

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Contrôle de Qualité et Analyse des Aliments



Réf: .....

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

## **MASTER**

### *Thème*

**Elaboration d'une compote à base de carotte et de  
pomme**

Présenté par :

**Khelifi Sabrina & Loucif Tiziri**

Soutenu le : **30/06/2024**

Devant le jury composé de :

Mme. BOULAKBACHE Lila	Professeur	Présidente
Mme. GUENDOUZE Naima	MCA	Promotrice
Mme. ACHAT Sabiha	MCA	Examinatrice
Mme. BRAHMI Fatiha	Professeur	Co-promotrice
Mr. ZERROUKI Atmane	Ingénieur	Invité

**Année universitaire : 2023 / 2024**

# *Remerciement*

*Pour commencer, nous tenons à exprimer notre gratitude envers **ALLAH**, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force et la santé nécessaires à l'accomplissement de ce travail.*

*Nous souhaitons tout d'abord remercier notre promotrice, **Madame Guendouz Naima**, pour ses conseils inestimables et son encouragement. Nous souhaitons également remercier chaleureusement notre co-promotrice, **Madame Brahmi Fatiha**, pour son assistance précieuse.*

*Nous exprimons notre reconnaissance aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail. Nous remercions particulièrement **Madame Boulekbache Lila**, qui nous a fait l'honneur de présider ce jury, ainsi que **Madame Achat Sabiha** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements vont également à, **Mme Smail Leila**, et **Mme Fella Samira** pour leur aide. Nous exprimons notre gratitude envers le personnel de l'usine **AGRANA fruit**, où nous avons développé notre thème de recherche. Leur appui et leur coopération ont été déterminants pour la réalisation de ce mémoire.*

*Enfin, tous nos remerciements vont à nos parents, qui nous ont soutenus sans relâche, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué, directement ou indirectement, à l'aboutissement de ce mémoire. Leur encouragement et leur appui ont été une source constante de motivation.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire à toutes les personnes chères dans ma  
vie.*

*À mes parents, ma mère et mon père, une source infinie  
d'amour, de soutien et de sacrifices pour moi. Leur  
affection inconditionnelle et leur présence constante ont  
été les piliers sur lesquels j'ai construit ma vie*

*À mon cher grand frère, Mohand Laid, pour sa présence  
rassurante et son soutien inconditionnel qui m'ont aidé à  
affronter les défis de la vie.*

*À mes frères, Nassim et Badis, ainsi qu'à mes sœurs,  
Chanez et Jhiziri,*

*À mon fiancé, Oshak.*

*À ma binôme, Jiziri, pour notre collaboration fructueuse*

*À tous mes amis, pour leur amitié précieuse*



*Sabrina*

# *Dédicace*

Je dédie ce travail, que je considère comme un modeste apport, en guise de remerciement à :

- Mes parents, pour leur soutien et leur encouragement.
- Mes grands-parents.
- Mes sœurs Dyhia et Dassine, ainsi que mon frère Ghilas
- Mes oncles et tantes, en particulier Zahir.
- Mes cousines Immane et Hanna.
- Mes amies de la promotion CQAA, pour leur collaboration et leur soutien.
- Ma binôme Sabrina.
- Toutes les personnes qui m'ont encouragé, aidé ou ayant participé à la réalisation de ce projet, de près ou de loin.

Et enfin, à moi-même, pour la persévérance et le dévouement et la patience dont j'ai fait preuve tout au long de ce projet.

Tiziri.

# Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction .....1

## Partie Bibliographique

I. Carotte .....3

I.1. Origine et répartition géographique .....3

I.2. Description botanique.....3

I.3. Habitat .....4

I.4. Composition chimique.....5

I.4.1. Composés phénoliques.....5

I.4.2. Caroténoïdes .....6

I.5. Utilisations agroalimentaires et autres utilisations .....6

II. Pomme.....6

II.1. Répartition géographique .....7

II.2. Description botanique .....7

II.3. Classification taxonomique .....9

II.4. Habitat .....9

II.5. Composition chimique .....9

II.5.1. Sucres.....10

II.5.2. Acides organiques .....10

II.5.3. Composés phénoliques .....11

II.5.4. Lipides .....12

II.5.5. Vitamines .....12

II.5.6. Minéraux .....13

II.6. Utilisations agroalimentaires et autres utilisations .....13

III. Compote.....13

III.1. Définition .....14

III.2. Procédés de fabrication .....14

## Partie Expérimentale

I. Matériel et méthode.....	15
I.1.Échantillonnage.....	15
I.2. Préparation d'échantillon.....	15
I.3. Etapes de fabrication.....	15
1.3.1. Ingrédients utilisés .....	16
I.4. Analyses physicochimique .....	17
1.4.1. Mesure de pH.....	17
I.4.2. Brix .....	18
I.4.3. Viscosité.....	18
1.4.4. Test d'humidité .....	18
1.4.5. Taux de cendre.....	19
I.4.6. Dosage des sucres totaux .....	19
I.5. Analyses microbiologique .....	20
I.5.1. Recherche et dénombrement des coliformes.....	20
I.5.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures .....	21
I.5.3. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	21
I.6. Analyses phyto-chimique .....	22
I.6.1. Préparation de l'extrait.....	22
1.6.2. Dosage des polyphénols totaux.....	22
I.6.3. Dosage des flavonoïdes.....	23
1.6.4. Dosage des caroténoïdes.....	23
I.6.5. Dosage des vitamines C .....	23
I.6.6. Détermination de l'activité antioxydante .....	24
I.7. Analyse sensorielle.....	25
I.8. Analyse statistique.....	26
II. Résultats et discussion.....	27
II.1. Analyse physicochimique.....	27
II.1.1. Détermination du pH .....	27
II.1.2. Détermination de degrés Brix .....	28
II.1.3. Détermination de viscosité.....	29
II.1.4. Détermination d'humidité.....	30
II.1.5. Détermination du taux de cendre.....	31

II.1.6. Dosage des sucres.....	32
II.2. Analyse microbiologique .....	33
II.3. Analyses phytochimiques.....	34
II.3.1. Dosage des polyphénols totaux.....	34
II.3.2. Dosage des flavonoïdes .....	35
II.3.3. Dosage des caroténoïdes .....	36
II.3.4. Dosage de la vitamine C .....	37
II.3.5 Détermination de l'activité antioxydante.....	38
II.4. Analyse sensorielle .....	39
II.4.1. Profil sensorielle des compotes.....	39
II.4.2. Caractérisation des compotes.....	40
II.4.3. Analyse en composante principale (ACP) .....	43
II.4.4. Cartographie des préférences (PREFMAP) .....	43
Conclusion .....	45
Références bibliographique	
Annexes	
Résumé	

## *Liste des abréviations*

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>
<b>pH</b>	potentiel d'Hydrogène
<b>FTAM</b>	Flor Total Aérobie Mésophile.
<b>IC50</b>	Concentration d'Extrait inhibant 50% de radicaux
<b>PCA</b>	Plate Count Agar.
<b>MF</b>	Matière Fraîche
<b>DCPIP</b>	2,6-dichlorophénolindophénol
<b>EAA</b>	Equivalent Acide Ascorbique
<b>Tr</b>	tour
<b>VRBL</b>	Violet Red Bile Lactose Agar.
<b>YGC</b>	yeast glucosé.
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne.
<b>AFNOR</b>	Association française de normalisation

## *Liste des figures*

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Image de carotte (Anonyme 1)	3
<b>Figure 02</b>	Organisation tissulaire de la pomme (Colin-Henrion, 2009)	9
<b>Figure 03</b>	Schéma représentatif des étapes de fabrication d'une compote de fruits. (Albagnac et al, 2002)	15
<b>Figure 04</b>	Etapes de fabrication de la compote	18
<b>Figure 05</b>	Résultats pH des différents échantillons analysés selon les pourcentages d'ingrédients et la matière première.	29
<b>Figure 06</b>	Résultats des valeurs de degré Brix pour la matière première (pomme et carotte) et les huit essais	30
<b>Figure 07</b>	Résultats des valeurs de viscosité pour les huit essais	31
<b>Figure 08</b>	Résultats d'humidité des différents échantillons analysés selon les pourcentages d'ingrédients et la matière première.	32
<b>Figure 09</b>	Résultats du taux de cendre des différents échantillons analysés selon les pourcentages d'ingrédients et la matière première.	33
<b>Figure 10</b>	Taux de sucre de la matière première et du produit fini	34
<b>Figure 11</b>	Taux de polyphénols contenus dans la matière première et les produits finis.	36
<b>Figure 12</b>	Teneur en flavonoïdes de la matière première et du produit fini.	37
<b>Figure 13</b>	Taux de caroténoïdes contenus dans la matière première et les produits finis.	38
<b>Figure 14</b>	Teneurs en vitamine C de la matière première et du produit fini	39
<b>Figure 15</b>	IC <sub>50</sub> (mg/mL) de la pomme, de la carotte, et de l'échantillon 8	41
<b>Figure 16</b>	Profil sensoriel des compotes étudiées	42
<b>Figure 17</b>	Le pouvoir discriminant par caractéristique	43

<b>Figure 18</b>	Coefficients des modèles pour chacune des compotes	44
<b>Figure 19</b>	Corrélation entre les variables et facteurs	45
<b>Figure 20</b>	Carte des préférences des compotes analysées	46

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Taxonomie de la carotte sauvage ( <i>Daucus carota</i> L.) (Botineau, 2010)	<b>4</b>
<b>Tableau II</b>	La production mondiale de pommes en tonnes (FAO, 2022)	<b>7</b>
<b>Tableau III</b>	Composition moyenne d'une pomme (Aprifel, 2008).	<b>11</b>
<b>Tableau IV</b>	Pourcentage de lipides dans les pommes (Belitz et Grosch, 2009).	<b>13</b>
<b>Tableau V</b>	Concentrations des minéraux dans les pommes (Belitz et Grosch, 2009)	<b>14</b>
<b>Tableau VI</b>	Pourcentages d'ingrédients utilisés dans la fabrication de la compote.	<b>19</b>
<b>Tableau VII</b>	Codes des échantillons utilisés en analyse sensorielle	<b>27</b>
<b>Tableau VIII</b>	Résultats des analyses microbiologiques des deux produits finis.	<b>35</b>

# *Introduction*

# Introduction

Les fruits et les légumes sont des aliments à haute densité nutritionnelle, caractérisés par un faible apport calorique et une grande richesse en vitamines, minéraux et autres composés spécifiques. Les mécanismes d'action de ces composés sont de mieux en mieux compris. En ce qui concerne certains micronutriments, les fruits et légumes constituent des sources essentielles dans notre alimentation (**Amiot-Carlin et al., 2007**).

Ces fruits et légumes peuvent être consommés de multiples façons, y compris frais, séchés, congelés ou transformés en produits tels que les purées et les compotes (**FAO 2021**). L'élaboration des compotes est une méthode efficace de conservation des fruits. Une compote est un produit préparé avec de la pulpe et/ou de la purée de fruits, mélangée avec des sucres et/ou des édulcorants glucidiques comme le miel, avec ou sans eau, et cuite jusqu'à l'obtention d'une consistance gélatineuse adéquate (**Mendonça et al., 2001**).

Il est bien connu que la pomme a fait l'objet de la production de compote dans plusieurs études (**Demirova et al., 2018 ; Akhmedov et al., 2021**) mais ce n'est pas le cas concernant la carotte. De même, la formulation des compotes mixtes n'est pas trop étudiée. C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressées à l'élaboration d'une compote de carotte-pomme qui combine les avantages nutritionnels de deux ingrédients. Les pommes sont riches en fibres alimentaires, en divers antioxydants et en vitamine C, ce qui contribue à la prévention des maladies chroniques et à la promotion de la santé générale (**Boyer et Liu, 2004**). Les carottes, quant à elles, sont une source exceptionnelle de bêta-carotène, l'un des caroténoïdes les plus présents dans l'alimentation humaine. Ce puissant antioxydant est transformé en vitamine A dans l'organisme, où il joue un rôle essentiel pour la santé visuelle, la croissance des cellules et le renforcement du système immunitaire (**Anses, 2012**).

La création d'une compote carotte-pomme répond à la demande croissante de produits naturels et sains tout en promouvant des pratiques agricoles durables. Cependant, la formulation d'une compote mixte présente plusieurs défis : l'équilibre des saveurs, la préservation des nutriments pendant le processus de transformation, et l'acceptabilité sensorielle du produit fini. De plus, il est essentiel de garantir que le produit fini soit sûr pour la consommation, en respectant les normes microbiologiques et physico-chimiques en vigueur.

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'une compote carotte-pomme. Notre travail se divise en deux parties. La première partie est dédiée à une revue bibliographique exhaustive sur les généralités des matières premières utilisées : la pomme et la carotte, ainsi que sur la compote.

La seconde partie porte sur l'aspect expérimental de notre recherche. Nous y décrivons en détail le procédé de fabrication de la compote carotte-pomme. Cette section inclut une série d'analyses physico-chimiques, microbiologiques et phytochimiques effectuées pour évaluer la qualité et la sécurité du produit fini, suivie d'une évaluation sensorielle.

*Partie*  
*Bibliographique*

## I. Carotte

### I.1. Origine et répartition géographique

La carotte, connue scientifiquement sous le nom de *Daucus carota* L., est une plante bisannuelle originaire des régions tempérées froides. C'est l'un des légumes les plus largement cultivés et répandus à travers divers climats. Son aire de distribution inclut les zones européennes et périméditerranéennes, s'étendant jusqu'aux contreforts de l'Himalaya. La carotte est mentionnée au Moyen-Orient et en Afrique du Nord au XI<sup>e</sup> siècle, introduite en Espagne au XII<sup>e</sup> siècle, puis en France, Allemagne et Pays-Bas au XIV<sup>e</sup> siècle, et en Angleterre au XV<sup>e</sup> siècle (**Rofaida, 2019**).

En Algérie, les diverses variétés de carottes descendent de la carotte sauvage qui croît spontanément presque partout en Afrique du Nord (**Benichou, 2011**). La production de carottes est particulièrement étendue dans les régions côtières (Alger, Boumerdès et Mostaganem), les hauts plateaux (M'sila, Oum El Bouaghi et Sétif), ainsi que dans le sud (Adrar, Biskra, Ghardaïa et El Oued) (**Kjellenberg et al., 2010**).

### I.2. Description botanique

La carotte est appréciée pour sa racine, souvent d'une teinte orangée, qui est consommée comme légume. La plante, qui peut mesurer de 0,6 à 2 mètres de haut lors de sa floraison, possède des feuilles minces, parfois opaques, aux bords généralement triangulaires. Les petites fleurs blanches sont regroupées en ombelles serrées (**Figure 1**). Les fruits se développent sous forme de diakènes (**Lecomte, 2013**).



**Figure 01** : Image de la carotte (**Anonyme 1**)

Selon le tableau I, la carotte sauvage est classée de la manière suivante :

**Tableau I** : Taxonomie de la carotte sauvage (*Daucus carota L.*) (Botineau, 2010)

<b>Empire</b>	<i>Eukaryota</i>
<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Viridiaeplantae</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Tracheophyta</i>
<b>Sous-embranchement</b>	<i>Euphyllophytina</i>
<b>Infra-embranchement</b>	<i>Radiatopses</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Cornidae</i>
<b>Superordre</b>	<i>Aralianae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Araliales</i>
<b>Famille</b>	<i>Apiaceae</i>
<b>Sous famille</b>	<i>Apioideae</i>
<b>Tribu</b>	<i>Caucalideae</i>
<b>Genre</b>	<i>Daucus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Daucus carota L.</i>

### I.3. Habitat

La carotte est un légume peu exigeant, cultivable tout au long de l'année. Un climat océanique tempéré et humide est propice à sa croissance et au développement de sa racine tubérisée. Cependant, les températures basses nuisent à la production de carotène, nécessaire pour une bonne coloration de la racine. La carotte tolère des températures entre -4 et -3°C, avec une croissance optimale entre 16 et 18°C. Pour produire des racines longues, droites et de qualité, la carotte a besoin de sols profonds et friables, avec une bonne capacité de rétention d'eau, exempts de pierres ou de mottes qui pourraient déformer la racine, et dont le pH optimal est de 6,5. Elle est également sensible aux déséquilibres entre calcium et magnésium (Péron, 2008).

## I.4. Composition chimique

La carotte contient environ 88 % d'eau, 1 % de protéines, 7 % de glucides, 0,2 % de matières grasses et 3 % de fibres, selon les données de USDA 2008. La grande majorité des glucides contenus dans les carottes sont des monosaccharides, principalement du glucose et du fructose, du saccharose, ainsi qu'une petite quantité d'amidon, selon des données de 2008 de l'USDA. De la cellulose est également trouvée dans les carottes (71,7%) (Kochar and Sharma, 1992). Des minéraux comme le calcium, le fer, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium, le cuivre, le manganèse et le soufre, ainsi que d'autres oligo éléments bénéfiques pour le corps humain sont également présents dans les carottes (**Holland et al., 1991**). De plus, Ce légume est classé comme aliment vitaminé car il est riche en acide ascorbique et tocophérols, ajoutant à ces différents nutriments, *Daucus carota* contient des phytomicronutriments qui présentent beaucoup de bienfaits sur la santé humaine comme les composés phénoliques et les caroténoïdes (**Reisch et al., 2017**).

### I.4.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont couramment trouvés dans les légumes et les plantes, ces composés ont des structures différentes, principalement des esters ou des formes glycosylées, et peuvent avoir des liens fonctionnels différents. En tant que polyphénols ou acide phénolique (**Nacz and Shahidi, 2003**). La présence de composés phénoliques dans les carottes contribue à leurs qualités sensorielles, comme la couleur, l'arôme ...etc. (**Zhang et al., 2005**). Les principaux phénols dans les carottes comprennent les acides chlorogénique, caféique et p-hydroxybenzoïque ainsi que de nombreux dérivés de l'acide cinnamique. Les différents tissus de la carotte l'ont dans leurs composition, mais la teneur phénolique individuelle diffère et elle diminue de l'extérieur (peau) à l'intérieur (xylème) (**Zhang and Hamazu, 2004**); (**Alasalvar et al., 2005**).

Ce sont l'une des principales sources de carotènes, de polyphénols (acides hydroxy cinnamiques et leurs dérivés), d'anthocyanes, de lycopène et de lutéine qui lui confèrent de puissantes propriétés antioxydante (**Pandey and Grover, 2020**). La carotte contient une quantité importante de matières nutritives et présente des propriétés antioxydants considérables, celle-ci a des teneurs en minéraux comparativement plus élevées en particulier le sodium ainsi qu'une quantité considérable de caroténoïdes, d'éléments nutritif et d'acides aminés (**Moulick et al., 2023**).

#### I.4.2. Caroténoïdes

La carotte est riche en bêta-carotène (**Reisch et al., 2017**). *Daucus carota* est une source majeure de chromes. Antimalarique, anti microbien, antioxydant, agrégation antiplaquettaire, antiviral, cytotoxique, immunosuppresseur/immunomodulateur, (**Nahar et al., 2024**). Les composés caroténoïdes s'accumulent pour conférer de la coloration aux tissus végétaux et présentent certains avantages reconnus pour la santé humaine. Ces pigments ont des propriétés antioxydante et sont des précurseurs de la vitamine A, qui est importante pour la vision humaine (**Ampomah-Dwamena et al., 2022**). Bien que les caroténoïdes s'accumulent aux premiers stades du développement du fruit, une grande partie de ce caroténoïde est perdue par la maturité du fruit en raison du faible taux de biosynthèse, du renouvellement rapide des composés et / ou du manque de capacité de stockage dans ces tissu (**Charles Ampomah-Dwamena, 2022**).

#### I.5. Utilisations agroalimentaires et autres utilisations

Les carottes ont été d'abord utilisées pour des raisons médicales, puis ont été progressivement consommées comme aliment.

Les carottes orange constituent le type qui prédomine sur les marchés mondiaux, même si les variétés d'autres couleurs connaissent un regain de popularité. La carotte est une excellente source de bêta-carotène (provitamine A). Elle est également utilisée comme colorant alimentaire. Parmi ses autres éléments nutritifs, il faut mentionner la vitamine C, la vitamine B6 et l'acide folique, sans oublier le potassium. Les carottes peuvent être consommées crues, cuites ou sous forme de jus (**Nelson, 2011**).

Il faut savoir que l'huile essentielle de carotte, qui est obtenue par distillation des semences, est utilisée en parfumerie et en aromathérapie. Le carotol (alcoolsesquiterpénique) est le composant majoritaire de l'huile, qui contient également du daucène, de l' $\alpha$ -pinène, du limonène, du sabinène, de l'acétate de géranyle, etc. (**Tan and Barton, 2008**); (**Reduron, 2007**) ; (**Staniszewska et al., 2005**).

## II. Pomme

La pomme est un des fruits les plus cultivés au monde, avec une production totale de 95 millions de tonnes en 2022 selon les chiffres de la FAO (**FAO, 2022**). Une moyenne de 18 millions de tonnes par an est produite par l'Union Européenne dont 1,7 millions proviennent de la France. La pomme est d'ailleurs le fruit le plus produit et le plus consommé en France,

avec 22,6 % des parts de marché, loin devant l'orange et la banane (12,3 et 12,2 %, respectivement), et avec près de 20 kg consommés par an et par ménage, sous toutes ses formes (SNP, 2008).

## II.1. Répartition géographique

La pomme compte parmi les fruits les plus cultivés dans le monde et connaît un important flux commercial. La production mondiale est d'environ 93 millions de tonnes chaque année (FAO, 2021).

En Algérie, la part des pommiers est d'une superficie importante avec un rendement totale d'environ 74.4 qtx/ha par la suite celle-ci produit environ 539 milles tonnes par an (FAO, 2022) (Tableau II).

**Tableau II : Production mondiale de pommes en tonnes (FAO, 2022).**

Production en Tonnes	2019	2020	2021	2022
Production Algérienne	558830	566823.5	522317	539852.35
Production africaine	3107120.25	3282134.81	3592934.37	3785189.15
Production européenne	17254122.17	17811617.46	18528720.94	18794929.56
Production mondiale	87462289.39	90603540.04	93924721.19	95835964.97

En Algérie la production en 2019 est de 558830 Tonnes augmentant de 11% par rapport à l'année qui la précède, à Bejaia la production était de 29 752 tonnes. Les plus grandes productions de pommes en Algérie viennent de Batna et Khenchela (DSA, 2019).

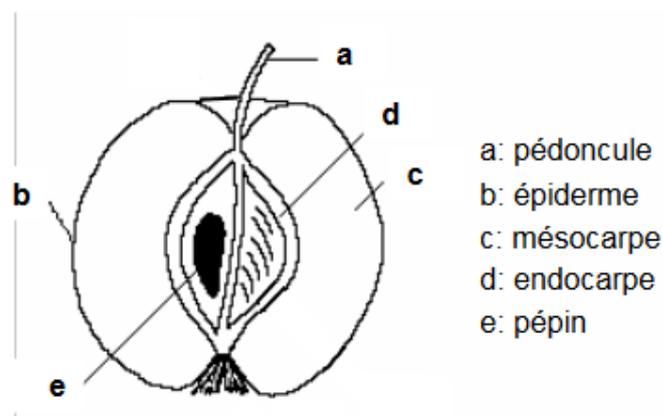
## II.2. Description botanique

La pomme est le fruit du pommier commun, *Malus domestica*, de la famille des Rosacées (sous famille des Pomoïdés) (Hellier et al., 2000). Chez les plantes vivaces comme les pommiers, la disponibilité des nutriments pour la croissance des plantes est déterminée par leur absorption réelle et leur cycle interne. L'absorption naturelle est principalement effectuée par l'activité et le développement du système racinaire. D'autre part, l'absorption minérale par les feuilles est couramment utilisée dans la gestion des nutriments des pommiers, ce qui

permet de surmonter différents problèmes de nutrition des plantes. L'efficacité des deux chemins est liée à plusieurs facteurs externes et internes (**Mészáros et al., 2024**).

Chez les pommiers, l'inflorescence est constituée d'une base de feuille, au-dessus de laquelle se trouve une ombelle (appelée aussi marsupial dans son intégralité), et sur les côtés un ou plusieurs bourgeons marsupiaux (longs et différents). Il s'agit d'une unité d'opération dans laquelle le praticien porte ses fruits directement entre le niveau de l'arbre et celui des branches (**Lauri, 2007**).

D'un point de vue botanique, la pomme est une baie, c'est-à-dire un fruit charnu sans noyau dur. Trois structures se distinguent dans le fruit au niveau tissulaire: l'épiderme (peau), le mésocarpe ou parenchyme (chair) et l'endocarpe (zone corticale contenant les pépins, aussi appelé le trognon) (**Figure 02**). Le mésocarpe occupe la majeure partie du fruit, c'est le tissu le plus consommé. Les cellules de ces différents tissus sont constituées de plastes, de pigments assimilateurs (chlorophylle, caroténoïdes) et d'une vacuole, qui occupe 80 à 90 % du volume cellulaire. Les vacuoles concentrent la majorité des composés phénoliques du fruit (**Micard et al., 1996**).



**Figure 02** : Organisation tissulaire de la pomme (**Colin-Henrion et al., 2009**).

Les pommiers les plus cultivés localement sont les variétés : Golden Delicious, Starkrimson et Granny Smit (**Semadi, 1988**).

Il existe des milliers de variétés internationales selon la température, le climat et les conditions de vie des pommiers, mais les plus consommés sont : Granny Smith, Fuji, Anna, Golden Delicious, Reine des reinettes, Red Delicious (**Gautier, 2001**).

### II.3. Classification taxonomique

La classification taxonomique de la pomme est donnée ci-après (Volk et al., 2021).

**Règne :** Plantae

**Sous règne :** Tracheobionta

**Division :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Rosidae

**Ordre :** Rosales

**Famille :** Rosaceae

**Sous famille :** Maloideae

**Genre :** *Malus*

**Espèce :** *Malus pumila*

### II.4. Habitat

Le pommier peut vivre jusqu'à deux cent cinquante ans (Delahaye and Vin, 1997). L'accumulation de nutriments minéraux dans les feuilles du pommier est un indicateur majeur de l'état nutritionnel des cultures vivaces. Il est souvent affecté par un certain nombre de facteurs physiologiques et environnementaux qui compliquent l'interprétation de l'état nutritionnel. Pourtant, leur impact mutuel dans les conditions de terrain a été rarement étudié (Mészáros et al., 2024).

L'activité des racines dépend de l'humidité, de la température et de l'aération du sol: la croissance est notable à une température de +7°C, l'absorption minérale se fait à partir de +12°C et l'activité optimale a lieu entre +21 à +23°C (Guiheneuf and Véhel, 1998).

### II.5. Composition chimique

En général, les pommes mûres contiennent environ 85 % d'eau, entre 12 % et 14 % de glucides, de 0,3 % à 1 % d'acides organiques, 0,3 % de protéines, une quantité presque insignifiante de lipides (< 0,1 %), ainsi que des sels minéraux et des vitamines (Reyes García

et al., 2017). Cette composition biochimique est essentiellement influencée par la variété, le niveau de maturité, ainsi que par les conditions de culture et les facteurs climatiques (Al Daccache et al., 2020) (Tableau III).

**Tableau III:** Composition moyenne d'une pomme (Aprifel, 2008).

Composition moyenne pour 100g de produit frais							
Composants	(g)	Minéraux	(mg)	Vitamines	(mg)	Apports énergétiques	
Glucides	12,6	Potassium	145,0	Vitamine C	5,0	KCalories	54,0
Protides	0,3	Phosphore	9,0	Provitamine A	$7,0 \times 10^{-2}$	KJoules	226,0
Lipides	0,3	Calcium	4,0	Vitamine B1	$3,0 \times 10^{-2}$		
Acides organiques	0,6	Magnésium	4,0	Vitamine B2	$2,0 \times 10^{-2}$		
Fibres alimentaires	2,1	Sodium	3,0	Vitamine B3	0,3		
Eau	84,3	Fer	0,2	Vitamine B5	0,1		
		Cuivre	$4,0 \times 10^{-2}$	Vitamine B6	$5,0 \times 10^{-2}$		
		Zinc	$9,0 \times 10^{-2}$	Vitamine B9	$1,2 \times 10^{-2}$		
		Manganèse	$3,0 \times 10^{-2}$	Vitamine E	0,5		

### II.5.1. Sucres

Les sucres dans les pommes se répartissent en trois catégories : monosaccharides, oligosaccharides et polysaccharides. Les monosaccharides principaux des pommes sont le glucose et le fructose. Le saccharose est le disaccharide dominant. Les pommes contiennent également une grande quantité de D-sorbitol, un alcool de sucre, avec des concentrations variant de 300 à 800 mg par 100 mL de jus de pomme (Belitz et al., 2009) Parmi les polysaccharides présents, on trouve la cellulose, l'hémicellulose et les pectines ((Belitz et al., 2009); (Renard et al., 2001).

### II.5.2. Acides organiques

L'acide L-malique prédomine en tant qu'acide organique principal dans les pommes, tandis que l'acide citrique est présent en quantités très faibles, atteignant parfois des concentrations des milliers de fois inférieures à celles de l'acide malique. Les pommes renferment au moins neuf à douze autres acides, bien que leur présence soit en proportions minimales. L'acidité des pommes peut varier de 0,1 à 2,5 g d'acide malique pour 100 g de jus (Valois et al., 2006).

Outre l'acide malique, on retrouve également dans le jus de pomme des acides citrique, succinique, citramalique, shikimique, glycérique, glyoxylique, isocitrique, glycolique, lactique et galacturonique. Trois céto-acides distincts ont été identifiés : l'acide oxaloacétique,

l'acide pyruvique et l'acide céto glutarique. Cependant, ces acides ne représentent qu'une petite fraction de l'ensemble des acides organiques présents (**Al Daccache et al., 2020**)

### II.5.3. Composés phénoliques

Les végétaux renferment une classe majeure de métabolites secondaires, les polyphénols, d'une teneur variant généralement de 0,3 à 3 %. Cette concentration décroît au fil de la maturation et de la conservation. Dans les pommes, on distingue deux grandes familles de polyphénols : les acides phénols et les flavonoïdes, englobant les flavan-3-ols, les dihydrochalcones, les flavonols et les anthocyanes. La distribution de ces composés n'est pas uniforme : la peau présente une concentration supérieure de polyphénols par rapport à la chair. En outre, certains groupes sont spécifiques à la peau, comme les flavonols ou les anthocyanes (**Turk, 2010**).

- **Acides phénoliques**

Dans les pommes, les acides hydroxycinnamiques ne se trouvent pas sous forme libre, mais plutôt sous une forme estérifiée, principalement en acide quinique. L'acide caféoylquinique, également connu sous le nom d'acide hydroxycinnamique (5-CQA), est le plus abondant dans ce fruit. On trouve également en moindre quantité de l'acide 5'-para-coumaroylquinique (**Turk, 2010**).

- **Flavonoïdes**

Les flavonoïdes, constituant le principal groupe de polyphénols, se distinguent par une diversité de plus de 9000 composés. Leur structure fondamentale comprend deux noyaux benzéniques reliés par un cycle pyranique central, totalisant 15 atomes de carbone. Ces molécules se différencient par la position des substitutions sur les noyaux et la nature du cycle pyranique. Habituellement, les flavonoïdes se trouvent liés à des sucres, bien qu'ils puissent également exister sous forme libre. Leur présence est observée dans diverses parties de la plante (**Karima, 2015**).

Dans la pomme, on distingue trois familles de flavonoïdes, classées en fonction de leur degré d'oxydation : les flavan-3-ols, qui incluent à la fois les formes monomères (catéchines) et les formes polymères (proanthocyanidines ou tanins condensés), les dihydrochalcones et les flavonols (**Turk, 2010**).

- Les flavan-3-ols monomères, se classant comme la seconde catégorie majeure de polyphénols dans les pommes de table après les acides hydroxycinnamiques, sont représentés exclusivement par la (+) -catéchine (CAT) et la (-) -épicatéchine (EC), cette dernière étant généralement prédominante dans les pommes (**Nikolić et al.,**

**2010)** .Quant aux flavan-3-ols polymères ou proanthocyanidines, ils se subdivisent en plusieurs sous-catégories. Les pommes contiennent principalement des oligomères de procyanidines (**Turk, 2010**).

- Les dihydrochalcones, une classe de flavonoïdes spécifique aux pommes, sont particulièrement abondants dans les pépins. Ils peuvent représenter plus de 3 g/kg, soit environ 66 % des composés phénoliques totaux présents dans ces fruits. Parmi les dihydrochalcones couramment trouvés dans les pommes, on compte la phlorétine, le phloridzine et le xyloglucoside de phlorétine (**Nikolić et al., 2010**).
- Les flavanols sont en parti responsables de la couleur jaune de l'épiderme de certaines variétés de pomme. Ils sont liés avec des sucres (**Kebbab, 2014**).

#### II.5.4. Lipides

Les fruits sont généralement caractérisés par une faible teneur en lipides, qui représente environ 0,1 à 0,5 % de leur poids frais. Toutefois, les graines de fruits sont souvent riches en lipides. La fraction lipidique des fruits est principalement constituée de triacylglycérols, de glyco- et phospholipides, de caroténoïdes, de triterpénoïdes et de cires (**Tableau IV**).

**Tableau IV** : Pourcentage de lipides dans les pommes (**Belitz et al., 2009**)

	<b>% de lipides totaux</b>
<b>Triacylglycérols</b>	5
<b>Glycolipides</b>	17
<b>Phospholipides</b>	47
<b>Stérols</b>	15
<b>Stérol esters</b>	2
<b>Sulpholipides</b>	1
<b>Autres</b>	13

#### II.5.5. Vitamines

La vitamine C, également connue sous le nom d'acide L-ascorbique, est synthétisée dans les plantes à partir d'hexoses comme le glucose. Dans les pommes, sa teneur varie généralement entre 3 et 35 g/100 g de portion comestible. En revanche, les vitamines B12 et

D ainsi que les tocophérols ne se trouvent que sous forme de traces dans ce fruit (**Belitz et al., 2009**)

### II.5.6. Minéraux

Les minéraux appelés nutriments inorganiques se retrouvent dans tous les fruits. Le cation et l'anion les plus importants sont respectivement le potassium et le phosphore. D'autres éléments comme le sodium, le calcium et le fer sont aussi présents à des concentrations moindres (**Tableau V**).

**Tableau V** : Concentration des minéraux dans les pommes (**Belitz et al., 2009**).

	mg/100g matière sèche		mg/100 g matière sèche
<b>Potassium</b>	840	<b>Fer</b>	1,6
<b>Sodium</b>	7,9	<b>Aluminium</b>	0,43
<b>Calcium</b>	38	<b>Phosphore</b>	73
<b>Magnésium</b>	40	<b>Zinc</b>	0,65
<b>Manganèse</b>	0,3	<b>Copper</b>	0,35

### II.6. Utilisations agroalimentaires et autres utilisations

A part sa consommation comme fruit, la pomme présente plusieurs utilisations. elle est couramment utilisé dans les pâtisseries, notamment pour préparer des tartes, des gâteaux et divers desserts. La pomme est également transformée en différentes boissons telles que le jus de pomme, le cidre et d'autres boissons fermentées. Avant d'atteindre sa maturité, la pomme a une saveur acide et astringente et est utilisée dans la fabrication du vinaigre. De petites quantités de pommes sont également transformées en vin de pomme, en essence de pomme et en nectar de pomme (**Gradziel et al., 2009**).

La pomme a des effets bénéfiques sur les dents et les gencives grâce à son action tonifiante. En raison de sa teneur en polyphénols précieux, elle aide à lutter contre le vieillissement cellulaire, offrant des propriétés antioxydante, antirides et raffermissantes. De plus, sa richesse en acides naturels lui confère un pouvoir exfoliant qui purifie la peau (**Nerinckx, 2002**).

### III. Compote

### III.1. Définition

La désignation "compote" est attribuée au produit obtenu par la cuisson de fruits entiers ou en morceaux, tamisés ou non, avec du sucre, sans concentration significative, et présentant une texture uniforme. Sa teneur en extrait sec soluble, mesurée à 20 °C par réfractométrie, doit être d'au moins 24 % et ne doit pas dépasser 40 % (Reynal ; 2008).

### III.2. Procédés de fabrication

Le procédé de fabrication d'une compote de fruit est simple, mais avant il faut préparer les fruits, en les triant par rapport à la maturité et la taille, et la couleur. Puis, les lavant, et les calibrant (Albagnac et al., 2002).



**Figure 04 :** Schéma représentatif des étapes de fabrication d'une compote de fruits.

(Albagnac et al., 2002)

# *Partie expérimentale*

*Matériels et méthodes*

## **I.1. Matériel végétale**

Dans cette étude, le matériel végétal utilisé se composait de pommes et de carottes. Les carottes étaient issues d'une exploitation agricole située dans la wilaya de Médéa. Elles étaient parfaitement mures, indemnes de toute altération et ne présentaient aucune anomalie visible. Les pommes, quant à elles, ont été acquises sur un marché local de la wilaya de Bejaia et ils sont originaires de la wilaya de Batna. Elles étaient également à un stade optimal de maturité et en excellente condition.

À leur arrivée au laboratoire de l'unité d'AGRANA Fruit, les carottes et les pommes ont été soumises à un processus de tri minutieux et ont ensuite été entreposées dans un réfrigérateur réglé à une température de 4°C afin de conserver leur fraîcheur maximale et de faciliter l'étape suivante, celle de l'épluchage.

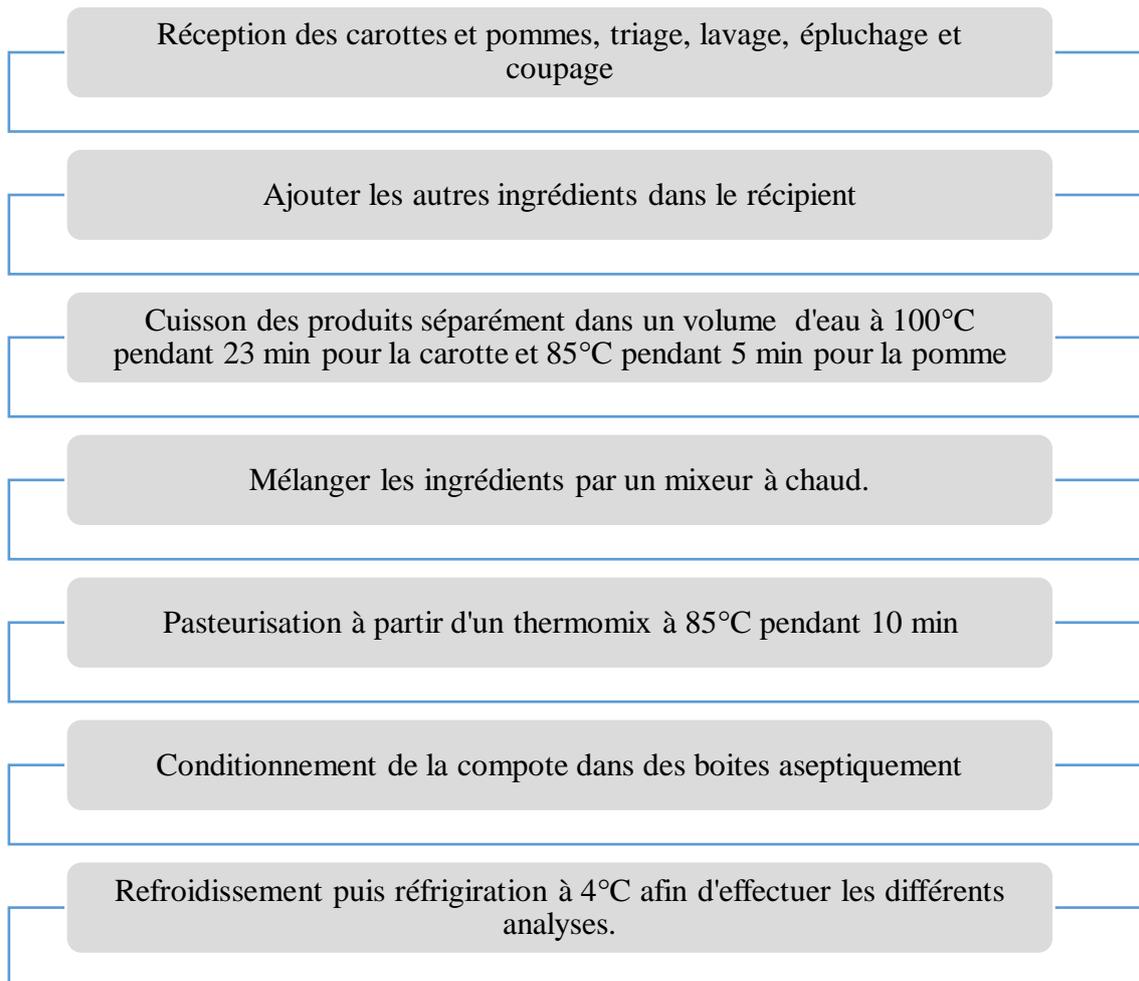
## **I.2. Préparation d'échantillon**

Pour la préparation, il est essentiel que la pomme et la carotte soient bien fraîches. Elles ont été méticuleusement nettoyées et épluchées, les rendant ainsi prêtes à être utilisées. Ensuite, les carottes ont été coupées en petits dés pour faciliter leur cuisson. Elles ont été placées dans un récipient avec de l'eau et couvertes avant d'être cuites à une température de 100 °C.

Une fois les carottes cuites, les pommes ont également été coupées en petits dés, et du jus de citron (un antioxydant) a été ajouté pour éviter tout changement de couleur dû à l'oxydation. C'est pourquoi la préparation de la pomme intervient après celle de la carotte. Une fois les deux ingrédients préparés, ils sont mélangés ensemble, en y ajoutant éventuellement d'autres ingrédients. Enfin, le mélange est pasteurisé pour assurer sa conservation.

## **1.3. Etapes de fabrication**

Afin de réaliser notre compote de carotte et de pomme, plusieurs étapes ont été suivies (**Figure 05**) dans le but de faire un produit de qualité hygiénique et organoleptique, allant de la réception de la matière première jusqu'à l'obtention du produit fini.



**Figure 04 :** Etapes de fabrication de la compote.

### 1.3.1. Ingrédients utilisés

Plusieurs essais ont été réalisés afin de trouver les proportions d'ingrédients pour la recette idéale (**Tableau VI**), les essais 7 et 8 sont ceux qui ont présenté les meilleurs résultats physicochimique et organoleptique et sont par conséquent les 2 produits finis de notre essai.

Comme ingrédients nous avons utilisé :

- ❖ **Carottes et pommes**
- ❖ **Sucre** : fournit par l'entreprise c'est du sucre raffiné pour préparation dans le but de régulariser le degrés Brix°
- ❖ **Jus de citron** : le citron provient de la wilaya de Bejaia celui-ci est pressé et filtré et est utilisé afin de régulariser le pH.
- ❖ **Eau de process** : source d'eau utilisée par l'entreprise Agrana, traité.

**Tableau VI** : Pourcentages d'ingrédients utilisés dans la fabrication de la compote.

<b>Préparation</b>	<b>Carotte (%)</b>	<b>Pomme (%)</b>	<b>Sucre (%)</b>	<b>Jus de citron (%)</b>	<b>Eau (%)</b>
<b>Essai 1</b>	[22-24]	[22-24]	[1,5-2]	[0,2-0,3]	[50-55]
<b>Essai 2</b>	[26-28]	[26-28]	[3-4]	[0,2-0,3]	[42-44]
<b>Essai 3</b>	[40-43]	[14-15]	[2-3]	[0,2-0,3]	[40-43]
<b>Essai 4</b>	[36-38]	[12-14]	[2-3]	[0,3-0,4]	[47-48]
<b>Essai 5</b>	[40-43]	[12-14]	[4-5]	[0,9-1,1]	[40-43]
<b>Essai 6</b>	[39-41]	[12-14]	[5-5,5]	[1,2-1,5]	[39-41]
<b>Essai 7</b>	[39-41]	[12-14]	[5-5,5]	[1,2-1,5]	[39-41]
<b>Essai 8</b>	[39-41]	[12-14]	[5-5,5]	[1,2-1,5]	[39-41]

## I.4. Analyses physicochimique

Des analyses physicochimiques ont été conduites, incluant la mesure du Brix, du pH et de la viscosité, test humidité, taux de cendre et dosage des sucres totaux.

Ces analyses ont été réalisées à la fois sur les matières premières, c'est-à-dire les carottes et les pommes avant leur traitement, et sur le produit fini, une fois que le mélange des deux ingrédients a été pasteurisé. Cela permet de s'assurer que la qualité des ingrédients est maintenue tout au long du processus de transformation et de vérifier que le produit final répond aux normes de qualité requises.

### 1.4.1. Mesure de pH

#### ❖ Principe

La mesure du pH correspond à la mesure précise d'une variation de potentiel. Cette mesure est réalisée en utilisant un appareil potentiométrique à amplificateurs. Il est essentiel de réaliser ce montage en raison de la grande résistance du circuit électrique et, plus spécifiquement, de l'électrode en verre (**Norme AFNOR OIV-MA-BS-13**).

#### ❖ **Protocole expérimentale**

Immerger la sonde du pH-mètre, précédemment étalonné grâce à 2 solutions d'étalonnage à pH = 4 et pH = 7, dans un volume défini de l'échantillon et lire le résultat sur l'écran après stabilisation, l'échantillon doit être à température de 20°C.

### **I.4.2. Brix**

#### ❖ **Principe**

Le Brix représente le pourcentage de concentration des matières solubles, telles que le sucre, dans l'eau ou un échantillon (**Dupaigne and Deullin, 1986**).

#### ❖ **Mode opératoire**

La lecture est réalisée à l'aide d'un réfractomètre un appareil qui évalue l'indice de réfraction (**Reid, 2003**). Tout d'abord, l'appareil est soigneusement nettoyé et allumé. Ensuite, une goutte de l'échantillon à analyser est déposée sur le prisme du réfractomètre, il suffit d'appuyer sur le bouton "Start" pour lancer la mesure. Le résultat apparaît alors directement sur l'écran de l'appareil.

### **I.4.3. Viscosité**

#### ❖ **Principe**

La viscosité se caractérise par la capacité d'un fluide à résister à son propre écoulement (**Millet and Weiss, 2009**).

#### ❖ **Mode opératoire**

Pour mesurer la viscosité, un viscosimètre est utilisé, un instrument spécifique qui évalue cette propriété. Pour cela, une quantité de l'échantillon à analyser est placée dans l'instrument, puis le chronomètre est déclenché. Après 30 secondes, le résultat est obtenu. Ce temps s'applique pour la compte.

### **1.4.4. Test d'humidité**

#### ❖ **Principe**

La détermination du taux d'humidité est basée sur le chauffage de la matrice végétale dans une étuve ventilée à 105 °C pendant un temps non déterminé jusqu'à obtenir une masse stable (**Guillot et al., 1983**).

### ❖ Mode opératoire

Selon le protocole (NF V 18-109, 1982), la teneur en eau contenue dans l'échantillon est déterminée, tout d'abord, 3 g de carotte fraîche épluché et coupé sont mis dans des boîtes de Pétri précédemment pesées, puis met dans une étuve ventilée à 105 °C jusqu'à ce que le poids soit constant. La formule suivante est utilisée :

$$H (\%) = \left( \frac{M1 - M2}{P} \right) \times 100$$

Sachant que :

- > H : humidité en pourcentage (%)
- > M<sub>1</sub> : masse de la boîte + l'échantillon avant séchage (g)
- > M<sub>2</sub> : masse de l'échantillon après séchage (g).
- > P : masse de la prise d'essai. (g)

#### 1.4.5. Taux de cendre

##### ❖ Principe

La détermination du taux de cendre consiste à calciner les échantillons de la matrice végétale dans un four à moufle à 900 °C jusqu'à incinération de celle-ci et obtention d'une poudre grisâtre ou blanchâtre (JORA n° 35, 2013).

##### ❖ Mode opératoire

Le taux cendre est déterminé par la prise de 3 g d'échantillon dans des creusets en porcelaine, ils sont placés dans un four à moufle à 900 °C pendant 1h30. Après refroidissement dans un dessiccateur, les creusets sont pesés, et le taux de cendre est calculé par la loi suivante :

$$Cd (\%) = \frac{(M1 - M2)}{P} \times 100$$

Sachant que :

- > Cd : taux de cendre en pourcentage %
- > M<sub>1</sub> : masse du creuset + cendres (g)
- > M<sub>2</sub> : masse du creuset vide (g)
- > P : masse de prise d'essai (g)

#### 1.4.6. Dosage des sucres totaux

##### ❖ Principe

A l'aide des acides minéraux concentrés à chaud, une déshydratation occure aux hexoses et pentoses du milieu de nos échantillons par la suite une cyclisation qui forme le 5-hydroxyl-méthylfurfurale qui entre en action avec le phénol. Une coloration rouge est obtenue indiquant la présence des sucres (**DuBois et al., 1956**).

#### ❖ **Protocole expérimentale**

Pour effectuer le dosage des sucres totaux selon le protocole expérimental de (**DuBois et al., 1956**) la procédure consiste à la prise de 200 µl de l'extrait d'échantillon, 400 µl de réactif de phénol (5%) est ajouté, puis ajout de 2ml acide sulfurique, puis chauffage au bain marie à 100°C pendant 5 min, ensuite laisser refroidir et lire les absorbances à 490 nm.

La concentration en sucres totaux de chaque extrait a été déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage (**annexe 04**). Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalents D-glucose par gramme de matière fraîche.

## **I.5. Analyses microbiologique**

Le premier objectif du contrôle microbiologique est d'assurer la sécurité hygiénique et la qualité marchande du produit fabriqué, en fonction des micro-organismes présents dans celui-ci. Le deuxième objectif est d'optimiser le rendement en minimisant les pertes de produits dues à de mauvaises conditions de fabrication, et en réduisant au maximum la production de produits non conformes (**Tchango Tchango, 1996**).

Nos analyses microbiologiques comprennent des analyses standard sans enrichissement. Tout d'abord, nous préparons la solution mère en mélangeant 90 mL d'eau peptonée avec 10 g de notre échantillon. Une fois la solution mère préparée, elle est mise en contact avec le milieu gélosé approprié pour chaque microorganisme recherché. Dans notre cas, les analyses ciblent :

- La recherche et le dénombrement des levures et moisissures.
- La recherche et le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).
- La recherche et le dénombrement des coliformes.

### **I.5.1. Recherche et dénombrement des coliformes**

Les coliformes totaux, appartenant à la famille des Enterobacteriaceae, sont définis comme des bactéries en forme de bâtonnet, non sporulées, Gram-négatives et anaérobies

facultatifs, capables de fermenter le lactose et de produire du gaz et de l'acide en 48 heures à 35 °C (**Krieger and Higgins, 2002; Rice et al., 2012**).

À partir de la solution mère, 1 mL est prélevé et placé dans deux boîtes de Petri. Ensuite, de gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar) sont ajoutés et mélangés en effectuant des mouvements en forme de huit. Après solidification, une deuxième couche de gélose est ajoutée pour favoriser les conditions anaérobies. Les boîtes sont ensuite incubées à 30 °C pendant 2 jours.

#### ❖ Expression des résultats

Les colonies de coliformes apparaîtront généralement sous forme de colonies rouges avec un anneau de précipité biliaire.

### **I.5.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures**

Les levures et moisissures sont des champignons microscopiques, hétérotrophes et des organismes eucaryotes qui peuvent être unicellulaires ou multicellulaires. Leur présence dans les boissons est indésirable car elles provoquent des modifications organoleptiques, telles que l'altération du goût, le gonflement, une mauvaise apparence et une réduction de la durée de conservation des produits (**Guiraud and Galzy, 1980**).

À partir de la solution mère, 1 mL est prélevé et déposé dans deux boîtes de Pétri. Ensuite, de la gélose YGC (Yeast Extract Glucose Chloramphénicol) est ajoutée et soigneusement mélangée avec le contenu des boîtes pour assurer une distribution homogène. Après préparation, les boîtes de Pétri sont incubées à une température de 25 °C pendant une durée de 5 jours, permettant ainsi la croissance et l'observation des microorganismes présents.

#### ❖ Expression des résultats

Les levures apparaîtront sous forme de colonies lisses et brillantes, tandis que les moisissures formeront des colonies filamenteuses.

### **I.5.3. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)**

Cette flore englobe tous les microorganismes capables de croître en présence d'oxygène et à des températures comprises entre 20 et 37 °C (**Uzoigwe et al., 2021**).

À partir de la solution mère, 1 mL est prélevé et déposé dans deux boîtes de Petri. Ensuite, de la gélose PCA (Plate Count Agar) est ajoutée et mélangée soigneusement avec le contenu des boîtes pour assurer une distribution homogène. Une fois le mélange solidifié, les boîtes de Petri sont incubées à 30 °C pendant 3 jours, permettant ainsi la croissance des microorganismes pour une analyse ultérieure.

#### ❖ Expression des résultats

Après incubation, les colonies visibles sur les plaques furent comptées. Seules les plaques contenant entre 30 et 300 colonies furent sélectionnées pour le dénombrement.

## I.6. Analyses phyto-chimique

### I.6.1. Préparation de l'extrait

Les extractions sont réalisées sur les matières premières (la pomme et la carotte), ainsi que sur les huit essais. À partir de ces extraits, nous allons effectuer les analyses phytochimiques. Ces analyses permettront de déterminer les teneurs en composés bioactifs présents dans les échantillons, afin de mieux comprendre les propriétés et la qualité nutritionnelle des produits à différents stades de transformation.

La méthode employée pour l'extraction est celle de (Georgé et al., 2005). Tout d'abord, 20 g de l'échantillon sont pesés et mélangés avec 50 mL d'un mélange acétone/eau (7/3). Le mélange est ensuite placé sur une plaque agitatrice pendant 30 minutes pour assurer une homogénéisation complète. Après agitation, le mélange est transféré dans des tubes pour être centrifugé à 6000 tr/min pendant 15 minutes. Le surnageant est ensuite récupéré et filtré à l'aide de papier filtre. Enfin, l'extrait filtré est collecté.

### I.6.2. Dosage des polyphénols totaux

#### ❖ Principe

À partir de la méthode Follin-Ciocalteu, les absorbances des teneurs en polyphénols par spectrophotomètre sont déterminées, son principe consiste à mélanger le réactif de Follin qui est constitué de d'acide phosphomolybdique et d'acide phosphotungstique. Après l'ajout de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), une coloration bleue est obtenue indiquant la présence des composés phénolique (Boizot and Charpentier, 2006).

#### ❖ Protocole expérimentale

Un volume de 500 µL de chacun des extraits de nos échantillons est déposé dans des tubes à essai, puis 500 µL de Follin dilué à 1/10 est ajouté, le mélange est incubé pendant 3 min, une fois le temps écoulé, 1500 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (6%) est ajouté. Une fois ajouté, les tubes sont incubés à l'obscurité pendant 30 minutes, puis les absorbances sont lues à une longueur d'onde de 760 nm (Haddadi-Guemghar et al., 2014).

Les concentrations totales en polyphénols des divers échantillons ont été déterminées en utilisant une courbe d'étalonnage basée sur l'acide gallique (annexe 03). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents acide gallique par 100g de matière fraîche.

### 1.6.3. Dosage des flavonoïdes

#### ❖ Principe

Les flavonoïdes réagissent avec le chlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) pour former un complexe stable de couleur jaune grâce à la chélation de l'ion Al<sup>+3</sup> par leur groupement hydroxyle (OH). La profondeur de cette coloration est directement liée à la quantité de flavonoïdes dans l'extrait (Ribéreau-Gayon and Gautheret, 1968).

#### ❖ Protocole expérimentale

La teneur en flavonoïdes a été déterminée en mélangeant 1 ml de chaque extrait avec 1 mL de la solution de chlorure d'aluminium à 2%. Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 15 min et l'absorbance est mesurée à 430 nm (Lamaison et Carnat, 1990).

La concentration en flavonoïdes des différents extraits a été évaluée en utilisant une courbe d'étalonnage établie avec de la quercétine (voir annexe 03). Les résultats sont présentés en milligrammes d'équivalents quercétine par gramme de matière fraîche.

### 1.6.4. Dosage des caroténoïdes

#### ❖ Principe

Ce sont les composés qui confèrent la couleur aux fruits et légumes, ce sont des particules terpéniques qui absorbent la lumière blanche et arrivent à neutraliser l'O<sub>2</sub> singulet (Mohammedi, 2021).

#### ❖ Protocole expérimentale

Le taux de caroténoïde dans un produit est déterminé par le protocole de **(Soto-Zamora et al., 2005)**. Une masse de 1,5 g d'extrait de l'échantillon est prise, 10 ml du mélange (hexane, acétone, éthanol) est ajouté celui-ci est préparé à une concentration de (24 ;12 ;12) respectivement puis le mélange est agité pendant une durée de 10 min puis laissé afin de séparer la phase hexanique. La lecture se fait à 450 nm.

La détermination du taux de caroténoïde est faite à partir de la courbe d'étalonnage faite par  $\beta$ -carotène qui apparaît dans **(l'annexe 03)** l'unité est en mg équivalent de  $\beta$ -carotène/100g.

### **I.6.5. Dosage des vitamines C**

#### **❖ Principe**

Le 2,6-dichlorophénol indophénol (2,6 DCPIP) oxyde l'acide ascorbique en acide déshydroascorbique. De plus, ce composé agit comme un indicateur coloré, apparaissant bleu en milieu neutre et rose pâle en milieu acide **(Bourgeois, 2003)**.

Le dosage de la vitamine C a été effectué selon le protocole modifié de **(Mau et al., 2005)**.

#### **❖ Protocole expérimentale**

Afin de déterminer la concentration en vitamine C, 5 mL de l'extrait ont été versés dans des tubes à essai. Ensuite, 2 mL d'acide oxalique à 0,4 % ont été ajoutés et le mélange a été agité pendant 15 minutes. Une fois cette étape terminée, les tubes ont été centrifugés à 4500 tr/min pendant 15 minutes pour séparer les phases. Après la centrifugation, 500  $\mu$ L du surnageant ont été soigneusement prélevés. À ce surnageant, 2500  $\mu$ L de 2,6-dichlorophénolindophénol (DCPIP) ont été ajoutés pour permettre la réaction nécessaire à la mesure. Enfin, les absorbances des échantillons ont été mesurées à une longueur d'onde de 515 nm.

La teneur en vitamine C des échantillons a été déterminée en utilisant une courbe d'étalonnage basée sur l'acide ascorbique **(annexe 03)**. Les résultats sont présentés en milligrammes d'acide ascorbique équivalent par gramme de matière fraîche.

### **I.6.6. Détermination de l'activité antioxydante**

#### **❖ Principe**

L'activité antioxydante du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium est basé sur la capacité de nos échantillon (pomme, carotte, produits finis) à la réduction du molybdate de  $\text{Mo}^{6+}$  à  $\text{Mo}^{5+}$ . Une dégradation de couleur verte est obtenue selon l'intensité des antioxydants et la dilution utilisée indiquant l'acidité du milieu **(Bougatef et al., 2009)**.

#### **❖ Protocole expérimentale**

Afin de déterminer le pouvoir réducteur de nos produits le protocole (Silici et al., 2010) modifié est suivi.

Un volume de 2 mL d'un réactif constitué de 28 mM de phosphate de sodium, 4mM de molybdate d'ammonium et 0,6 mM d'acide sulfurique est ajouté à 200 µL de l'échantillon. Puis les tubes à essai sont incubés dans un bain Marie à 90 °C pendant 1h30 min après refroidissement, les absorbances sont lues à 695 nm. Des dilutions de 1/20 pour la carotte, 1/80 pour la pomme et 1/60 pour l'échantillon 8 ont été élaboré. Le trolex est utilisé comme standard (annexe 03).

### I.7. Analyse sensorielle

Afin d'évaluer les caractéristiques organoleptiques des compotes préparées et les comparer avec celles d'une compote commercialisée, nous avons effectué une évaluation sensorielle au niveau du Laboratoire d'Analyse Sensorielle de l'Université de Bejaia (Algérie), dont la salle d'évaluation est composée de 20 cabines de dégustation individuelles.

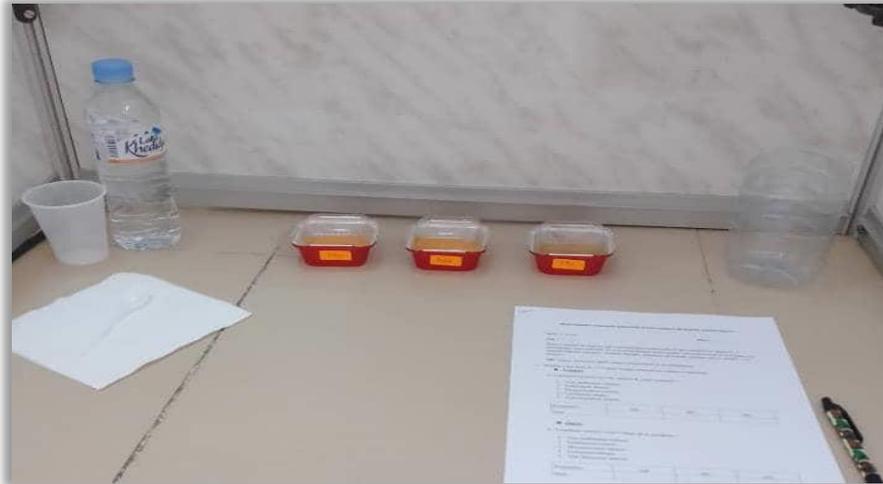
De ce fait, nous avons fait appel à un panel de 15 experts en analyse sensorielle des aliments. Les attribues évaluées sont: la couleur, la sucrosité, l'odeur, l'arôme, l'acidité, la texture en bouche et la consistance, l'évaluation de ces caractéristiques c'est effectué sur une échelle de 5 points. Il a été également demandé aux experts d'attribuer une note de préférence pour chaque échantillon sur une échelle de 9 points, en remplissant les questionnaires qui sont présentés dans l'annexe n°2

Afin de présenter des échantillons anonymes, des codes ont été attribués pour chaque produit comme présentés dans le tableau ci-dessous. Les juges ont reçu des quantités suffisantes d'échantillons pour les goûter autant de fois qu'ils le souhaitent et il leur a été demandé de se rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

**Tableau VII** : Codes des échantillons utilisés en analyse sensorielle

Code	Échantillons
537	Préparation 1 de compote carotte pomme (essai 7)
467	Préparation 2 de compote carotte pomme (essai 8)
391	Compote industrielle

L'évaluation sensorielle a été effectuée en deux jours de suite pour rassembler le nombre total du jury expert. Tout en respectant les conditions d'hygiène, l'isolement des sujets, les modalités opératoires liées à l'échantillon, le local et les dégustateurs et en minimisant le dérangement. Les échantillons présentés pour chaque dégustateur sont illustrés dans la **figure 06**.



**Figure 05** : Photographie d'une cabine de dégustation

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traitées en utilisant le logiciel XL STAT version 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques, impliqués dans les études de marketing et l'analyse du comportement des consommateurs. Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Cependant, tous les calculs mathématiques sont réalisés en dehors d'Excel. L'accès aux différents modules est possible grâce à des menus et à des barres d'outils (Addinsoft, 2013).

Les principales fonctionnalités de ce logiciel utilisées pour interpréter les résultats de l'évaluation sensorielle sont : Caractérisation de produits, Analyse en composante (ACP), Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et carte des préférences (PREFMAP).

## **I.8. Analyse statistique**

Les histogrammes, les moyennes et les écarts types ont été générés à l'aide du logiciel Excel 2016. Les groupes a, b, c, ainsi que l'analyse de variance (ANOVA) ont été réalisés à l'aide du logiciel Statistica 12. Les résultats de l'ANOVA ont été évalués en fonction de la valeur de  $p$ , qui a été considérée comme significative si inférieure à 0,05, et non significative si supérieure à cette valeur.

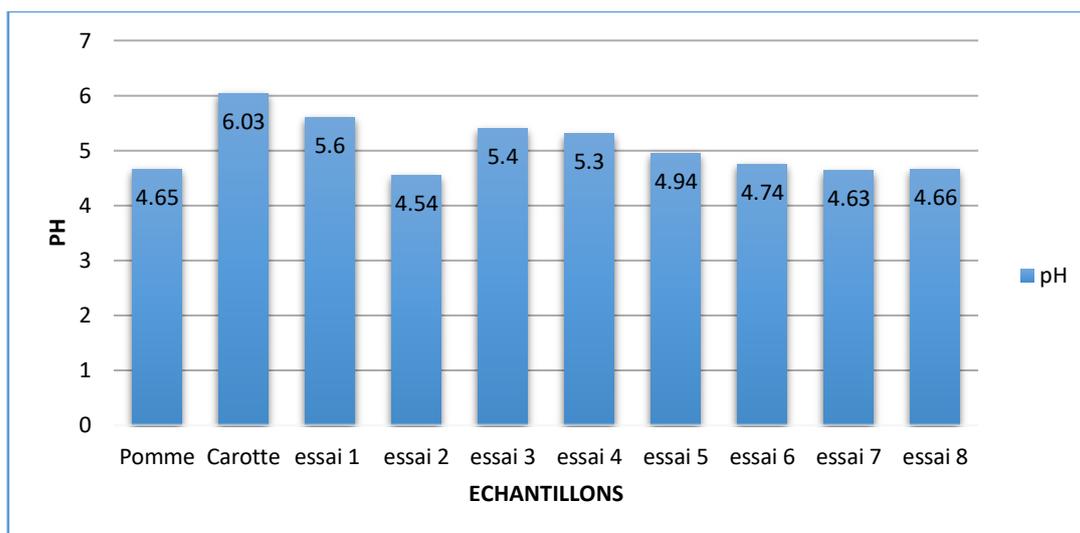
*Résultats et discussion*

## II. Résultats et discussion

### II.1. Analyse physicochimique

#### II.1.1. Détermination du pH

Le pH c'est la concentration des  $H^+$  dans un échantillon précis, celui-ci varie entre 1 et 14 selon le milieu (acide, basique, neutre) (Tantray, 2023). Dans ce présent travail, nous avons déterminé le pH de la pomme et des carottes ainsi que celui des différents de formulation comme le montre la figure ci-dessous :



**Figure 05 :** Résultats pH des différents échantillons analysés selon les pourcentages d'ingrédients et la matière première.

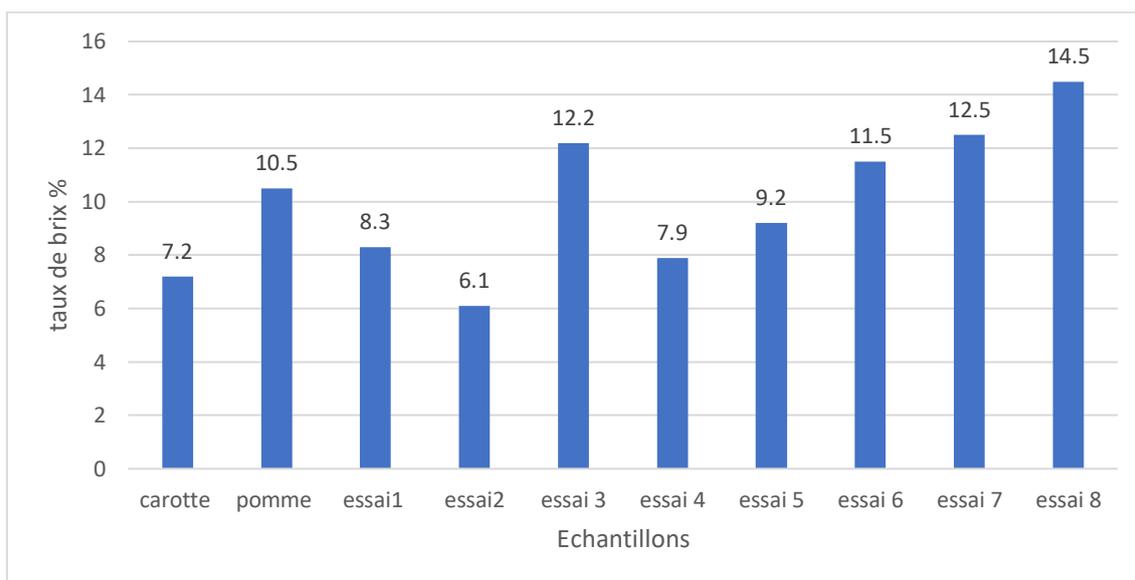
Selon la **Figure (05)** la carotte a un pH plus élevé 6,03 par rapports aux autres échantillons analysés, les échantillons du produit finis (7 et 8) sont entre 4,63 et 4,66 (Zeng et al., 2024) ont trouvé un pH de 4,58 pour la pomme et Tlahig et al. (2023) ont rapporté un pH de 6,17 pour la carotte.

La variation des résultats de pH des essais (de 1 à 6) est due probablement aux différentes concentrations du jus de citron utilisé qui augmente l'acidité du milieu ce qui diminue son pH. D'autres ingrédients comme la pomme peuvent avoir un effet sur le pH.

Les produits (2, 5, 6, 7 et 8) admettent aux normes internes de pH de l'entreprise pour une compote de légumes, qui sont des valeurs comprises entre 4 et 5.

### II.1.2. Détermination de degrés Brix

Le degré Brix indique le pourcentage de matières sèches solubles présentes dans une solution (**Reid, 2003**). Les valeurs de Brix sont essentielles pour évaluer la douceur, la qualité et la conformité du produit aux normes établies par l'industrie (10 à 15 °Brix). Les résultats obtenus pour les matières premières (carotte et pomme), ainsi que pour les huit essais de compote, illustrent ces critères dans la figure



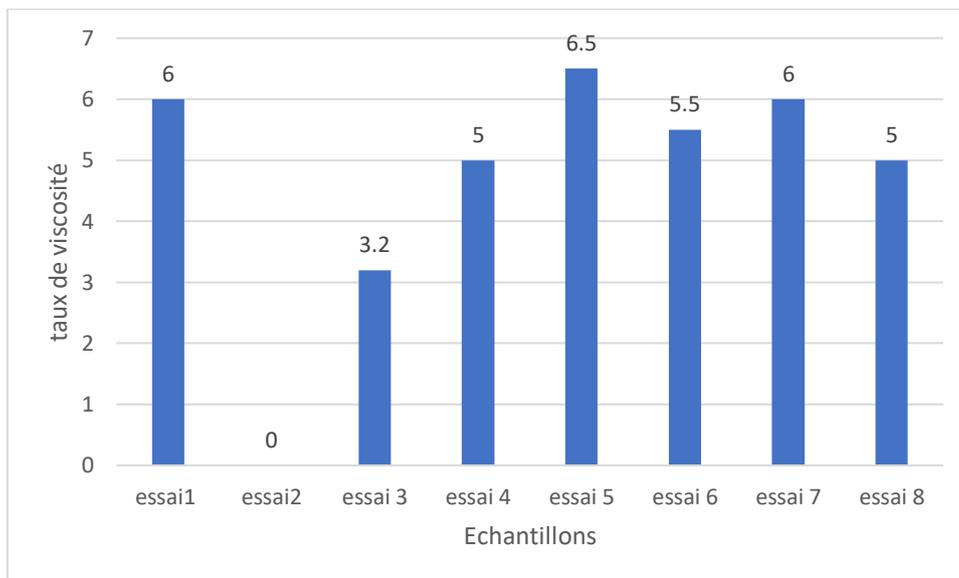
**Figure 06** : Résultats des valeurs de degré Brix pour la matière première (pomme et carotte) et les huit essais

D'après l'histogramme de la figure, on constate que la teneur en Brix des pommes (10,5 %) est plus élevée que celle des carottes (7,2 %). Dans une étude menée par (**Boudad et al., 2024**), le taux de Brix des pommes trouvé est de 14,63 %, ce qui est supérieur à celui trouvé dans ce présent travail. Les essais 3 (12,2 %), 6 (11,5 %), 7 (12,5 %) et 8 (14,5 %) affichent des valeurs conformes à la plage normative de 10 à 15 %, fixée par l'entreprise. En revanche, les essais 1, 2, 4 et 5 présentent des valeurs inférieures à cette plage. Plus particulièrement, l'essai 2 (6,1 %) et l'essai 4 (7,9 %) montrent des valeurs nettement plus basses, suggérant une insuffisance de sucre ajouté.

Les écarts observés dans les résultats de ce travail sont probablement attribuables aux ajustements de sucre ajouté. Les essais ayant des valeurs de Brix conformes (3, 6, 7 et 8) montrent une gestion efficace de l'ajout de sucre. Par ailleurs, la valeur élevée de la pomme par rapport à la carotte s'explique par la nature plus sucrée des pommes.

### II.1.3. Détermination de viscosité

La viscosité est une mesure de la résistance d'un fluide à l'écoulement. La figure présente les résultats de la viscosité pour huit essais distincts. Ces valeurs sont essentielles pour évaluer non seulement la consistance du produit, mais aussi pour vérifier sa conformité aux normes établies par l'industrie, qui exigent des valeurs de viscosité comprises entre 3 et 7.



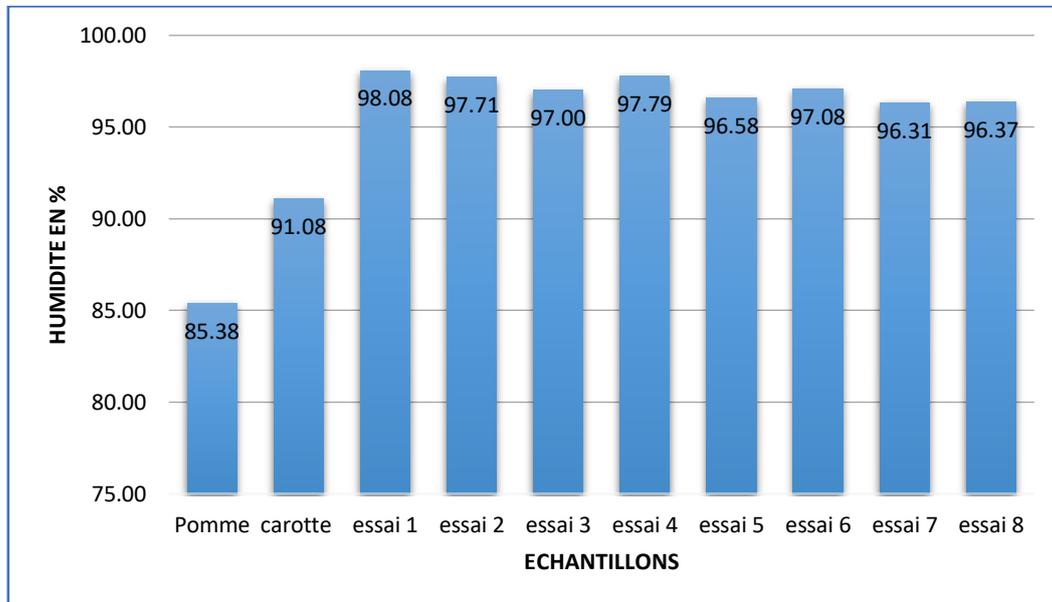
**Figure 07** : Résultats des valeurs de viscosité pour les huit essais.

En examinant les données, nous remarquons une variation des valeurs de viscosité entre les différents essais. Les essais 1, 5, 6, et 7 ont les valeurs les plus élevées, allant de 5,5 à 6,5, tandis que les essais 4 et 8 ont une valeur de 5. Cependant, tous ces essais montrent des viscosités conformes aux normes industrielles, indiquant des consistances variées mais acceptables allant de moyennement épaisses à liquides. En revanche, l'essai 2, avec une viscosité très faible, suggère une compote trop épaisse et difficile à manipuler, peut-être due à un manque d'eau ou à une sur-cuisson. L'essai 3, avec une viscosité minimale acceptable, suggère une consistance épaisse mais toujours conforme aux normes.

La variabilité de la viscosité observée entre les essais peut être attribuée à des différences dans les conditions de production, telles que la durée de cuisson, la température, et les proportions d'ingrédients.

### II.1.4. Détermination d'humidité

La teneur en humidité moyenne des fruits et les légumes sont au-dessus de 80% du poids total de l'aliment ce qui rend difficile leur conservation à long terme (**Shah et al., 2023**). Ce qui ressort de la détermination de la teneur en eau de la pomme et de la carotte et des huit essais de compote (**Figure 08**).



**Figure 08** : Résultats d'humidité des différents échantillons analysés selon les pourcentages d'ingrédients et la matière première.

L'histogramme de la **figure 08** montre que la valeur la plus élevée, soit 98,08%, est attribuée à l'essai 1, ce qui peut être imputé à la teneur élevée en eau (50-55%) utilisée dans la formulation de celui-ci (**Tableau V**). Cette circonstance explique également la courte durée de conservation de cet essai par rapport aux autres.

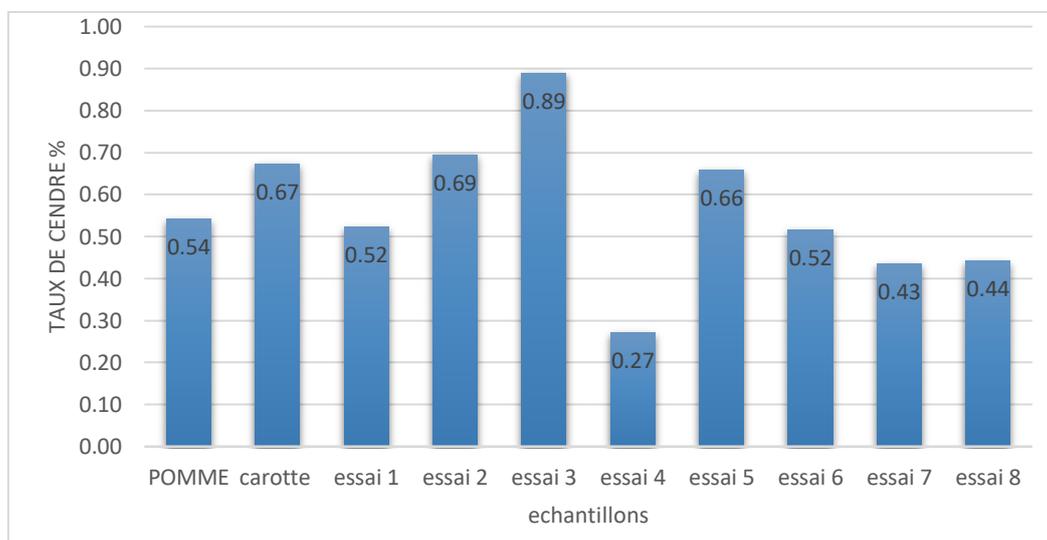
D'un autre côté, les résultats des produits finis (essais 7 et 8) sont comparables, avec des teneurs en eau respectives de 96,31% et 96,37%, ce qui peut être attribué à la régulation de l'eau incorporée dans ces échantillons.

La pomme et la carotte présentent des teneurs en eau inférieures à celles des échantillons de compote, car l'eau n'est ajoutée qu'aux échantillons finis et non à la matière première. Toutefois, la teneur en eau de la carotte (91,08 %) est proche de celle rapportée par (**Feliciano et al., 2010**), qui est de 89,7 %. De même, la teneur en eau de la pomme (85,38%) est comparable à celle révélée par Ferradji et al. (2008), qui est de 84%.

Ces résultats peuvent être attribués aux facteurs géographiques, au moment de la récolte (mars), aux conditions de stockage, aux conditions climatiques appropriées, telles qu'une longue exposition au soleil et des soins adéquats apportés à la récolte (**Mousavi et al., 2024**).

### II.1.5. Détermination du taux de cendre

Selon la composition nutritionnelle de l'aliment, il y a des fluctuations dans la teneur en matières minérales et organiques dans les fruits et légumes (**Décamps and Lafont, 1974**). Le taux de cendre de la matière première et des essais de formulation des compotes est montré dans la figure ci-dessous.



**Figure 09** : Résultats du taux de cendre des différents échantillons analysés selon les pourcentages d'ingrédients et la matière première.

Selon la **Figure 09** le taux de cendre le plus élevé est celui de l'essai 3 avec une teneur de 0,89% et la teneur la moins élevée est celle de l'essai 4. Alors que, il n'existe pas de différence entre les valeurs de taux de cendre des échantillons 7 et 8 qui sont de 0,43% et 0,44%, respectivement.

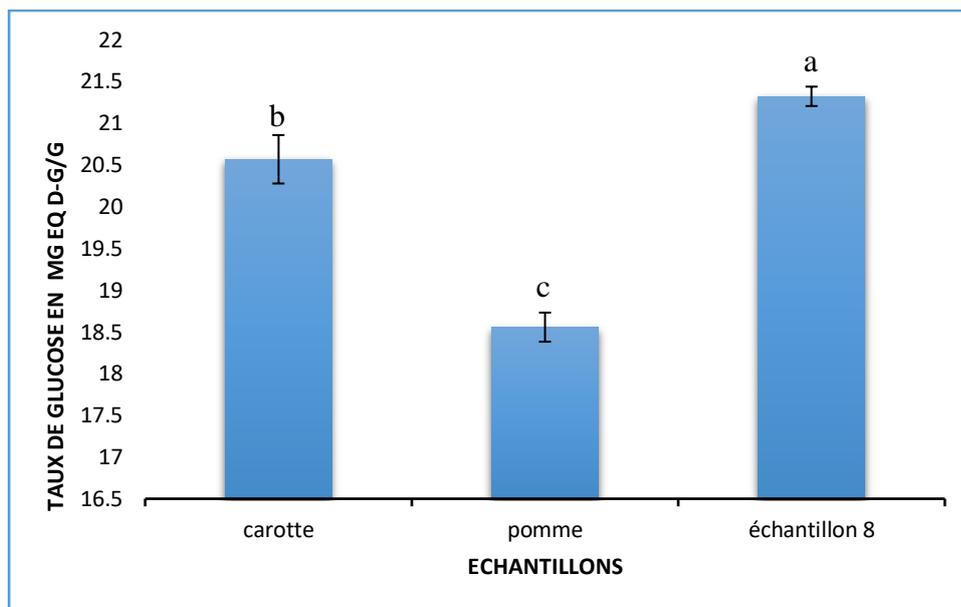
La pomme et la carotte présentent un taux de cendre de 0,54% et 0,67%, respectivement, selon (**Banigo et al., 2015**) la teneur varie entre 0,40% et 0,43% pour la pomme.

En raison de facteurs antérieurs à la récolte, tels que la taille des fruits, les charges de cultures légères, la maturité des fruits et un déséquilibre minéral, la teneur en minéraux ou le taux de cendre peut varier (**Wood et al., 2024**).

En fonction de l'évaluation du panel d'experts et des résultats physicochimiques, microbiologiques et phytochimiques obtenus pour l'échantillon 8, les analyses ultérieures ont été menées à partir de cet échantillon.

### II.1.6. Dosage des sucres

Le résultat du taux de sucre contenus dans la matière première ainsi que le produit fini en mg Eq D-glucose /100 g sont présentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 10 :** Taux de sucre de la matière première et du produit fini.

Les lettres a, b, c, signalent des écarts significatifs ( $p \leq 0,05$ ).

Selon les données représentées sur l'histogramme de la **Figure 11**, l'échantillon 8 affiche la concentration en sucres la plus élevée, avec une valeur de  $21,32 \pm 0,1$  mg EQ D-G/g, suivie de la carotte, qui présente une concentration de  $20,57 \pm 0,22$  mg EQ D-G/g, légèrement inférieure à celle rapportée par (Akter et al., 2024), qui ont obtenu une valeur de  $21,73 \pm 0,1$  mg EQ D-G/g.

La pomme, quant à elle, présente une concentration en sucres de  $18,5 \pm 0,13$  mg EQ D-G/g, également inférieure à celle rapportée par (Wang et al., 2024) qui ont obtenu une valeur de  $22,53 \pm 0,6$  mg EQ D-G/g.

Il est important de noter que l'environnement joue un rôle prépondérant dans les mécanismes d'acclimatation des plantes et exerce une influence significative sur la concentration en sucres des carottes et des pommes, comme l'ont démontré (Chevalier et al.,

2022). En ce qui concerne la compote, la concentration élevée en sucres s'explique par l'ajout de sucre comme ingrédient.

Les lettres a, b, c, démontrent que les résultats obtenus des différents produits sont d'une différence significative de ( $p \leq 0,05$ ).

## II.2. Analyse microbiologique

Les analyses microbiologiques ont été effectuées sur deux préparations que nous avons conservées comme produits finis. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

**Tableau VIII** : Résultats des analyses microbiologiques des deux produits finis.

La préparation Les germes Recherchés	Échantillon 7	Échantillon 8
Coliforme	Absence	Absence
Levure et moisissure	Absence	Absence
Flore total	Absence	Absence

Les résultats du tableau concernant la préparation de la compote de carotte et de pomme indiquent une absence totale de coliformes, de levures et moisissures, ainsi que de la flore totale aérobie mésophile (FTAM). Ces résultats sont en parfaite conformité avec les normes microbiologiques établies, telles que celles publiées dans le Journal Officiel de la République Algérienne (**JORA, 2017**).

La constatation de l'absence totale de coliformes, qui sont des indicateurs classiques de la contamination fécale et généralement associés à des risques pour la santé, est un point important. De plus, le fait que la FTAM, qui représente l'ensemble des micro-organismes aérobies présents dans un échantillon, soit également indétectable, confirme la qualité microbiologique élevée de la préparation.

L'efficacité du traitement thermique appliqué pendant la préparation est soulignée par ces résultats. Un traitement thermique adéquat est crucial pour éliminer les micro-organismes pathogènes et assurer la sécurité alimentaire. Dans ce cas, l'absence de coliformes, de levures

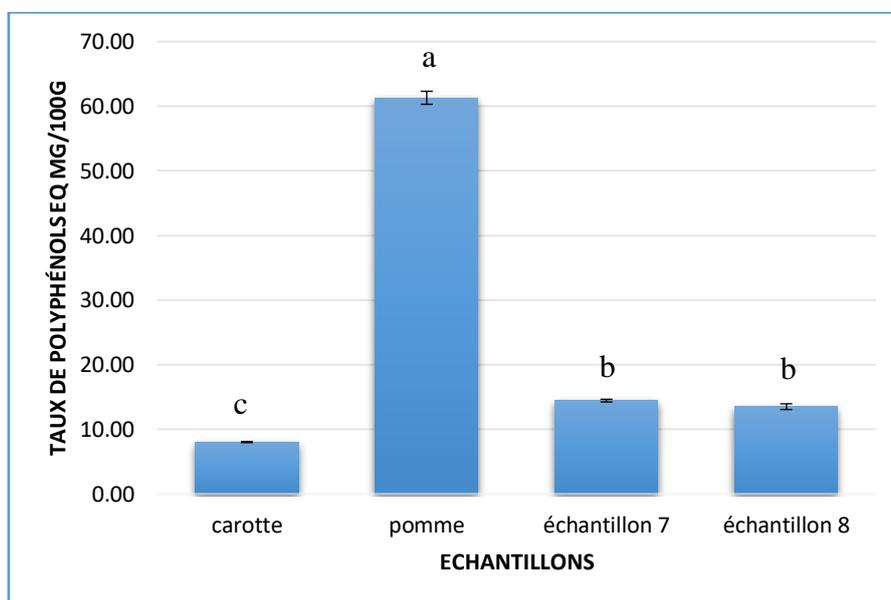
et moisissures, et la maîtrise de la FTAM, témoignent de l'efficacité du processus de chauffage utilisé.

En somme, ces résultats démontrent que la compote (carotte et pomme) a été produite dans des conditions sanitaires strictes et répond aux normes microbiologiques établies.

## II.3. Analyses phytochimiques

### II.3.1. Dosage des polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux de la carotte, de la pomme et des deux formulations choisies exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g sont présentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 11 :** Taux de polyphénols contenus dans la matière première et les produits finis.

Les lettres a, b, c, signalent des écarts significatifs ( $p \leq 0,05$ ).

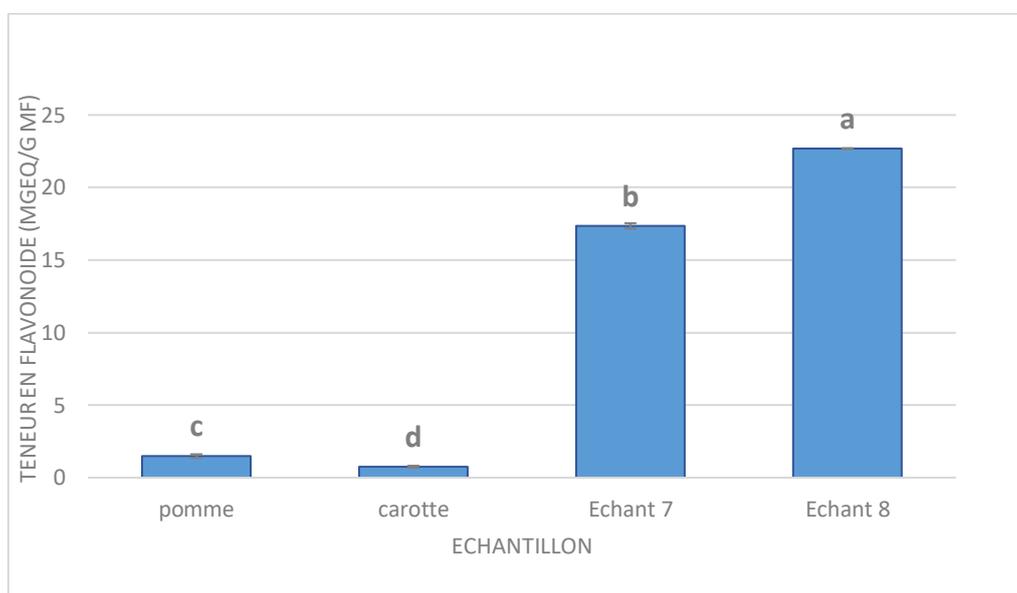
Les résultats montrent que la pomme présente la concentration la plus élevée en polyphénols totaux, avec une valeur de  $61,30 \pm 1,06$  mg EAG/100g, qui est supérieure à celle rapportée par **Buljeta et al. (2023)** avec 57,43 mg EAG/100g. En revanche, la carotte affiche une concentration nettement inférieure, avec une valeur de  $8,03 \pm 0,07$  mg EAG/100g, qui est significativement plus faible que celle rapportée par **Tanveer Ahmed (2019)** avec  $34,8 \pm 1,9$  mg EAG/100g. Ces écarts pourraient être attribués à des facteurs tels que les conditions climatiques, la nature du sol, les engrais utilisés, la quantité d'eau absorbée et le moment de récolte. Comme l'ont souligné **Djoufack et al. (2023)**, la qualité des carottes est influencée de manière significative par la variété, le type et la dose d'engrais utilisés, ce qui affecte leur valeur

nutritionnelle. Les produits finis présentent des résultats moyens due à la variabilité des résultats des matières premières ainsi que la dégradation des composés après cuisson.

En outre, les résultats des échantillons 7 et 8, qui appartiennent au même groupe (b), ne montrent pas de différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) entre eux, contrairement aux matières premières (a, c), qui présentent des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ).

### II.3.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes forment un groupe de plus de 6 000 composés naturels, présents de manière quasi universelle chez les plantes vasculaires (**Rlund, 2004**). Les teneurs en flavonoïdes de la matière première, telles que la carotte et la pomme, ainsi que celles de deux échantillons de produit fini, sont illustrées dans la figure ci-dessous.



**Figure 12** : Teneur en flavonoïdes de la matière première et du produit fini.

Les lettres a, b, c, signalent des écarts significatifs ( $p < 0,05$ ).

Les résultats montrent que la teneur en flavonoïdes des matières premières (pomme et carotte) est relativement faible. En revanche, les échantillons de produit fini (échantillons 7 et 8) présentent des teneurs en flavonoïdes significativement plus élevées ( $17,3 \pm 0,189$  et  $23 \pm 0,032$  mg EQ/g MF, respectivement). L'échantillon 7 montre une augmentation notable par rapport aux matières premières, tandis que l'échantillon 8 présente la teneur en flavonoïdes la plus élevée parmi tous les échantillons testés.

Cette augmentation des flavonoïdes dans les produits finis peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Selon (Markakis, 1982), le processus de transformation, incluant des étapes telles que la cuisson et la réduction du volume par évaporation de l'eau, peut concentrer les flavonoïdes dans la compote. De plus, les flavonoïdes peuvent être plus stables dans la compote grâce à des interactions avec d'autres composants, ce qui pourrait contribuer à leur teneur plus élevée observée dans les échantillons 7 et 8. En effet, les polyphénols, dont font partie les flavonoïdes, sont souvent plus complexes et stables dans les aliments transformés que dans les matières premières brutes (Cheynier, 2005).

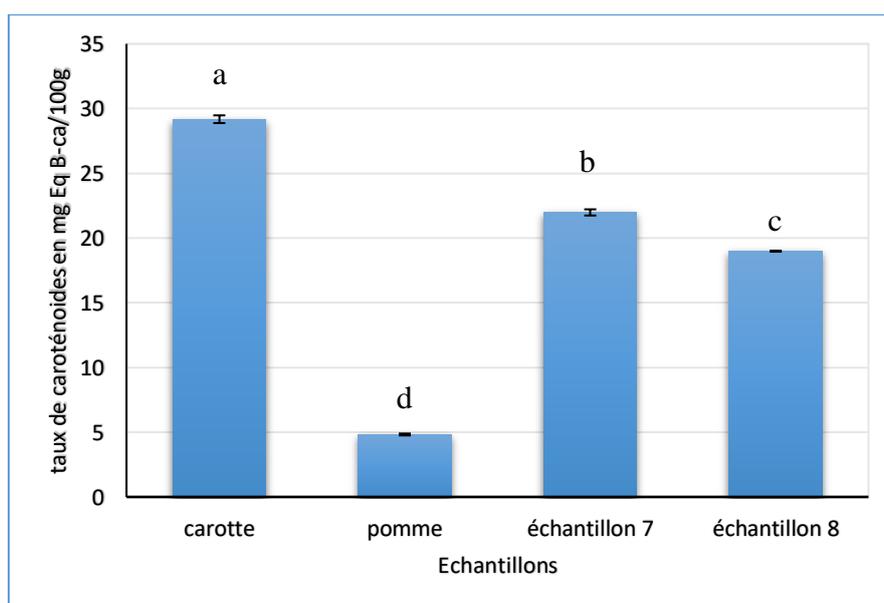
Les différences dans la concentration en flavonoïdes entre les échantillons 7 et 8 pourraient résulter des variations dans la durée de cuisson, la température appliquée ou les proportions des ingrédients utilisés.

L'analyse statistique a démontré une variation notable des concentrations de flavonoïdes parmi les différents échantillons ( $P < 0,05$ ).

### II.3.3. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des métabolites secondaires importants impliqués dans la photosynthèse végétale, la qualité nutritionnelle végétale mais aussi dans la prévention métabolique de la santé humaine. La carotte représente l'un des apports caroténoïdes les plus importants et est un modèle très intéressant pour l'étude des caroténoïdes (Perrin et al., 2017).

Les résultats du taux de caroténoïdes contenus dans la matière première ainsi que le produit fini en mg Eq  $\beta$ -carotène /ml sont présentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 13 :** Taux de caroténoïdes contenus dans la matière première et les produits finis.

Les lettres a, b, c, signalent des écarts significatifs ( $p \leq 0,05$ ).

La **Figure 14** présente une comparaison des teneurs en caroténoïdes entre différents échantillons. La carotte affiche la teneur en caroténoïdes la plus élevée, avec une valeur de  $29,18 \pm 0,3$  mg Eq  $\beta$ -carotène/100g, surpassant ainsi les résultats de (**Baranski et al., 2012**), qui ont obtenu une valeur de  $9,3 \pm 0,3$  mg Eq  $\beta$ -carotène/100g.

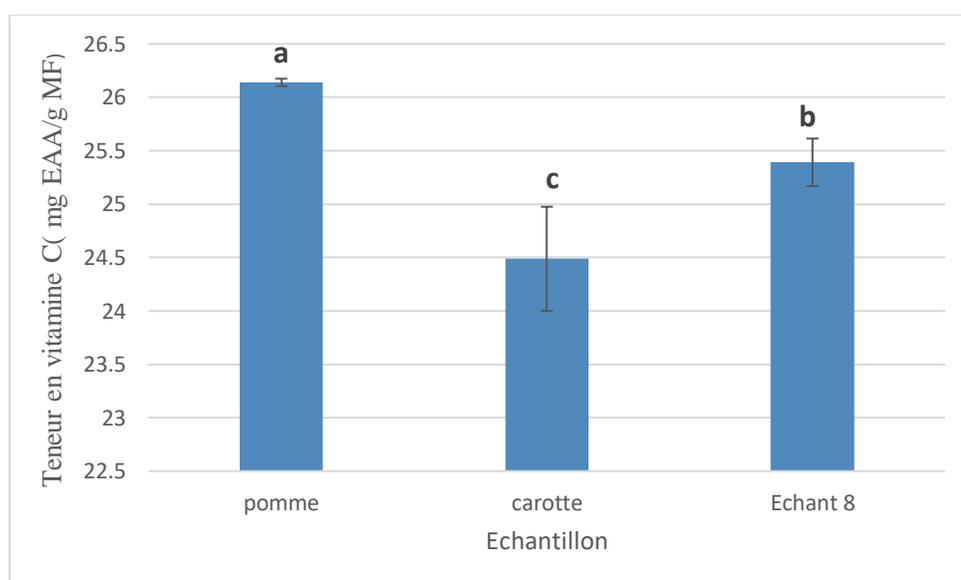
Les échantillons 7 et 8 présentent des teneurs en caroténoïdes respectives de  $21,98 \pm 0,23$  mg Eq  $\beta$ -carotène/100g et  $18,99$  mg Eq  $\beta$ -carotène/100g.

Enfin, la pomme affiche une teneur en caroténoïdes minimale de  $4,82 \pm 0,07$  mg Eq  $\beta$ -carotène/100 g, supérieure à celle rapportée par (**Dulf et al., 2023**), qui ont obtenu une valeur de  $0,433 \pm 0,07$  mg Eq  $\beta$ -carotène/100 g. Cette différence peut être attribuée à la richesse de la variété utilisée et à d'autres facteurs principaux.

Les résultats a, b, c et d montrent une différence significative ( $p \leq 0,05$ ), soulignant l'importance de la variété et des facteurs environnementaux sur la teneur en caroténoïdes des échantillons étudiés.

#### II.3.4. Dosage de la vitamine C

La figure présente la teneur en vitamine C des matières premières (les pommes et les carottes), ainsi que du produit fini (compote pomme-carotte, échantillon 8).



**Figure 14** : Teneurs en vitamine C de la matière première et du produit fini.

Les lettres a, b, c, signalent des écarts significatifs ( $p < 0,05$ ).

L'analyse statistique a démontré une variation notable des concentrations en vitamine C parmi les différents échantillons ( $P < 0,05$ ).

D'après les résultats de l'histogramme, les pommes affichent la teneur en vitamine C la plus élevée, avec une moyenne d'environ  $26,2 \pm 0,034$  mg EAA/g MF, tandis que les carottes montrent une teneur légèrement inférieure, autour de  $24,5 \pm 0,488$  mg EAA/g MF. Le produit fini, représenté par l'échantillon 8, a une teneur en vitamine C intermédiaire d'environ  $25,4 \pm 0,222$  mg EAA/g MF, légèrement inférieure à celle des pommes mais supérieure à celle des carottes.

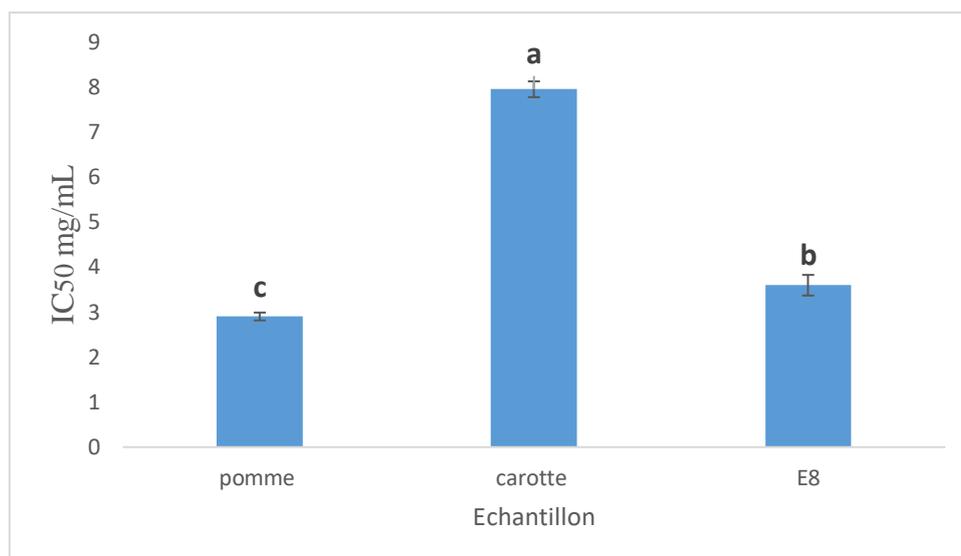
Cette diminution de la vitamine C dans le produit fini est attendue en raison de la sensibilité de cette vitamine à la chaleur et à l'oxydation durant le processus de transformation. Des études ont montré que les températures relativement élevées entraînent une diminution des teneurs en vitamine C dans les fruits en raison de l'oxydation accrue de cette vitamine (**Torres et al., 2006**). Cependant, comme la température modifie également la vitesse de développement du fruit, cela influence significativement la teneur en vitamine C (**Lester, 2006**); (**Richardson et al., 2004**); (**Gautier et al., 2008**). Malgré cette perte, la compote conserve une quantité substantielle de vitamine C, suggérant que les conditions de transformation ont été relativement bien optimisées.

### II.3.5 Détermination de l'activité antioxydante

Le test du pouvoir réducteur utilisant le phosphomolybdate d'ammonium est celui utilisé dans cette étude pour l'évaluation de l'activité antioxydante de la pomme, la carotte et la compote.

La représentation graphique des figures (**annexe 03**) met en évidence le pouvoir réducteur de la pomme, de la carotte et de l'échantillon 8. Une observation essentielle est que les absorbances de ces substances augmentent proportionnellement à leurs concentrations. En d'autres termes, plus la concentration de la pomme, de la carotte ou de l'échantillon 8 est élevée, plus l'absorbance mesurée est élevée.

L'IC<sub>50</sub> correspond à la concentration de l'extrait requise pour réduire 50 % des ions Mo<sup>6+</sup> en ions Mo<sup>5+</sup>. Les résultats sont présentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 15 :** IC<sub>50</sub> (mg/mL) de la pomme, de la carotte, et de l'échantillon 8.

Les lettres a, b, c, signalent des écarts significatifs ( $p \leq 0,05$ ).

L'analyse des résultats représentés dans la figure 16 montre que la pomme présente la valeur d'IC<sub>50</sub> la plus faible, soit  $2,90 \pm 0,087$  mg/mL, ce qui suggère qu'elle possède la plus forte capacité réductrice parmi les échantillons testés. En d'autres termes, une faible concentration d'extrait de pomme est suffisante pour atteindre une réduction significative des ions Mo<sup>6+</sup>.

En revanche, la carotte affiche la valeur d'IC<sub>50</sub> la plus élevée ( $7,95 \pm 0,175$  mg/mL), indiquant qu'elle a la plus faible capacité réductrice. L'échantillon 8 (E8) se situe entre les deux, avec une valeur d'IC<sub>50</sub> de ( $3,59 \pm 0,229$  mg/mL), montrant une capacité réductrice moyenne.

En résumé, l'extrait de pomme est le plus efficace pour réduire les ions Mo<sup>6+</sup>, suivi de l'échantillon 8, tandis que l'extrait de carotte est le moins efficace parmi les trois échantillons testés. Les polyphénols de pomme sont de puissants antioxydants dont l'activité la plus élevée est due à la quercétine, à la rutine, à l'épicatéchine et à la catéchine (**Ran et al., 2023**).

L'analyse statistique a démontré une variation notable des concentrations en IC<sub>50</sub> parmi les différents échantillons ( $P < 0,05$ ).

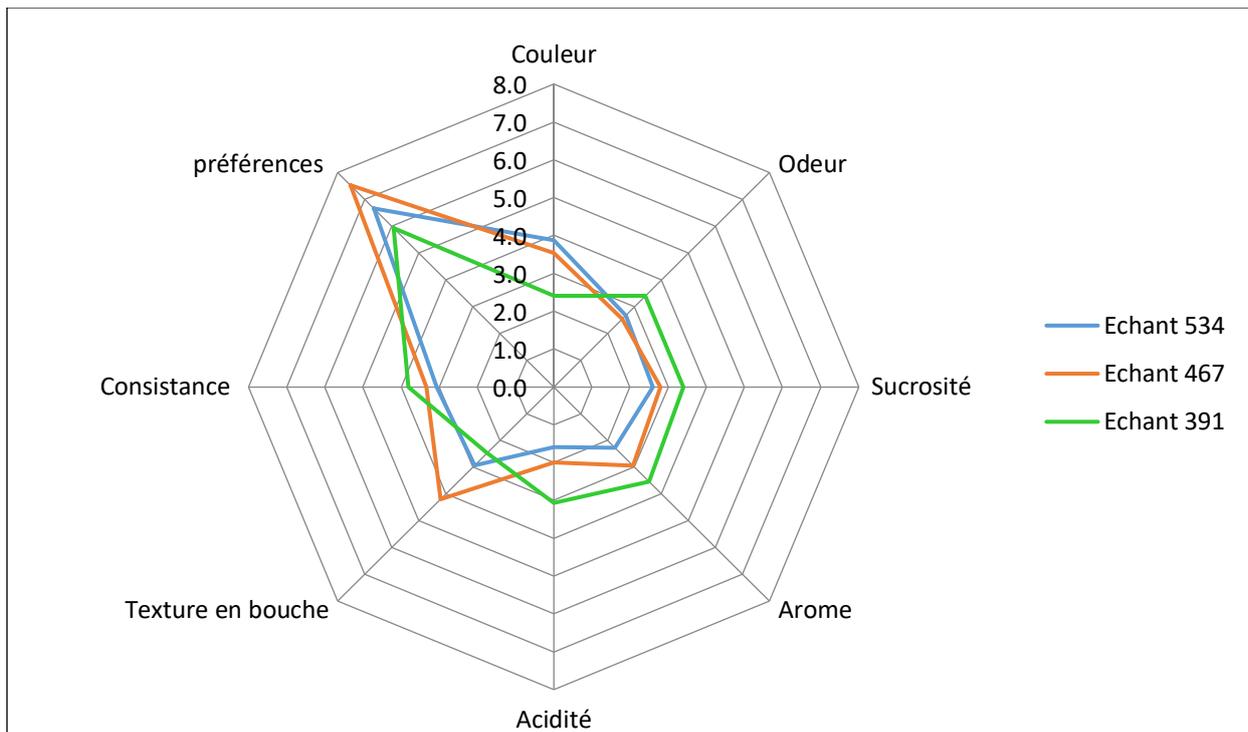
## II.4. Analyse sensorielle

### II.4.1. Profil sensorielle des compotes

Les caractéristiques sensorielles des compotes préparées ont été analysées et comparés à celles d'une compote commercialisée de marque « Fruity Pote » fabriqué par la

société ARF Industry. Les profils sensorielles obtenus des compotes analysées sont présentés dans la figure ci-dessous et comme rappelle les codes des échantillons sont les suivants :

- ⇒ Echant 534 : compote de carotte et pomme, préparation 1.
- ⇒ Echant 467 : compote de carotte et pomme, préparation 2.
- ⇒ Echant 391 : compote industrielle.



**Figure 16** : Profil sensoriel des compotes étudiées

D'après le graphe précédent, la compote la plus appréciée correspond à l'échantillon 467 (compote préparée 2). Elle est caractérisée par sa texture lisse, son acidité, sucrosité et couleur d'intensités moyennes comparativement aux deux autres compotes. Contrairement à la compote 391 (compote industrielle), elle est la moins appréciée, elle est caractérisée essentiellement par son acidité, sucrosité, odeur, arôme et consistance d'intensités élevées.

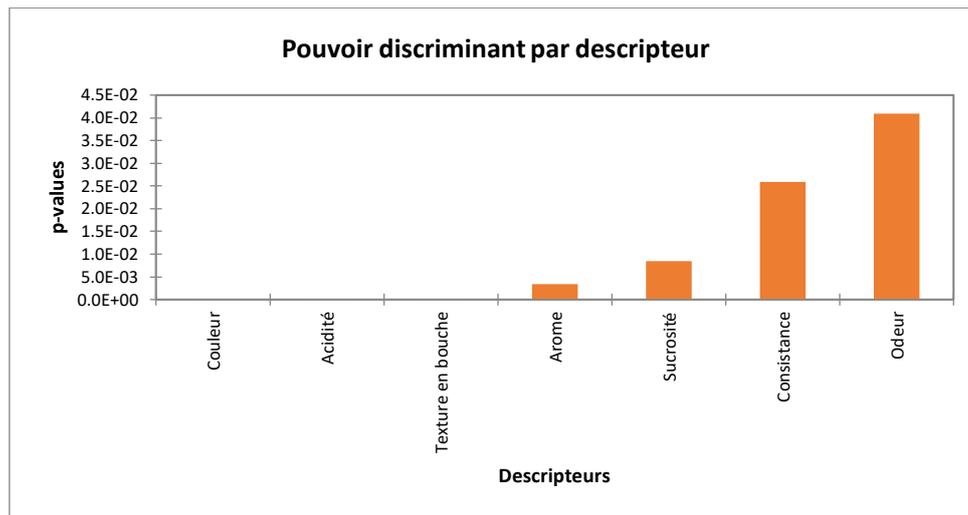
## II.4.2. Caractérisation des compotes

### a. Pouvoir discriminant par descripteur

Le but de cette analyse est de déterminer les attributs qui présentent la plus grande variabilité entre les échantillons de compotes, comme illustré dans l'histogramme de la figure (17). Les résultats montrent que l'odeur suivie de la consistance et la sucrosité présentent les

plus grands pouvoirs discriminants, c'est-à-dire que les échantillons diffèrent significativement les uns des autres en fonction de ces paramètres.

D'un autre côté, les descripteurs tels que la couleur l'acidité et la texture en bouche présentent un faible pouvoir discriminant, indiquant que les échantillons ne diffèrent pas de manière significative les uns des autres en fonction de ces critères.

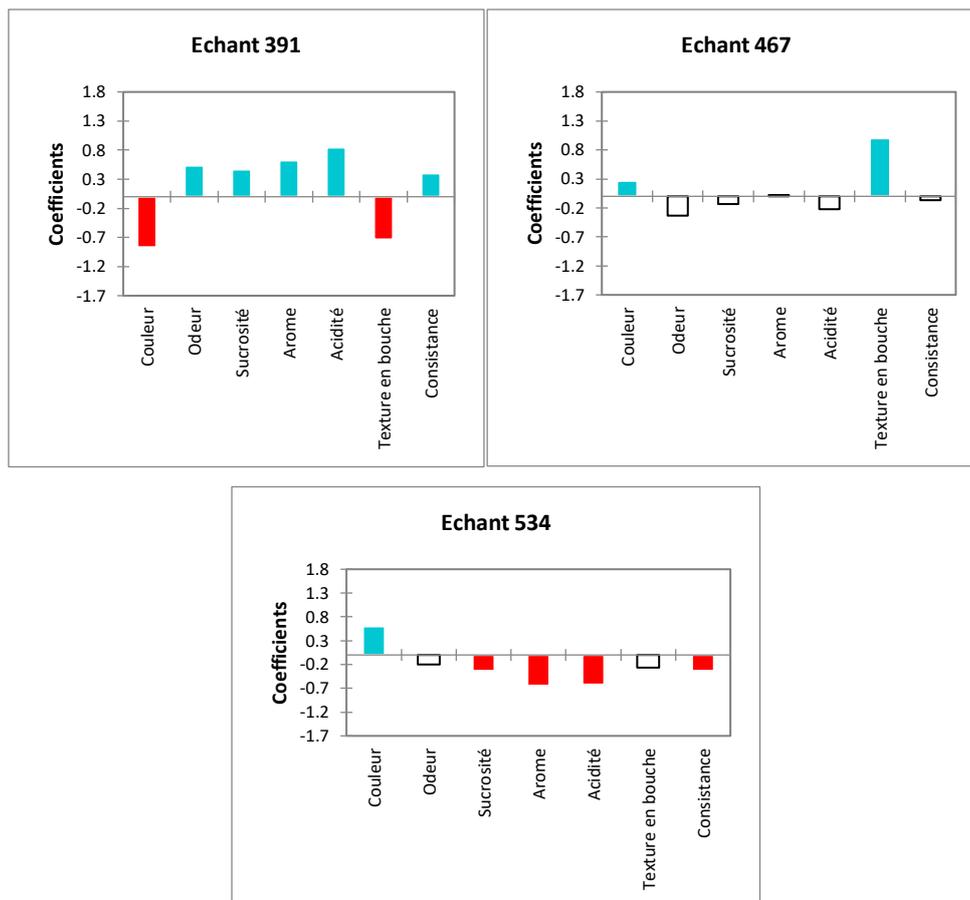


**Figure 17 :** Le pouvoir discriminant par caractéristique

### b. Coefficient des modèles

Trois histogrammes ont été obtenus (**Figure 19**), chaque histogramme correspond au profil sensoriel d'une compote. Les caractéristiques dont les coefficients sont significativement positifs sont présentées en bleu, car les notes de ces attributs sont supérieures à la moyenne des notes attribuées par les juges et en rouge celles dont les coefficients sont significativement négatifs (Les notes sont inférieures à la moyenne des juges). En blanc, sont présentés les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs (Les notes sont proches de la moyenne des juges).

Chacun des histogrammes présentés correspond au profil sensoriel de l'une des compotes analysées, permettent ainsi de visualiser les profils sensoriels des différentes compotes et de mettre en évidence les caractéristiques qui les distinguent les unes des autres.



**Figure 18 :** Coefficients des modèles pour chacune des compotes

Les résultats montrent que

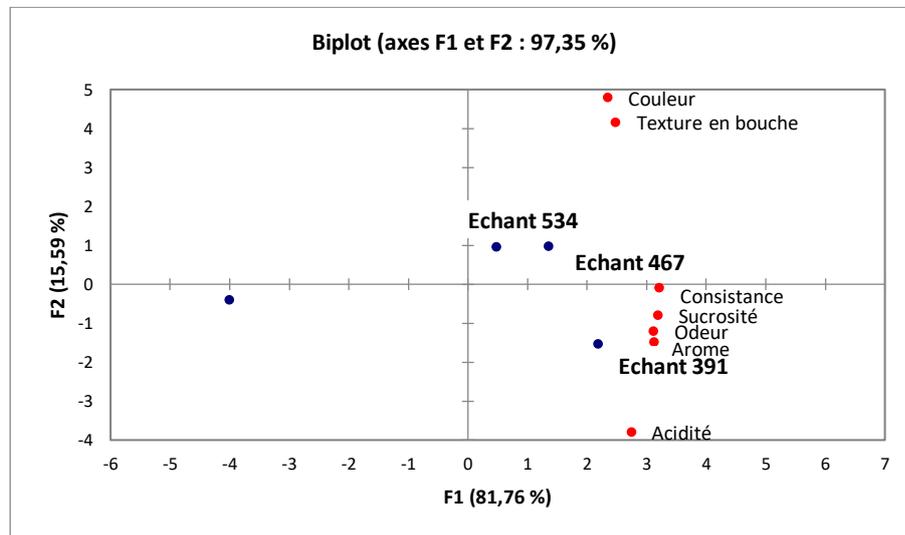
La compote 391 se caractérise par des valeurs élevées pour l'acidité, l'arôme, la sucrosité, l'odeur et la consistance, indiquant une intensité considérable pour ces descripteurs. En revanche, la couleur et la texture en bouche présentent des valeurs plus faibles, suggérant une intensité moindre pour ces attributs.

La compote 467 présente un profil sensoriel différent, avec des valeurs élevées pour la couleur et la texture en bouche, indiquant une intensité importante pour ces descripteurs. Les valeurs pour l'odeur, la sucrosité, l'acidité et la consistance sont moyennes, suggérant une intensité modérée pour ces derniers.

La compote 534 se distingue par une valeur élevée pour la couleur, indiquant une intensité importante pour ce descripteur. Les valeurs pour l'odeur et la texture en bouche sont moyennes, tandis que celles pour la sucrosité, l'arôme, l'acidité et la consistance sont faibles, suggérant une intensité moindre pour ces attributs.

### II.4.3. Analyse en composante principale (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode statistique qui permet d'analyser et de visualiser des données multivariées, c'est-à-dire des données décrites par plusieurs variables quantitatives **Charlotte Baey (2019)**

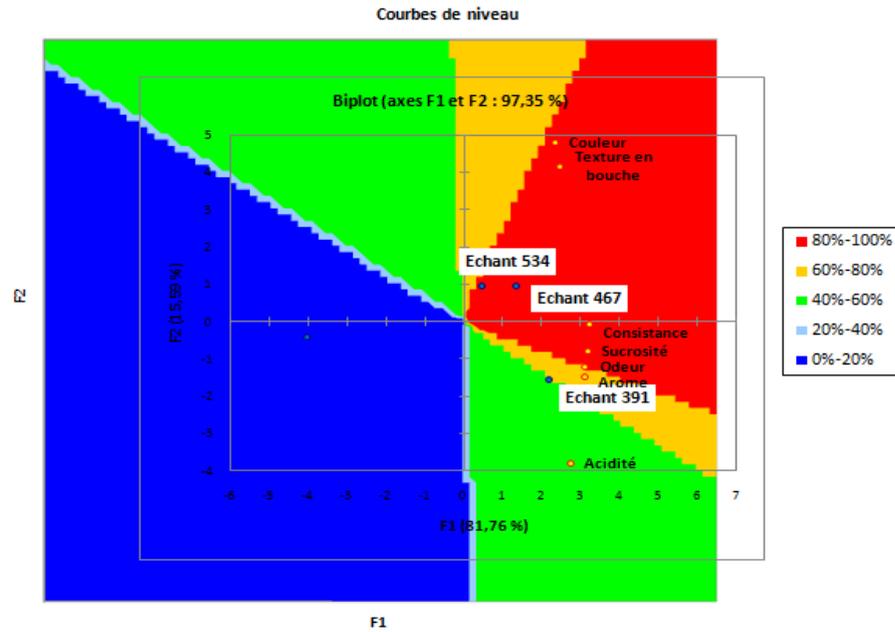


**Figure 19** : Corrélacion entre les variables et facteurs

La représentation graphique obtenue (**Figure 19**) présente une qualité satisfaisante, expliquant 97,35 % de la variance totale. L'analyse révèle que le panel d'experts a réussi à discriminer les échantillons 534, 467 et 391 en fonction de deux axes de variation principaux : d'une part, la couleur et la texture en bouche, qui caractérisent les échantillons préparés, et d'autre part, la consistance, la sucrosité, l'odeur, l'arôme et l'acidité, qui sont spécifiques à l'échantillon industriel.

### II.4.4. Cartographie des préférences (PREFMAP)

Une carte de préférence (PREFMAP) a été créée (**Figure 20**) sur XL STAT après avoir regroupé les consommateurs selon leurs préférences en effectuant une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et une Analyse en Composantes Principales (ACP) à partir des données du panel expert. Cette carte permet de relier les préférences aux caractéristiques sensorielles des produits exprimés par les panélistes. Cette carte est importante car elle permet aux équipes marketing et recherche et développement adapter les produits aux goûts des consommateurs (**Addinsoft, 2013**).



**Figure 20:** Carte des préférences des compotes analysées

Selon la **Figure 20**, l'échantillon le plus préféré par les panelistes est la compote 467 (Préparation 2) qui est appréciée par 100 % des panelistes; suivi par la compote 534 (Préparation1) avec 80% de préférences et enfin par la compote 391 avec 60% des préférences qui est la moins appréciée, essentiellement à cause de son acidité, sucrosité, arôme et odeur intenses.

# *Conclusion*

## Conclusion

Ce présent travail d'élaboration d'une compote de carottes et de pommes a permis de mettre en évidence la synergie potentielle entre les carottes et les pommes, deux ingrédients riches en nutriments et en composés bioactifs, à travers l'élaboration d'une compote innovante. Après plusieurs essais, la recette optimale a été identifiée comme étant l'échantillon 8, qui a présenté les meilleurs résultats d'analyse.

Les analyses physico-chimiques ont révélé que la compote obtenue présente une composition équilibrée, caractérisée par une teneur en eau adéquate (96,36%), un taux de sucres de 14,5° Brix, et une concentration en minéraux satisfaisante, avec un pH favorable de 4,66 et une viscosité intéressante de 5. Les résultats microbiologiques ont confirmé l'efficacité des procédés de préparation et de cuisson pour assurer la sécurité sanitaire du produit, en éliminant les microorganismes pathogènes potentiels et en réduisant la charge microbienne à des niveaux acceptables.

L'analyse phytochimiques a mis en évidence la présence de divers composés antioxydants, notamment des flavonoïdes (23 mg EQ/g MF), des caroténoïdes (18,99 mg Eq  $\beta$ -carotène/100g MF) et des polyphénols (13,52 mg EAG/100g MF), qui confèrent à la compote des propriétés bénéfiques pour la santé. La combinaison de carottes et de pommes enrichit la compote en vitamines (vitamine C) et en minéraux, renforçant ainsi sa valeur nutritionnelle.

Enfin, l'évaluation sensorielle a montré une bonne acceptabilité du produit par les consommateurs, avec des scores élevés en termes de goût, de texture et d'arôme, et un pourcentage de 70% des jury experts. La compote de carottes et de pommes se distingue par sa saveur agréable, son aspect visuel attractif et sa consistance idéale, ce qui en fait un produit alimentaire innovant et prometteur.

En conclusion, cette étude démontre que la compote de carottes et de pommes constitue un produit alimentaire innovant et sain, répondant aux attentes des consommateurs en matière de nutrition et de plaisir gustatif. Les résultats obtenus ouvrent la voie à des développements futurs pour l'optimisation des procédés de production et la diversification des formulations, afin de maximiser les bénéfices pour la santé et la satisfaction des consommateurs.

Des recherches supplémentaires seraient nécessaires pour optimiser les procédés de fabrication, en explorant différentes méthodes de cuisson, afin d'améliorer encore la qualité nutritionnelle et sensorielle de la compote. En outre, des études à long terme sur la conservation

sont nécessaires pour évaluer la stabilité à long terme des nutriments de la compote au fil du temps, ce qui permettrait d'optimiser les procédés de fabrication et de conservation.

***Références  
bibliographiques***

# Références bibliographiques

## A

- AFNOR. (1986). Jus de fruits et de légumes : spécification et méthodes d'analyse. 2<sup>ème</sup> éd, Tour Europe, Paris, 155 p
- Akhmedov, M. E., Demirova, A. F., Rakhmanova, M. M., Asimova, F. S., & Hajibeyova, I. A. (2021, November). Technology of Apple Compote Production for Baby Food with a High Content of Natural Ingredients. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 941, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
- Akter, J., Hassan, J., Rahman, M.M., Biswas, M.S., Khan, H.I., Rajib, M.M.R., Ahmed, M.R., Khan, M.N.-E.-A., Hasan, M.F.A., 2024. Colour, nutritional composition and antioxidant properties of dehydrated carrot (*Daucus carota* var. *sativus*) using solar drying techniques and pretreatments. *Heliyon* 2024 Vol. 10 Issue 2.
- Al Daccache, M., Koubaa, M., Maroun, R.G., Salameh, D., Louka, N., Vorobiev, E., 2020. Impact of the physicochemical composition and microbial diversity in apple juice fermentation process: A Review. *Molecules* 25, 3698.
- Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P., Shahidi, F., Wiktorowicz, R., 2005. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. *Food Chemistry* 89, 69-76.
- Albagnac, G., Varoquaux, P., Montigaud, J.-C., 2002. Technologies de transformation des fruits. *Tec & doc* 79.
- Amiot-Carlin, M. J., Babot-Laurent, C., & Tourniaire, F. (2007). 3.1 Plant Pigments as Bioactive Substances. *Food colorants: chemical and functional properties*, 127.
- Ampomah-Dwamena, C., Bhargava, N., Tomes, S., Lin-Wang, K., Elborough, C., Deng, C.H., Rebstock, R., 2022. Elevating fruit carotenoid content in apple (*Malus x domestica* Borkh), *Methods in Enzymology*, Elsevier, pp. 63-98.
- Anonyme 1 : Photographie de la carotte <https://blog.kokopelli-semences.fr/2016/04/carottes/>
- Aubert, C., Bruaut, M., Chalot, G., 2022. Spatial distribution of sugars, organic acids, vitamin C, carotenoids, tocopherols, 6-methoxymellein, polyacetylenic compounds, polyphenols and terpenes in two orange Nantes type carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 108, 104421.

## B

- Banigo, E., Kiin-Kabari, D., Owuno, F., 2015. Physicochemical and sensory evaluation of soy/carrot drinks flavoured with beetroot. *African Journal of Food Science and Technology* 6, 136-140.

- Baranski, R., Allender, C., Klimek-Chodacka, M., 2012. Towards better tasting and more nutritious carrots: Carotenoid and sugar content variation in carrot genetic resources. *Food research international* 47, 182-187.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P., 2009. Legumes. *Food chemistry*, 746-769.
- Bloesch, B., Viret, O., 2013. Stades phénologiques repères des fruits à pépins (pommier et poirier). *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture* 45, 128-131.
- Boizot, N., Charpentier, J.-P., 2006. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, In: Numéro spécial, 79-82
- Botineau, M., 2010. Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. *Tec & doc* 39, 45.
- Boudad, H., Adiba, A., Haddioui, A., Mentag, R., El Fazazi, K., Najjari, S., Charafi, J., 2024. Investigation of Yield and Pomological Attributes of a Moroccan ex-situ Collection of Apple Varieties (*Malus domestica* Borkh.). *Agriculturae Conspectus Scientificus* 89, 194-207.
- Bougatef, A., Hajji, M., Balti, R., Lassoued, I., Triki-Ellouz, Y., Nasri, M., 2009. Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. *Food Chemistry* 114, 1198-1205.
- Bourgeois, C.F., 2003. Les vitamines dans les industries agroalimentaires. *Tec & Doc* 693, 38-39.
- Boyer, J., & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition journal*, 3, 1-15.

## C

- Chevalier, M., Zarzo-Arias, A., Guélat, J., Mateo, R.G., Guisan, A., 2022. Accounting for niche truncation to improve spatial and temporal predictions of species distributions. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10 <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.944116>
- Cheynier, V., 2005. Polyphenols in foods are more complex than often thought. *The American journal of clinical nutrition* 81, 223S-229S
- Colin-Henrion, M., Mehinagic, E., Renard, C.M., Richomme, P., Jourjon, F., 2009. From apple to applesauce: Processing effects on dietary fibres and cell wall polysaccharides. *Food Chemistry* 117, 254-260.

## D

- Delahaye, T., Vin, P., 1997. *Le pommier*. 1er Edition ACTES SUD. Paris. 88p.

Décamps, H., Lafont, M., 1974. Cycles vitaux et production des *Micrasema* Pyrénéennes dans les mousses d'eau courante [trichoptera, brachycentridae], *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, EDP Sciences, pp. 1-32.

Demirova, A. F., Akhmedov, M. E., Alibekova, M. M., Daudova, T. N., Omarov, M. M., & Abdulkhalikov, Z. A. (2018). Perfection of the Technology for Production of Canned Apple Compotes Using Secondary Resources and Intensive Sterilization Regimes. *Russian agricultural sciences*, 44, 485-489.

DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.t., Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry* 28, 350-356.

Dulf, F.V., Vodnar, D.C., Dulf, E.-H., 2023. Solid-state fermentation with Zygomycetes fungi as a tool for biofortification of apple pomace with  $\gamma$ -linolenic acid, carotenoid pigments and phenolic antioxidants. *Food Research International* 173, 113448.

Dupaigne, P., Deullin, R., 1986. La normalisation internationale des fruits et légumes. *Fruits* 21, 122-125.

## F

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2022.2021

Feliciano, R.P., Antunes, C., Ramos, A., Serra, A.T., Figueira, M., Duarte, C.M., de Carvalho, A., Bronze, M.R., 2010. Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal. Part 1–Nutritional, phytochemical and sensory evaluation. *Journal of functional foods* 2, 35-45.

GGautier, H., Diakou-Verdin, V., Bénard, C., Reich, M., Buret, M., Bourgaud, F., Poëssel, J.L., Caris-Veyrat, C., Génard, M., 2008. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 1241-1250.

Georgé, S., Brat, P., Alter, P., Amiot, M.J., 2005. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and food chemistry* 53, 1370-1373.

Gradziel, T.M., Pereira-Lorenzo, S., Ramos-Cabrer, A., Fischer, M., 2009. Breeding apple (*Malus x domestica* Borkh). *Breeding plantation tree crops: temperate species*, 33-81.

Guiheneuf, B., Véhel, J.L., 1998. 2-microlocal analysis and application in signal processing, *International Wavelet Conference*.

Guillot, J., Gonnet, J., Clement, C., Faccini, J., 1983. Comparative study of methods chosen by the Association Francaise de Normalisation (AFNOR) for evaluating sensitizing potential in the albino guinea-pig. *Food and Chemical Toxicology* 21, 795-805.

Guiraud, J., Galzy, P., 1980. L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.1980.00376.x>

## H

- Haddadi-Guemghar, H., Janel, N., Dairou, J., Remini, H., Madani, K., 2014. Optimisation of microwave-assisted extraction of prune (*P. runus domestica*) antioxidants by response surface methodology. *International journal of food science & technology* 49, 2158-2166.
- Holland, B., McCance, R.A., Widdowson, E.M., Unwin I., Buss, D., 1991. Vegetables, herbs and spices: Fifth supplement to McCance and Widdowson is The Composition of Foods. Royal Society of Chemistry 163p ISBN 0851863760, 9780851863764

## J

- JORA 2013 Journal Officiel de la République Algérienne n° 54 Correspondant au 27 octobre 2013

## K

- Karima, S., 2015. Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de *Carthamus caeruleus* L. et de *Plantago major* L, thèse de doctorat en microbiologie. Université Ferhat Abbas 1. p43.
- Kebbab, R., 2014. Etude du pouvoir antioxydant des polyphénols issus des margines d'olives de la variété Chamlal: Evaluation de l'activité avant et après déglycosylation, Université Mouloud Mammeri mémoire de magister 117 p .
- Kjellenberg, L., Johansson, E., Gustavsson, K.-E., Olsson, M.E., 2010. Effects of harvesting date and storage on the amounts of polyacetylenes in carrots, *Daucus carota*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 11703-11708.
- Krieger, J., Higgins, D.L., 2002. Housing and health: time again for public health action. *American Journal of Public Health* 92, 758-768.
- Kochar, G., Sharma, K., 1992. Fibre content and its composition in commonly consumed Indian vegetables and fruits *Journal of Food Science and Technology (Mysore)* 29(3): 187-188
- .

## L

- Lauri, P.-E., 2007. Architecture de l'arbre fruitier-de la morphologie des plantes à l'agronomie, Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc HAL Id: tel-00377121.
- Lester, G.E., 2006. Environmental regulation of human health nutrients (ascorbic acid,  $\beta$ -carotene, and folic acid) in fruits and vegetables. *HortScience* 41, 59-64.

## M

- Markakis, P., 1982. Stability of anthocyanins in foods. *Anthocyanins as food colors* 163, 180.
- Mau, J.-L., Tsai, S.-Y., Tseng, Y.-H., Huang, S.-J., 2005. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food Chemistry* 93, 641649.
- Mendonça, H. F. (2001). Metas de inflação: uma análise preliminar para o caso brasileiro. *Economia Aplicada*, 5(1), 129-158.
- Mészáros, M., Scháňková, K., Bílek, T., Vávra, A., Náměstek, J., 2024. The impact of the tree performance and water balance characteristics on nutritional status of apple trees. *Scientia Horticulturae* 329, 113006.
- Micard, V., Renard, C., Thibault, J.-F., 1996. Enzymatic saccharification of sugar-beet pulp. *Enzyme and Microbial Technology* 19, 162-170.
- Millet, P., Weiss, P., 2009. Propriétés physiques des matériaux dentaires. *Société Francophone de Biomatériaux Dentaires Université Médicale Virtuelle Francophone* 12, 22.
- Mohammedi, Z., 2021. Allelopathic activity of thymol on seeds germination and effect on seedling properties at the non-allelopathic dose. *American Journal of Essential Oils and Natural Products* 9, 1-5. ISSN: 2321-9114
- Mousavi, Z., Bayat, M., Feng, W., 2024. Machine Learning Models for Predicting Shear Wave Velocity of Soils, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, p. 012039.
- Moulick, S.P., Jahan, F., Islam, M.B., Al Basher, M., Hasan, M.S., Islam, M.J., Ahmed, S., Karmakar, D., Ahmed, F., Saha, T., 2023. Nutritional characteristics and antiradical activity of turmeric (*Curcuma longa* L.), beetroot (*Beta vulgaris* L.), and carrot (*Daucus carota* L.) grown in Bangladesh. *Heliyon* 9 issue 11 e21495.

## N

- Naczka, M., Shahidi, F., 2003. Phenolic compounds in plant foods: chemistry and health benefits. *Preventive Nutrition and Food Science* 8, 200-218.
- Nahar, L., Alsheikh, W., Ritchie, K.J., Sarker, S.D., 2024. Naturally occurring eugenin: Biosynthesis, distribution, bioactivity, and therapeutic potential. *Phytochemistry Letters* 61, 191-197.
- Nelson, S.D., 2011. *Agriculture et Agroalimentaire Canada*. *Geomatica* 65, 49-51.
- Nerinckx, P., 2002. Belgian fruits: health fruits Vol. 70, No. 500, 185-188.
- Nikolić, S., Mojović, L., Rakin, M., Pejin, D., Pejin, J., 2010. Ultrasound-assisted production of bioethanol by simultaneous saccharification and fermentation of corn meal. *Food Chemistry* 122, 216-222.

## P

- Pandey, P., Grover, K., 2020. Characterization of black carrot (*Daucus carota* L.) polyphenols; role in health promotion and disease prevention: An overview. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9, 2784-2792.
- Péron, J., 2008. *Références productions légumières 2ème édition*. Edition Lavoisier. 613p. Picault S, 36-40.
- Perrin, F., Dubois-Laurent, C., Gibon, Y., Citerne, S., Huet, S., Suel, A., Le Clerc, V., Briard, M., Hamama, L., Peltier, D., 2017. Combined *Alternaria dauci* infection and water stresses impact carotenoid content of carrot leaves and roots. *Environmental and experimental botany* 143, 125-134

## R

- Ran, J., Su, Y., Wang, P., Yang, W., Li, R., Jiao, L., Zhao, R., 2023. Effect of *Lactobacillus acidophilus* fermentation on bioaccessibility: The relationship between biotransformation and antioxidant activity of apple polyphenols based on metabolomics. *LWT* 190, 115360.
- Reduron, J.-P., 2007. *Ombellifères de France*. Société Botanique du Centre-Ouest de Genève 1099e séance, conférence.
- Reid, D.S., 2003. Traditional Indirect Methods for Estimation of Water Content: Measurement of Brix. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* 10, A1. 4.1-A1. 4.5.
- Reisch, L.A., Sunstein, C.R., Gwozdz, W., 2017. Beyond carrots and sticks: Europeans support health nudges. *Food Policy* 69, 1-10.
- Richardson, A., Marsh, K., Boldingh, H., Pickering, A., Bulley, S., Frearson, N., Ferguson, A., Thornber, S., Bolitho, K., Macrae, E., 2004. High growing temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwifruit. *Plant, Cell & Environment* 27, 423-435
- Ribéreau-Gayon, P., Gautheret, R.-J., 1968. Les composés phénoliques des végétaux. *Botanical chemistry*, 239 :232-242.
- Renard, C.M., Baron, A., Guyot, S., Drilleau, J.-F., 2001. Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: quantification and some consequences. *International Journal of Biological Macromolecules* 29, 115-125.
- Reyes García, M.M., Gómez-Sánchez Prieto, I., Espinoza Barrientos, C.M., 2017. *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Instituto Nacional de Salud 9 ed; 119 p.
- Rofaida, S., 2019. Effet de différentes doses de fertilisants (fumier des ovins) sur la production et la rentabilité de carotte (*Daucus carota* L.) Université Mohamed Khider de Biskra .

## S

- Semadi, A., 1988. Study of the response of the main apple varieties grown in Algeria in different climatic regions. An attempt to define zones suitable for apple cultivation *Annales de l'Institut National Agronomique El-Harrach*, Vol. 12, No. 1, T2, 463-492 réf. 13.

- Silici, S., Sagdic, O., Ekici, L., 2010. Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of *Rhododendron* honeys. *Food Chemistry* 121, 238-243.
- Shah, Y.A., Shah, M., Malook, K., Khan, A., Ali, M., 2023. Fabrication and characterizations of ultra-sensitive capacitive/resistive humidity sensor based on CNT-epoxy nanocomposites. *Journal of Materials Science* 58, 17211-17224.
- Soto-Zamora, G., Yahia, E.M., Brecht, J.K., Gardea, A., 2005. Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *LWT-Food Science and Technology* 38, 657-663.
- Staniszewska, M., Kula, J., Wieczorkiewicz, M., Kusewicz, D., 2005. Essential oils of wild and cultivated carrots—the chemical composition and antimicrobial activity. *Journal of Essential Oil Research* 17, 579-583.

## T

- Tan, E., Barton, A.C., 2008. Unpacking science for all through the lens of identities-in-practice: The stories of Amelia and Ginny. *Cultural Studies of Science Education* 3, 43-71.
- Tantray, A.M., 2023. Master of Technology in Agricultural Engineering (Soil and Water Engineering) Certified Thesis Submitted to College of Agricultural Engineering and Technology Faculty of Horticulture Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology of Kashmir.
- Tchango Tchango, J., 1996. Qualité microbiologique des jus et nectars de fruits exotiques: croissance et thermorésistance des levures d'altération, Thèse de doctorat en Microbiologie. Lille 1, 217p
- Torres, C.A., Andrews, P.K., Davies, N.M., 2006. Physiological and biochemical responses of fruit exocarp of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) mutants to natural photo-oxidative conditions. *Journal of experimental botany* 57, 1933-1947.
- Turk, M., 2010. Vers une amélioration du procédé industriel d'extraction des fractions solubles de pomme à l'aide de technologies électriques, Thèse de doctorat Université de Technologie de Compiègne

## U

- Uzoigwe, N.E., Nwifo, C.R., Nwankwo, C.S., Ibe, S.N., Amadi, C.O., Udujih, O.G., 2021. Assessment of bacterial contamination of beef in slaughterhouses in Owerri zone, Imo state, Nigeria. *Scientific African* 12, e00769.

## V

- Valois, S., Merwin, I.A., Padilla-Zakour, O.I., 2006. Characterization of fermented cider apple varieties grown in upstate New York. *J. Am. Pomol. Soc* 60, 113-128.

Volk, G.M., Cornille, A., Durel, C.-E., Gutierrez, B., 2021. Botany, taxonomy, and origins of the apple. *The apple genome*, 19-32.

## W

Wang, J., Wang, C., Wu, J., 2024. Characterization of Contact Pressure Distribution and Bruising Prediction of Apple under Compression Loading. *Processes* 12, 543.

Wood, R.M., de Freitas, S.T., Argenta, L.C., Neuwald, D.A., 2024. Influence of pre-harvest calcium application on the concentration and distribution of ascorbic acid and mineral content in apple cultivars at harvest and during storage. *Postharvest Biology and Technology* 214, 112979.

## Z

Zeng, S., Zhang, Z., Cheng, X., Cai, X., Cao, M., Guo, W., 2024. Prediction of soluble solids content using near-infrared spectra and optical properties of intact apple and pulp applying PLSR and CNN. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 304, 123402.

Zhang, D., Hamazu, Y., 2004. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment* 2, 95-100.

Zhang, Q., Tan, S., McKay, A., Yan, G., 2005. Carrot browning on simulated market shelf and during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 16-20.

# ***Annexes***

## Annexe 01

### Notions sur l'entreprise Agrana

#### Présentation de l'usine

Agrana est une entreprise spécialisée dans la transformation fruitière de deuxième transformation. Elle fabrique des produits semi-finis qui sont ensuite fournis à diverses industries, notamment les producteurs de produits laitiers, les fabricants de boissons et les fabricants de biscuits.

#### II.1.2 Situation géographique

Agrana dispose de 4 localisations principales pour couvrir le marché africain :

- Taharacet, Akbou
- Le Caire
- Johannesburg
- Istanbul

#### II.1.3. Historique

En 2008, Elafruits est créée dans le cadre d'une collaboration entre Algérie et Portugal (Frulact Algérie) afin de devenir entièrement algérienne en 2014. Elafruits possède la certification "FSSC 22000", une certification mondiale reconnue qui renforce les normes ISO existantes dans ce domaine.

Le 2 juillet 2018, Elafruits est rachetée à 49% par le groupe autrichien Agrana. Puis, en janvier, 100% Agrana. Actuellement, la production de l'unité de production située à Akbou s'élève à environ 5000 tonnes par an. Grâce à ce partenariat, la capacité de 3 lignes de production passera à 15000 tonnes par an.

Le tableau ci-dessous illustre l'évolution de l'entreprise Agrana en fonction des acquisitions et des modifications de nom..

**Tableau 1** : Historique d'Agrana Fruit

<b>1964</b>	AGRANA FRUIT a été fondée en 1965 à Mityr-Mory (France) et a créé en France le domaine de la préparation de fruits pour yaourt. A travers divers actionnaires, AGRANA a développé un réseau d'une vingtaine de filiales dans le monde qui livre des préparations de fruits à des clients locaux ou internationaux
-------------	---

<b>2004</b>	Contrat de rachat d'ATYS signé entre BCP et AGRANA, un des leaders de l'Agro-alimentaire en Autriche
<b>2006</b>	AGRANA devient actionnaire à 100% du groupe ATYS. AGRANA fusionne ses différentes sociétés produisant des préparations de fruits (ATYS, STEIEROBST et DSF) en une division AGRANA Fruit.
<b>2016</b>	AGRANA Fruit entre dans le marché Indien en rachetant les parts de Saikrupa Pvt. Ltd
<b>2018</b>	AGRANA Fruit s'installe sur le marché Algérien en rachetant 49% des parts de la société Elafruits SPA

## II.2. Gamme de produits

### II.2. 1. La matière première

#### ➤ Les fruits

⇒ Surgelé : sont à des températures entre -19°C et -40°C exemple : la pêche, la fraise, cerise, abricot.

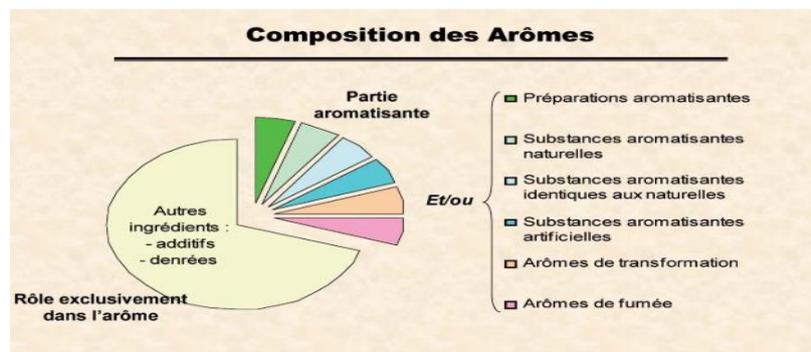
⇒ Aseptique : comme l'ananas qui sont présentés dans des boîtes métalliques aseptiques, la poire, purée de fraise.

⇒ Fruits secs : les amandes, les figes, les dates, pruneaux... etc.

#### ➤ Les arômes

⇒ Les arômes ont donc une fonction organoleptique. Ce sont des substances d'addition ajoutées volontairement aux denrées alimentaires pour restaurer une note aromatique ou bien en conférer une à une denrée qui n'en a pas particulièrement au départ.

⇒ Aromes utilisés : mangues, pêche, oranges ...



**Figure** composition des arômes

#### ➤ Les additifs

⇒ ce que l'on ajoute volontairement à l'aliment souverain (1979), substance incorporée pour conférer ou maintenir une caractéristique, une propriété recherchée. Intégration

volontaire. Différence entre additifs et contaminants. - une notion une définition de l'additif alimentaire. - une organisation Divers critères interviennent dans cette définition avec, à la base, un même concept. Une substance ajoutée à l'aliment volontairement en vue d'une démarche précise dans différents domaines (organoleptique, nutritionnel par exemple).

⇒ Les additifs utilisés fréquemment utilisé sont : la soubatte pour conservation, stabilisants comme la pectine,

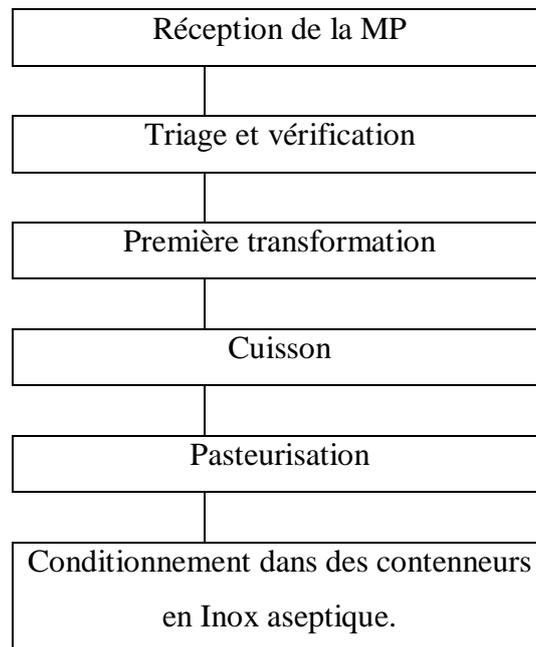
### II.3. Production

L'usine dispose de 2 lignes de productions.

Il existe plusieurs procédés de transformations des préparations fruitières que fait l'entreprise ça peut être

- a) Des purées de fruits,
- b) Compotes,
- c) Additif de yaourts,
- d) Concentré de fruits ...etc.

Ci-dessus on a choisi un procédé d'un des produits que fait l'entreprise :



**Figure 3 :** Le procédé de fabrication régulier.

## Annexe 02

### Questionnaire d'analyse sensorielle d'une compote de légume (panel expert)

Sexe : F ou M

Date :.....

Age : .....

Dans l'objectif de réaliser une caractérisation sensorielle d'une compote de légumes, 3 échantillons sont présentés. Il vous est demandé de les goûter successivement et d'évaluer les caractéristiques suivantes : couleur, acidité, sensation en bouche (arôme, sucre, acidité...) et texture.

**NB** : rincez la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

⇒ Attribuez une note de 1 à 5 pour chaque échantillon comme ci présenté :

#### ■ Couleur

A/ Comment trouvez vous la couleur de cette compote ?

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

Echantillon	534	467	391
Note			

#### ■ Odeur

A / Comment trouvez vous l'odeur de la compote ?

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

Echantillon	534	467	391
Note			

#### ■ Sensation en bouche

- Gout sucré

A / Comment trouvez-vous le taux de sucre de la compote ?

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

Echantillon	534	467	391
Note			

- Arome

A / Comment trouvez vous l'arome du produit ?

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

Echantillon	534	467	391
Note			

B / Pouvez-vous identifier l'arôme le plus dominant

1. Non identifié
2. Carotte
3. Citrouille
4. Pomme
5. Citron
6. Autres

- Acidité

A / comment trouvez-vous l'acidité de la compote

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

Echantillon	534	467	391
Note			

■ **Texture en bouche**

A / comment trouvez-vous la texture du produit

1. Très granuleuse
2. Granuleuse
3. Moyennement granuleuse
4. Lisse
5. Très lisse

Echantillon	534	467	391
Note			

■ **Consistance**

1. Trop liquide
2. Liquide
3. Moyen
4. Visqueux
5. Trop visqueux

Echantillon	534	467	391
Note			

■ **Préférence générale**

Donnez une note de préférence de la compote de 1 à 9

1. Extrêmement désagréable
2. Très désagréable
3. Désagréable
4. Assez désagréable
5. Ni désagréable ni agréable
6. Faiblement agréable
7. Agréable
8. Très agréable
9. Extrêmement agréable

Echantillon	534	467	391
Note			

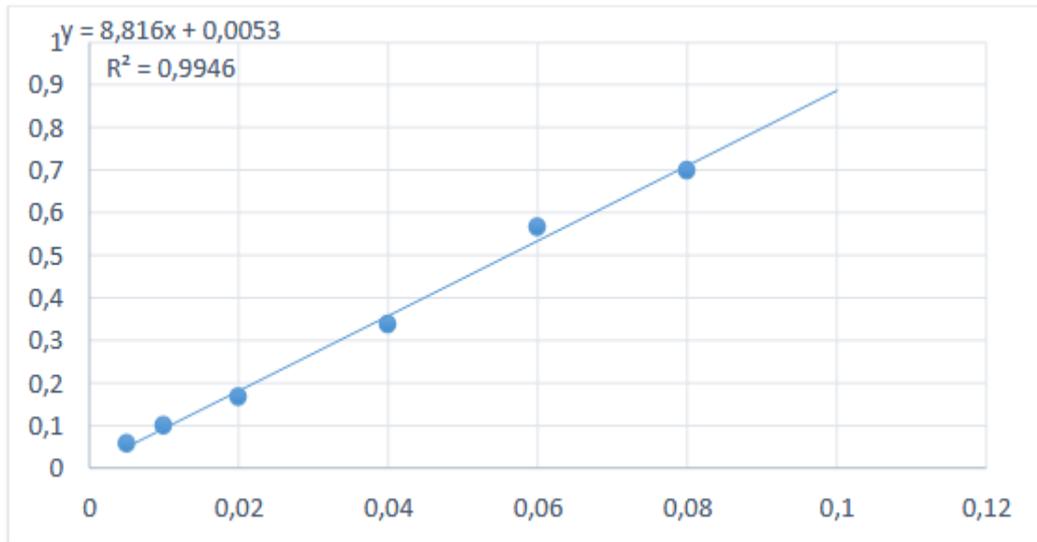
⇒ Avis personnel :

.....  
.....  
.....

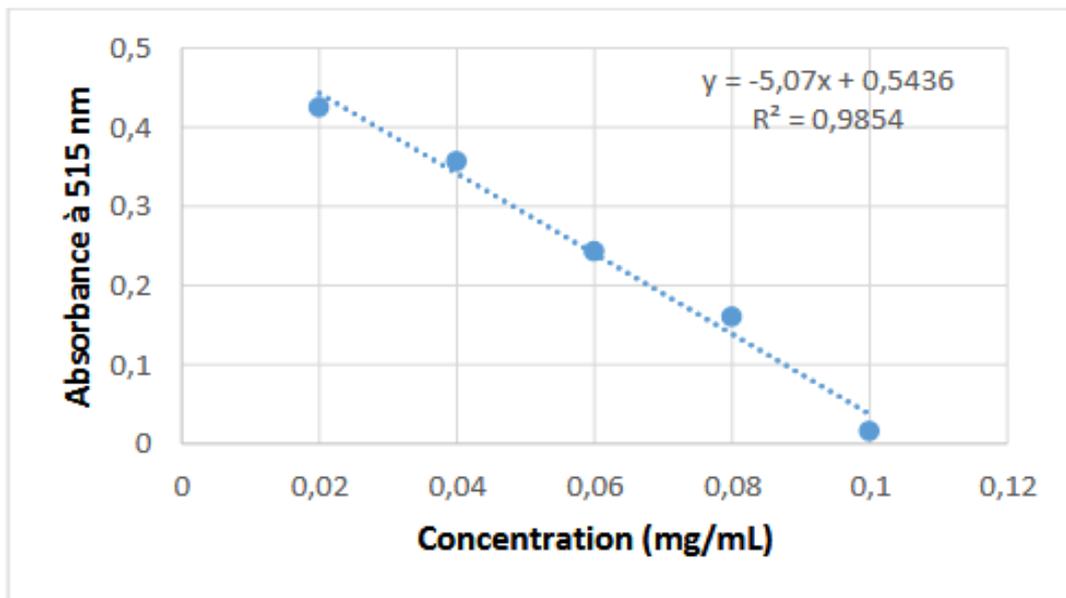
Merci

### Annexe 03

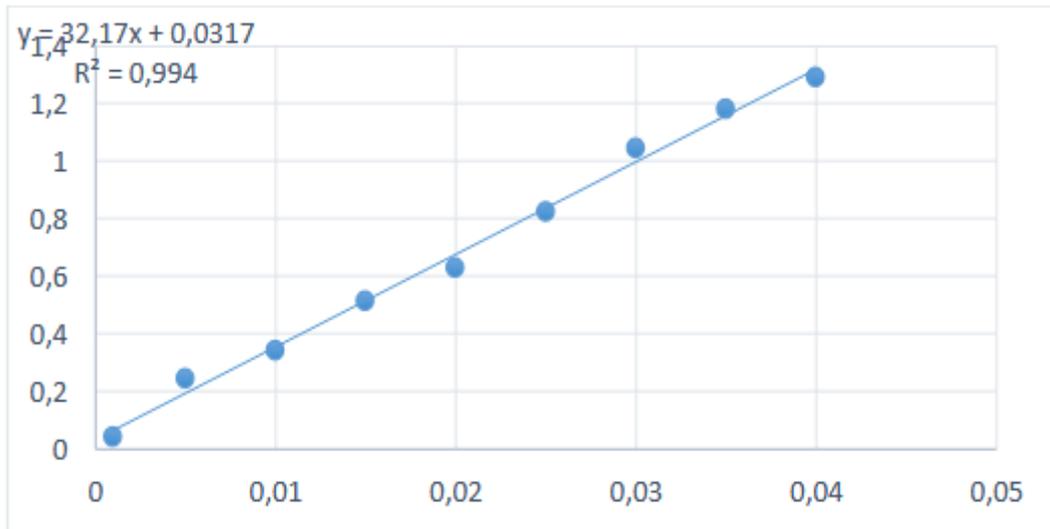
#### ■ Courbes d'étalonnage pour les analyses phyto-chimiques



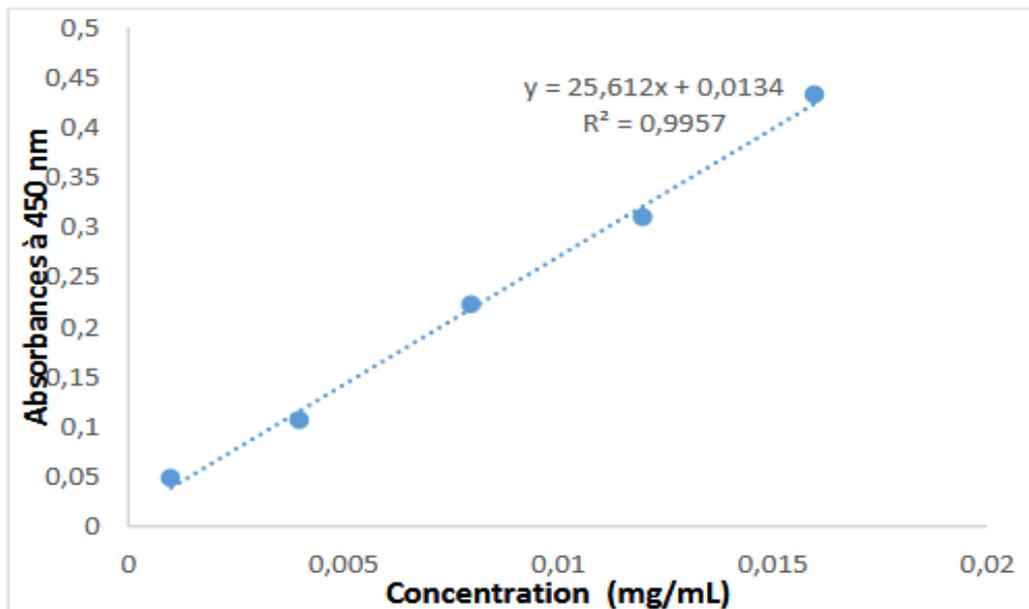
**Figure 01** : Courbe d'étalonnage polyphénols totaux en mg Eq Acide Gallique /100g MF.



**Figure 02** : Courbe d'étalonnage de la vitamine C en mg/ml.

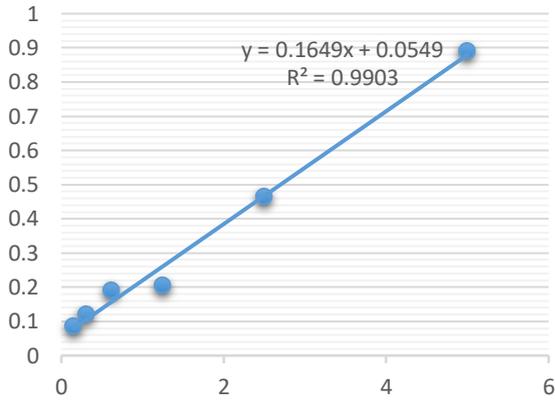


**Figure 03 :** Courbe d'étalonnage des flavonoïdes utilisant la quercétine en mg EQ/g MF

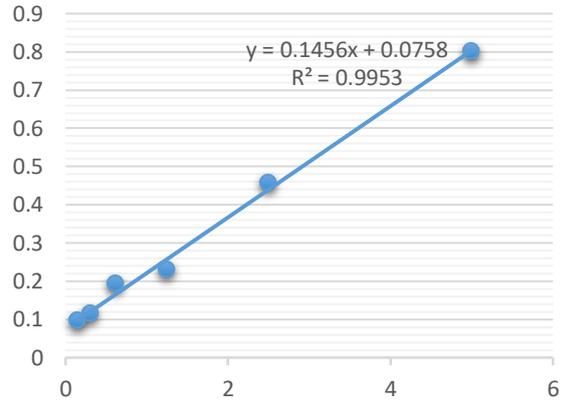


**Figure 04 :** Courbe d'étalonnage du dosage des caroténoïdes en mg/ml.

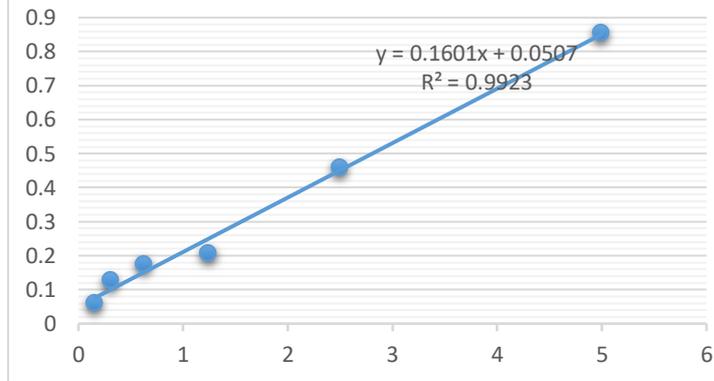
### essai 01 pomme



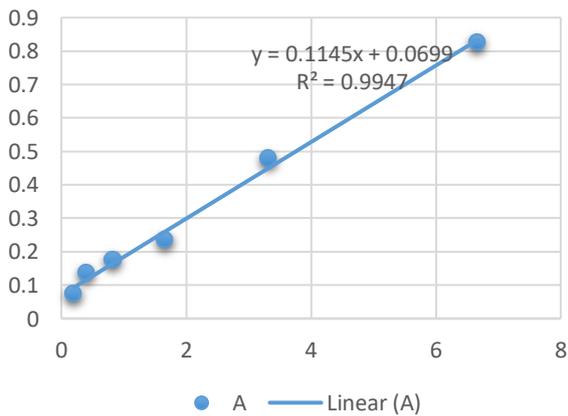
### essai 02 pomme



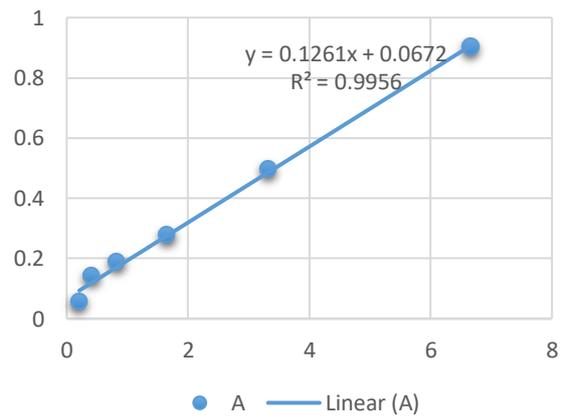
### essai 03 pomme

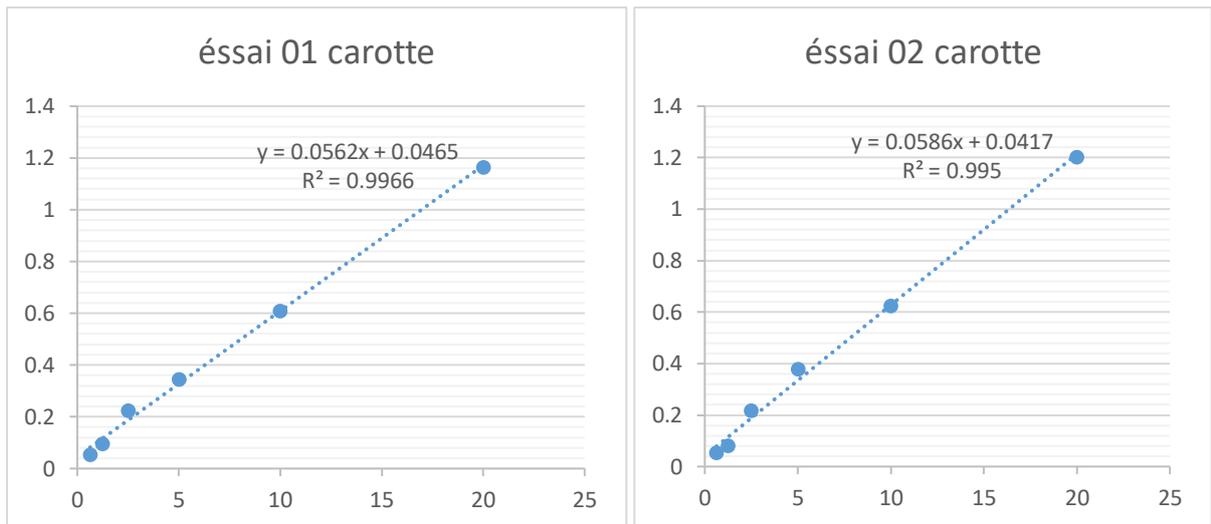


### essai 01 produit 8



### essai 02 produit 8

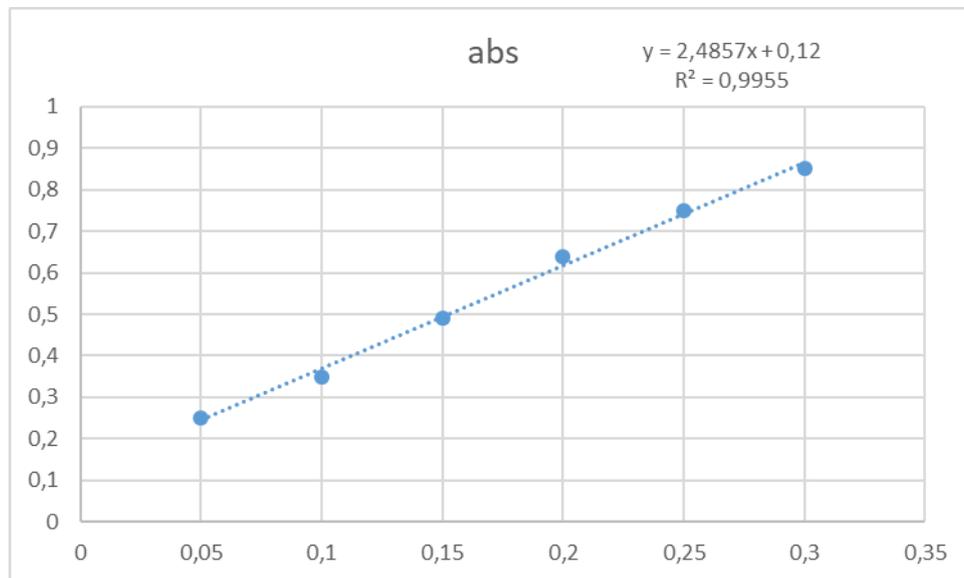




**Figure 05 :** les courbes d'étalonnage du pouvoir réducteur de la pomme, la carotte, et de l'échantillon 8.

#### Annexe 04

##### ■ Courbes d'étalonnage pour les analyses physico-chimiques



**Figure 06 :** Courbe d'étalonnage des sucres totaux en mg EQ D-Glucose/g.

## Résumé

Ce travail de recherche a pour objectif l'élaboration d'une compote mixte carotte-pomme, visant à valoriser ces deux ingrédients et à remplacer la pectine industrielle par la pomme, afin d'obtenir un produit alimentaire sain. Les résultats d'analyses physico-chimiques ont révélé que la compote obtenue présente un pH de 4,66, un taux de sucres de 14,5° Brix, une viscosité de 5, un taux de cendre de 0,44%, une humidité de 96,37% et une teneur en sucre de 21,32 mg EQ D-G/g. Les analyses phytochimiques ont mis en évidence la présence de composés bioactifs tels que les polyphénols totaux (13,52 mg EAG/100 g MF), les flavonoïdes (22,69 mg EQ/g MF), les caroténoïdes (18,99 mg Eq  $\beta$ -carotène/100g) et la vitamine C (25,39 mg EAA/g MF). De plus, l'activité antioxydante de la compote a été évaluée par le test au phosphomolybdate et a donné une IC<sub>50</sub> de 3,59 mg/mL. Les analyses microbiologiques ont confirmé que la compote répond aux normes de sécurité alimentaire, avec des résultats satisfaisants pour les coliformes totaux, la flore totale aérobie mésophile, les levures et les moisissures. Enfin, l'évaluation sensorielle a montré que la compote a obtenu un degré d'appréciation de 81,76% chez les experts.

**Mots clés :** pomme ; carotte ; compote ; analyses phytochimiques ; analyses microbiologiques ; analyses sensorielles.

## Abstract

This research work aimed to develop a mixed carrot-apple compote, in order to enhance these two ingredients and replace industrial pectin with apple, to obtain a healthy food product. The results of physicochemical analysis revealed that the compote obtained has a pH of 4.66, a sugar level of 14.5° Brix, a viscosity of 5, an ash level of 0.44%, humidity of 96.37% and a sugar content of 21.32 mg QE D-G/g. Phytochemical analysis highlighted the presence of bioactive compounds such as total polyphenols (13.52 mg GAE/100 g FM), flavonoids (22.69 mg QE/g FM), carotenoids (18.99 mg  $\beta$ -carotene Eq /100 g FM) and vitamin C (25.39 mg AAE/g MF). In addition, the antioxidant activity of the compote was evaluated by the phosphomolybdate test and gave an IC<sub>50</sub> of 3.59 mg/mL. Microbiological analyzes confirmed that the compote meets food safety standards, with satisfactory results for total coliforms, total aerobic mesophilic flora, yeasts and molds. Finally, the sensory evaluation showed that the compote obtained a level of appreciation of 81.76% among the experts.

**Keywords:** apple; carrot; compote; phytochemical analysis; microbiological analysis; sensory analysis.