

Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème :*

*Composés bioactifs et activité  
antioxydante de quelques types de  
confitures*

Présenté par :

**SAADI Imene & REMILA Amel**

Soutenu le : 24/06/2023

Devant le jury composé de :

Mr.Mokrani Abderrahmane

MCA

Promoteur

Mme. Oukil Naima

MCA

Présidente

Mme. Adrar Sonia

MCA

Examinatrice

**Année Universitaire : 2022-2023**

# Remerciements

*Tout d'abords, nous tenons à remercier le « BON DIEU » le tout puissant qui nous a procuré la patience, courage et volonté afin de réaliser ce modeste travail.*

*Nos profonds remerciements à notre promoteur Monsieur MOKRANI Abderrahmane pour ses encouragements, ces conseils, son aide tout au long de ce travail.*

*A Monsieur Djamaoune Lounis responsable de UAP boisson Unités Elksseur Cevital et Madame Ouatah Siham responsable de laboratoire de nous avoir donné l'opportunité de réaliser notre stage au sein de l'entreprise.*

*Nous tenons à exprimer notre grande considération aux membres du jury, tout particulièrement : Madame OUKIL d'avoir acceptée de présider le jury de notre soutenance, et Mme MEDOUNI d'avoir acceptée de juger et examiner notre travail.*

*À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et à tous ceux qui nous ont soutenus moralement par leur affection et qui nous ont permis par leurs conseils et leur soutien quotidien de toujours avancer.*



*S.Imene & R.Amel -*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents, pour leurs sacrifices, leurs encouragements et leurs soutiens, eux qui m'ont guidés durant toutes mes années d'étude vers le chemin de la réussite.*

*A mes sœurs : Saloua et Chahinez*

*A mes frères : Hamza et Ahmed*

*A mon cher fiancé Raouf*

*A mes copines en particulier Youssra, Ghania, Souad et Mouna*

*A mon chère binôme Amel et sa famille.*



S.Imene -

# Dédicace

*Je dédie cet humble et modeste travail à*

*Mes parents source de tendresse et d'affection, eus qui mon  
soutenu tous au long de ce parcours et qui m'ont guidé  
vers ma réussite*

*A mon frère : ANIS*

*A tous mes amis en particulier Ines et Chems eddine*

*A mon chère binôme Imene*

 - R. Amel -

# *Table des matières*

## *Table des matières*

---

Remerciements

**Dédicace**

**Sommaire**

Liste d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction .....1**

### **Chapitre I**

#### **Généralités sur les fruits**

**1. Définition .....4**

**2. La structure anatomique des fruits .....4**

2.1. L'exocarpe ..... 4

2.2. Le mésocarpe ..... 4

2.3. L'endocarpe ..... 5

**3. La classification des fruits.....5**

**4. La maturation des fruits .....7**

4.1. L'hormone de maturation des fruits : l'Ethylène ..... 7

4.2. Les fruits climactériques..... 7

4.3. Les fruits non climactériques ..... 7

**5. Composition chimique et valeur nutritionnelle des fruits .....8**

**6. Production mondiale des fruits.....9**

6.1. La production des fruits par continents ..... 10

**7. Les antioxydants des fruits .....11**

7.1. Les composés phénoliques ..... 11

7.1.1. Les acides phénoliques ..... 12

7.1.2. Les flavonoïdes ..... 12

7.1.3. Les flavonols..... 13

7.1.4. Les anthocyanines ..... 14

7.2. Les caroténoïdes..... 15

7.2.1. Les carotènes ou caroténoïdes hydrocarbonés ..... 15

7.2.2. Les xanthophylles..... 15

## *Table des matières*

---

### **Chapitre II**

#### **Généralités sur les confitures**

<b>1. Historique de la confiture .....</b>	<b>18</b>
<b>2. Définition de la confiture .....</b>	<b>18</b>
<b>3. Les types de confitures .....</b>	<b>18</b>
<b>4. Valeurs nutritionnelle et composition chimique de la confiture .....</b>	<b>19</b>
<b>5. La technologie de fabrication industrielle de la confiture .....</b>	<b>19</b>
5.1. Les ingrédients de base de la confiture .....	19
5.1.1. Les fruits .....	20
5.1.2. Le sucre.....	20
5.1.3. La pectine.....	20
5.1.4. Les acides organiques.....	21
5.2. Les étapes de fabrication industrielle de la confiture .....	21
5.2.1. La préparation des fruits .....	21
5.2.2. La cuisson .....	21
5.2.3. Le conditionnement .....	21
<b>6. La production mondiale de la confiture .....</b>	<b>22</b>

#### **Matérielles et méthodes**

<b>1.L'objectifs de travail.....</b>	<b>25</b>
<b>2. Réactifs et produits chimiques.....</b>	<b>25</b>
<b>3.Echantillonnage .....</b>	<b>25</b>
<b>4. Les analyses physicochimiques.....</b>	<b>25</b>
4.1. Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	25
4.2. L'acidité titrable .....	26
4.3. L'humidité .....	26
4.4. Le Brix.....	26
4.5. La couleur .....	27
<b>5. Dosage des antioxydants .....</b>	<b>27</b>
5.1. Les composés phénoliques .....	27
5.1.1. Préparation des extraits.....	27
5.1.2. Dosage des polyphénols totaux :.....	27
5.1.3. Dosage des flavonoïdes .....	28
5.1.4. Dosage des flavonols.....	28
5.1.5. Dosage des pro-anthocyanidines.....	28

## *Table des matières*

---

5.2. Extraction et dosage des anthocyanines .....	28
5.3. Extraction et dosage des caroténoïdes .....	29
<b>6. Détermination de l'activité antioxydante .....</b>	<b>29</b>
6.1. Activité antiradicalaire envers le radical DPPH <sup>°</sup> .....	29
6.2. Activité antiradicalaire envers le radical ABTS <sup>°+</sup> .....	30
6.3. Pouvoir réducteur .....	30
<b>7. Analyse statistique.....</b>	<b>30</b>
<b>Résultats et discussion</b>	
<b>1. Résultats et discussion.....</b>	<b>33</b>
1.1. Les analyses physicochimiques .....	33
1.2. Les teneurs en antioxydants.....	36
1.2.1. Les polyphénols totaux (PT).....	36
1.2.2. Les flavonoïdes .....	37
1.2.3. Les flavonols.....	37
1.2.4. Les anthocyanines .....	38
1.2.5. Les pro-anthocyanidines.....	39
1.2.6. Les caroténoïdes.....	40
1.3. L'activité antioxydante.....	41
1.3.1. L'activité antiradicalaire envers le radical DPPH.....	41
1.3.2. Activité antiradicalaire envers le radical ABTS <sup>°+</sup> .....	42
1.3.3. Le pouvoir réducteur .....	43
1.4. Matrice de corrélation .....	44
<b>Conclusion .....</b>	<b>46</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>50</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>57</b>



## *Liste des tableaux*

---

### Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Classification des fruit. ....	6
<b>Tableau III</b> : Production de fruits par continents en 2018.....	10
<b>Tableau IV</b> : Composition chimique de la confiture (teneur pour 100g de confiture).....	19
<b>Tableau V</b> : Résultats des analyses physicochimiques des différents échantillons de confitures. ....	33
<b>Tableau VI</b> : Corrélation entre les teneurs en composés phénoliques (PT, FT, FLT, ANC, PANC) et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS, PR) des différentes confitures étudiées. ....	44

## *Liste des tableaux*

---

### Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Classification des fruit. ....	6
<b>Tableau III</b> : Production de fruits par continents en 2018.....	10
<b>Tableau IV</b> : Composition chimique de la confiture (teneur pour 100g de confiture).....	19
<b>Tableau V</b> : Résultats des analyses physicochimiques des différents échantillons de confitures.....	333
<b>Tableau VI</b> : Corrélation entre les teneurs en composés phénoliques (PT, FT, FLT, ANC, PANC) et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS, PR) des différentes confitures étudiées.....	444

# *Introduction*

## *Introduction*

---

Plusieurs études ont démontré les effets positifs de la consommation des fruits et légumes pour la santé humaine. Ils sont indispensables pour une alimentation saine et équilibrée (**Carunchia et al., 2015**). La consommation de fruits à des quantités adéquates renforce le système immunitaire et prévient certaines maladies comme le diabète, les maladies cardiovasculaires, inflammatoires et certains types de cancers grâce à leur teneur en nutriments essentiels tels que les vitamines, minéraux, fibres et antioxydants (**Arias Calvo et al., 2022**). Les différents types d'antioxydants présents dans les fruits sont considérés comme des composés extrêmement importants pour la santé humaine. Parmi ces composés on peut citer les composés phénoliques (polyphénols totaux, flavonoïdes anthocyanines,...), les caroténoïdes et la vitamine C. Ces derniers ont un rôle important dans la détermination de la valeur nutritionnelle mais également des caractéristiques organoleptiques des fruits (**Kántor et al., 2021**).

Les radicaux libres (RL) appelés également espèces réactives de l'oxygène (ERO), jouent un rôle majeur dans de nombreux processus pathologiques. Les ERO peuvent être générés de manière endogène par des réactions métaboliques telles que le transport mitochondrial d'électrons pendant la respiration ou de manière exogène par les polluants environnementaux et la consommation de tabac (**Kirkham and Rahman, 2006**). Les radicaux libres sont antagonisés par des molécules de nature antioxydante. Ces dernières sont capables de prévenir les dommages tels que la peroxydation des lipides, les dommages oxydatifs aux membranes, la glycation des protéines et l'inactivation des enzymes, et cela en piégeant les RL (**Carunchia et al., 2015**).

Les fruits ne sont pas disponibles pour la consommation tout au long de l'année à cause des effets saisonniers. C'est pour cette raison que les fruits sont transformés en produits dérivés de longue conservation comme la confiture. Cette dernière est l'un des produits alimentaires les plus répandus en raison de son faible coût, sa disponibilité et de ses propriétés organoleptiques (**Arias Calvo et al., 2022**). Donc, il est intéressant de déterminer si les confitures pourraient également représenter de bonnes sources de composés bioactifs (**Da Silva Pinto et al., 2007**).

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de notre étude qui est la comparaison de l'apport en composés bioactifs (caroténoïdes, composés phénoliques totaux, flavonoïdes, flavonols, anthocyanines et pro-anthocyanines) et de l'activité antioxydante (activité antiradicalaire et pouvoir réducteur) ainsi que les paramètres physicochimiques (pH, acidité

## *Introduction*

---

titrable, humidité, Brix, et couleur) de quelques variétés de confitures industrielles ( confiture d'abricot, de figue, de fraise, d'orange, mûre, de pêche, de pomme et de poire) disponibles au niveau du commerce.

Notre travail est scindé en deux principales parties :

- Tout d'abord une synthèse bibliographique dont laquelle sont discutés tous les aspects relatifs aux fruits, aux antioxydants et à la fabrication industrielle de la confiture.
- Ensuite une partie expérimentale qui, elle aussi, est divisée en deux parties : la partie matériel et méthodes dont laquelle sont décrits le matériel, l'échantillonnage, les méthodes de dosage et d'analyse des différents composés bioactifs, les tests antioxydants, les tests physicochimiques ainsi que les tests statistiques utilisés dans notre étude. Deuxièmement, la partie résultats et discussion dans laquelle sont interprétés, comparés et discutés les différents résultats obtenus.

*Chapitre I*  
*Généralités sur les fruits*

## **1. Définition**

En botanique, le terme « fruit » est défini comme les structures matures porteuses de graines et englobe aussi les plantes à fleurs. Cette définition couvre un groupe très large en variétés hétérogènes de produits végétaux tels que les céréales, les légumineuses, les graines oléagineuses, les épices et les fruits charnus. Un fruit est la structure porteuse de graines chez les plantes à fleurs considéré comme le résultat de la transformation de l'ovaire après fécondation (**Galland, 1992; Richel et al., 2013**).

Les fruits sont considérés comme des aliments sains et sont appréciés pour leur saveur, arôme et texture. Ils jouent un rôle très important pour la santé humaine en fournissant des régimes pauvres en sodium aux personnes souffrant de certaines maladies telles que l'hypertension et les troubles rénaux. Ils constituent une grande partie du régime alimentaire tout en apportant très peu de calories. En raison de leur densité nutritionnelle très élevée, une portion de fruits permet d'atteindre les apports nutritionnels journaliers recommandés pour la plupart des nutriments sans apporter en même temps de calories en excès (**Richel et al., 2013**).

## **2. La structure anatomique des fruits**

Du point de vue anatomique, le fruit est constitué de plusieurs parties. Le péricarpe provient directement de la paroi de l'ovaire. Il est considéré comme la paroi externe du fruit. Le péricarpe est généralement composé de trois parties de l'extérieur vers l'intérieur : l'exocarpe, le mésocarpe et l'endocarpe (figure 1) (**Carrillo-López and Yahia, 2019**).

### **2.1. L'exocarpe**

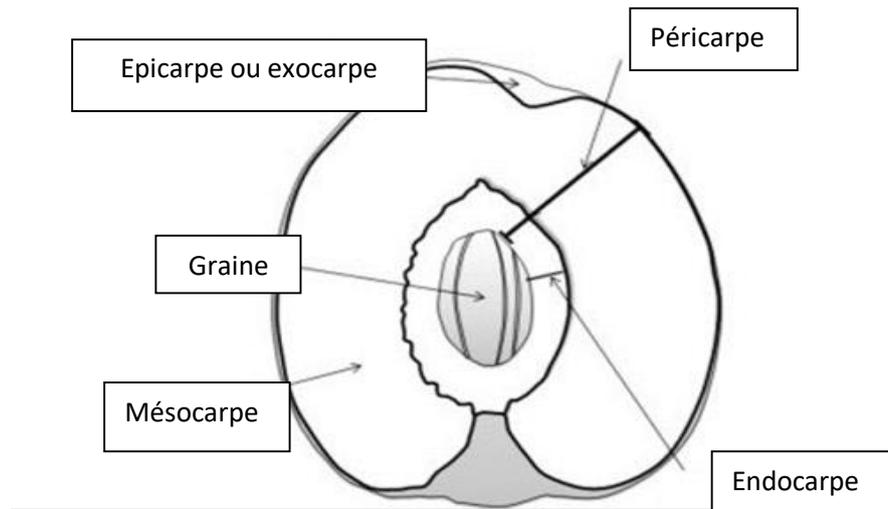
L'exocarpe, appelé également épicarpe et flavédo dans le cas des agrumes, forme la peau extérieure généralement dure et colorée du fruit (**Carrillo-López and Yahia, 2019**).

### **2.2. Le mésocarpe**

Le mésocarpe est la couche intermédiaire charnue du péricarpe (se trouve entre l'épicarpe et l'endocarpe). C'est généralement la partie comestible et juteuse du fruit. Elle est consommée avec l'épicarpe lorsque ce dernier devient mou formant la pulpe, par exemple dans le cas de la pêche. Le mésocarpe est appelé albédo dans le cas des agrumes qui est généralement non comestible (**Carrillo-López and Yahia, 2019**).

### 2.3. L'endocarpe

L'endocarpe est la couche la plus interne du péricarpe qui entoure les graines et forme parfois le noyau. Il peut être non comestible dans le cas des drupes telle que les cerises ou membraneux et comestible dans le cas des agrumes (Carrillo-López and Yahia, 2019).



**Figure 1** : La structure anatomique du fruit (Carrillo-López and Yahia, 2019).

### 3. La classification des fruits

La classification des fruits est basée sur la structure de l'ovaire (disposition et soudure des carpelles) et sur le mode de déhiscence du fruit. En général, les fruits sont classés en quatre catégories : fruits simples, complexes, composés et multiples (tableau I) (Galland, 1992).

Tableau I : Classification des fruits (Galland, 1992).

Fruit provenant:							
● d'une seule fleur					● de plusieurs fleurs d'une même inflorescence	● d'une combinaison de l'ovaire avec d'autres organes	
✦ à carpelle unique ou à carpelles soudés					✦ à carpelles non soudés		
FRUIT SIMPLE					FRUIT MULTIPLE	FRUIT COMPOSE	FRUIT COMPLEXE
◆ Charnu		◆ Sec					
✦ Endocarpe charnu	✦ Endocarpe scléreux	✦ Déhiscent		✦ Indéhiscent			
		Ovaire à 1 carpelle	Ovaire à plusieurs carpelles soudés				
1. Baie	1. Drupe	1. Follicule	1. Capsule	1. Akène	Mêmes catégories que pour les fruits simples		
2. Agrume ou Hespéride		2. Gousse ou Légume	2. Silique et Silicule	2. Caryopse			
3. Péponide				3. Nucule			
<u>Ex.</u>	<u>Ex.</u>	<u>Ex.</u>	<u>Ex.</u>	<u>Ex.</u>	<u>Ex.</u>	<u>Ex.</u>	<u>Ex.</u>
1. Avocat, Myrtille Raisin, Tomate, Banane	1. Cerise, Olive	1. Dromédaire	1. Lin, Tulipe, Pavot	1. Pissenlit, Gland	Fruits d'une Renoncule (ensemble d'akènes)	Figue	Fraise
2. Citron, Orange (Rutacées)		2. Haricot (Fabales)	2. Colza, Monnaie du Pape (Crucifères)	2. Blé (Graminées)		Ananas	Pomme
3. Melon, Concombre (Cucurbitacées)				3. Noisette	Fruits d'une Pivoine (ens. de follicules)		
				4. Frêne, Erable	Ronce (ens. de petites drupes)		
				5. Fruits des Labiées, Malvacées, Géraniacées, Umbellifères			

## **4. La maturation des fruits**

La maturation des fruits correspond à une série de changements biochimiques et physiologiques conduisant à l'état de maturité et conférant au fruit ses propriétés organoleptiques comme le goût, la couleur, l'arôme et la texture dans le but d'avoir un fruit comestible et commercialisable. La maturation est beaucoup plus intéressante à considérer chez les fruits charnus car la chair du fruit représente le siège de changements métaboliques très importants qui font que les fruits deviennent doux, colorés, juteux, baissant leur acidité et leur astringence, et augmente leur production d'arôme (**Abboud and Le Brun, 2016**).

### **4.1. L'hormone de maturation des fruits : l'Éthylène**

On dit qu'un fruit est mûr lorsqu'il achève tout son développement et qu'il se sépare du végétal qui le produit. L'élément déclencheur de la maturation est l'éthylène appelé aussi hormone de maturation des fruits. L'éthylène est synthétisé à partir de la méthionine qui est transformée en 5-adénosylméthionine (SAM) par incorporation d'ATP. La SAM est ensuite transformée en acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylique (ACC) qui est le précurseur direct de l'éthylène. La biosynthèse de l'éthylène chez les plantes se déroule par l'intervention des enzymes qui sont l'ACC synthétase, l'ACC oxydase et l'ACC malonyltransférase (**Richel et al., 2013**).

Selon le type de maturation, les fruits peuvent être divisés en deux catégories :

### **4.2. Les fruits climactériques**

Les fruits climactériques sont des fruits dont la maturation s'accompagne d'une augmentation nette de la respiration qui représente la « crise climactérique ». Si les fruits sont placés en présence d'éthylène, ils réagissent et leur intensité respiratoire augmente. Cette action reste élevée même quand les fruits sont remis dans un air ambiant sans éthylène car ils sont entrés en maturation. La maturation est donc provoquée par l'éthylène « exogène » (**FAO, 2021**).

### **4.3. Les fruits non climactériques**

A l'opposé des fruits climactériques, la respiration des fruits non climactériques est plus au moins faible. Pour les différencier, il est souvent fait référence au statut de l'éthylène. Quand les fruits non climactériques sont placés en présence d'éthylène, leur intensité respiratoire augmente temporairement. Une fois remis dans un air ambiant sans

éthylène, ils retrouvent leur respiration initiale. L'éthylène n'a donc pas d'impact sur leur maturation (FAO, 2021).

## **5. Composition chimique et valeur nutritionnelle des fruits**

Les fruits jouent un rôle essentiel pour une alimentation équilibrée dû principalement à leur teneur en vitamines, minéraux, en micronutriments (tableau II) et en substances phytochimiques. Ces dernières sont responsables des propriétés antioxydantes des fruits et des aliments dérivés de fruits (Sánchez-Moreno et al., 2006).

L'apport des fruits en vitamines et minéraux est présenté dans les tableaux I et II, respectivement, dans l'annexe 1.

**Tableau II :** Composition des fruits (g/100g de portion comestible)(Sánchez-Moreno et al., 2006).

Les fruits	Eau	Glucides	Protéines	Lipides	Fibres
<b>Pomme</b>	86	12.0	0.3	Tr	2.0
<b>Abricot</b>	88	9.5	0.8	Tr	2.1
<b>Avocat</b>	79	5.9	1.5	12	1.8
<b>Banane</b>	75	20.0	1.2	0.3	1.2
<b>Cerise</b>	80	17.0	1.3	0.3	1.2
<b>Raisin</b>	82	16.1	0.6	T <sub>r</sub>	0.9
<b>Kiwi</b>	84	9.1	1.0	0.4	2.1
<b>Mangue</b>	84	15.0	0.6	0.2	1.0
<b>Melon</b>	92	6.0	0.1	T <sub>r</sub>	1.0
<b>Orange</b>	87	10.6	1.0	T <sub>r</sub>	1.8
<b>Pêche</b>	89	9.0	0.6	T <sub>r</sub>	1.4
<b>Poire</b>	86	11.5	0.3	T <sub>r</sub>	2.1
<b>Ananas</b>	84	12.0	1.2	T <sub>r</sub>	1.2
<b>Prune</b>	84	9.6	0.8	T <sub>r</sub>	2.2
<b>Framboise</b>	86	11.9	1.2	0.6	6.5
<b>Fraise</b>	91	5.1	0.7	0.3	2.2

## 6. Production mondiale des fruits

La production mondiale des fruits a connu une augmentation considérable entre les années 2000 et 2019 avec un taux de plus de 54% pour atteindre 883 million de tonnes, soit une augmentation de 311 millions de tonnes. Selon les statistiques, cinq espèces fruitières représentent 57% de la production totale en 2019, contre 63% en 2000. Ces fruits sont les bananes, les pastèques, les pommes, les oranges et les raisins. La part des

bananes dans la production mondiale totale a légèrement augmenté depuis 2000, tandis que celle des autres principales espèces fruitières a diminué (figure 2) (FAO, 2021).

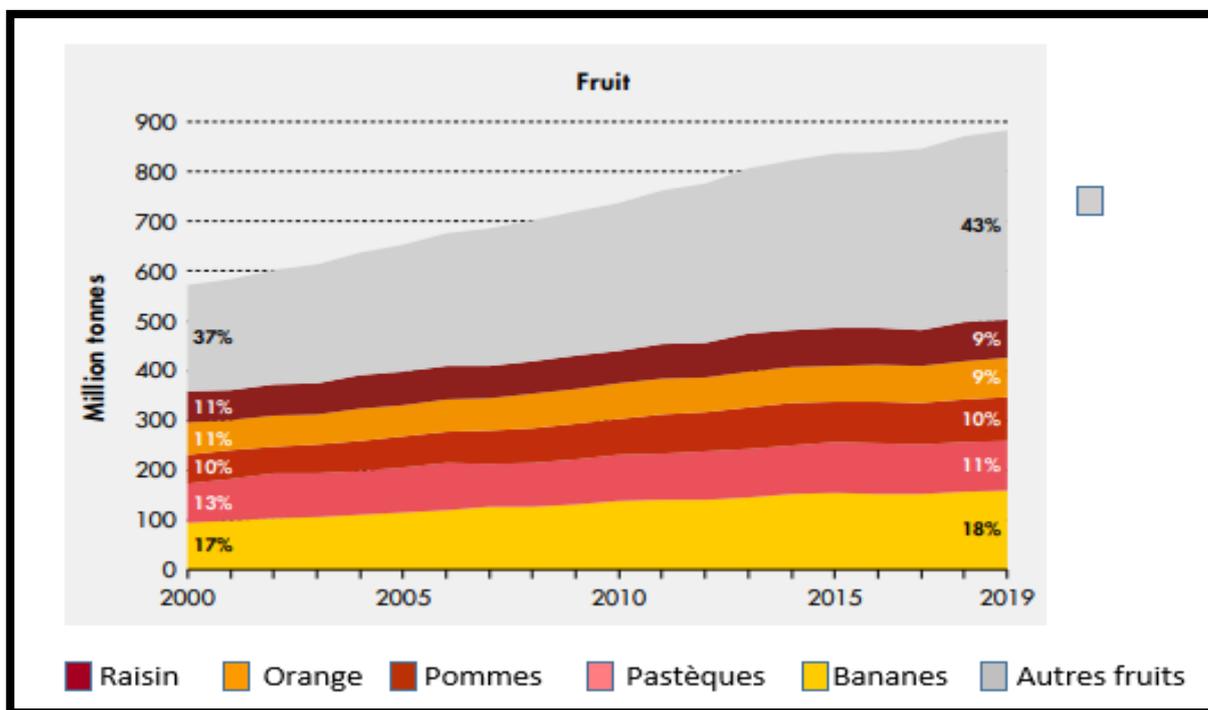


Figure 2 : La production mondiale des fruits (FAO, 2021).

### 6.1. La production des fruits par régions

L'Asie domine largement la production des fruits dans le monde avec 490 million de tonnes en 2018, dont la Chine produit environ de 244 million de tonnes. En deuxième place se trouve l'Amérique latine avec une production de 133 million de tonnes. L'Océanie produit une faible quantité en fruits (8 million de tonnes) en comparant aux autres régions (Tableau III) (Beed et al., 2021).

Tableau III : Production de fruits par continents en 2018 (Beed et al., 2021).

Les continents	Le taux de production (MT)
Asie	490
Amérique latine	133
Afrique	109
Europe	76
Amérique du Nord	27
Océanie	8

## **7. Les antioxydants des fruits**

Les antioxydants correspondent à des groupes de composés qui ont la capacité de neutraliser les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ERO) dans la cellule. La communauté scientifique considère l'activité antioxydante des aliments comme l'une des caractéristiques les plus intéressantes car elle joue un rôle très important dans la protection contre les effets néfastes causés par le stress oxydatif qui sont impliqués dans le développement de nombreuses maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le vieillissement, les maladies cardiaques, l'anémie, le cancer et l'inflammation (**Zehiroglu and Ozturk Sarikaya, 2019**).

Les antioxydants peuvent être classés en deux principaux groupes : les antioxydants naturels et synthétiques. De plus, les antioxydants peuvent être classifiés en antioxydants endogènes et exogènes selon leur sources ou en antioxydants enzymatiques et non enzymatiques selon leur effets, ou leur solubilités (hydro- ou liposolubles) (**Zehiroglu and Ozturk Sarikaya, 2019**).

Les antioxydants naturels sont des substances présentes dans les aliments. Ils sont généralement dérivés de sources végétales et leur activité varie selon l'espèce végétale, les méthodes d'extraction et les conditions de cultures. Les groupes d'antioxydants naturels les plus importants sont les composés phénoliques (acides phénoliques, les flavonoïdes), les caroténoïdes et l'acide ascorbique. Les fruits à couleur rouge (les fraises), orange (les oranges) et pourpre (les prunes) sont parmi les fruits les plus riches en antioxydants naturels (**Zehiroglu and Ozturk Sarikaya, 2019**).

### **7.1. Les composés phénoliques**

Les composés phénoliques comprenant un groupe diversifié de substances retrouvées dans tout type de tissu des plantes. Ils constituent les métabolites secondaires les plus répandus chez les fruits (**Robards et al., 1999**). Ils peuvent être classés en composés hydrosolubles (acides phénoliques, flavonoïdes et quinones) et composés insolubles dans l'eau (tanins condensés, lignines) (**Thériault, 2004**).

Les composés phénoliques présents dans les fruits tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanines et les tanins ont la capacité de prévenir les dommages oxydatifs qui conduisent au vieillissement et aux maladies liées à l'âge en piégeant les

radicaux libres du métabolisme cellulaire. Les polyphénols participent également à la protection contre les actions néfastes des ERO (Robards et al., 1999).

De point de vue chimique, les composés phénoliques sont définis comme étant des substances organiques naturelles contenant au moins un anneau aromatique lié à un ou plusieurs groupements hydroxyles (Thériault, 2004). Leur classification est basée sur le nombre d'atomes de carbone constitutifs et la structure du squelette de base de la molécule. Cette structure peut varier d'une molécule phénolique simple à un polymère complexe de haut poids moléculaire (Robards et al., 1999).

### 7.1.1. Les acides phénoliques

Le terme « acides phénoliques » regroupe en général les phénols qui possèdent une fonction d'acide carboxylique (Kumar and Goel, 2019). Ils se présentent sous la forme d'esters, de glycosides ou d'amides mais rarement sous forme libre. Les acides phénoliques représentent l'une des principales classes de polyphénols végétaux dans les graines, la peau des fruits mais c'est les feuilles des légumes qui contiennent les concentrations les plus élevées (Khoddami et al., 2013).

Les acides phénoliques se divisent en deux structures parentales : l'acide hydroxycinnamique et l'acide hydroxybenzoïque (figure 3). Les dérivés de l'acide hydroxycinnamique comprennent les acides férulique, caféique, *p*-coumarique et sinapique tandis que les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque comprennent les acides gallique, vanillique, syringique, sinapique et protocatéchuïque (Khoddami et al., 2013).

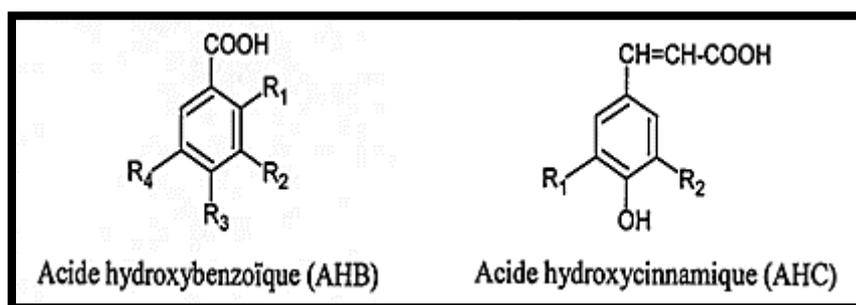


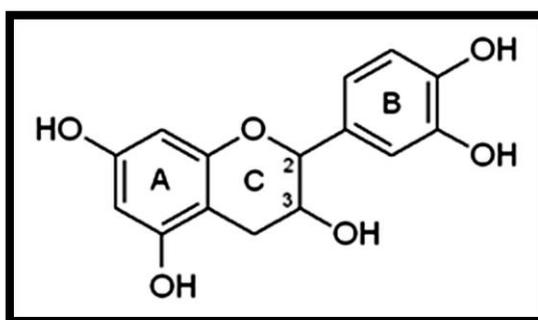
Figure 3 : Structure de base des acides phénoliques (Thériault, 2004)

### 7.1.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes appartiennent à une classe de métabolites secondaires chez les végétaux ayant une structure polyphénolique largement présents dans les fruits et

légumes. Les flavonoïdes ont divers effets favorables biochimiques et antioxydants associés dans la prévention de diverses maladies telles que le cancer, la maladie d'Alzheimer et l'athérosclérose (**Panche et al., 2016**).

Les flavonoïdes possèdent un squelette de base de flavone à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6) avec deux anneaux benzéniques (A et B) reliés par un anneau pyranique à trois atomes de carbone (C) (figure 4). La position de l'anneau B du catéchol sur l'anneau C de pyranne ainsi que le nombre et la position des groupements hydroxyle sur le groupement catéchol de l'anneau B influencent la capacité antioxydante des flavonoïdes. En fonction de leurs structures, les flavonoides sont classés en six principales classes : les flavan-3-ols, les flavones, les flavonols, les flavanones, les isoflavones et les anthocyanes (**Dias et al., 2021**).

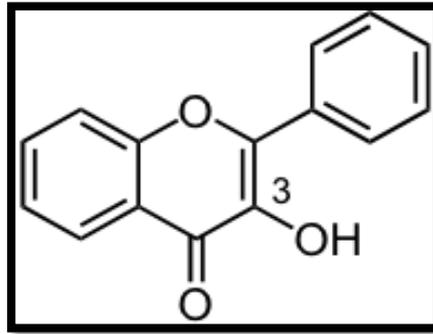


**Figure 4** : Structure de base des flavonoïdes (**Coste, 2015**).

### 7.1.3. Les flavonols

Les flavonols appartiennent à la classe des flavonoïdes connus pour leur activité bénéfique dérivant du potentiel antiradicalaire (**Spiegel et al., 2020**). Les principaux aglycones des flavonols présents dans les fruits et légumes sont la quercétine, la myricétine et le kaempférol. Ils jouent un rôle crucial en tant que source externe d'antioxydants (**Jaganath and Crozier, 2010**).

Chimiquement, les flavonols diffèrent des nombreux autres flavonoïdes car elles possèdent une double liaison entre les positions 2 et 3 et un oxygène (un groupement cétone) en position 4 du cycle C comme les flavones dont elles diffèrent. Cependant, il y a présence d'un groupement hydroxyle en position 3. Par conséquent, le squelette du flavonol est une 3-hydroxyflavone (figure 5) (**Tazzini, 2014**).



**Figure 5** : Structure de base des flavonols (Jaganath and Crozier, 2010).

#### 7.1.4. Les anthocyanines

Les anthocyanines sont des glucosides des anthocyanidines dérivés des flavonoïdes. Elles sont présentes dans tous les tissus des plantes supérieures y compris les feuilles, les tiges, les racines, les fleurs et les fruits. Les classes d'anthocyanidines les plus dominantes dans les aliments sont la cyanidine, la delphinidine, la pélargonidine, la péonidine, la pétunidine et la malvidine (Mattioli et al., 2020).

Les anthocyanines sont utilisées en tant que colorants alimentaires mais elles sont également utiles en tant qu'ingrédients nutraceutiques car elles ont de nombreux effets bénéfiques sur la santé. De nombreuses études *in vitro*, animales et humaines, ont évalué le potentiel biologique et pharmacologique de ces molécules et ont démontré qu'elles possèdent la capacité de contrer le stress oxydatif et d'agir en tant que substances antimicrobiennes (Mattioli et al., 2020).

Les anthocyanes sont les formes glycosylées des anthocyanidines (aglycones). Leur structure chimique de base est un cation flavylum (2-phényl-1-benzopyriliium) qui relie des groupements hydroxyle (-OH) et/ou méthoxyle (-OCH<sub>3</sub>) et un ou plusieurs sucres (figure 6) (Mattioli et al., 2020).

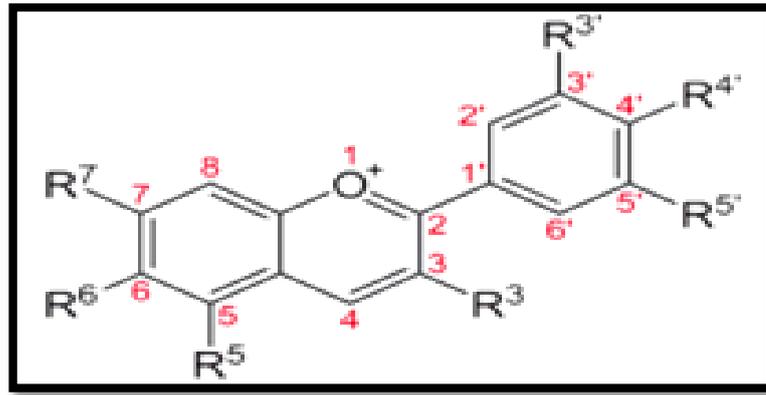


Figure 6 : Structure de base des anthocyanines (Gençdağ et al., 2022).

## 7.2. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels métabolisés par les plantes, les algues et les bactéries photosynthétiques. Ils sont responsables des couleurs jaune, orange et rouge des végétaux. Les fruits et légumes sont la principale source de caroténoïdes qui jouent un rôle important dans l'alimentation en raison de leur activité provitaminique A. En outre, ils sont également importants pour l'activité antioxydante, la communication intercellulaire et l'activité du système immunitaire (Saini et al., 2015).

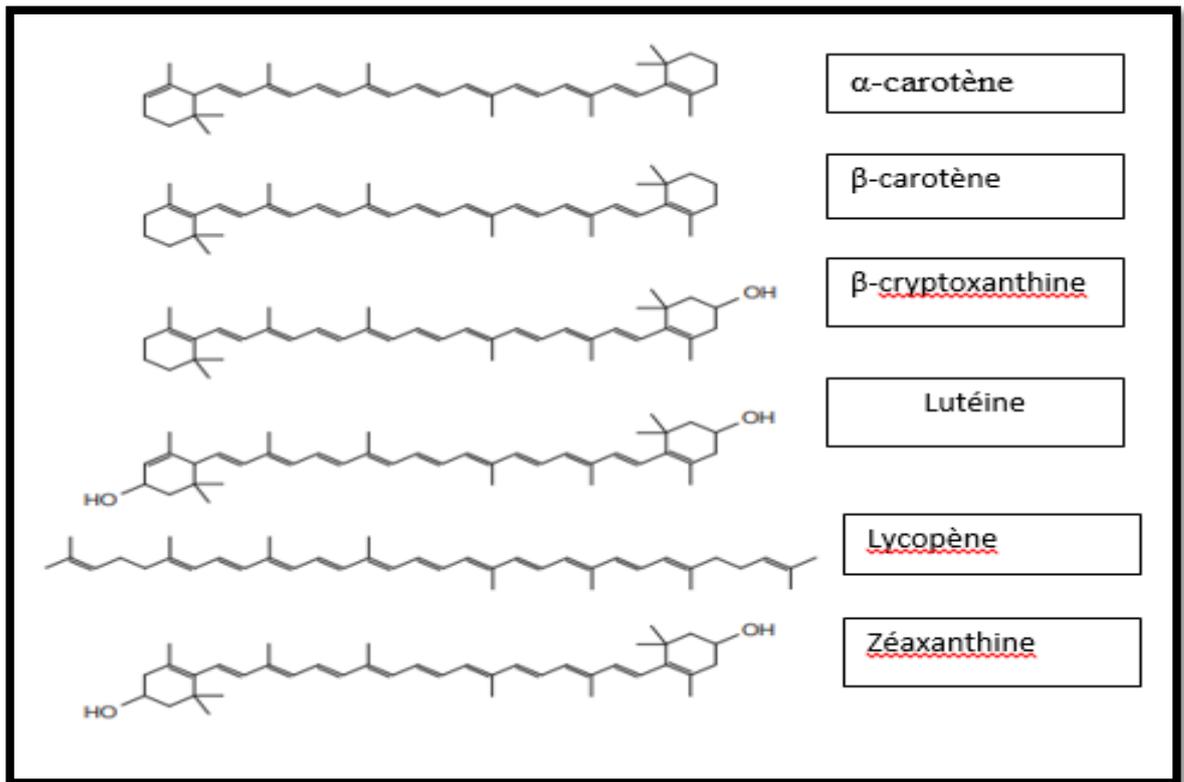
Les caroténoïdes sont des pigments tétraterpénoïdes ( $C_{40}$ ) biosynthétisés par la liaison de deux molécules de diphosphate de  $C_{20}$ . Ils peuvent être classés en deux groupes sur la base des groupements fonctionnels (figure 7) (Saini et al., 2015):

### 7.2.1. Les carotènes ou caroténoïdes hydrocarbonés

Ces caroténoïdes sont composés uniquement d'hydrogène et de carbone formant une chaîne polyinsaturée, cyclique ou linéaire, de formule chimique  $C_{40}H_{56}$ . Les carotènes les plus connus sont l' $\alpha$ -carotène, le  $\beta$ -carotène et le lycopène. Ils sont habituellement de couleur rouge, jaune et orange (Sophie and Saboulard, 2012).

### 7.2.2. Les xanthophylles

Elles sont constituées de carbone, d'hydrogène et de différents des carotènes par l'ajout de groupements fonctionnels contenant de l'oxygène tels que  $-COOH$ ,  $-OH$ ,  $=O$  à l'une ou aux deux extrémités ce qui renforce leurs propriétés hydrosolubles dans l'eau. La formule chimique générale de la xanthophylle est  $C_{40}H_{56}O$ , y compris la lutéine et la zéaxanthine. Elles sont généralement de couleur jaune (Sophie and Saboulard, 2012).



**Figure 7 :** Structures chimiques des caroténoïdes les plus répandus dans l'alimentation humaine (Ellison, 2016).

...

*Chapitre II*  
*Généralités sur les*  
*confitures*

## 1. Historique de la confiture

Le terme confiture vient du mot latin "conficere" qui signifie "préparer". L'idée de cuisiner des fruits avec du miel et du sirop, dans le but de conserver et de savourer les fruits récoltés, a été évoquée pour la première fois en 73 après JC. Pendant longtemps, la confiture a été le seul moyen de conserver les fruits toute l'année, en particulier les fruits les plus délicats comme les abricots, les mûres et les fraises. Au moyen âge, les médecins proposaient des recettes de confitures à vertus curatives comme la confiture de courge. Il a longtemps été considéré comme un objet de luxe. Au début du XIXe siècle, la confiture est devenue un produit de consommation courante après la diffusion du sucre et l'avènement de la betterave sucrière (Sophie and Saboulard, 2012).

## 2. Définition de la confiture

Bloomfield, en 1998, a défini la confiture comme un mélange gélifié de fruits et d'édulcorants avec ou sans ingrédients approuvés. D'autre part, Lawrence et Franklin ont défini les confitures de fruits comme une pâte à tartiner épaisse et sucrée à base de fruits écrasés ou coupés en morceaux et cuits avec l'ajout de sucre, de pectine et d'eau (Biswas, 2021). La confiture doit contenir 65% ou plus de matières sèches solubles totales et au moins 45% de pulpe de fruits (Awulachew, 2021).

## 3. Les types de confitures

Selon le Codex alimentaire 2009, il existe quatre types de confitures (Codex alimentaire, 2009) :

- **La confiture (proprement dite) :** est un mélange porté à la consistance gélifiée appropriée de sucre, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs variétés de fruits et d'eau. La confiture doit contenir au minimum 55% de sucre et 34% de fruits.
- **La confiture extra :** est un mélange de sucre, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Elle doit contenir au minimum 45% de fruits.
- **La gelée :** est un mélange gélifié de sucre et du jus et/ou d'extraits aqueux d'une ou de plusieurs variétés de fruits. La quantité d'extraits aqueux et/ou de jus utilisés ne doit pas être inférieure à celle fixée pour la fabrication de la confiture 35%.
- **La marmelade :** est mélange d'eau, de sucre et d'un ou de plusieurs produits provenant des agrumes. La quantité minimale des agrumes est de 20%.

#### 4. Valeurs nutritionnelle et composition chimique de la confiture

La valeur nutritionnelle de la confiture dépend essentiellement de leur teneur en sucre (60-70%). En revanche, elle contient des traces de protéines et de lipides avec une faible teneur en minéraux. La teneur en vitamines dépend du type et de la maturité du fruit et environ 25% des vitamines sont perdus lors de la fabrication de la confiture (**Mohtadji-Lamballais, 1989**)

**Tableau IV** : Composition chimique de la confiture (teneur pour 100g de confiture) (**Ahmed et al., 2022**)

Composants	La teneur pour 100g de MF	composants	La teneur pour 100g de MF
Calories (Kcal)	278	Potassium (mg)	77
Glucides (g)	69	Calcium (%)	2
Sucre (g)	49	Fer (%)	2
Protéines (g)	0,4	Magnésium (%)	1
Lipides (g)	0,1	Vitamine A (%)	0
Fibres alimentaires (g)	1,1	Vitamine C (%)	14
Sodium (mg)	32	Vitamines B-6 (%)	0

#### 5. La technologie de fabrication industrielle de la confiture

##### 5.1. Les ingrédients de base de la confiture

La formulation de la confiture varie en fonction de la composition du fruit qui a un impact sur la rhéologie de la confiture produite (**Rababah et al., 2011**). Les fruits et le sucre sont les ingrédients de base de la confiture. Les autres ingrédients sont secondaires, cependant, ils ont un rôle essentiel dans la qualité du produit fini. Ainsi, chez les fruits pauvres en pectine et faible en acide, l'ajout de ces derniers est nécessaire (**Lalao, 2021**).

La confiture doit contenir environ 65% du taux de solides solubles totaux et 45% de pulpe de fruit, selon la commission du codex alimentaire (**Rana et al., 2021**).

### **5.1.1. Les fruits**

Le fruit est considéré comme l'ingrédient de base de la confiture. La quantité des autres composants (sucre, pectine, acide) est généralement calculée en fonction de leurs disponibilité dans la matière première (fruit) (**Awulachew, 2021**).

La maturation du fruit agit directement sur sa qualité organoleptique dont la saveur, la couleur, l'arôme et la richesse en pectine et en sucres. C'est pour cela, lors de la transformation, il est conseillé d'utiliser des fruits avec une parfaite maturité dans le but d'obtenir un produit de haute qualité (**Rolande 2009**).

### **5.1.2. Le sucre**

Le sucre joue un rôle très important dans la fabrication de la confiture. Il est responsable du goût sucré, agit comme conservateur et joue un rôle dans la formation de la gelée. Le sucre le plus utilisé est le sucre blanc cristallisé de canne ou de betterave (saccharose) de haute qualité (**Awulachew, 2021**).

La teneur en sucre utilisée dans la cuisson dépend de la nature du fruit. Les proportions ajoutées varient entre 50% et 80%, mais généralement une quantité de 60% à 65% est suffisante pour une bonne conservation de la confiture. L'addition de sucre permet une déshydratation partielle, augmente la teneur en matière sèche et inhibe le développement des microorganismes (**Rolande 2009**). D'autre part, le rôle du sucre dans la formation de gel consiste à maintenir la cohésion des gels formés par les molécules de pectine en fixant les molécules d'eau qui les entoure (**Anonyme 1**).

### **5.1.3. La pectine**

La pectine est un polymère glucidique de poids moléculaire élevé présent dans toutes les plantes notamment les fruits (**Flutto, 2003**). Elle est dérivée de la protopectine qu'on trouve dans les cellules végétales avant la maturation, mais elle se transforme en pectine lorsque le fruit mûrit (**Smith, 2003**).

La pectine est un ingrédient important dans la fabrication des confitures en raison de sa propriété de gélification. La quantité de pectine nécessaire à la fabrication de confitures dépend de certains éléments tels que la qualité et de la quantité de la pectine naturelle dans la matière première, de la teneur en solides solubles du produit final, du type de la pectine utilisée et de la nature de la recette (**Awulachew, 2021**). Plusieurs paramètres influents sur

la gélification de la confiture dont les principaux sont l'activité de l'eau, la quantité de sucre et le degré d'acidité (pH) (Smith, 2003) Les acides organiques

#### **5.1.4. Les acides organiques :**

Les acides organiques sont indispensables à la fabrication de la confiture. L'acidité des fruits varie selon le type de fruit et son degré de maturation. Les principaux acides utilisés sont les acides malique, tartrique, succinique et citrique (Ingham, 2008).

Les acides améliorent la saveur et conservent la couleur du produit. Ils empêchent la prolifération microbienne, favorisent la gélification en mettant les pectines en solution. Ils permettent l'inversion du saccharose en glucose et fructose (Rolande 2009).

### **5.2. Les étapes de fabrication industrielle de la confiture**

L'obtention de la confiture passe par plusieurs étapes (figure 8). On distingue trois opérations principales qui interviennent dans le processus de fabrication de la confiture : la préparation des fruits, la cuisson et le conditionnement (Awulachew, 2021).

#### **5.2.1. La préparation des fruits**

Une fois la purée de fruit est préparée, elle est aspirée vers la cuve de mélange où la mesure de l'acidité du fruit est effectuée afin de savoir la quantité de l'acide citrique à ajouter à ajouter lors de la préparation du produit final.

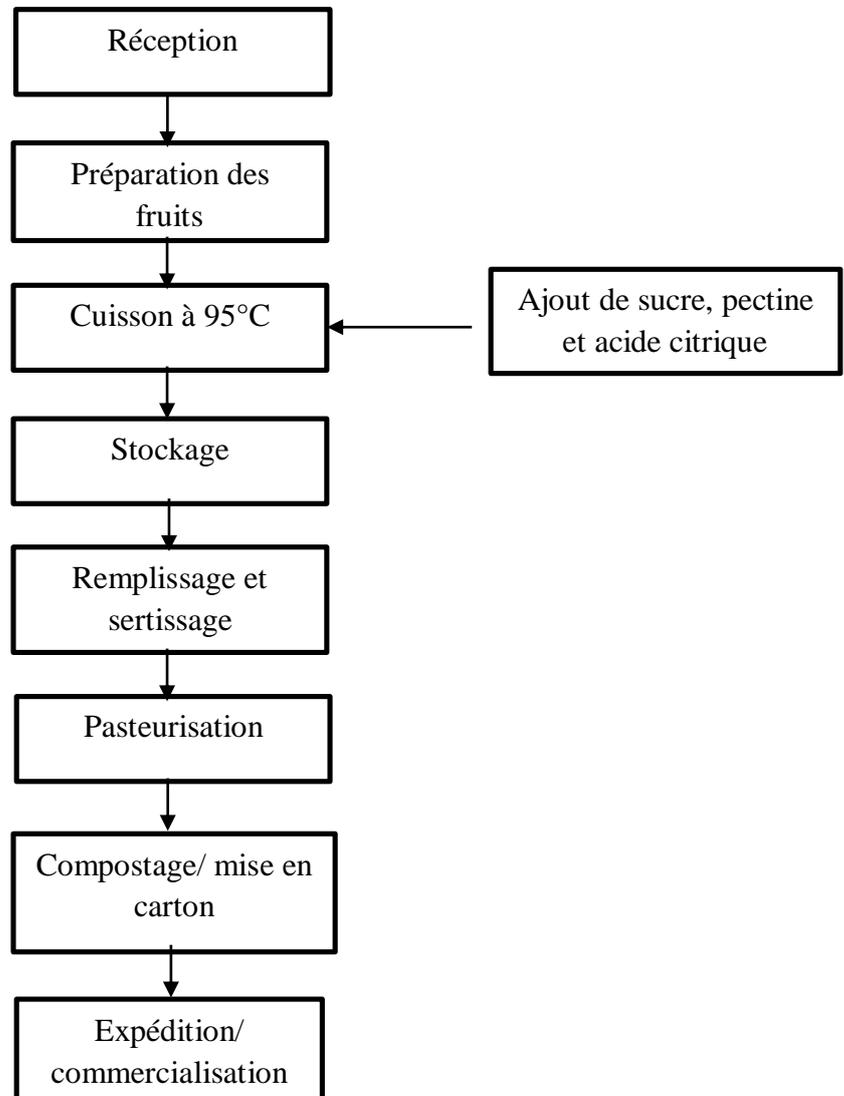
#### **5.2.2. La cuisson**

Après validation du mélange de fruits par l'ingénieur de laboratoire, l'étape suivante consiste à aspirer ce mélange dans la cuve de cuisson, suivi directement d'introduction des autres ingrédients : le sucre, la pectine et l'acide citrique. La cuisson débute à une température de 95°C pendant un temps bien déterminé. A la fin de cette étape, le produit final est obtenu et des analyses physico-chimiques (Brix, acidité titrable, pH) sont réalisées pour vérifier la qualité du produit avant de passer à l'étape finale (le conditionnement).

#### **5.2.3. Le conditionnement**

- **Remplissage et sertissage** : ces étapes interviennent après la cuisson et consistent à remplir les récipients suivi du bouchonnage.
- **Pasteurisation** : c'est un traitement thermique qui s'effectue dans un bain de pasteurisation par des injections de vapeur à 4 phases :
  - **Préchauffage** : 75°C/20 min.

- **Chauffage** : 92-95°C/20 min.
- **Pré-refroidissement** : 65°C/20 min.
- **Refroidissement** : 30-25°C/20 min.
- **Séchage** : les boîtes sont ensuite séchées par ventilation d'air frais.



**Figure 8** : Diagramme simplifié des étapes de fabrication de la confiture(Awulachew, 2021)

## 6. La production mondiale de la confiture

Les confitures sont des produits très appréciés par les consommateurs au niveau mondial. La France représente le pays le plus grand consommateur et producteur de confiture à l'échelle internationale. En 2016, environ 4000 tonnes de confiture ont été produites et 3,36 milliard ont été consommées. D'autres pays se distinguent dans la production des confitures

notamment la Turquie, l'Espagne, le Chili, l'Inde, la Chine, les Etats-Unis et le Brésil dont la production de confiture a atteint 15,5 millions de tonnes en 2017 (**Ahmed et al., 2022**).

En 2020, la taille du marché des confitures est estimée à 1,5 milliard de dollars et devrait croître à un taux de croissance annuel de 3,7% au cours de la période de prévision 2021-2026.

La croissance du marché des confitures est entravée par différents facteurs tels que le coût des ingrédients de base (fruits), les normes de sécurité des produits, les réglementations gouvernementales et l'utilisation de technologies alternatives. Il y a aussi un autre obstacle majeur à l'expansion du marché qui est la sensibilisation croissante du public aux dangers de certains produits chimiques de conservation (**Anonyme 2**).

La production de la confiture en Algérie est presque constante en différentes années. En 1997, elle a produit 8780 milliers de tonnes, on remarque une différence de quelques augmentations ou diminution au cours des années suivantes avec la quantité maximale de production en 1998 de 13101 milliers de tonnes.

# *Matérielles et méthodes*

## **1. Objectifs du travail :**

L'objectif de notre travail est la comparaison de l'apport en composés bioactifs (caroténoïdes, composés phénoliques totaux, flavonoïdes, flavonols, anthocyanines et proanthocyanines) et de l'activité antioxydante (activité antiradicalaire et pouvoir réducteur) ainsi que les paramètres physicochimiques (pH, acidité titrable, humidité, Brix et couleur) de quelques variétés de confitures industrielles ( confiture d'abricot, de figue, de fraise, d'orange, mûre, de pêche, de pomme et de poire) disponibles au niveau du commerce. Les analyses physicochimiques ont été réalisées au niveau de CEVITAL Unité El-Ksreur alors que le dosage des composés bioactifs a été effectué au sein de laboratoire BBBS (technologie alimentaire) de l'Université de Bejaïa.

## **2. Réactifs et produits chimiques**

L'acétone, le méthanol et le chlorure d'aluminium proviennent de Honywelle (Allemagne). L'éthanol, le carbonate de sodium, le ferricyanure de potassium, l'acétate de sodium, le nitrite de sodium proviennent de Biochem chemopharma (France). L'acide sulfurique et le phosphate de potassium monobasique proviennent de Biochem chemopharma (Canada). Le Folin-ciocalteu et le 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) proviennent de Sigma Aldrich (Allemagne). Le catéchine provient de Fluka Analytical (Japon).

## **3. Échantillonnage**

Notre étude s'est portée sur 8 types de confitures : confiture d'abricot, figue, fraise, mûre, orange, pêche, poire et pomme. Les confitures ont été achetées au niveau des commerces locaux de la wilaya de Bejaïa. Les boîtes de confitures ont été conservées à 4°C jusqu'à analyses. Après ouverture des boîtes (le jour de l'analyse), le contenu des boîtes métalliques a été transféré immédiatement dans des bocaux en verre afin d'éviter d'éventuelles interactions contenu-contenant.

## **4. Les analyses physicochimiques**

### **4.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer la concentration en ions hydrogènes ( $H^+$ ) dans une solution. La mesure est réalisée à l'aide d'un pH-mètre (Foodcare HI99161, France). Cette méthode consiste à introduire l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon

après réglage de la température d'étalonnage. La lecture de la valeur se fait directement sur l'appareil (Ahmed et al., 2022).

#### **4.2. L'acidité titrable**

L'acidité titrable d'un produit correspond à la somme des acides organiques présents dans l'échantillon. Elle est déterminée par une méthode titrimétrique (Ahmed et al., 2022). Pour cela, une prise d'essai d'environ de 2,5 g d'échantillon est diluée dans l'eau distillée. Après addition de quelques gouttes de phénolphtaléine, le produit est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) jusqu'au virage de la couleur vers le rose clair. L'acidité titrable est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Acidité (g/Kg)} = (V_{ml} * 6,4) / PE$$

$V_{ml}$  : volume de chute de la burette de la solution NaOH (0,1N)

PE : prise d'essai

#### **4.3. L'humidité**

La connaissance de l'humidité de la confiture renseigne sur l'aptitude du produit à la conservation et d'un éventuel développement microbien. Le taux d'extrait sec est obtenu par évaporation (dessiccation) totale de l'eau présente dans un produit. La mesure s'effectue à l'aide d'un dessiccateur (Ohaus, Suisse). Cette méthode consiste à peser une coupelle sèche sur l'appareil puis tarer le poids. Ensuite, étaler une fine couche de produit (confiture) sur la coupelle, rabattre le couvercle et lancer l'analyse. La valeur de l'extrait sec est indiquée sur l'afficheur du dessiccateur. Le taux d'humidité est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = 100 - MS (\%)$$

#### **4.4. Le Brix**

Le Brix ou l'indice de réfraction permet de mesurer le pourcentage de la matière sèche soluble dans un produit. La mesure est effectuée à l'aide d'un réfractomètre (Atago, Japon) et exprimée en degré de Brix (°B). Cette technique consiste à déposer une goutte du jus de l'échantillon entre la surface des deux prismes du réfractomètre en évitant la formation de bulles d'air. Le réfractomètre est réglé jusqu'à l'obtention d'une zone claire et d'une autre obscure. La limite de séparation entre les deux zones indique l'indice de réfraction. Le résultat obtenu est exprimé en degré Brix (Ahmed et al., 2022).

#### **4.5. La couleur**

La détermination de la couleur des confitures est effectuée en diluant 5 g d'échantillon de chaque confiture dans 20 mL d'eau distillée puis filtration. L'absorbance du filtrat est mesurée à 420 nm au spectrophotomètre UV/VIS (Shimadzu, Japon) (**Bath and Singh, 1999**).

### **5. Dosage des antioxydants**

#### **5.1. Les composés phénoliques**

##### **5.1.1. Préparation des extraits**

Pour l'extraction des composés phénoliques, une quantité de 3g de chaque confiture est mélangée avec 30 mL d'éthanol à 50% (v/v). L'ensemble subit une sonication à 30°C pendant 1 h dans un bain de sonication, suivi d'une centrifugation à 5000 rpm pendant 15min. Les extraits ont été filtrés avec du papier filtre puis conservés à 4°C jusqu'à analyse (**Scrob et al., 2022**). Ces extraits ont servis pour le dosage des composés phénoliques totaux, des flavonoïdes, des flavonols, des proanthocyanidines et de la mesure de l'activité antioxydante (activité antiradicalaire et pouvoir réducteur).

##### **5.1.2. Dosage des polyphénols totaux :**

Le dosage des polyphénols totaux est effectué par la méthode colorimétrique en utilisant le réactif Folin-Ciocalteu qui est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ). Lors de l'oxydation des phénols, le réactif est réduit en un mélange d'oxydes bleu de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $MO_8O_{23}$ ). L'intensité de la coloration bleu est proportionnelle aux taux des composés phénoliques (**Mahmoudi, 2018**).

Un volume de 200  $\mu$ L d'extrait est additionné de 1 mL de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 800  $\mu$ L de carbonate de sodium ( $Na_2CO_2$ ) à 7,5% (p/v). Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante. L'absorbance est mesurée au spectrophotomètre UV/VIS (Shimadzu, Japon) à 760 nm (**Singleton and Rossi, 1965**). La teneur en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique et les résultats ont été exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100g matière fraîche (mg EAG/100g MF).

### **5.1.3. Dosage des flavonoïdes**

Le dosage des flavonoïdes totaux est effectué par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ). Les flavonoïdes possèdent un groupement OH libre capable de donner un complexe jaunâtre en présence du chlorure d'aluminium par la chélation des ions aluminium. La coloration jaunâtre produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présents dans l'extrait (**Mahmoudi, 2018**)

Un volume d'extrait (1 mL) est mélangé avec le même volume d'une solution méthanolique de chlorure d'aluminium à 2% (p/v). L'absorbance est lue au spectrophotomètre à 430 nm après incubation pendant 10 min à température ambiante (**Djeridane et al., 2006**). Les teneurs en flavonoïdes ont été déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine et les résultats ont été exprimés en mg équivalent de quercétine par 100g de matière fraîche (mg EQ/100g MF).

### **5.1.4. Dosage des flavonols**

Les flavonols ont été dosés selon le protocole de Jimoh et al. (**Jimoh et al., 2010**) en utilisant le chlorure d'aluminium. Un volume de 500  $\mu\text{L}$  d'extrait de confiture est mélangé avec 500  $\mu\text{L}$  de chlorure d'aluminium et 500  $\mu\text{L}$  d'acétate de sodium à 5% (p/v). L'absorbance est lue à 440 nm après incubation pendant 2,5 h min à température ambiante et l'obscurité. Les teneurs en flavonols ont été déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine et les résultats ont été exprimés en mg équivalent de quercétine par 100 g matière fraîche (mg EQ/100g MF).

### **5.1.5. Dosage des pro-anthocyanidines**

Pour le dosage despro-anthocyanidines, un volume de 200 $\mu\text{L}$  d'extrait est mélangé avec 500  $\mu\text{L}$  de vanilline à 1% (dans le méthanol) et 500  $\mu\text{L}$  d'HCl à 9N (dans le méthanol). L'absorbance est mesurée à 500nm après 20 min d'incubation à 30°C (**Sun et al., 1998**). Une courbe d'étalonnage a été réalisée dans les mêmes conditions avec de la catéchines et les teneurs en pro-anthocyanidines ont exprimés en mg équivalent de catéchine par 100g matière fraîche (mg EC/100g MF).

## **5.2. Extraction et dosage des anthocyanines**

Les anthocyanines ont été extraites en mélangeant 5g de confiture avec 12 mL d'éthanol acidifié à l'HCl (éthanol:HCl 1N, 85:15, v/v). Après une agitation magnétique de

30 min, le mélange est centrifugé à 5000rpm pendant 10 min. Le surnageant est récupéré puis ajusté à 25 mL avec le même solvant d'extraction. L'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 535 nm (**Abdel-Aal and Hucl, 1999**). Les teneurs en anthocyanines ont été calculées en équivalent de cyanidine 3-glucoside en utilisant la formule suivante :

$$C = (A/\varepsilon) \times (\text{Vol}/1000) \times \text{PM} \times (1/\text{PE}) \times 10^6$$

Ou *C*: est la concentration en anthocyanines (mg/kg),

*A* : est l'absorbance lue au spectrophotomètre,

$\varepsilon$ : est le coefficient d'extinction molaire de la cyanidine 3-glucoside (25,965 cm<sup>-1</sup> M<sup>-1</sup>),

*Vol* : est le volume total de l'extrait des anthocyanines,

*PM*: est le poids moléculaire de la cyanidine 3-glucoside = 449.

*PE* : prise d'essai

### **5.3. Extraction et dosage des caroténoïdes**

Les caroténoïdes ont été extraits en homogénéisant 5g de confiture avec 20mL du mélange n-hexane/acétone/éthanol (2:1:1). L'ensemble subit une agitation pendant 10 min. Un volume de 3mL d'eau distillée est additionné au mélange, suivi d'une agitation pendant 5 min. La lecture de l'absorbance de la phase hexanique est effectuée au spectrophotomètre à 420nm (**Sass-Kiss et al., 2005**). Une courbe d'étalonnage a été réalisée avec le  $\beta$ -carotène et les teneurs en caroténoïdes ont été exprimées en mg équivalent de  $\beta$ -carotène par 100 g matière fraîche (mg E $\beta$ /100g MF).

## **6. Détermination de l'activité antioxydante**

### **6.1. Activité antiradicalaire envers le radical DPPH°**

La capacité des confitures à inhiber le radical DPPH° a été étudiée selon le protocole de Bors et al. (**Bors et al., 1992**). Un volume de 900  $\mu$ L d'une solution méthanolique de DPPH à 0,04% a été ajouté à 100  $\mu$ L d'extrait de confiture. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à 517 nm après 30 min d'incubation à température ambiante et à l'obscurité. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en utilisant le Trolox comme standard et les résultats ont été exprimés en mg équivalent de Trolox par 100 g matière fraîche (mg ET/100g MF).

## **6.2. Activité antiradicalaire envers le radical ABTS<sup>o+</sup>**

L'activité antiradicalaire envers le radical ABTS<sup>o+</sup> (2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acide) a été testé selon le protocole de Re et al. (Re et al., 1999). Tout d'abord, les radicaux cationiques ABTS<sup>o+</sup> ont été générés en mélangeant un volume d'une solution d'ABTS à 7 mM avec le même volume d'une solution de persulfate de potassium à 2,45 mM. Le mélange des deux solutions est laissé réagir pendant 12–16 h à l'obscurité. Ensuite, la solution obtenue est diluée avec de l'éthanol 70% jusqu'à obtenir une absorbance de  $0.700 \pm 0.02$  at 734 nm. Un volume d'extrait de chaque confiture (50  $\mu$ L) est mélangé à 950 $\mu$ L de la solution d'ABTS. La lecture de l'absorbance est réalisée au spectrophotomètre à 734 nm après un temps n'excédant pas 7 min. Une courbe d'étalonnage a été réalisée dans les mêmes conditions expérimentales en utilisant le Trolox comme standard et les résultats ont été exprimés en en mg équivalent de Trolox par 100 g matière fraîche (mg ET/100g MF).

## **6.3. Pouvoir réducteur**

La capacité des confitures à réduire le fer ferrique en fer ferreux a été étudiée selon la méthode de Oyaizu (Oyaizu, 1986). Dans un tube à essai, 1 mL d'extrait de confiture a été additionné de 2,5 mL de tampon phosphate (0,2 M, pH 6.6) et de 2,5 mL de ferricyanure de potassium à 1% (p/v). Les tubes ont été incubés au bain marie à 50° pendant 20 min. Après incubation, 2,5 mL d'acide trichloracétique (TCA) à 10% (p/v) ont été ajoutés. Ensuite, un volume de 1 mL du mélange est prélevé puis additionné de 1 mL d'eau distillée et de 0,5 mL d'une solution de chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) à 0,1%. L'absorbance est mesurée à 700nm au spectrophotomètre. Les résultats ont été exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique par 100g de matière fraîche (mg EAA/100g MF). , en se référant à une courbe d'étalonnage l'acide ascorbique.

## **7. Analyse statistique**

Tous les résultats représentent la moyenne de 3 analyses indépendantes (au minimum) plus ou moins l'écart type (Moy  $\pm$  ET). Les résultats ont été traités statistiquement par l'analyse de la variance (ANOVA) et la différence significative entre les échantillons de confitures a été déterminée grâce au test post-hoc de Tukey. La différence entre les échantillons a été considérée statistiquement significative à un niveau de probabilité de  $p < 0,05$ . Le test Pearson a été réalisé pour déterminer la corrélation entre les composés

## *Matérielles et méthodes*

---

phénolique et l'activité antioxydante. Toute l'analyse statistique a été effectuée grâce au programme STATISTICA 5.5.

.

## *Résultats et discussion*

## 1. Résultats et discussion

### 1.1. Les analyses physicochimiques

Les résultats des différentes analyses physicochimiques (pH, acidité titrable, taux de Brix, humidité, et couleur) effectuées sur les huit échantillons de confitures utilisées dans notre étude sont présentés dans le tableau V.

**Tableau V** : Résultats des analyses physicochimiques des différents échantillons de confitures.

Les échantillons de confiture	pH	Acidité titrable (mg/100g)	Brix (°Bx)	Humidité (%)	Couleur (Abs à400nm)
Abricot	3,1 ±0,03 <sup>c</sup>	0,86 ±0,3 <sup>c</sup>	66,6 ±0,3 <sup>c</sup>	28,2 ±0,1 <sup>c</sup>	1,34 ±0,08 <sup>b</sup>
Figue	2,9 ±0,01 <sup>d</sup>	1,64 ±0,4 <sup>a</sup>	69,1 ±0,1 <sup>b</sup>	23,5 ±0,1 <sup>a</sup>	1,75 ±0,11 <sup>ab</sup>
Fraise	2,8 ±0,1 <sup>de</sup>	0,64 ±0,1 <sup>d</sup>	65,1 ±0,2 <sup>e</sup>	30,7 ±0,1 <sup>d</sup>	0,70 ±0,03 <sup>cd</sup>
Mûres	2,9 ±0,1 <sup>e</sup>	0,39 ±0,3 <sup>e</sup>	70,8 ±0,1 <sup>a</sup>	23,4 ±0,2 <sup>a</sup>	0,53 ±0,03 <sup>d</sup>
Orange	2,7 ±0,1 <sup>e</sup>	1,11 ±0,3 <sup>b</sup>	65,8 ±0,1 <sup>d</sup>	27,2 ±0,1 <sup>b</sup>	1,82 ±0,07 <sup>a</sup>
Pêche	3,4 ±0,1 <sup>ab</sup>	0,40 ±0,3 <sup>e</sup>	66,5 ±0,1 <sup>c</sup>	27,9 ±0,1 <sup>c</sup>	0,67 ±0,02 <sup>cd</sup>
Poire	3,6 ±0,03 <sup>a</sup>	0,23 ±0,2 <sup>f</sup>	63,2 ±0,1 <sup>f</sup>	31,2 ±0,2 <sup>e</sup>	0,76 ±0,03 <sup>c</sup>
Pomme	3,3 ±0,1 <sup>bc</sup>	0,27 ±0,2 <sup>f</sup>	64,7 ±0,1 <sup>e</sup>	28,1 ±0,1 <sup>c</sup>	0,42 ±0,08 <sup>e</sup>

*Les lettres différentes indiquent les résultats*

Le pH est un paramètre déterminant l'aptitude à la conservation des aliments. Il constitue l'un des obstacles majeurs que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération. Cette acidité garantit une protection contre les bactéries pathogènes et la plupart des microorganismes (Azzouzi et al., 2022).

## *Résultats et discussion*

---

Les valeurs de pH des échantillons de confiture (tableau V) sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) et varient de 2,7 (orange) à 3,6 (poire). L'ordre croissant des valeurs du pH des confitures, allant de plus acide au moins acide, est comme suit : orange (2,7) < fraise (2,8) < figue (2,9) < mûre (2,9) < abricot (3,1) < pomme (3,3) < pêche (3,4) < poire (3,6). Les oranges, et les agrumes en général, sont considérés parmi les fruits les plus acides. Ceci expliquerait la valeur basse du pH trouvée au niveau de la confiture d'orange.

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés dans la littérature. Jaiswal et al. ont rapporté des valeurs de pH de 3 et de 3,23 pour les confitures de pomme et de pêche, respectivement (**Jaiswal et al., 2015**). Shakir et al. ont noté une valeur de pH de 3,3 dans la confiture de poire (**Shakir et al., 2008**). Aslanova et al. ont trouvé une valeur de pH de 3,4 dans la confiture d'abricot (**Aslanova et al., 2010**). Rodrigues et al. ont rapporté des valeurs de pH de 3,50 et de 3,38 pour les confitures de fraise et de mûre, respectivement (**Rodrigues et al., 2017**). Teixeira et al. quant à eux ont noté une valeur de pH de 3,3 pour la confiture d'orange (**Teixeira et al., 2020**).

En plus de l'acidité propre à la matière première, la quantité d'acide citrique ajoutée pendant la préparation des confitures est responsable de l'acidité du produit fini (**Azzouzi et al., 2022**).

Les valeurs de l'acidité titrable des confitures étudiées sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) (tableau V) et varient de 0,23 (poire) à 1,64 mg/100g (figue). L'ordre croissant de l'acidité titrable des différents échantillons de confiture est le suivant : poire (0,23 mg/100g) < pomme (0,27 mg/100g) < mûre (0,39 mg/100g) < pêche (0,40 mg/100g) < fraise (0,64 mg/100g) < abricot (0,86 mg/100g) < orange (1,11 mg/100g) < figue (1,64 mg/100g).

Nos résultats sont en accord avec ceux cités dans la littérature. Rodrigues et al. ont rapporté des acidités titrables de 0,75 et de 0,53 mg/100g dans les confitures de fraise et de mûre respectivement (**Rodrigues et al., 2017**).

L'indice de réfractométrie ou le degré de Brix indique la matière sèche soluble dans la confiture. Dans la présente étude, les taux de Brix (tableau V) des différents échantillons de confiture varient significativement ( $p < 0,05$ ) entre 63,2 (poire) et 70,8°Bx (mûre). L'ordre ascendant du taux de Brix des types de confitures est le suivant : poire (63,2°Bx) < pomme

## *Résultats et discussion*

---

(64,7°Bx) < fraise (65,1°Bx) < orange (65,8°Bx) < pêche (66,5°Bx) < abricot (66,6°Bx) < figue (69,1°Bx) < mûre (70,8°Bx).

Nos résultats sont en accord avec ceux de la littérature. Aslanova et al. ont rapporté des taux de Brix de 72,7 et de 70,5 °Bx dans les confitures de fraise et d'abricot, respectivement (**Aslanova et al., 2010**). Shakir et al. ont trouvé des taux de la matière sèche soluble de 70 et de 69,5°Bx dans les confitures de pomme et de poire, respectivement (**Shakir et al., 2008**). Jaiswal et al. ont noté des taux de Brix de 66,13°Bx et de 68,40°Bx dans les confitures de pomme et de pêche, respectivement (**Jaiswal et al., 2015**).

La teneur en sucre ajouté lors de la transformation des fruits en confiture est très importante pour ajuster le degré Brix (°Bx), et qui peut entraîner des différences significatives du taux de Brix entre les différents échantillons de confiture (**Monrose, 2009**).

Les taux d'humidité obtenus pour les différents échantillons de confiture varient significativement ( $p < 0,05$ ) entre 23,4 (poire) et 31,2% (mûre) (tableau V). L'ordre croissant des valeurs du taux d'humidité, allant du moins humide au plus humide, est le suivant: poire (23,4%) < figue (23,5%) < orange (27,2%) < pêche (27,9%) < pomme (28,1%) < abricot (28,2%) < fraise (30,7%) < mûre (31,2%).

Kántor et al. ont trouvé des taux d'humidité de 33,3; 55,3, 59% et 18,9 pour les confitures d'orange, de fraise d'abricot et pêche, respectivement (**Kántor et al., 2021**). Da Silva Pinto et al. ont noté une teneur en humidité de 21 à 28.8% dans la confiture de fraise (**Da Silva Pinto et al., 2007**). Jaiswal et al. ont rapporté des taux en humidité de 35,75% et de 37,01% dans les confitures de pomme et de pêche, respectivement (**Jaiswal et al., 2015**).

L'apparence est un facteur déterminant de la qualité. La couleur des fruits est due à des pigments végétaux, qui sont classés en différentes catégories en fonction de leur composition chimique tels que les chlorophylles et les caroténoïdes (**R.A.Wani et al., 2017**).

Selon le tableau V, la couleur des échantillons de confiture présente des différences significatives ( $p < 0,05$ ) et varie de 0,42 (pomme) à 1,82 (orange). L'ordre croissant de la couleur des types de confitures, allant du plus clair au plus foncé, est le suivant : 0,42 (pomme) < 0,53 (mûre) < 0,67 (pêche) < 0,7 (fraise) < 0,76 (poire) < 1,34 (abricot) < 1,75 (figue) < 1,82 (orange).

## 1.2. Les teneurs en antioxydants

### 1.2.1. Les polyphénols totaux (PT)

Les teneurs en polyphénols totaux (PT) des confitures étudiées sont représentées dans la figure 9. Ces teneurs sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) et varient de 5,75 (pêche) à 127,11 mg EAG/100g MF (mûre). L'ordre croissant des teneurs en PT des échantillons de confitures est le suivant : pêche (5,75 mg EAG/100g MF) < poire (25,08 mg EAG/100g MF) < pomme (39,06 mg EAG/100g MF) < abricot (54,92 mg EAG/100g MF) < figue (63,45 mg EAG/100g MF) < fraise (69,96 mg EAG/100g MF) < d'orange (107,87 mg EAG/100g MF) < mûre (127,11 mg EAG/100g MF).

Nos résultats sont en accord avec ceux de la littérature. Rababah et al. ont trouvé des teneurs en PT de 29,14 ; 43,69 ; 51,48 et de 57,82 mg EAG/100g MF pour les confitures de figue, d'orange, d'abricot et de fraise, respectivement (Rababah et al., 2011). Djaoudene et Louaileche ont noté une teneur en PT de 70 mg EAG/100 g MF pour la confiture d'orange (Djaoudene and Louai-leche, 2016). Kántor et al. ont rapporté des teneurs en PT de 234; 179; 172 ; 85,9 et de ,1 mg AGE/100g MF pour les confitures de mûre, d'abricot, de fraise, d'orange et de pêche, respectivement (Kántor et al., 2021). Plessi et al ont noté une valeur moyenne en PT de 402 mg/100 g MF dans la confiture de mure (Plessi et al., 2007). Jaiswal et al. ont trouvé des teneurs en PT de 387 et de 440 mg EAG/100g dans les confitures de pomme et de pêche, respectivement (Jaiswal et al., 2015)

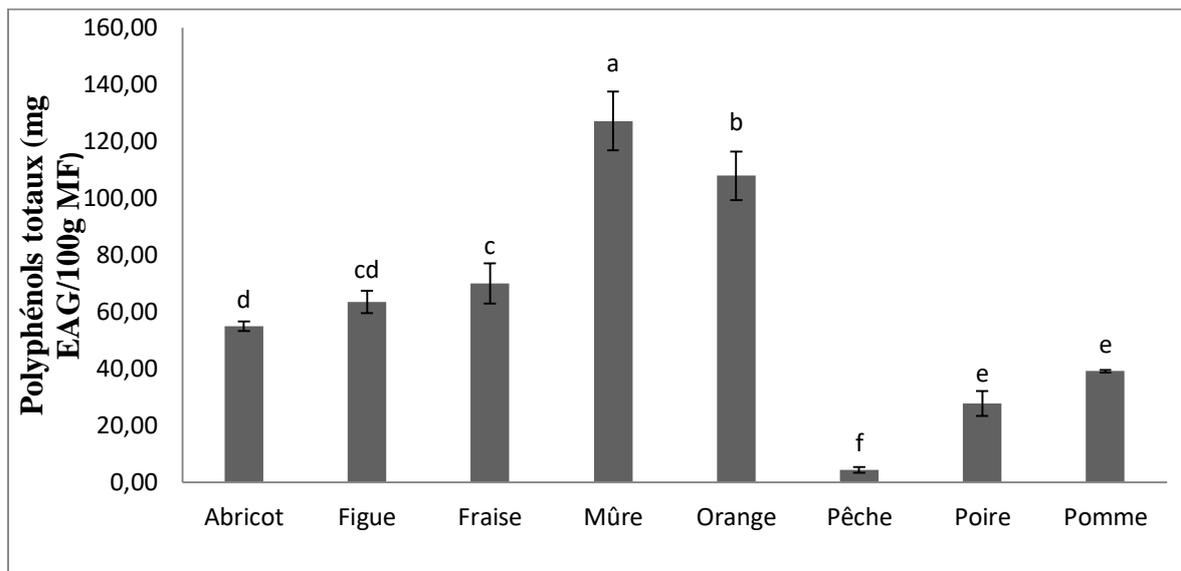


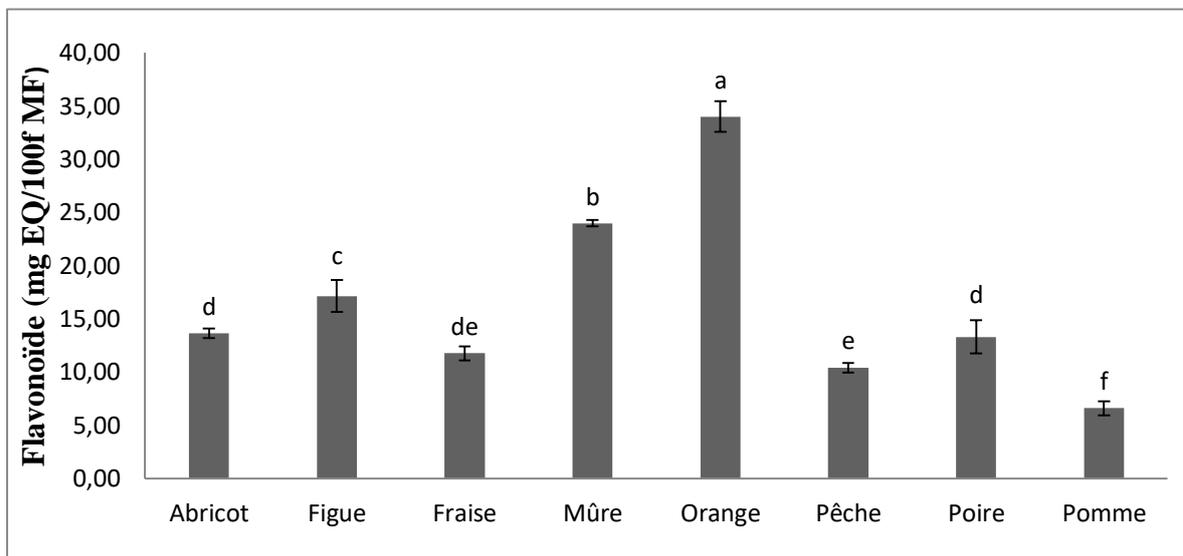
Figure 9 : Teneurs en polyphénols totaux des différentes variétés de confitures

Les lettres différentes indiquent les résultats

### 1.2.2. Les flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes totaux (FT) des confitures étudiées sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) et varient entre 6,59 mgEQ/100g MF (pomme) et 34,00 mg EQ/100g MF (orange) (figure 10). L'ordre croissant des teneurs en flavonoïdes des échantillons de confiture, allant du moins riche au plus riche, est le suivant : pomme (6,59 mg EQ/100g MF) < pêche (10,3 mg EQ/100g MF) < fraise (11,76 mg EQ/100g) < poire (13,29 mgEQ/100g MF) < abricot (13,63 mg EQ/100g MF) < figue (17,76 mg EQ/100g MF) < mûre (23,96 mg EQ/100g MF) < orange (34.00 mg EQ/100g MF).

Kántor et al. ont rapporté des teneurs en FT de 61,6; 97,2; 39,0, 11.8 et 17 mgEQ/100g MF pour les confitures de mûre, d'abricot, de fraise et d'orange et de pêche respectivement (Kántor et al., 2021).



**Figure 10 :** La teneur en flavonoïdes totaux des différentes variétés de confitures

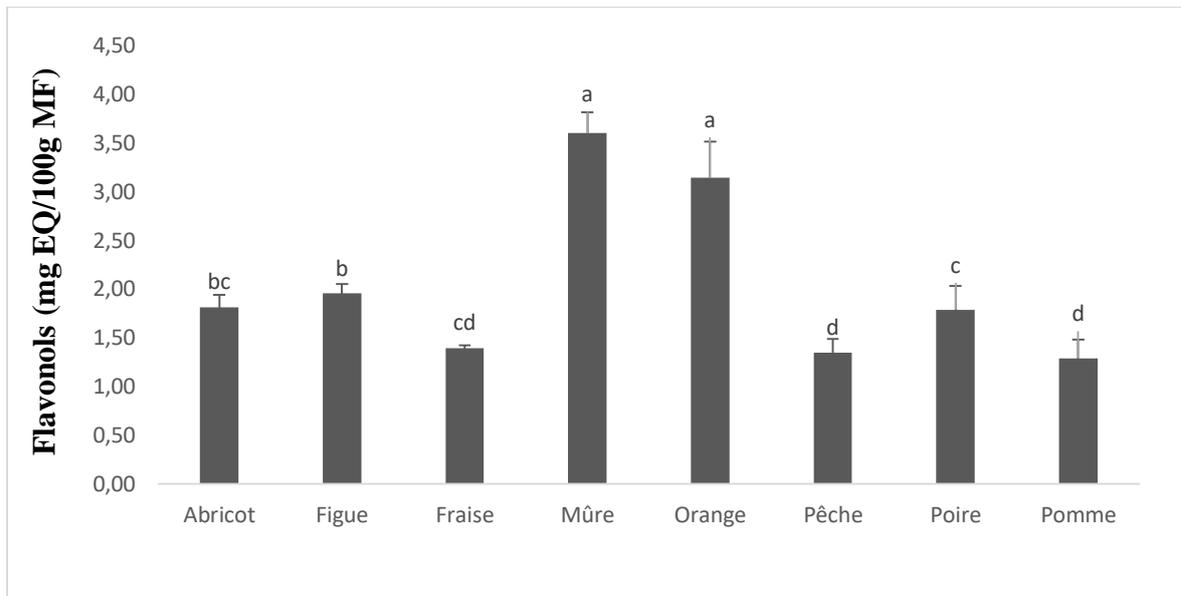
*Les lettres différentes indiquent les résultats*

### 1.2.3. Les flavonols

Les teneurs en flavonols totaux (FLT) des confitures étudiées sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) (figure 11). Les confitures de mûre et d'orange sont les plus riches en FLT avec des teneurs de 3,6 et de 3,14 mg EQ/100g MF respectivement, suivi par la confiture de figue, d'abricot et de poire avec des teneurs en FLT de 1,95 ; 1,81 et de 1,79 mg EQ/100g MF, respectivement. La teneur la plus faible a été enregistrée au niveau de la

confiture de fraise, pêche et de pomme qui ne diffèrent pas significativement ( $p < 0,05$ ) avec des valeurs de 1,95 ; 1,35 et 1,29 mg EQ/100g MF, respectivement.

Da Silva Pinto et al. ont trouvés que les principaux flavonols présents dans la confiture de fraise était les dérivés de quercétine (0,19 à 1,2 mg/100 g MF) et de kaempferol (0,38 à 1,05 mg/100 g MF) (Da Silva Pinto et al., 2007).



**Figure 11** : La teneur en flavonols des différentes variétés de confiture

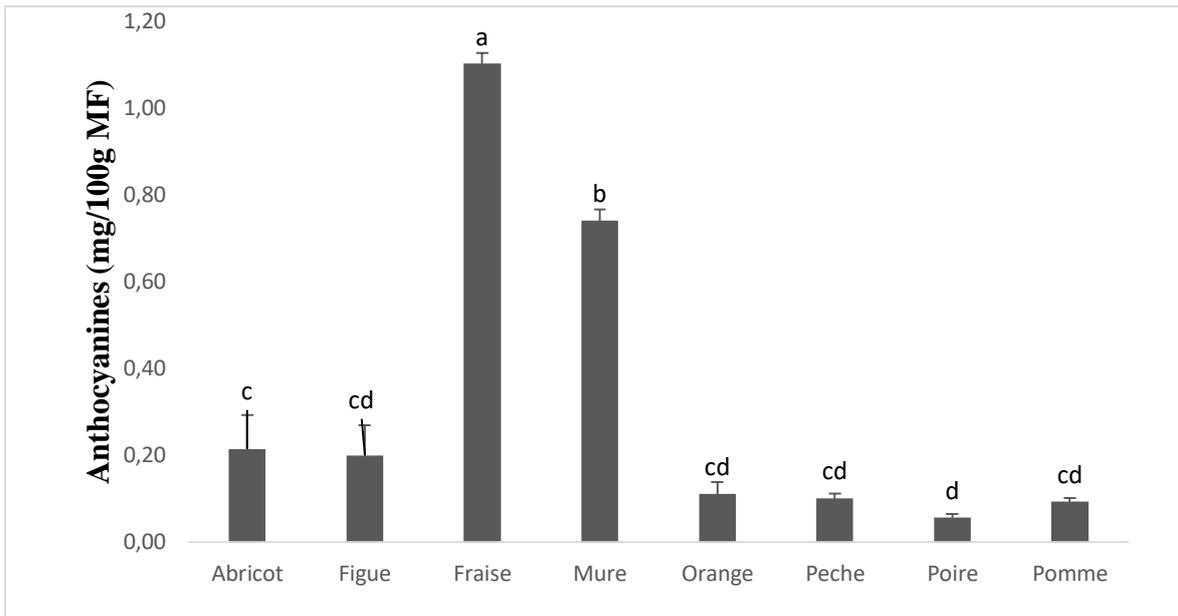
*Les lettres différentes indiquent les résultats significatifs.*

### 1.2.4. Les anthocyanines

Les teneurs en anthocyanines (ANC) des confitures étudiées sont mentionnées dans la figure 12. Les teneurs en ANC présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) et varient de 0,06 (poire) à 1,10 mg/100g MF (fraise). L'ordre croissant des teneurs en ANC des échantillons de confitures, allant du moins riche au plus riche, est comme suit : poire (0,06 mg/100g MF) < pomme (0,09 mg/100g MF) < pêche (0,10 mg/100g MF) < orange (0,11 mg/100g MF) < figue (0,20 mg/100g MF) < abricot (0,21 mg/100g MF) < mûre (0,20 mg/100g MF) < fraise (1,10 mg/100g MF).

Rababah et al. ont rapporté des teneurs en ANC de 0,68 ; 0,76 ; 1,64 et de 7,88 mg/100g dans les confitures d'abricot, d'orange, de figue et de fraise, respectivement (Rababah et al., 2011). Plessi et al ont noté une valeur moyenne en ANC de 58 mg/100 g MF dans la confiture de mure (Plessi et al., 2007).

Les faibles teneurs en anthocyanines trouvées dans notre étude pourraient être dues au procédé de fabrication. Kim and Padilla-Zakour (2004) ont rapporté que le traitement de la confiture a causé une diminution de la teneur en anthocyanines de 90% pour la cerise (Kim and Padilla-Zakour, 2004). D'autre part la lumière, la température et la durée de stockage sont des facteurs qui peuvent affecter de manière significative la stabilité et la couleur de la confiture, ce qui peut expliquer les résultats enregistrés dans cette présente étude (Tobal and Rodrigues, 2019).

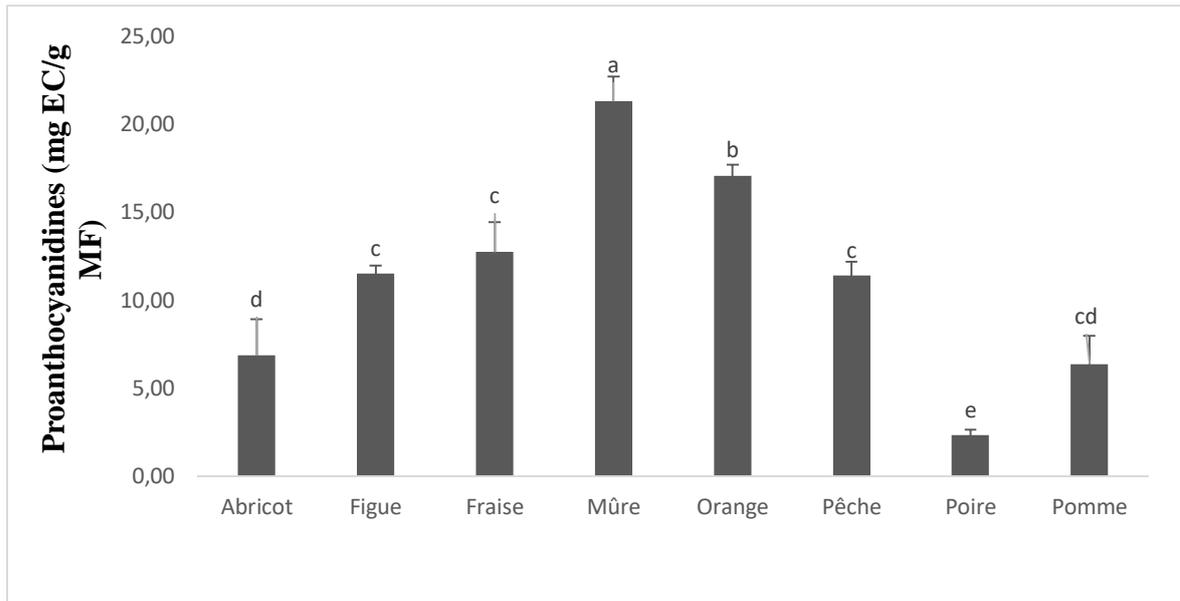


**Figure 12 :** La teneur en anthocyanines de différentes variétés confiture

*Les lettres différentes indiquent les résultats significatifs.*

### 1.2.5. Les pro-anthocyanidines

Les teneurs en pro-anthocyanidines (PANC) des confitures étudiées présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) et varient de 2,33 (poire) à 21,30 mg EC/100g MF (mûre) (figure 13). L'ordre croissant des teneurs en PANC des échantillons de confiture, allant du moins riche au plus riche, est comme suit : poire (2,33 mg EC/100g MF) < pomme (6,36 mg EC/100g MF) < abricot (7,83 mg EC/100g MF) < pêche (11,38 mg EC/100g MF) < figue (11,51 mg EC/100g MF) < fraise (12,73 mg EC/100g MF) < orange (17,07 mg EC/100g MF) < mûre (21,30 mg EC/100g MF).



**Figure 13 :** La teneur en proanthocyanines de différentes variétés de confitures

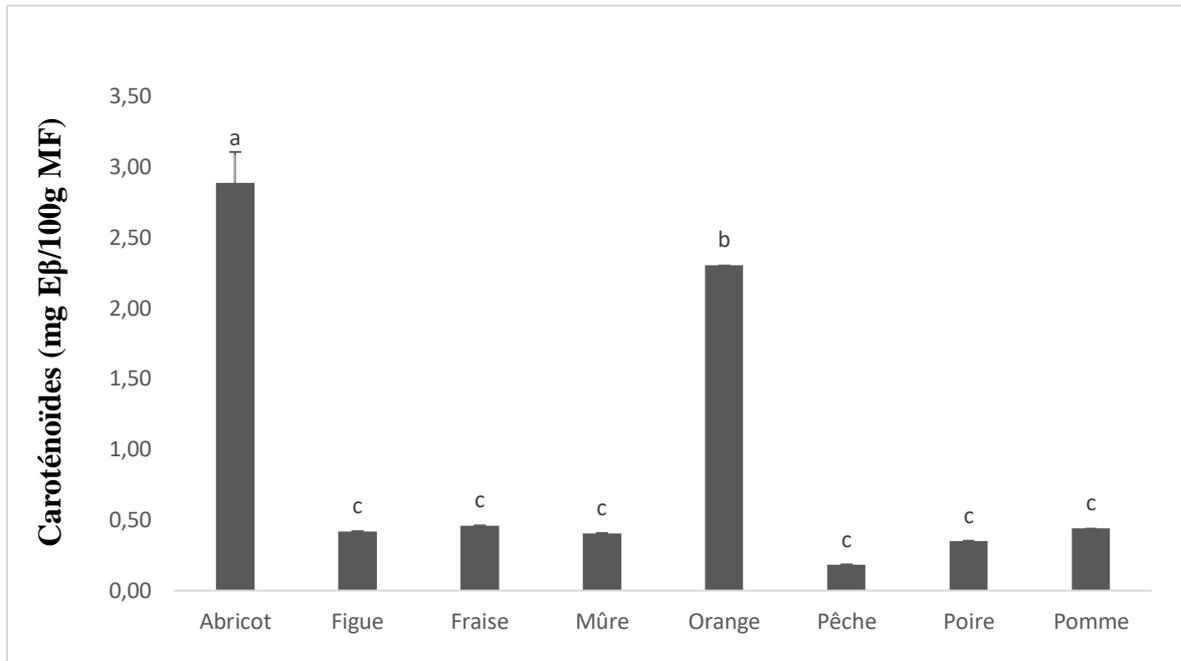
*Les lettres différentes indiquent les résultats*

### 1.2.6. Les caroténoïdes

Les résultats du dosage des caroténoïdes pour les échantillons de confitures étudiées présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) et varient de 0,18 (pêche) à 2,89 mg E $\beta$ /100g MF (abricot) (figure 14). L'ordre croissant des teneurs en caroténoïdes des échantillons de confiture, allant du moins riche au plus riche, est comme suit : pêche (0,18 mg E $\beta$ /100g MF) < poire (0,35 mg E $\beta$ /100g MF) < mûre (0,41 mg E $\beta$ /100g MF) < figue (0,42 mg E $\beta$ /100g MF) < pomme (0,44 mg E $\beta$ /100g MF) < fraise (0,46 mg E $\beta$ /100g MF) < orange (2,30 mg E $\beta$ /100g MF) < abricot (2,89 mg E $\beta$ /100g MF).

Djaoudene and Louaileche ont trouvé des teneurs en caroténoïdes de 0,75 mg E $\beta$ /100g dans la confiture d'orange (**Djaoudene and Louai-leche, 2016**).

Les caroténoïdes sont susceptibles à plusieurs réactions de dégradations au cours de la transformation et stockage des aliments, et ceci est directement corrélé avec les concentrations d'oxygène et d'enzymes, ainsi que l'exposition à la lumière, le type de caroténoïde, la sévérité du traitement thermique et les conditions de stockage. Cette dégradation peut entraîner une perte de couleur importante et une réduction de l'activité biologique des caroténoïdes (**Tobal and Rodrigues, 2019**).



**Figure 14 :** La teneur en caroténoïdes dans différentes variétés de confiture

*Les lettres différentes indiquent les résultats significatifs.*

### 1.3. L'activité antioxydante

#### 1.3.1. L'activité antiradicalaire envers le radical DPPH

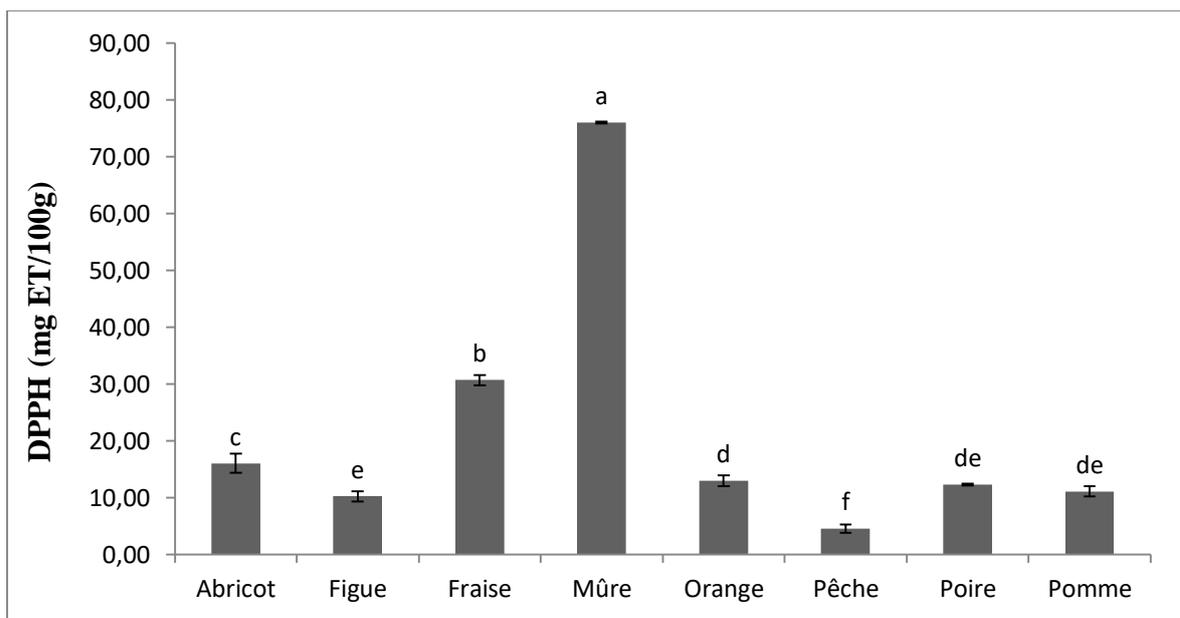
Le radical 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH°) est stable, il peut être réduit par le transfert d'hydrogène qui provient des différents antioxydants qui se trouvent dans le milieu réactionnel. Les réactions de réduction du DPPH° provoquent la diminution de l'intensité de la couleur.

Les résultats de l'activité de piégeage du radical DPPH° des confitures étudiées présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) et varient de 4,5 (pêche) à 76,01 mg ET/100 g MF (figure 15). L'ordre croissant des valeurs de l'activité de piégeage du radical DPPH des échantillons de confiture analysés, allant de la plus faible à la plus forte activité, est comme suit : pêche (4,50 mg ET/100 g MF) < figue (10,20 mg ET/100 g MF) < pomme (11,08 mg ET/100 g MF) < poire (12,28 mg ET/100 g MF) < orange (12,95 mg ET/100 g MF) < abricot (16,02 mg ET/100 g MF) < fraise (30,68 mg ET/100 g MF) < mûre (76,01 mg ET/100 g MF).

Rababah et al. ont mesuré l'activité de piégeage du radical DPPH° de quatre types de confiture et ont trouvé que la confiture de fraise manifestait l'activité antiradicalaire la plus

élevée (42,50%) que celles des confitures d'orange (27,01%), d'abricot (17,30%) et de figue (15,52%), ce qui est en accord avec nos résultats (Rababah et al., 2011).

La structure des composés phénoliques est directement liée à leurs propriétés antioxydantes (Vincente et al., 2014). Selon Rodrigues et al., la forte capacité antioxydante de la confiture de mûre est dû à sa forte teneur en composés phénoliques. La confiture de fraise manifestait également une capacité antioxydante élevée ; cela est dû à sa teneur élevée en anthocyanines. Plusieurs études scientifiques confirment qu'ils existent une relation étroite entre l'activité antioxydante et les teneurs en composés phénoliques et en anthocyanines dans les baies (Rodrigues et al., 2017). Klopotek et al. a remarqué que malgré sa faible teneur en composés phénoliques par rapport aux fruits frais, la confiture de fraise manifestait une activité antioxydante presque aussi élevée que celle des fruits frais. Ce fait pourrait s'expliquer au moins en partie par la formation de produits antioxydants de Maillard lors de la transformation de la confiture (Klopotek et al., 2005).



**Figure 15 :** Pouvoir antiradicalaire au DPPH de différentes variétés de confiture

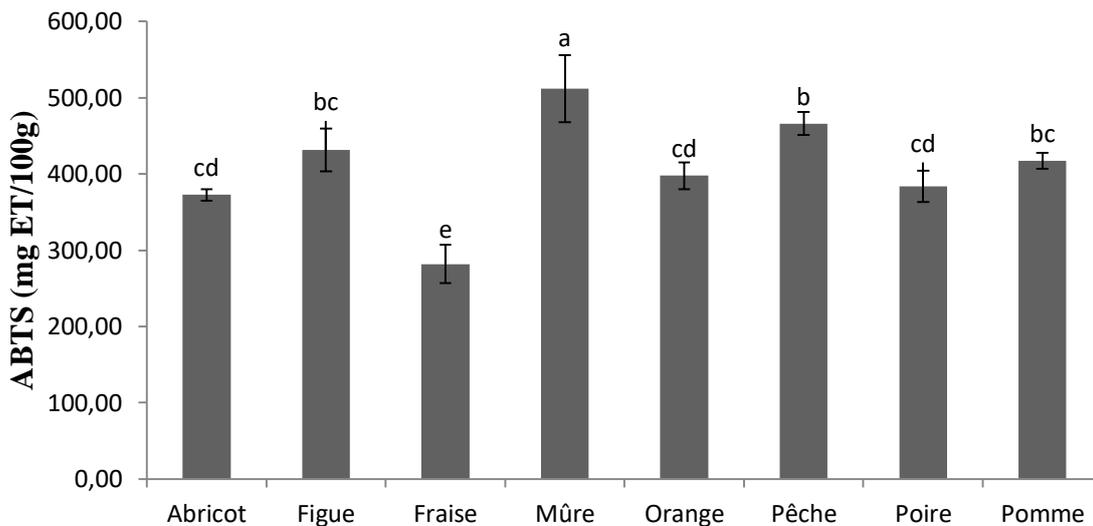
*Les lettres différentes indiquent les résultats significativement différents.*

### 1.3.2. Activité antiradicalaire envers le radical ABTS<sup>o+</sup>

Les résultats de mesure de l'activité de piégeage du radical ABTS<sup>o+</sup> des confitures étudiées présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) et varient de 281,79 (fraise) à 512,08 mg ET/100g MF (mûre) (figure 16). L'ordre croissant des valeurs de piégeage du radical ABTS<sup>o+</sup> des échantillons de confitures, allant de la plus faible à la plus forte activité,

est comme suit : fraise (281,79 mg ET/100g MF) < abricot (372,79 mg ET/100g MF) < poire (383,79 mg ET/100g MF) < orange (398,04 mg ET/100g MF) < pomme (417,29 mg ET/100g MF) < figue (431,54 mg ET/100g MF) < pêche (466,04 mg ET/100g MF) < mûre (512,08 mg ET/100g MF).

Jaiswal et al. ont montré que les confitures de pomme et de pêche étaient capable de piéger le radical ABTS<sup>o+</sup> avec des taux d'inhibition de 80,15 et de 37,85%, respectivement (Jaiswal et al., 2015).



**Figure 16 :** Pouvoir antiradicalaire à l'ABTS de différentes variétés de confiture

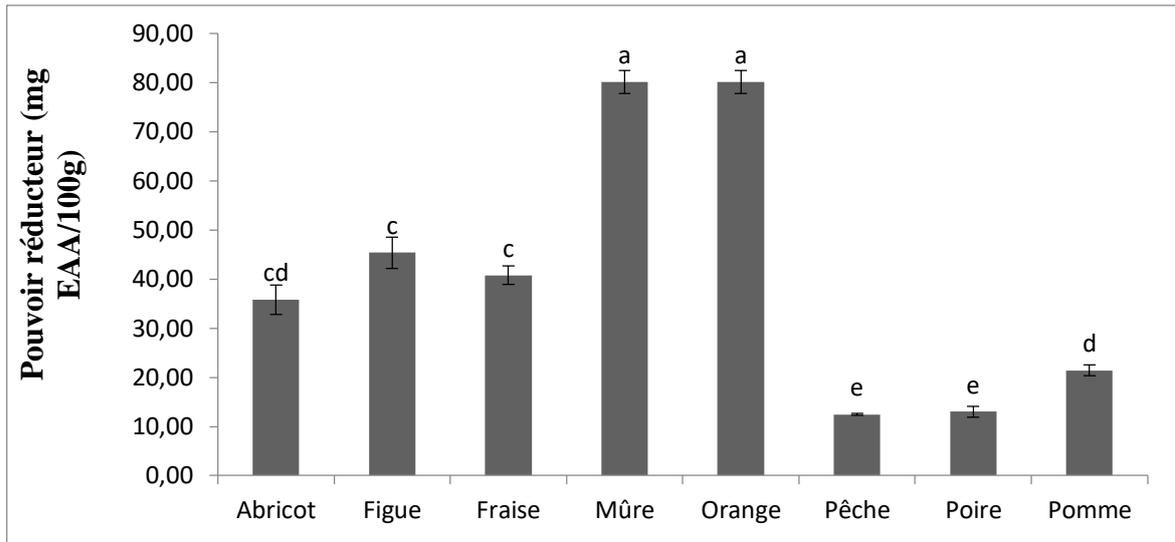
*Les lettres différentes indiquent les résultats*

### 1.3.3. Le pouvoir réducteur

Les résultats du pouvoir réducteur des échantillons de confitures étudiées sont significativement différents et varient de 12,43 (pêche) à 80,10 mg EAA/100g MF (mûre et orange) (figure 17).

L'ordre croissant de la capacité réductrice des confitures analysées, allant de la plus faible à la plus forte activité, est comme suit : pêche (12,43 mg EAA/100g MF) < poire (13,01 mg EAA/100g MF) < pomme (21,40 mg EAA/100g MF) < abricot (35,82 mg EAA/100g MF) fraise < (40,74 mg EAA/100g MF) < figue (45,39 mg EAA/100g MF) < orange = mûre (80,10 mg EAA/100g MF).

Djaoudene et Louaileche ont trouvé un pouvoir réducteur de 15,3 mg EAG/100 g dans la confiture d'orange (Djaoudene and Louaileche, 2016).



**Figure 17 :** Résultats du pouvoir réducteur des différentes variétés de confiture

*Les lettres différentes indiquent les résultats significatifs*

#### 1.4. Matrice de corrélation

L'analyse de la corrélation est utilisée pour étudier la relation entre les différentes variables mesurées. La matrice de la corrélation présentée dans le tableau VI a révélé une bonne corrélation entre les différents teneurs en composés phénoliques (PT, FT, FLT, ANC, PANC) et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS, PR) des confitures étudiées.

**Tableau VI :** Corrélation entre les teneurs en composés phénoliques (PT, FT, FLT, ANC, PANC) et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS, PR) des différentes confitures étudiées.

	FT	FLT	ANC	PANC	DPPH	ABTS	PR
PT	0,80***	0,84***	0,41 <sup>ns</sup>	0,78***	0,65**	0,14 <sup>ns</sup>	0,97***
FT		0,86***	-0,06 <sup>ns</sup>	0,64**	0,25 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,89***
FLT			0,12 <sup>ns</sup>	0,76***	0,64**	0,54*	0,90***
ANC				0,47 <sup>ns</sup>	0,70**	-0,23 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
PANC					0,67**	0,37 <sup>ns</sup>	0,80***
DPPH						0,40 <sup>ns</sup>	0,60**
ABTS							0,24 <sup>ns</sup>

\*, \*\* et \*\*\* indique des différences significatives à  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  et  $p < 0,001$ , respectivement.

Une corrélation positive significative a été observée entre les teneurs en PT et la capacité de piégeage du radical DPPH et le pouvoir réducteur avec des coefficients de corrélation de  $r=0,65$  ( $p<0,01$ ) et de  $r=0,97$  ( $p<0,001$ ), respectivement. Ceci indique que les PT sont les principaux composés responsables de l'activité antiradicalaire et du pouvoir réducteur des confitures étudiées. Des résultats similaires ont noté une corrélation positive hautement significative entre les teneurs en composés phénoliques et l'activité antioxydante de la confiture de fraise (**Bursac Kovačević et al., 2009; Patras et al., 2011**), d'orange (**Rababah et al., 2011**) et de myrtille (**Poiana et al., 2012**).

Une corrélation positive hautement significative a été également observée entre la teneur en FT et le PR. Cependant, aucune corrélation n'a été observée entre les FT et l'activité de piégeage des radicaux libres. De cette corrélation on peut déduire que les FT présents contribuent plus à la capacité réductrice des confitures qu'à leur capacité antiradicalaire, contrairement aux anthocyanines, qui ont montré une corrélation positive hautement significative avec l'activité de piégeage du radical DPPH ( $r=0,70$ ,  $p<0,01$ ) et aucune corrélation avec le pouvoir réducteur des confitures.

Une corrélation positive hautement significative a été trouvée entre les teneurs en FLT (flavonols totaux) et la capacité de piégeage du radical DPPH, la capacité de piégeage du radical ABTS et le pouvoir réducteur avec des coefficients de corrélation de  $r=0,64$  ( $p<0,01$ ),  $r=0,54$  ( $p<0,05$ ) et  $r=0,90$  ( $p<0,001$ ), respectivement. Une corrélation positive hautement significative a été également observée entre les teneurs en PANC (pro-anthocyanidines) et l'activité de piégeage du radical DPPH et le pouvoir réducteur avec des coefficients de corrélation de  $r=0,67$  ( $p<0,01$ ) et de  $r=0,80$  ( $p<0,001$ ), respectivement. A partir de ces corrélations, on peut déduire que les flavonols (FLT) et pro-anthocyanidines (PANC) contribuent simultanément à l'activité antiradicalaire et à la capacité réductrices des confitures analysées.

# *Conclusion*

## *Conclusion*

---

L'objectif de ce travail était de comparer l'apport en composés bioactifs (caroténoïdes, composés phénoliques totaux, flavonoïdes, flavonols, anthocyanines et pro-anthocyanines) de huit types de confitures industrielles (confiture d'abricot, figue, fraise, mûre, orange, pêche, poire et pomme) disponibles au niveau commerce et de mesurer leur activité antioxydante (activité de piégeage des radicaux DPPH<sup>°</sup> et ABTS<sup>o+</sup>) ainsi que leur caractérisation physicochimique (pH, acidité titrable, humidité, Brix et couleur).

Les résultats des analyses physicochimiques effectués sur l'ensemble des confitures ont montré que la confiture d'orange était la plus acide (pH=2,7) et présentait également la coloration la plus forte (1,82), ceci est dû certainement à la richesse de l'orange en pigments caroténoïdes. Contrairement à la confiture de poire qui était la moins acide (pH=3,6). La confiture de pomme était celle qui présentait la couleur la plus faible (0,42).

L'analyse de l'acidité titrable a révélé que la confiture de figue était la plus riche en acides organiques (1,64 mg/100g) tandis que la confiture la plus faible était celle de la poire (0,23 1,64 mg/100g). Pour la mesure du Brix, les résultats ont montré que la confiture de mûre était la plus riche en matière sèche soluble (70,8 °Bx) contrairement à la confiture de poire dont le taux de Brix était le plus bas (63,2 °Bx). Cependant, le taux d'humidité le plus élevée a été enregistré au niveau de poire. Les résultats des tests physicochimiques ont un rôle très important dans la détermination de qualité organoleptique (texture, goût, couleur) des confitures.

Les résultats de dosage des composés bioactifs ont montré des différences significatives ( $p < 0,05$ ) selon les types de confitures. Ainsi, les confitures de mûre et d'orange étaient les plus riches en composés phénoliques en particulier en polyphénols totaux (PT), flavonoïdes totaux (FT), flavonols totaux (FLT) et en pro-anthocyanines (PANC), suivi par les confitures d'abricot, de figue et de fraise. Tandis que les confitures de pomme, de poire et de pêche étaient les moins riches en composés phénoliques. Cependant, Pour la classe des anthocyanines (ANC), les confitures de fraise et de mûre étaient les plus riches en ces pigments.

Les résultats de dosages des caroténoïdes ont révélé que les confitures d'abricot et d'orange étaient les plus riches en ces pigments.

## *Conclusion*

---

Les résultats de mesure l'activité antioxydante (activité de piégeage des radicaux DPPH° et ABTS<sup>o+</sup> et du pouvoir réducteur) ont montré que la confiture de mûre manifestait la meilleure capacité de piégeage du radical DPPH° (76,01 mg ET/100 g MF) et du radical ABTS<sup>o+</sup> (512,08 mg ET/100g MF), et le meilleure pouvoir réducteur (80,10 mg EAA/100g MF). Ceci est dû à la richesse de la confiture de mûre en composés phénoliques.

L'analyse de la matrice de corrélation a révélé quant à elle des corrélations positives hautement significatives entre les teneurs en composés phénoliques (PT, FT, FLT, ANC, PANC) et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS, PR) des confitures étudiées. A partir de ces corrélations, on peut déduire que les composés phénoliques sont les principaux contributeurs à l'activité antioxydante (activité antiradicalaire et pouvoir réducteur) des confitures analysées.

A la lumière des résultats obtenus, il nous ait permis de conclure que les confitures constituent une bonne source d'antioxydants.

Comme complément à la présente étude, il est souhaitable de compléter ce travail par :

- L'étude de l'effet des conditions de stockage sur les teneurs en composés bioactifs et l'activité antioxydante des confitures.
- L'étude d'autres activités biologiques autres que l'activité antioxydante (activité antibactérienne, anti-inflammatoire,...).
- La comparaison de la teneur en composés bioactifs et de l'activité antioxydantes entre les confitures industrielles et artisanales.
- La formulation de nouvelles confitures à partir des produits du terroir algérien (confiture de dattes, figue sèche, caroube,...).

*Références  
bibliographiques*

A

- Abboud M., Le Brun G. (2016)** Le speckle pour mesurer la maturité des fruits climactériques. *Photoniques*:32-36.
- Abdel-Aal E.S., Hucl P. (1999)** A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal chemistry* 76:350-354.
- Ahmed A., Zia-ud-dinc, Khan A. (2022)** Physico-chemical Analysis of different Jams and marmelade prepared at Ari (Tarnab) Peshawar. *Journal of Food and Nutritional Disorders* 11:2.
- Arias Calvo A., Feijoo G., Moreira Vilar M.T. (2022)** Exploring the potential of antioxidants from fruits and vegetables and strategies for their recovery.pp.65
- Aslanova D., Bakkalbasi E., Artik N. (2010)** Effect of storage on 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formation and color change in jams. *International Journal of Food Properties* 13:904-912.
- Awulachew M. (2021)** Fruit jam production. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics* 10:532-537.
- Azzouzi H., Achchoub M., Salmaoui S., Elfazazi K. (2022)** Étude des critères de qualité d'une confiture à base de la clémentine Marocaine fabriquée avec la pectine extraite des écorces de clémentine. *African and Mediterranean Agricultural Journal-AI Awamia*:275-291.

B

- Bath P.K., Singh N. (1999)** A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry* 67:389-397.
- Beed F., Taguchi M., Telemans B., Kahane R., Le Bellec F., Sourisseau J.-M., Malézieux E., Lesueur-Jannoyer M., Deberdt P., Deguine J.-P. (2021)** Fruits et légumes. Opportunités et défis pour la durabilité des petites exploitations agricoles, FAO.
- Biswas A. (2021)** A Review paper on Fruit Jam products. *ENERGY (Kcal)* 3:57.
- Bors W., Saran M., Eltsner E. (1992)** *Modern Methods Plant Anal. New Ser* 13:277.
- Bursać Kovačević D., Levaj B., Dagović-Uzelac V. (2009)** Free radical scavenging activity and phenolic content in strawberry fruit and jam. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 74:155-159.

C

## *Références bibliographiques*

---

- Carrillo-López A., Yahia E.M. (2019)** Morphology and anatomy, Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables, Elsevier. pp. 113-130.
- Carunchia M., Wang L., Han J. (2015)** The use of antioxidants in the preservation of snack foods, Handbook of antioxidants for food preservation, Elsevier. pp. 447-474.
- Coste E. (2015)** Trente-sept plantes chinoises (Magnoliidae, Ranunculidae, Asteridae): caractères botaniques, étude pharmacologique et intérêt thérapeutique, University Montpellier.

### *D*

- Da Silva Pinto M., Lajolo F.M., Genovese M.I. (2007)** Bioactive compounds and antioxidant capacity of strawberry jams. Plant foods for human nutrition 62:127-131.
- Dias M.C., Pinto D.C., Silva A.M. (2021)** Plant flavonoids: Chemical characteristics and biological activity. Molecules 26:5377.
- Djaoudene O., Louai-leche H. (2016)** Impact of Storage Conditions on the Bioactive Compounds and Anti-oxidant Capacity of Commercial Orange Jam.(2016) J Ana Bioanal Sep Tech 1 (1): 8-11, September 9, Date.
- .Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N. (2006)** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food chemistry 97:654-660.

### *E*

- Ejiofor E., J A., I E. (2019)** physicochemical, Sensory Properties and Bacteria Load of Jam Produced from Squash (Cucurbita) Fruit. Food Science and Nutrition Technology 4.

- Ellison S. (2016)** Carotenoids: physiology. Encyclopedia of Food and Health, 670–675.

### *F*

- FAO. (2021)** World Food and Agriculture Statistical Yearbook
- Flutto L. (2003)** Pectine, Properties and determination Food use 4440-4449.

### *G*

- Galland N. (1992)** La classification des fruits ou du bon usage d'une classification artificielle. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 81:119-129.
- Gençdağ E., Özdemir E.E., Demirci K., Görgüç A., Yılmaz F.M. (2022)** Copigmentation and stabilization of anthocyanins using organic molecules and encapsulation techniques. Current Plant Biology 29:100238.

### */*

## *Références bibliographiques*

---

**Ingham B.H. (2008)** Making Jams, Jellies & Fruit Preserves University of Wisconsin--Extension, Cooperative Extension.pp.65.

### *J*

**Jaganath I.B., Crozier A. (2010)** Dietary flavonoids and phenolic compounds. Plant phenolics and human health: biochemistry, nutrition, and pharmacology 1:1-50.

**Jaiswal S.G., Patel M., Naik S. (2015)** Physico-chemical properties of *Syzygium cuminii* (L.) Skeels jam and comparative antioxidant study with other fruit jams. Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR)[Formerly Natural Product Radiance (NPR)] 6:9-15.

**Jimoh F., Adedapo A., Afolayan A. (2010)** Comparison of the nutritional value and biological activities of the acetone, methanol and water extracts of the leaves of *Solanum nigrum* and *Leonotis leonorus*. Food and Chemical Toxicology 48:964-971.

**Joas J. (2012)** Qualité et conservation des fruits. La maturation. Fruitrop (Ed. Française) (198) : p. 29-34.

### *K*

**Kántor A., Alexa L., Kovács B., Czipa N. (2021)** DETERMINATION OF NUTRITIONAL PARAMETERS OF COMMERCIAL AND HOMEMADE JAMS. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences 2021:407-411.

**Khoddami A., Wilkes M.A., Roberts T.H. (2013)** Techniques for analysis of plant phenolic compounds. Molecules 18:2328-2375.

**Kim D.O., Padilla-Zakour O. (2004)** Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: Cherry, plum, and raspberry. Journal of food science 69:S395-S400.

**Kirkham P., Rahman I. (2006)** Oxidative stress in asthma and COPD: antioxidants as a therapeutic strategy. Pharmacology & therapeutics 111:476-494.

**Klopotek Y., Otto K., Böhm V. (2005)** Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53:5640-5646.

**Kumar N., Goel N. (2019)** Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. Biotechnology Reports 24:00370.

### *L*

## *Références bibliographiques*

---

**Lalao R.A.V. (2021)** SITUATION NUTRITIONNELLE ET VALORISATION ALIMENTAIRE A MADAGASCAR, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO.

### *M*

**Mahmoudi S. (2018)** Etude ohyto-chimique et caractérisation tachno-biologie de quelques varités de figue Algérienne (Ficus Carical):184.

**Mattioli R., Francioso A., Mosca L., Silva P. (2020)** Anthocyanins: A comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases. *Molecules* 25:3809.

**Mohtadji-Lamballais C. (1989)** Les aliments Ed. Maloine.

**Monrose G.S. (2009)** Standardisation d'une formulation de confiture de chadèque et évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels. Mémoire de Master de l'Université d'Etat d'Haïti, option agronomie, Port-au-Prince, Haïti 60.

### *O*

**Oyaizu M. (1986)** Studies on products of browning reactions: ant oxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese journal of nutrition* 44:307-315.

### *P*

**Panche A.N., Diwan A.D., Chandra S.R. (2016)** Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science* 5:e47.

**Patras A., Brunton N.P., Tiwari B., Butler F. (2011)** Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology* 4:1245-1252.

**Plessi M., Bertelli D., Albasini A. (2007)** Distribution of metals and phenolic compounds as a criterion to evaluate variety of berries and related jams. *Food chemistry* 100:419-427.

**Poiana M.-A., Alexa E., Mateescu C. (2012)** Tracking antioxidant properties and color changes in low-sugar bilberry jam as effect of processing, storage and pectin concentration. *Chemistry Central Journal* 6:1-11.

### *R*

**R.A.Wani, Sheema S., Hakeem S.A., A.Baba J., I U., A.H.Pandit, M.A.Mir. (2017)** Preservation of apricot jams (*Prunus armeniaca L.*) under ambian temperature of cold

## *Références bibliographiques*

---

- Aid Region. International Journal of Current Microbiology and Applied Science 6:3747-3753.
- Rababah T.M., Al-Mahasneh M.A., Kilani I., Yang W., Alhamad M.N., Ereifej K., Al-u'datt M. (2011)** Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. Journal of the Science of Food and Agriculture 91:1096-1102.
- Rana M., Yeasmin F., Khan M., Riad M. (2021)** Evaluation of quality characteristics and storage stability of mixed fruit jam. Food Research 5:225-231.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. (1999)** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free radical biology and medicine 26:1231-1237.
- Richel A.D., Regui A.O., Akila H., Kossivi K., Amégan M.A., Nam-pan S., Awandi T., Adjélévi T.L., Kpoti T.L., Bakoulakpam Y. (2013)** Physiologie de maturation des fruits .6.
- Robards K., Prenzler P.D., Tucker G., Swatsitang P., Glover W. (1999)** Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food chemistry 66:401-436.
- Rodrigues L.M., de Souza D.F., da Silva E.A., de Oliveira T.O., de Lima J.P. (2017)** Physical and chemical characterization and quantification of bioactive compounds in berries and berry jams. Semina: Ciências Agrárias 38:1853-1864.
- Rolande, P.H. (2009)** Optimisation du procédé de production de la confiture artisanale, Cas de la coopérative MANAMPY. Thèse de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur Agronome. Université d'Antananarivo, faculté : Industries Agricoles et Alimentaires, 112p
- S
- Saini R.K., Nile S.H., Park S.W. (2015)** Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. Food Research International 76:735-750.
- Sánchez-Moreno C., De Pascual-Teresa S., De Ancos B., Cano M.P. (2006)** Nutritional values of fruits. Handbook of fruits and fruit processing:29.
- Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M., Toth-Markus M. (2005)** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. Food Research International 38:1023-1029.

## *Références bibliographiques*

---

- Scrob T., Varodi S.M., Vintilă G.A., Casoni D., Cimpoiu C. (2022)** Estimation of degradation kinetics of bioactive compounds in several lingonberry jams as affected by different sweeteners and storage conditions. *Food Chemistry: X* 16:100471.
- Shakir I., Durrani Y., Hussain I., Qazi I.M., Zeb A. (2008)** Physicochemical analysis of apple and pear mixed fruit jam prepared from varieties grown in Azad Jammu and Kashmir. *Pakistan journal of Nutrition* 7:177-180.
- Singleton V.L., Rossi J.A. (1965)** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture* 16:144-158.
- Smith D. (2003)** Jams and preserves| Methods of manufacture. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*:3409-30415.
- Sophie D.-A., Saboulard L. (2012)** confiture inratable : des recette gourmande et vraiment facile. Leduc.s éditions ed.
- Spiegel M., Andruniów T., Sroka Z. (2020)** Flavones' and flavonols' antiradical structure–activity relationship—A quantum chemical study. *Antioxidants* 9:461.
- Sun B., Ricardo-da-Silva J.M., Spranger I. (1998)** Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Journal of agricultural and food chemistry* 46:4267-4274.

### T

- Tazzini N. (2014)** Flavonols: Defenition. Structure, Food Sources.[Diakses pada 10 Agustus 2018] <https://www.tuscany-diet.net/2014/01/22/flavonoids-definition-structure-classification/amp>.
- Teixeira F., Santos B.A.d., Nunes G., Soares J.M., Amaral L.A.d., Souza G.H.O.d., Resende J.T.V.d., Menegassi B., Rafacho B.P.M., Schwarz K. (2020)** Addition of orange peel in orange jam: evaluation of sensory, physicochemical, and nutritional characteristics. *Molecules* 25:1670.
- Thériault M. (2004)** Étude des propriétés antioxydantes et antimutagènes de composés phénoliques issus de l'érable Institut National de la Recherche Scientifique (Canada).
- Tobal T.M., Rodrigues L.V. (2019)** Effect of storage on the bioactive compounds, nutritional composition and sensory acceptability of pitanga jams. *Food Science and Technology* 39:581-587.

### V

## *Références bibliographiques*

---

**Vincente A.R., Manganaris G.A., Ortiz C.M., Sozzi G.O., Crisosto C.H. (2014)**  
Nutritional quality of fruits and vegetables, Postharvest handling, Elsevier. pp. 69-122.

Z

**Zehiroglu C., Ozturk Sarikaya S.B. (2019)** The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. Journal of food science and technology 56:4757-4774.

### **D'autres références:**

**Anonyme 1:** Les propriétés de sucre. (2020). Culture de sucre. Site : <https://www.cultures-sucre.com/autour-du-sucre/les-proprietes-du-sucre>. Consulté le 28 Mai 2023

**Anonyme 2:** Jam, Jelly and Preserves Market.(2023). Industrie ARC : Analytics Research Consulting. Site : consulté le 29 Mai 2023

# *Annexes*

**Annexe 01** : la teneur des fruits en micronutriments et en minéraux

**Tableau I** : la teneur des fruits en vitamines (valeur pour 100g de produit)

<b>Fruits</b>	<b>Vit C (mg)</b>	<b>Vit E (mg)</b>	<b>Vit A (µg)</b>	<b>Thiamine (mg)</b>	<b>Ribo-flavine (mg)</b>	<b>Niacine (mg)</b>	<b>Pyridoxine (mg)</b>	<b>Folate (µg)</b>
Pomme	0.6	0.18	3	0.017	0.026	0.091	0.041	3
Abricot	10.0	0.89	96	0.030	0.040	0.600	0.054	9
Avocat	10.0	2.07	7	0.067	0.130	1.738	0.257	58
Banane	8.7	0.10	3	0.031	0.073	0.665	0.367	20
Cerise	7.0	0.07	3	0.027	0.033	0.154	0.049	4
Raisin	10.8	0.19	3	0.069	0.070	0.188	0.086	2
Kiwi	75.0	-	9	0.020	0.050	0.500	-	-
Orange	53.2	0.18	11	0.087	0.040	0.282	0.060	30
Pêche	6.6	0.73	16	0.024	0.031	0.806	0.025	4
Poire	4.2	0.12	1	0.012	0.025	0.157	0.028	7
Ananas	36.2	0.02	3	0.079	0.031	0.489	0.110	15
Prune	9.5	0.26	17	0.028	0.026	0.417	0.029	5
Framboise	26.2	0.87	2	0.032	0.038	0.598	0.055	21
Fraise	58.8	0.29	1	0.024	0.022	0.386	0.047	24

**Tableau II** : La teneur des fruits en minéraux (valeur pour 100g de produit)

<b>Fruits</b>	Fe (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Mg (mg)	K (mg)	Na (mg)	Zn (mg)	Cu (mg)	Se (µg)
<b>Pomme</b>	0.12	6	11	5	107	1	0.04	0.027	0.0
<b>Abricot</b>	0.39	13	23	10	259	1	0.20	0.078	0.1
<b>Avocat</b>	0.55	12	52	29	485	7	0.64	0.190	0.4
<b>Banane</b>	0.26	5	22	27	358	1	0.15	0.078	1.0
<b>Cerise</b>	0.36	13	21	11	222	0	0.07	0.060	0.0
<b>Raisin</b>	0.36	10	20	7	191	2	0.23	0.103	0.
<b>Kiwi</b>	0.41	26	40	30	332	5	-	-	-
<b>Orange</b>	0.10	40	14	10	181	0	0.07	0.045	0.5
<b>Pêche</b>	0.25	6	20	9	190	0	0.17	0.068	0.11
<b>Poire</b>	0.17	9	11	7	119	1	0.10	0.082	0.1
<b>Ananas</b>	0.28	13	8	12	115	1	0.10	0.099	0.0
<b>Prune</b>	0.17	6	16	7	157	0	0.10	0.057	0.0
<b>Framboise</b>	0.69	25	29	22	151	1	0.42	0.090	0.2
<b>Fraise</b>	0.42	16	24	13	153	1	0.14	0.048	0.4

Annexe 02 : Les courbes d'étalonnage

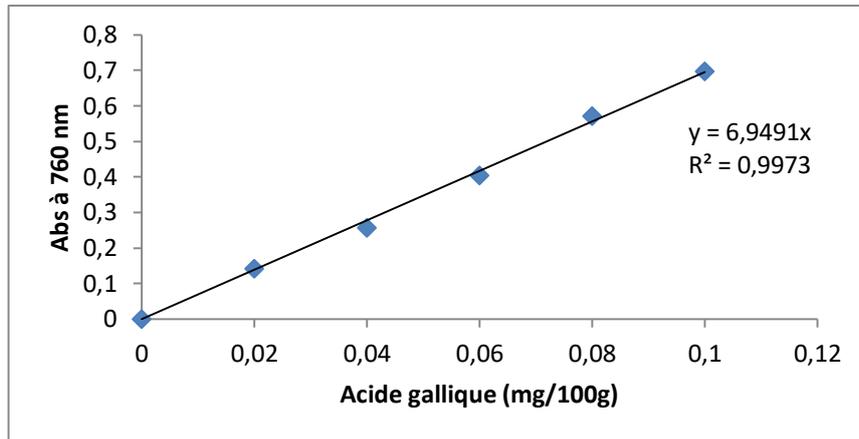


Figure 01 : Courbe d'étalonnages des polyphénols totaux

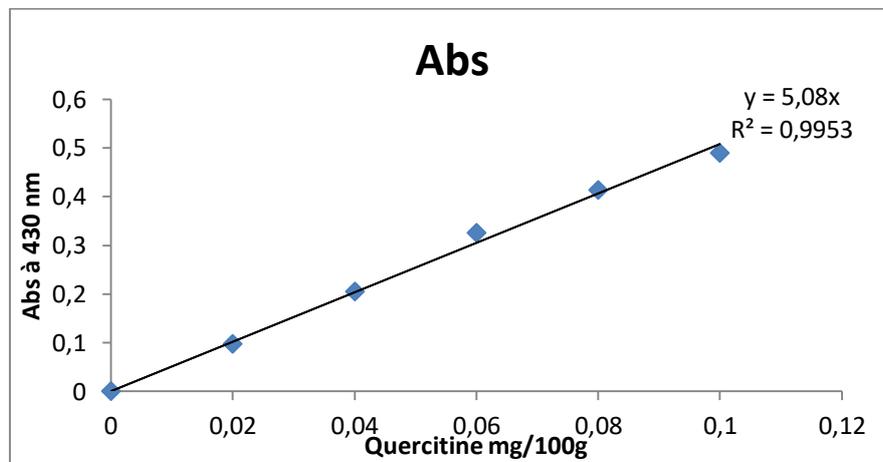


Figure 02 : La courbe d'étalonnage des flavonoïdes

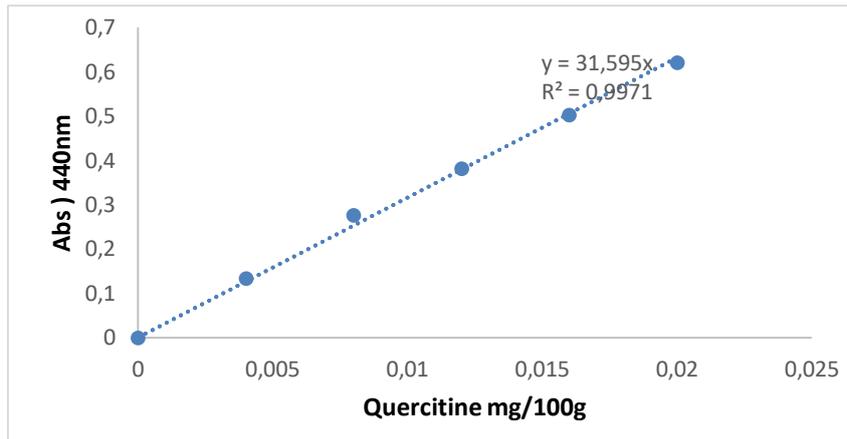


Figure 03 : Courbe d'étalonnage des flavonols

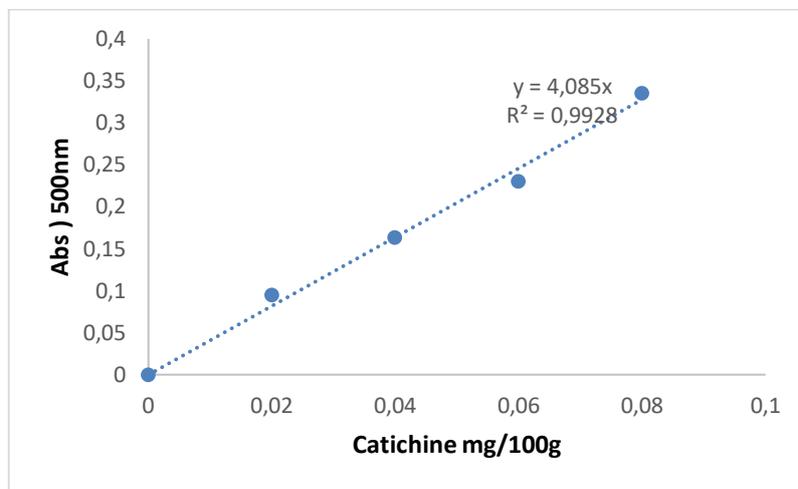


Figure 04 : Courbe d'étalonnage des proanthocyanines

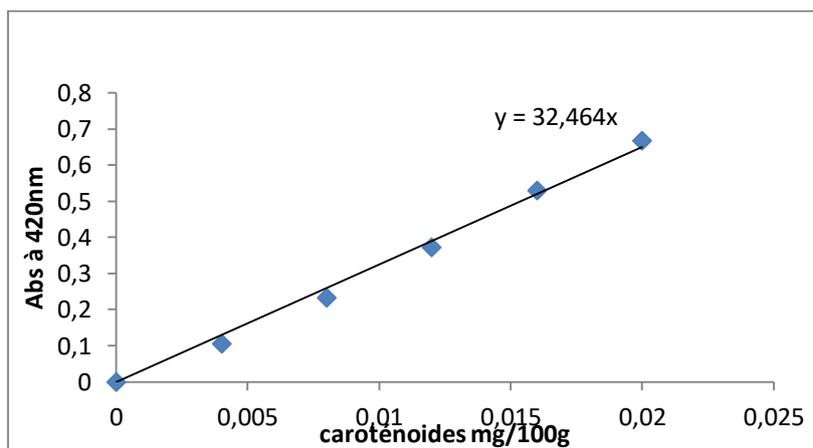


Figure 05 : Courbe d'étalonnage des caroténoïdes

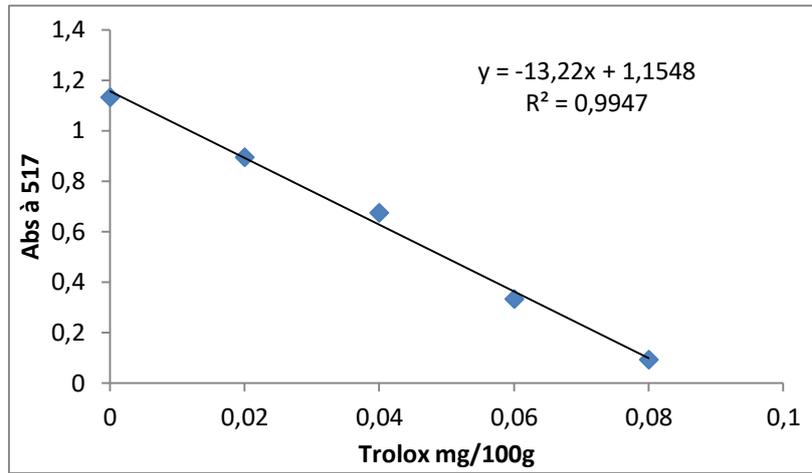


Figure 06 : Courbe d'étalonnage de DPPH

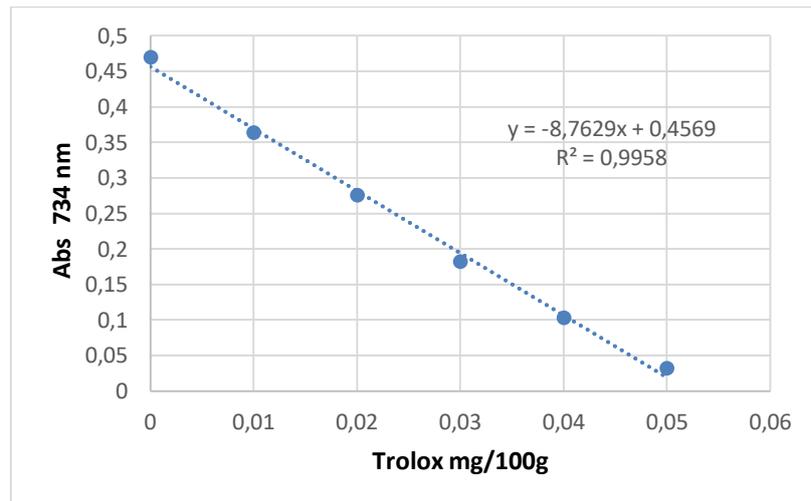


Figure 07 : courbe d'étalonnage ABTS

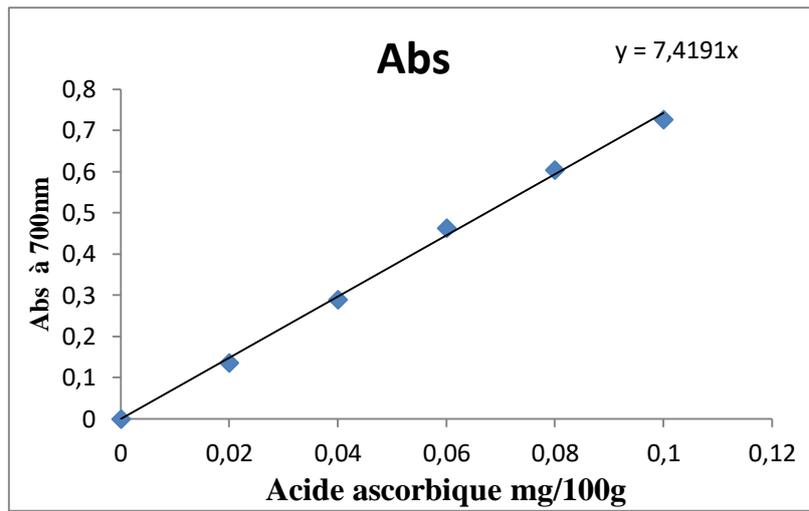


Figure 08 : courbe d'étalonnage pouvoir réducteur

## Résumé

L'objectif du présent travail est de comparer la teneur en composés bioactifs de huit types de confitures industrielles (confiture d'abricot, figue, fraise, mûre, orange, pêche, poire et pomme) disponibles au niveau commerce et de mesurer leur activité antioxydante (activité de piégeage des radicaux DPPH° et ABTS<sup>o+</sup>) ainsi que leur caractérisation physicochimique (pH, acidité titrable, humidité, Brix et couleur). Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que la confiture d'orange était la plus acide (pH=2,7) et présentait également la coloration la plus forte (1,82). Contrairement à la confiture de poire qui était la moins acide (pH=3,6). La confiture de pomme était celle qui présentait la couleur la plus faible (0,42). L'analyse de l'acidité titrable a révélé que la confiture de figue était la plus riche en acides organiques (1,64 mg/100g) tandis que la confiture la plus faible était celle de la poire (0,23-1,64 mg/100g). Pour la mesure du Brix, les résultats ont montré que la confiture de mûre était la plus riche en matière sèche soluble (70,8 °Bx) contrairement à la confiture de poire dont le taux de Brix était le plus bas (63,2 °Bx). Cependant, le taux d'humidité le plus élevé a été enregistré au niveau de poire. Les résultats de dosage des composés bioactifs ont montré des différences significatives ( $p < 0,05$ ) selon les types de confitures. Ainsi, les confitures de mûre et d'orange étaient les plus riches en composés phénoliques en particulier en polyphénols totaux (PT), flavonoïdes totaux (FT), flavonols totaux (FLT) et en pro-anthocyanines (PANC), suivi par les confitures d'abricot, de figue et de fraise. Tandis que les confitures de pomme, de poire et de pêche étaient les moins riches en composés phénoliques. Cependant, Pour la classe des anthocyanines (ANC), les confitures de fraise et de mûre étaient les plus riches en ces pigments. Les résultats de dosages des caroténoïdes ont révélé que les confitures d'abricot et d'orange étaient les plus riches en ces pigments. Les résultats de mesure l'activité antioxydante ont montré que la confiture de mûre manifestait la meilleure capacité de piégeage du radical DPPH° (76,01 mg ET/100 g MF) et du radical ABTS<sup>o+</sup> (512,08 mg ET/100g MF), et le meilleure pouvoir réducteur (80,10 mg EAA/100g MF). L'analyse de la matrice de corrélation a révélé quant à elle des corrélations positives hautement significatives entre les teneurs en composés phénoliques (PT, FT, FLT, ANC, PANC) et l'activité antioxydante (DPPH°, ABTS°, PR) des confitures étudiées. A partir de ces corrélations, on peut déduire que les composés phénoliques sont les principaux contributeurs à l'activité antioxydante (activité antiradicalaire et pouvoir réducteur) des confitures analysées. A la lumière des résultats obtenus, il nous ait permis de conclure que les confitures constituent une bonne source d'antioxydants.

**Mots clés :** Confiture, composés phénoliques, caroténoïdes, antioxydants, activité antioxydante, acidité, couleur, stress oxydatif.

## Abstract

The objective of this work is to compare the content of bioactive compounds of eight types of industrial jams (apricot jam, fig, strawberry, blackberry, orange, peach, pear and apple) available on the market and to measure their antioxidant activity (DPPH° and ABTS<sup>o+</sup> radical scavenging activity) as well as their physicochemical characterization (pH, titratable acidity, humidity, Brix and color). The results of the physicochemical analyzes showed that the orange jam was the most acidic (pH=2.7) and also presented the strongest color (1.82). Unlike the pear jam was the least acidic (pH=3.6). Apple jam was the one with the lowest color (0.42). Titratable acidity analysis revealed that fig jam was the richest in organic acids (1.64 mg/100g) while the lowest jam was pear jam (0.23–1.64 mg /100g). For the measurement of Brix, the results showed that the blackberry jam was the richest in soluble dry matter (70.8°Bx) unlike the pear jam whose Brix rate was the lowest (63.2°Bx). However, the highest moisture content was recorded at the pear jam. The assay results for the bioactive compounds showed significant differences ( $p < 0.05$ ) depending on the types of jam. Thus, blackberry and orange jams were the richest in phenolic compounds, in particular total polyphenols (TP), total flavonoids (TF), total flavonols (TFL) and pro-anthocyanins (PANC), followed by jams apricot, fig and strawberry. While apple, pear and peach jams were the least rich in phenolic compounds. However, for the class of anthocyanins (ANC), strawberry and blackberry jams were the richest in these pigments. The carotenoid assay results revealed that apricot and orange jams were the richest in these pigments. The results of measuring the antioxidant activity showed that the blackberry jam showed the best capacity for scavenging the DPPH° radical (76.01 mg ET/100 g MF) and the ABTS<sup>o+</sup> radical (512.08 mg ET/100g MF), and the best reducing power (80.10 mg EAA/100g MF). The analysis of the correlation matrix revealed highly significant positive correlations between the contents of phenolic compounds (TP, TF, TFL, ANC, PANC) and the antioxidant activity (DPPH°, ABTS°, PR) of the jams studied. From these correlations, it can be deduced that the phenolic compounds are the main contributors to the antioxidant activity (antiradical activity and reducing power) of the jams analyzed. In light of the results obtained, it allowed us to conclude that jams are a good source of antioxidants.

**Keywords:** Jam, phenolic compounds, carotenoids, antioxidants, antioxidant activity, acidity, color, oxidative stress.