une gamme de bactéries et de champignons ont enregistré pour les deux rosacées *Sibbaldiamicropetala* et *Princepiautilis* une absence d'activité sur *E.coli* et *Aspergillus fumigatus* activité positive alors que pour *S.aureus* l'inhibition n'a été donnée que par les extraits de *P. utilis*

Anabela et al.,(2006), qui ont étudié l'effet des composés phénoliques des olives de table contre les microorganismes et ont enregistré un effet inhibiteur modéré sur *Staphylococcus aureus* (4-5 mm), élevé sur *E.coli*(6-9 mm) et aucun effet sur *C.albicans* et *P.aeruginosa*.

Le travail que nous avons entrepris a pour objectif principal la valorisation des pelures de pommes. Cette étude a été consacrée à la quantification des phénols totaux et des flavonoïdes ainsi qu'à l'évaluation de l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne de ces extraits. Les fruits sont récoltés de deux vergers du pommier, variété *Golden delicious* de la région de Benchicao-Médéa (verger de la ferme démonstrative de l'ITAFV et verger de la ferme pilote Hamamou), où les cultures sont traitées chimiquement mais d'une intensité très différente.

Les résultats indiquent que les extraits des pelures des pommes du verger Hamamou et du verger ITAV. ne contiennent pas les mêmes quantités en composés phénoliques et flavonoïde et que les traitements ont une influence sur la teneur en phénols totaux ainsi sur le pouvoir antioxydant. De même l'activité antioxydante des extraits de la plante est indépendante des quantités des phénols totaux ce qui suppose l'existence dans les extraits des molécules antioxydante en très petites quantités

Par ailleurs, le screening phytochimique a permis d'apporter un complément sur le profil phytochimique, marqué par la présence de composé phénolique (vert noirâtre) et flavonoides (rose orange).

Nous avons déterminé la teneur en phénols totaux dans les extraits hydro-méthanoliques obtenus par simple macération, la teneur la plus élevée 0.085 g EAG /g MS. de verger itafv par rapport la teneur de verger hamamou 0.183 gEAG/g et la teneur en flavonoïde de verger ITAFV 1.3 gEAG/g est supérieur au verger hamamou .

Ensuite, nous avons évalués de l'activité antioxydante et antibactérienne, l' IC_{50} était la plus intéressante avec une valeur de donnée de 0.007. Les résultats de l'activité antimicrobienne ont montré que la majorité des flavonoïdes avaient une activité plus ou moins importante selon le type du microorganisme. l'effet des extraits n'est pas le même, l'inhibition bactérienne est plus grande avec l'extrait flavonoïques par rapport à celui des polyphénols totaux ($p= 0,006$) concernant l'effet souche: ST supérieur PS supérieur EC et la différence est très claire par rapport à tous les témoins.

1. La pomme :

La pomme est un fruit très demandé dans notre pays, c'est pourquoi le verger de pommier s'était considérablement agrandi dans les années 1965-1978, mais la production n'a pas suivi au même rythme. Au cours des cinquante dernières années la pomiculture a beaucoup évolué sous la pression d'un marché plus exigeant au plan de la qualité et d'une évolution socio-économique qui a imposé des méthodes de culture de plus en plus intensives et mécanisées.

I.1. Origine et historique du pommier :

Le pommier a été connu treize siècles avant Jésus-Christ sous le règne de Ramsès. Ensuite, il a été cultivé par les Grecs et les Romains (**Spains, 1987**). Le berceau du pommier se situe très certainement dans le Caucase et sur les bords de la mer Caspienne. De là et à partir de la préhistoire son extension s'est faite vers l'Europe Orientale, la Russie, l'Europe Occidentale et l'Afrique du Nord (**Hugard, 1974**). La délimitation du nombre d'espèces au sein du genre *Malus* est problématique entre 8 et 78 principales espèces sont reconnues selon les approches taxonomiques (**Robinson et al., 2001 ; Luby, 2003**). Ces espèces sont groupées en sections (*Malus*, *Sorbomalus*, *Eriobolus*, *Docyniopsis*, et *Chloromeles*), et séries comme *Malus* et *Baccata* qui composent la section *Malus* (**Luby, 2003**).

Selon **Brown (1975)**, la création de nouvelles variétés a commencé avec **Knigh (1759)** grâce à l'hybridation contrôlée. Le pommier cultivé a été longtemps appelé *Malus domestica* Borkh. (**Korban et Skirvin, 1984**).

Parmi les variétés des pommes cultivées en Algérie, la variété très célèbre « Golden Delicious ». L'arbre originel de ce cultivar fut découvert aux USA, son exploitation commerciale commença à peu près en même temps que la première guerre mondiale. La caractéristique la plus remarquable de Golden Delicious est son adaptation à des milieux climatiques divers. Dans notre pays, elle a connu plus de succès en altitude (région de Médéa par exemple) où ses besoins en froids sont satisfaits (**Anonyme, 2002 ITAF**).

I.2. Description botanique :

Le pommier est un arbre à feuilles caduques, les fleurs hermaphrodites se développent presque en même temps que les feuilles, groupées en corymbes de 5 à 7 pièces. Trois structures se distinguent dans le fruit au niveau tissulaire : l'épiderme (peau), le mésocarpe ou parenchyme (chair) et l'endocarpe (zone corticale contenant les pépins, aussi appelé le trognon). Le mésocarpe occupe la majeure partie du fruit, Les cellules de ces

différents tissus sont constituées de plastes, de pigments assimilateurs (chlorophylle, caroténoïdes) et d'une vacuole, qui occupe 80 à 90 % du volume cellulaire. Les vacuoles concentrent la majorité des composés phénoliques du fruit.

1.3. Classification :

Pendant longtemps, Les botanistes ont considéré que le pommier constituait le sous genre **Malus** au sein du genre **Pyrus**. L'appellation du pommier était alors *Pyrus malus*. Le pommier est actuellement classé dans le genre *Malus* qui est selon **Chevru et Misot (1985)** distinct du genre *Pyrus*. D'après **Redher (1956)**, le genre *Malus* comprend 25 à 30 espèces et plusieurs sous-espèces.

Lafaon et al. (1996) ont classé le pommier comme suite:

Embranchement : *Spermaphytes*
Sous Embranchement: *Angiospermes*
Classe : *Dicotylédones*
Sous Classe : *Dialypétales*
Famille : *Rosacées*
Sous Famille : *Maloïdeae*
Genre : *Malus*
Espèce : *Malus domestica (BORKH)*
: *Malus pumila (LAMARCK)*
: *Malus communis (MILL)*

I.4.Composition du fruit :

Le fruit est une drupe, à mésocarpe charnu entourant 5 loges cartilagineuses contenant le pépin et a chaire croquante de teinte blanchâtre, jaune ou rose (**Bretauudeau,1978**).

Les pommes ont une composition variée et bien équilibrée avec une grande diversité de vitamines, une teneur élevée en fibres par rapport aux autres fruits et sont modérément énergétiques en termes d'apport calorique (**Massias et al., 2015**). Elles contiennent plus de 60 composés phénoliques différents (**Vasantha et al., 2008**).

La distribution et la concentration des polyphénols varient grandement entre les cultivars de pommes (fourchette de 68 à 165 mg / 100 g de portion comestible (**Feliciano et al., 2010**)).

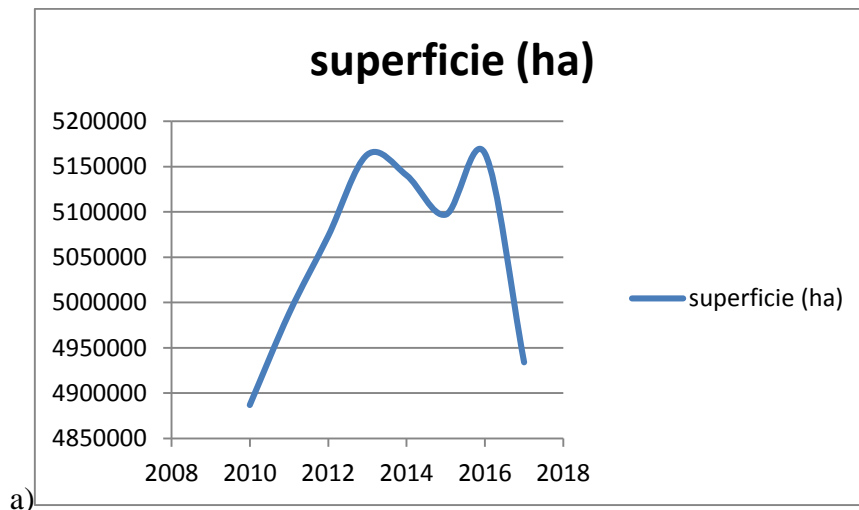
1.5. Protection phytosanitaire des pommes :

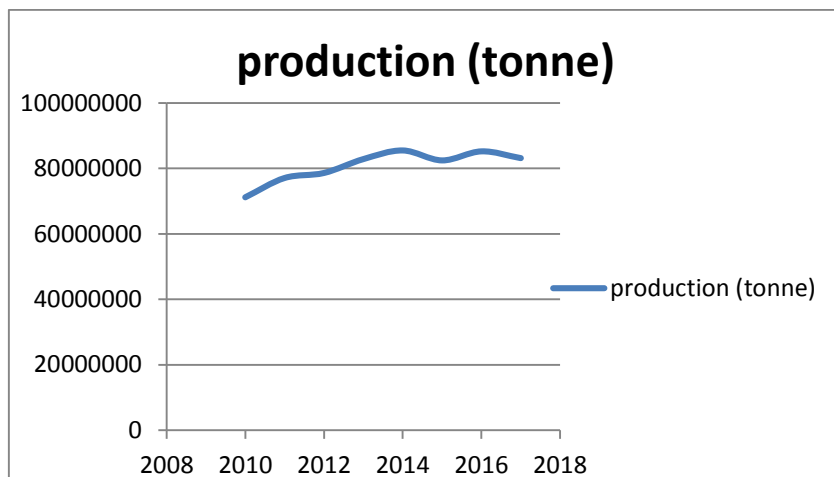
Il s'agit d'une préoccupation majeure de l'arboriculteur moderne ce n'est pas seulement la pression des exigences du marché qui le justifie, mais aussi le développement des parasites lié à la concentration des cultures, à l'intensification culturale et aux échanges internationaux. Dans nos vergers de pommier, les principaux problèmes phytosanitaires rencontrés sont les deux maladies : la tavelure et l'oïdium, et quatre parasites : les pucerons, le carpocapse, la mineuse cerclée et les insectes du bois.

1.6. Production des pommes :

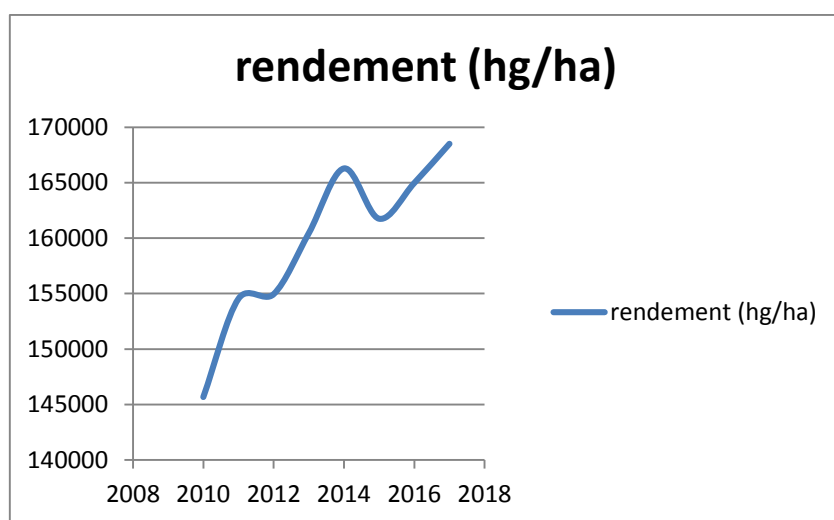
1.6.1. Production mondiale:

Le pommier est l'un des fruits les plus cultivés au monde. Sa production en 2017 était de l'ordre de 83 million de tonnes. Les pays les plus producteurs de pommes sont la Chine avec un potentiel supérieur à 30 million de tonnes et les pays Européens avec environ 9 à 10 million de tonnes (FAO ,2008). D'après **Guerinet Malagie** (1994) cités par **RAT-MORRIS** (1994); le Principal cultivar produit dans le monde est "**Golden delicious**".





b)



c)

Figure 1:a) Evolution de la superficie du pommier dans le monde (2008-2018)

b) Evolution de la production du pommier dans le monde (2008-2018)

c) Evolution du rendement du pommier dans le monde (2008-2018) (F.A.O., 2019)

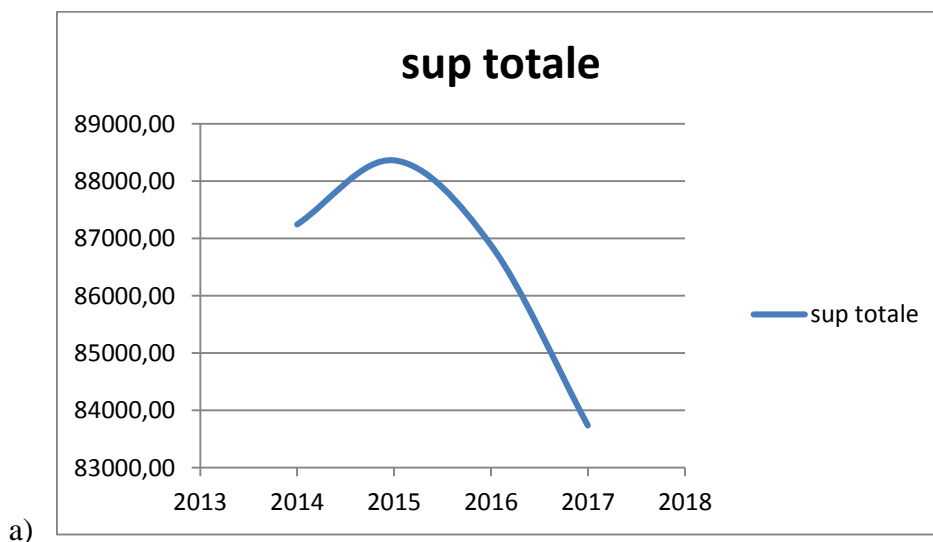
année	superficie (ha)	rendement (hg/ha)	production (tonne)
2010	4886697	145689	71193749
2011	4987593	154546	77081073
2012	5073092	154958	78611591
2013	5163156	160453	82844442
2014	5140317	166288	85477192
2015	5096879	161757	82445405
2016	5164522	164980	85204410
2017	4933841	168508	83139326

Tableau 1 :Evolution de la culture du pommier dans le monde (2010- 2017)

(F.A.O., 2019)

1.6.2 .Production en Algérie:

En Algérie, la superficie occupée par le pommier est de l'ordre de **80Mha** durant les dernières années,avec un rendement moyen qui varie entre **114 et 126 qx/ha**. Les wilayas de Batna, Blida et Médéa sont connues par leur importante production au niveau national.



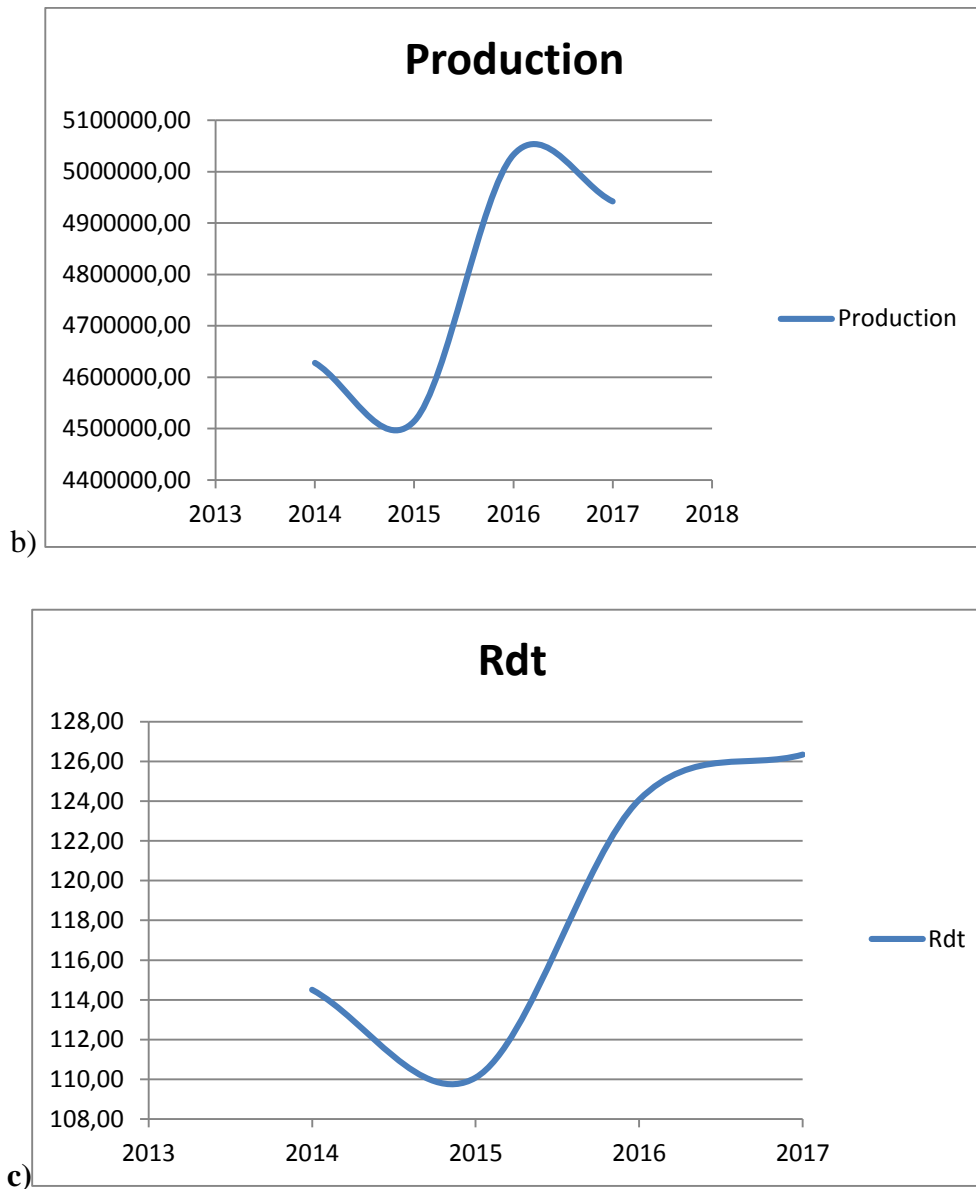


Figure 2:a)-Evolution de la superficie du pommier en Algérie (2014-2017)

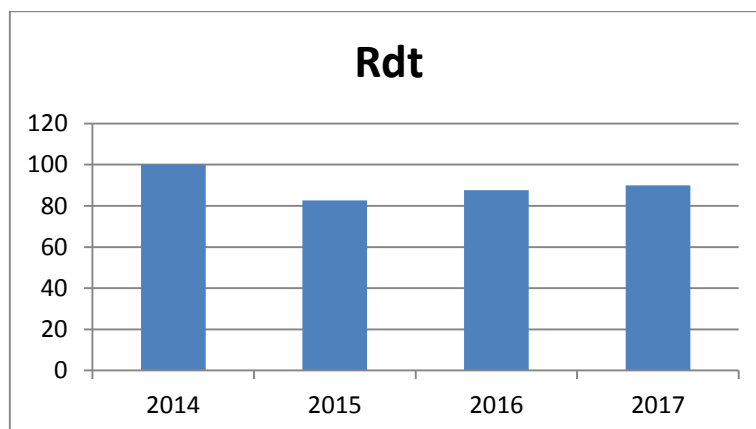
b)-Evolution de la production du pommier en Algérie (2014-2017)

c)-Evolution du rendement du pommier en Algérie (2014-2017) (F.A.O., 2019)

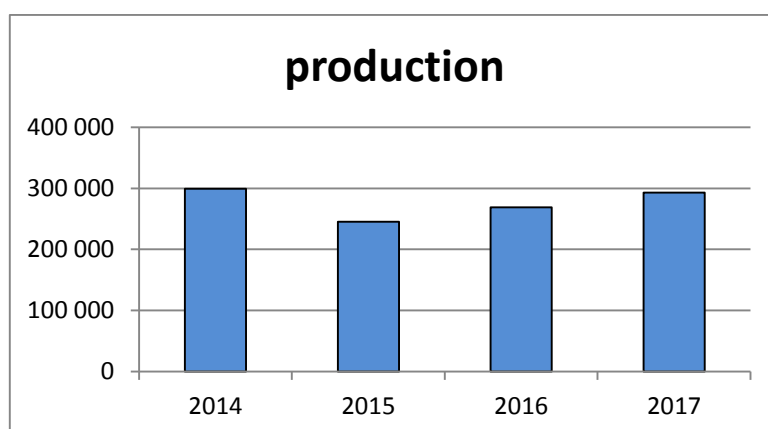
Année	sup totale	sup Complantée	sup En rapport	Production	Rdt
2014	87248,00	46830,00	40418,00	4628154,00	114,51
2015	88366,49	47355,03	41011,46	4514716,81	110,08
2016	86886,43	46321,90	40564,53	5033117,44	124,07
2017	83735,72	44619,51	39116,21	4942388,04	126,35

Tableau 2 : Evolution de la culture du pommier en Algérie (2014- 2017)
(F.A.O., 2019)

1.6.2.1. Pomiculture à Médéa :



a)



b)

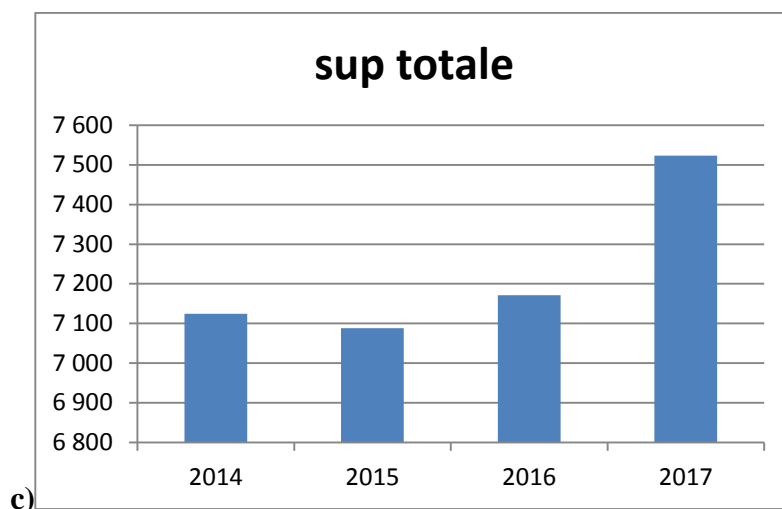


Figure 3: a)-Evolution du rendement du pommier à Médéa(2014-2017)
 b)-Evolution de la production du pommier à Médéa(2014-2017)
 c)- Evolution de la superficie du pommier à Médéa(2014-2017)

2. Généralités sur les métabolites secondaires :

Les composés produits par les plantes ont été séparés en métabolites primaires et secondaires . Par définition, les métabolites primaires sont des molécules qui existent dans toutes les cellules végétales et sont nécessaires à la vie de la plante. Toutefois, les métabolites secondaires ont une répartition limitée, dans la plante elle-même comme parmi les différentes espèces végétales. Ils ont d’abord été considérés comme des produits de rebut, mais on sait maintenant que les métabolites secondaires sont importants pour la survie et la propagation des plantes qui les produisent (**Raven et al., 2000**).

La plus part des métabolites secondaires interviennent dans la défense contre les prédateurs et les pathogènes, comme agents allopathiques ou pour attirer les agents chargés de pollinisation et de la dissémination des fruits (**Judd et al., 2002**). Beaucoup fonctionnent comme des signaux chimiques qui permettent à la plante de répondre aux contraintes environnementales (**Raven et al., 2000**).

2. 1. Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont classés en plusieurs grands groupes : parmi ceux-ci, les composés phénoliques, les terpènes et stéroïdes et les composés azotés dont les alcaloïdes (**Ali et al., 2001**).

2.2. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent un groupe important de métabolites secondaires, environ 10,000 composés ont été caractérisés jusqu’à aujourd’hui. La plupart des molécules

phénoliques sont formées à partir de deux acides aminés aromatiques la tyrosine et surtout de la phénylalanine (GUIGNARD., 2000). Ils englobent une vaste gamme de composés possédant tous un groupement hydroxyle (-OH) attaché à un cycle aromatique. Ils sont présents dans presque toutes les plantes (Raven *et al.*, 2000).

Une des caractéristiques des composés phénoliques est de montrer une répartition très inégale chez les différentes espèces végétales et, pour une même espèce, selon la variété et le stade d'évolution physiologique. Les variations sont également considérables selon la nature des tissus et des cellules composant le végétal (Macheix *et al.*, 2005).

Les composés phénoliques jouent un rôle important dans notre alimentation, ils sont à l'origine de l'astringence de certains aliments et de l'amertume que d'autres laissent sur la langue. Ils sont aussi en partie, responsables de la couleur mi-jaune mi-brune de certains fruits et légumes (Anonyme, 2002).

2.2.1. Localisation des composés phénoliques dans la plante

Les polyphénols sont produits à différents endroits de la cellule et emmagasinés surtout dans les vacuoles et sont souvent synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre. (Raven *et al.*, 2000), leur répartition montre également des accumulations très localisées, généralement en relation avec une fonction physiologique ou avec l'interaction de la plante avec son environnement.

À l'échelle de la plante entière, il faut signaler que certains composés phénoliques ne sont accumulés que dans des organes bien définis. Par exemple, chez certaines espèces, les anthocyanes sont abondants dans les fruits murs, alors qu'ils n'apparaissent qu'exceptionnellement dans les autres organes de la plante (Macheix *et al.*, 2005).

2.2.2. Rôles des composés phénoliques

Les polyphénols sont probablement les composés naturels les plus répandus dans la nature (Bahorun., 1997). Ces substances sont un critère de qualité qui oriente le choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux et des produits qui dérivent par transformation, ils interviennent dans la protection de l'homme vis-à-vis de certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leur propriété antioxydante (Macheix *et al.*, 2005) (Tableau 3).

Polyphénols	Activités
Acides Phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes, Antifongiques et Antioxydantes
Coumarines	Protectrices vasculaires et antioedémateuses
Flavonoïdes	Antitumorales Anticarcinogènes Anti-inflammatoires Hypotenseurs et diurétiques Antioxydantes
Anthocyanes	Protectrices capillaro-veineux
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène Antioxydantes Antitumorales Antifongiques Anti-inflammatoires
Tannins galliques et catéchiques	Antioxydantes

Tableau3: Activité biologique de certains composés phénoliques (Bahorun, 1997)

2.2.3. Biosynthèse des composés phénoliques

Les polyphénols sont synthétisés par de deux voies biosynthétiques :

- **La voie de shikimate** : C'est souvent la voie de biosynthèse des composés aromatiques, elle joue un rôle critique pour contrôler le métabolisme de la voie de phénylpropanoïde (Kening et al., 1995).

- **La voie de phénylpropanoïde** : commence par la phénylalanine (Phe) qui fournit en plus des principaux acides phénoliques simples, les isoflavonoïdes, les flavonoïdes, l'acide salicylique et des précurseurs de lignine (Hoffmann et al., 2004).

2.2.4. Activité antioxydante des polyphénols :

L'activité antioxydante des polyphénols est due à leur capacité de capter les radicaux libres et/ou de chélater les ions métalliques du fer et du cuivre (**Kandaswami et Middleton, 1994**).

Le stress oxydant se définit comme étant un déséquilibre profond de la balance entre les oxydants et les antioxydants en faveur des premiers (**Powerset al., 2010**). Pour lutter contre les effets délétères de ces radicaux libres, notre organisme possède des systèmes de défense il y en a ceux qui sont endogènes impliquant des enzymes détoxifiantes (super oxydedismutase, glutathion peroxydase, catalase, etc.) et ceux qui sont exogènes obtenus à partir de notre alimentation (**Pan et al., 2008**)

2.3. Emplois thérapeutiques des composés phénoliques de pommes :

En ce qui concerne la pomme, de nombreux effets bénéfiques ont été montrés (**Roupas, 2010 ; Serra, 2012**). Les flavonoïdes de la pomme inhibent les cellules HT-29 (**Veeriah, 2006**) et ont un effet sur le métabolisme du cholestérol (**Thilakarathna, 2012**). La consommation de pommes Marie Ménédriches en polyphénols permet de réduire l'inflammation du colon de rats transgéniques (**Castagnini, 2009**). Plus précisément, les polyphénols de pelures de pommes ont un effet antioxydant et anti-inflammatoire sur les cellules Caco-2 (**Denis, 2013**), ces effets qui pourraient être associés à la présence de flavonoïdes qui inhibent la peroxydation lipidique dans ces cellules (**Peng, 2003**). Les épidermes de pommes fraîches ont une capacité d'inhibition des cancers (**Ding, 2004 ; Gerhauser, 2008 ; Boateng, 2012**). Des coproduits de pommes riches en polyphénols présentent eux aussi un effet antiprolifératif (**Tow, 2011 ; Fernandes, 2013**).

L'étude de la biodisponibilité des polyphénols dans le corps humain est complétée par d'autres recherches. Par exemple, **Manach et al. (2005)** rapportent l'ordre des différents polyphénols absorbés par le corps humain. D'autres auteurs expliquent comment les polyphénols sont absorbés par le corps humain, les mécanismes de transformation d'aglycones en méthyle, ainsi que leur assimilation dans l'intestin jusqu'au métabolisme systémique (**Scalbert, 2000 ; Ziberna, 2012 ; Dauchet, 2008**).

2.4. Les composés phénoliques de la pomme :

Il existe principalement cinq principaux groupes de composés polyphénoliques dans la pomme, à savoir les acides hydroxybenzoïques / hydroxycinnamiques, les flavan-3-ols, les anthocyanidines, les flavonols et les dihydrochalcones.

La concentration des polyphénols varie entre les différentes variétés et entre les différentes parties du fruit, et elle dépend aussi d'autres facteurs tels que les pratiques culturales, les conditions environnementales et la manutention, stockage et traitement avant et après la récolte (**Rong, 2007**).

3. Les Flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques à quinze atomes de carbone, avec deux cycles aromatiques reliés par un pont à trois carbones. Ce sont les composés phénoliques les plus nombreux, et se retrouvent dans tout le règne végétal. Ils sont présents à des concentrations élevées dans l'épiderme des feuilles et la peau des fruits et sont des métabolites secondaires importants et variés.

Dans la plante, les flavonoïdes sont impliqués dans divers processus tels que la protection contre les UV, la pigmentation, la stimulation des nodules fixateurs d'azote et la résistance aux maladies.

3.1. La structure chimique:

Les flavonoïdes ont un squelette de base formé par deux cycles en C6 (A et B) reliés entre eux par une chaîne en C3 qui peut évoluer en un hétérocycle (cycle C) (**Figure 4**).

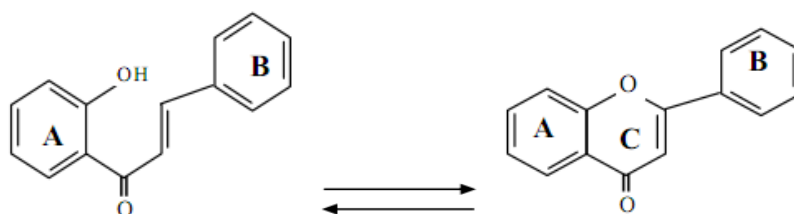


Figure 4: Structure de base d'un flavonoïde (Heller et Forkmann 1993)

3.2. La Classification des flavonoïdes :

Les principales classes de flavonoïdes sont les flavones, flavonols, flavan-3-ols, isoflavones, flavanones, et les anthocyanidines (**Figure 5**). Les hydroflavonols, flavan-3,4-diols, Chalcones, coumarines, dihydrochalcones et les aurones sont aussi des groupes de

flavonoïdes, considérés quantitativement des composants mineurs du régime alimentaire (Crozier *et al.*, 2006).

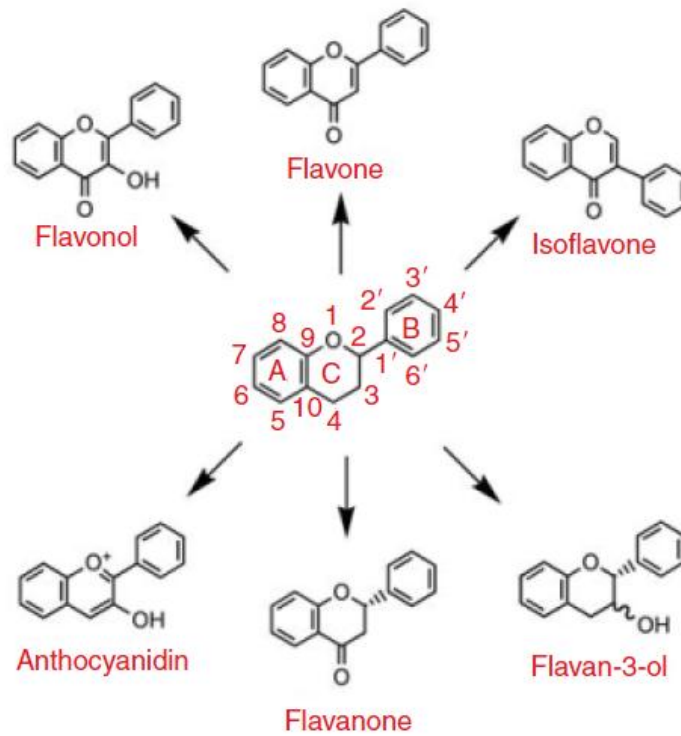


Figure 5: Structures chimiques des principales classes des Flavonoïdes (Crozier *et al.*, 2006).

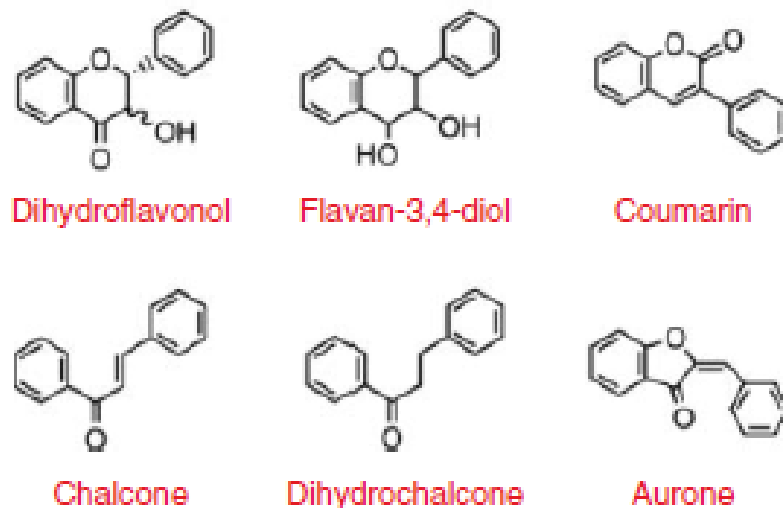


Figure 6: Structures chimiques de classes mineures des Flavonoïdes (Crozier *et al.*, 2006)..

a).Les flavonols :

Les flavonols sont les plus répandus parmi les flavonoïdes, étant dispersés dans tout le règne végétal. La distribution et les variations structurelles des flavonols sont nombreuses

et bien documentées. Les flavonols tels que la myricétine, la quercétine, l'isorhamnétine et le kaempférol se trouvent le plus souvent sous forme d'O-glycosides. Il existe des informations sur les niveaux de flavonols que l'on trouve couramment dans les fruits, les légumes et les boissons (**Hertog et al., 1993**). Cependant, des différences considérables se retrouvent dans les quantités présentes dans des produits apparemment similaires, probablement en raison de changements saisonniers et de différences variétales. Les effets du traitement ont également un impact, mais les informations sur le sujet sont rares (**Crozier et al., 1997**).

b).Les Flavones :

Les flavones ont une relation structurelle très étroite avec les flavonols. Bien que les flavones, telles que la lutéoline et l'apigénine, présentent des substitutions de cycles A et C, elles manquent d'oxygénation en C3. Un large éventail de substitutions est également possible avec les flavones, notamment l'hydroxylation, la méthylation, les O-alkylation et C et la glycosylation.

Contrairement aux flavonols, les flavones ne sont pas largement distribuées, des occurrences significatives étant signalées uniquement dans le céleri, le persil et certaines herbes. De plus, des flavones polyméthoxulées, telles que la nobilétine et la tangerétine, ont été trouvées dans des espèces d'agrumes.

c).Les Flavan-3-ols :

Les flavan-3-ols constituent la sous-classe la plus complexe de flavonoïdes, allant des monomères simples () -catéchine et son isomère (-) épigallocatechine aux proanthocyanidines oligomériques et polymères (**Figure 3**), également appelées tannins condensés. De même que les flavones, les flavonols, les isoflavones et les anthocyanidines, qui sont des molécules planaires, les flavan-3-ols, les proanthocyanidines et les flavanones ont un élément C3 saturé dans le cycle C hétérocyclique et sont donc non plans.

d).Les anthocyanidines :

Les anthocyanidines, principalement sous forme de dérivés conjugués, les anthocyanines, sont largement dispersées dans tout le règne végétal et sont particulièrement évidentes dans les tissus des fruits et des fleurs où elles sont responsables des couleurs rouge, bleue et violette. En outre, on en trouve également dans les feuilles, les tiges, les graines et les tissus racinaires. Ils participent à la protection des plantes contre la lumière excessive en ombrageant les cellules du mésophylle des feuilles et ont également un rôle important à jouer pour attirer les insectes pollinisateurs.

Les anthocyanidines les plus courantes sont la pélagonidine, les cyanidine, la delphinidine, la poénidine, la pétunidine et la malvidine. Dans les tissus végétaux, ces composés se retrouvent invariablement sous la forme conjuguée à des sucres appelés anthocyanes.

e).Les Flavanones :

Les flavanones se caractérisent par absence de double liaison et la présence d'un centre chiral en C2. Dans la majorité des flavanones naturellement accirantes, l'anneau C₆ est attaché à l'anneau b₂ en C2. La structure de la falavanone est hautement réactive et il a été rapporté que ses réactions d'hydroxylation, de glycosylation et de méthylation de l'O₇ ont lieu dans les agrumes. Le glycoside de falavonse le plus répandu est hesperetin ₇O_{neo} hesperidoside (neahesperidin) de l'orange amère (*citrus aurantium*).

f).Les Isoflavones :

Les isoflavones se caractérisent par le fait que l'anneau b₂ est attaché en C3 plutôt qu'en position C2. Ils se trouvent surtout chez les légumineuses. Les luzernes et les trèfles ont une activité œstrogénique suffisante pour nuire gravement à la reproduction des animaux au pâturage tels que vaches et moutons. La structure de ces isoflavonoïdes est telle qu'ils semblent imiter l'œstradiol, une hormone stéroïdienne qui bloque l'ovulation. La consommation de fourrage de légumineuses par les animaux doit donc être restreinte ou faible. Il est clair que c'est un domaine dans lequel il serait avantageux de produire des légumineuses déficientes en isoflavonoïdes génétiquement modifiées. La consommation alimentaire de génistéine et de daidzéine à partir de produits de soja réduirait probablement l'incidence des cancers du sein et de la prostate chez l'homme. Cependant, les mécanismes en cause sont différents: la croissance des cellules cancéreuses de la prostate est induite par l'androgène testostérone, dont la production est inhibée par l'œstradiol. Lorsque l'œstradiol naturel est insignifiant, les isoflavones peuvent réduire les taux d'androgènes et, par conséquence, inhiber la croissance tumorale.

3.3. Biosynthèse des flavonoïdes :

Les flavonoïdes possèdent tous le même élément structural de base, car ils dérivent d'une origine biosynthétique commune. Le cycle A est formé à partir de trois molécules de malonyl-coenzyme A (malonyl-CoA), issues du métabolisme du glucose. Les cycles B et C proviennent eux aussi du métabolisme du glucose, mais par la voie du shikimate via la Phénylalanine qui est convertie en p-coumarate puis en p-coumaroyl-CoA. Le p-coumaroyl

CoA et les 3 malonyl CoA se condense en une seule étape enzymatique pour former une chalcone, la 4, 2',4', 6'-tétrahydroxychalcone. Le cycle C se forme par cyclisation de la chalcone, réaction catalysée par la chalcone-isomérase qui induit une fermeture séréospécifique du cycle conduisant à une seule 2(S)-flavanone : la naringénine. Ce cycle s'hydrate ensuite pour former les différentes classes de flavonoïdes (**Lhuillier , 2007**).

4.Activité antimicrobienne des polyphénols :

Une des fonctions des flavonoïdes et des composés phénoliques,est leur rôle dans la protection des plantes contre l'invasion microbienne. Cela implique non seulement leur présence aux plantes comme des agents constitutifs, mais aussi leur accumulation comme phytoalexines en réponse à l'attaque microbien (**Grayer 1994, Harborne 1999**).

Il ya un grand intérêt dans l'utilisation des flavonoïdes des plantes pour le traitement des maladies humaines à cause de leur capacité étendue d'inhiber la germination des spores phythogènes, ils ont été proposés aussi pour être utilisées contre les pathogènes fongiques de l'homme. (**Harborne et Williants,2000**).

1. **Anonyme, (2002).** ITAF
2. **Anonyme (2002).** Bulletin inter pour l'Afrique, au sud du Sahara N°17. Institut National des Ressources Phytogénétique. P12.
3. **Ali N.R.A., Julish WD, Kusuni, K. C. et Lindesquist U. (2001).** Screening of Yamani medicinal plant for antibacterial and cytotoxic activities. *Journal of ethnopharmacology*. 74: 173-179.
4. **Bahorun T, (1997).** Substance naturelle active : la flore mauricienne , une source d'approvisionnement potentielle Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. PP 83-94.
5. **Békro Y.A ,Janat a, békro M , Boua B. B , trabi F.H and Éhilé E. (2007)**
Etude
Ethnobotanique et screening phytochimique de caesalpinia benthamiana (baill. herend et zarucchi (caesalpiniaceae). *Sciences & nature*. vol 4 n° 2: 217 – 225
6. **Boateng J., Verghese M. (2012).** Protective effects of the phenolic extracts of fruits against oxidative stress in human lung cells. *International journal of pharmacology* 8: 152-160.
7. **Bondonno, N. P., Bondonno, C. P., Ward, N. C., Hodgson, J. M., & Croft, K. D. (2017).** The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 243–256
8. **Bretaudeau J., (1978).** : Atlas d'arboriculture fruitière. Vol. 02. Ed. J.B. Baillièrre et Fils, Paris, 173 P.
9. **Brown, A.G. (1975).** : Apples in "Advances in fruit breeding", YANICK and MOORE (Eds), Purdue University press: 3- 38.
10. **Castagnini C., Luceri C., Toti S., Bigagli E., Caderni G., Femia A.P., Giovannelli L., Lodovici M., Pitozzi V., Salvadori M., Messerini L., Martin R., Zoetendal E.G., Gaj S., Eijssen L., Evelo C.T., Renard C.M.G.C., Baron A., Dolara P. (2009).** Reduction of colonic inflammation in HLA-B27 transgenic rats by feeding Marie Menard apples, rich in polyphenols. *British Journal of Nutrition* 102: 1620–1628.

11. **Chebaibi.A;F. Rhazi Filali ; A. Amine ; M. Zerhouni(2011) :** Effet bactéricide (in vitro) des extraits aqueux des feuilles du grenadier marocain (*Punica granatum* L.) sur des bactéries multirésistantes aux antibiotiques.9 :158.
12. **Chevreau, E. et Morisot, D. (1985).** Variabilité génétique d'une collection d'espèces des genres Malus et Pyrus, Analyse botanique et enzymatique. D.E.A. INRA. Station d'arboriculture fruitière 1- 8.
13. **CROZIER.A,M.N.CLIFFORD AND H.ASHIHARA (2006)** Plant Secondary Metabolites Occurrence, Structure and Role in the Human Diet;pp:8 9
14. **Dalla Via, J., Mantinger, H., 2012.** Die landwirtschaftliche Forschung im Obstbau Südtirols. Erwerbs-Obstbau 54, 83–115.
15. **Dauchet L., Peneau S., Bertrais S., Vergnaud A.C., Estaquio C., Kesse-Guyot E., Czernichow, S. Favier A., Faure H., Galan P., Hercberg S. (2008).** Relationships between different types of fruit and vegetable consumption and serum concentrations of antioxidant vitamins. British Journal of Nutrition 100: 633–641.
16. **Denis M.C., Furtos A., Dudonné S., Montoudis A., Garofalo C., Desjardins Y., Delvin E., Levy E. (2013).** Apple peels polyphenols and their beneficial actions on oxidative stress and inflammation. PLoS ONE 8 (1): e53725. doi:10.1371/journal.pone.0053725.
17. **Ding M., Lu Y., Bowman L., Huang C., Leonard S., Wang L., Vallyathan V., Castranova V., Shi X. (2004).** Inhibition of AP-1 and neoplastic transformation by fresh apple peel extract. Journal of Biological Chemistry 279: 10670-10676.
18. **DJENNANE D., YANGUELA J., DERRICHE F., BUARAB L., ET RONCALES P. (2012).** Utilisation des composé des feuilles d'olivier comme agents antimicrobiens ; application pour la conservation de la viande fraiche de dinde. Nature & Technologie, n°7, PP. 53-61.

19. **Eberhardt M.V., Lee C.Y., Liu R.H., (2000).** [Antioxidant activity of fresh apples](#). *Nature*; N°405 PP. 903-904.
20. **Feliciano ,Ana Teresa Serraa , Ana A. Matiasa , Raquel F.M. Frade , Rui O. Duarte , Rodrigo P., Maria R. Bronzea, M.E. Figueirad , Agostinho de Carvalhoe , Catarina M. Duarte (2010)** :Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal. Part 2 – Antioxidant and antiproliferative activities. *Journal of Functional Foods*, 2(1), 46–53.
21. **Fernandes I., Marques F., De Freitas V., Mateus N. (2013).** Antioxidant and antiproliferative properties of methylated metabolites of anthocyanins. *Food Chemistry* 141: 2923-2933.
22. **F. A. O. (2008).** Production agricole, cultures primaires, Banque de données statistiques. F.A.O. Stat (Site Internet: [http:// www. FAO-org. Com](http://www.FAO-org.Com))
23. **Gerhauser C. (2008).** Cancer chemopreventive potential of apples, apple juice, and apple components. *Planta Medica* 74: 1608-1624.
24. **Gonzalez-Talice, J., Yuri, J. A., & del Pozo, A. (2013).** Relations among pigments, color and phenolic concentrations in the peel of two gala apple strains according to canopy position and light environment. *Scientia Horticulturae*, 151, 83–89
25. **GUIGNARD, (2002)** biochimie végétale. Etude de l'impact de la nutrition azote et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. INRA. Nancy université.
26. **HAMIA C, GUERGAB A., RENNANE N. EIH., BIRACHE M., HADDAD M., SAIDI M. et YOUSFI M (2014).**Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du *Rhanterium Adpressium*/Laboratoire des Sciences Fondamentales, Université Amar Telidji Laghouat, Vol. 6, N° 1, Mai 2014

27. : **GRAYER and JEFFREY B. HARBORNE (1994)**: A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982–1993. *Phytochemistry*, 37(1), 19–42.
28. **Grigoras ;Cristina G. , Emilie Destandaua, Laëtitia Fougère, Claire Elfakir(2013)**: Evaluation of apple pomace extracts as a source of bioactive compounds p 794– 804.
29. **Harborne B J, Christine A. Williams (2000)**: Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481–504.
30. **Heller W, Forkmann G.** The flavonoids. Advances in research since 1986. In Harborne JB. Secondary Plant Products. Encyclopedia of plant physiology. Ed. Chapman & Hall, London, 1993, 399-425.
31. **Hertog, MG;Feskens EG;Peter C H . Martijn B katan ;Daan Kromhout(1993)**: Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease_ the Zutphen Elderly Study. *The Lancet*, 342(8878), 1007–1011.
32. **Hoffmann L., Besseau S., Geoffroy P., Ritzenthaler C., Meyer D., Lapierre C., Pollet B. et Legrand M. 2004.** Silencing of hydroxycinnamoyl coenzyme A shikimate / quinate Hydroxycinnamoyltransferase affects phénylpropanoïde biosynthesis. *Plant cell*. 16 (6): 1446- 1465
33. **HUGARD Z., 1974 :** Importance des facteurs climatiques pour le choix variétal chez les rosacées fruitières. Conséquences dans le domaine de la recherche et du développement. Séminaire INRA, EL HARRACH, Alger, 10 P.
34. **Irene Fernández-Jalao, Concepción Sánchez-Moreno, Begoña De Ancos (2018)** Effect of high-pressure processing on flavonoids, hydroxycinnamic acids, dihydrochalcones and antioxidant activity of apple ‘Golden Delicious’ from different geographical origin
35. **Ismail, H.I., Chan, K.W., Mariod, A.A., Ismail, M., 2010.** Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chem.* 119,643–647.

36. **JUDD W.S. CAMPBELL D., SKELLO E. A. et STEVEN P. (2002)**
: Botanique systématique : perspective phylogénétique de Boeck université 1er
Ed. P 911
37. **Kandaswami C, Middleton E Jr (1994)**:Free radical scavenging and
antioxydant activity of plant flavonoids.Department of Medicine, School of
Medicine and Biomedical Sciences, State University of New York. 366:351-76.
38. **Kebièche M., Lakroun Z., Mraïhi Z et Soulimani R. (2011)** Effet
antidiabétogène et cytoprotecteur de l'extrait butanolique de *Ranunculus repens*
L. et de la quercétine sur un modèle expérimental de diabète alloxanique.
Phytothérapie. 9: 274-282.
39. **Kelly Wolfe, Xianzhong Wu, and Rui Hai Liu,2003**, antioxydant activity of
apple peels, J.Agric. Food Chem. 2003,51,609-614.
40. **Kening Y., Vincenzo D. L. et Normand B., 1995**. Creation of a metabolic sink
for tryptophan alters the phénylpropanoïde pathway and the susceptibility of
potato to *Phytophthora infestans*. The plant cell. 7: 1787- 1799. Lavoisier. Paris,
245 P.
41. **Kevers, C., Pincemail, J., Tabart, J., Defraigne, J. O., & Dommes, J. (2011)**.
Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the
antioxydant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears.
Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(11), 6165–6171. Kim, H. K.,
Leem, K. H., Lee, S., Kim, B. Y., Hahm, Y. T., Cho, H. Y., & Lee, J. Y. (2012).
42. **Korban S. et R.M., Skirvin, (1984)**. Nomenclature of the cultivated apple.
HortScience N°19 PP. 177-180
43. **LAFAROUN, J. P., THARAUD- PAYER, C. et LEVY, G. (1996)**. Biologie des
plantes cultivées-2^{ème} édition. Tome I- organisation / physiologie de la nutrition.
Ed. Lavoisier, Paris, 227 p.
44. **Lamperi, L., Chiuminatto, U., Cincinelli, A., Galvan, P., Giordani, E., Lepri,
L., & Del Bubba, M. (2008)**. Polyphenol levels and free radical scavenging
activities of four apple cultivars from integrated and organic farming in different
Italian areas. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(15), 6536–6546.
45. **Lhuillier,A.,Fabre,N.,Moyano,F.,Martins,N.,Claparols,C.,Fourasté,I.,&
Moulis (2007)**:Comparison of flavonoid profiles of *Agauria salicifolia*
(Ericaceae) by liquid chromatography-UV diode array detection–electrospray

- ionisation mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1160(1-2), 13–20 _
10.1016
46. **LUBY J. 2003.** : Taxonomic classification and history. In: Ferree D, Warrington I, eds. Apples, botany, production and uses. Wallingford, UK: CABI Publishing, 1–14.
47. **MACHEIX J. J., FLEURIET A et ALLEMAND J.C. (2005).** Les composées phénoliques des végétaux (un exemple de métabolites secondaires d'importance économique). Ed Technique et Documentation. Lavoisier. P 192.
48. **MADR, 2013** «Statistiques Agricoles», bulletin du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 3p
49. **Manach C., Mazur A., and Scalbert A., (2005).** Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Curr. Opin. Lipidol.* N°16 PP.77–84.
50. **Massias A, Séverine B, Michel Ba, Fernando Leal C, Pascale Subra-Paternault (2015)** :Recovery of phenolics from apple peels using CO₂ + ethanol extraction: Kinetics and antioxidant activity of extracts. *The Journal of Supercritical Fluids*.98, 172-182.
51. **Mutai C., Bii C., Vagias C., Abatis D., Roussis V., (2009).** Antimicrobial activity of *Acacia mellifera* extracts and lupane triterpenes. *Journal of Ethnopharmacology*, Vol.123 N°1 PP. 143-148.
52. **Pan, Y., Wang, K., Huang, S., Wang, H., Mu, X., He, C., Ji, X., Zhang, J., Huang, F. (2008).** Antioxydant activity of microwave-assisted extract of longan(*DiinocarpusLongan*
53. **Peng I.W., Kuo S.M. (2003).** Flavonoid structure affects the inhibition of lipid peroxidation in Caco-2 intestinal cells at physiological concentrations. *J. Nutr.* 133: 2184–2187
54. **Powers, SK., Smuder, AJ.,Kavariz , AN., Hudson, M.B. (2010).**Experimental guidelines for studies designed to investigate the impact of antioxidant supplementation on exercise performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20, 2-14.
55. **RAHAL K. (2005).** Standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine à l'échelle nationale. Selon les recommandations de l'OMS. 4em édition. Institut pasteur. Algérie. P 94

56. **RAT-MORRIS, E. (1994).** Analyse des relations entre *Dysaphis plantaginea passerini* (Insecta, Auchenorrhyncha) et sa plante hôte *Malus X domestica* Borkh: étude de la résistance du cultivar Florina. Thèse de Doctorat en sciences de la vie. Université François Rabelais de Tours, France, 132 p.)
57. **RAVEN. P.H., EVERT R. F. et EICHHORN S. E. (2000)** Biologie végétale.
58. Ed Deboech, Paris. P. 924. ISBN : 27445-0102-6
59. **REDHER, A. (1956).** Manual of cultivated trees and shrubs; Rehder edition-2nd,ed. New- York, the Macmillan Company, 996 p.
60. **Rihane K et Benlaharche R. (2013)** activité antibactérienne des polyphénols et flavonoïdes d'extraits à partir de deux plantes médicinales : *artémisia herba alba* et *ocimum basilicum* sur *escherichia coli* et *staphylococcus aureus*. **Mémoire de master université mentouri constantine.**
61. **ROBINSON JP, HARRIS SA, JUNIPER BE. 2001.** : Taxonomy of the genus *Malus* Mill. (Rosaceae) with emphasis on the cultivated apple, *Malus x domestica* Borkh. *Plant. Syst. Evol.* 226: 35–58.
62. **Rong Tsao** (Extraction, Separation, Detection, and Antioxidant Activity of Apple Polyphenols) Food Research Program, Agriculture and Agri-Food Canada, 93 Stone Road West, Guelph, Ontario N1G5C9, Canada (2007)
63. **Roupas P., Noakes M. (2010).** Apples, their antioxidants and benefits to human health. CSIRO Food and Nutritional Sciences.
64. **Rupasinghe V., Thilakarathna S., Nair S. (2012).** Polyphenols: chemistry, dietary sources and health benefits. Chapter Polyphenols of apples and their potential health benefits. Editions: Nova Science Publishers Inc. Hauppaug 333-368.
65. **SAPIN P .1987** : Arboriculture fruitière en Algérie. Pommier, Poirier INRA.EL HARRACH. Pp27-46.
66. **Scalbert A., Williamson G. (2000).** Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J. Nutr.* 130: 2073-2085.

67. **Serra A.T., Rocha J., Sepodes B., Matias A.A., Feliciano R.P., De Carvalho A., Bronze M.R., Duarte C.M.M., Figueira M.E. (2012).** Evaluation of cardiovascular protective effect of different apple varieties - Correlation of response with composition. *Food Chemistry* 135: 2378–2386.
68. **Sokmen Atalay , Erol Donmeza ,Bektas Tepea , Mehmet Unlub, Ferda Candanc,Dimitra Dafererad, Gu'lhhan Vardar-Unlub, Moschos Polissiouid (2004):**Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl), 519–525.
69. **Thilakarathna S.H., Wang Y., Rupasinghe H.P.V., Ghanam K. (2012).** Apple peel flavonoid- and triterpene-enriched extracts differentially affect cholesterol homeostasis in hamsters. *Journal of Functional Foods* 4: 963-971.
70. **Tow W.W., Premier R., Jing H., Ajlouni S. (2011).** Antioxidant and antiproliferation effects of extractable and nonextractable polyphenols isolated from apple waste using different extraction methods. *Journal of Food Science* 76.
71. **Vasantha R ,Shahrokh K, Rong T , Djamila R , Raymond Y , Marie T Charles,H.P; (2008):** Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(5), 396–401
72. **Veeriah S., Kautenburger T., Habermann N., Sauer J., Dietrich H., Will F., Pool-Zobel B.L. (2006).** Apple flavonoids inhibit growth of HT29 human colon cancer cells and modulate expression of genes involved in the biotransformation of xenobiotics. *Molecular Carcinogenesis* 45:164–174.
73. **Viuda-martos M., Ruiz-Navajas Y., Fernandez-Lopez J., Sendra E., Sayas-Barbera E. & Perez-Alvarez J.A. (2011).** Antioxydant properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses obtained as co-product in the juice extraction. *Food Research International*, 44(5), 1217-1223.
74. **Ziberna L., Tramer F., Moze S., Vrhovsek U., Mattivi F., Passamonti S. (2012).** Transport and bioactivity of cyanidin 3-glucoside into the vascular endothelium. *Free Radical Biology & Medicine* 52: 1750–1759.
75. **Woo Jong Shin, Weon Kim, Sang Jin Ha, Jin Bae Kim, Soo-Joong Kim, Woo-Shik Kim, Hyun Ju Seon, Kwon Sam Kim (2013):** Cardioprotective Effects of Exenatide in Patients With ST-Segment–Elevation Myocardial

Infarction Undergoing Primary Percutaneous Coronary Intervention. 33:2252–2260

Références électroniques:

- FAOSTATS (FAO United Nations): <http://faostat.fao.org/> consulté le 09/07/2019
- **Aprifel, (2008)**. Site internet de l'agence des fruits et des légumes frais. Fiches nutritionnelles par produits : la pomme. <http://www.aprifel.com/fiches,produits>. Consulté le 18 mai 2019.

Références bibliographiques
