



République algérienne démocratique et populaire
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
Faculté des Sciences de La Nature et de La Vie
Département d'Agronomie



Mémoire

De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Production végétale

Présenté Par :

Bendali Chaïmaa

Sous le thème :

*Étude de l'effet de la variété sur les propriétés physico-chimiques
et microbiologiques des pommes commerciales
(Cas des variétés : Red Delicious, Granny Smith et Golden Delicious)*

Soutenu le 26 /06/2025

Devant le jury composé de :

Président	Dr. Boualem Abdelkader	MCA, Université de Mostaganem
Examinatrice	Dr. Hamza Houaria	MAA, Université de Mostaganem
Encadrant	Dr. Benguendouz Abdénour	MCA, Université de Mostaganem

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu le Tout-Puissant, qui m'a accordé la volonté, l'énergie et le courage nécessaires pour accomplir ce travail.

Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr. Benguendouz Abdénour Maître de conférences « A » à l'université de Mostaganem, je la remercie pour la qualité de son encadrement, sa confiance et sa patience, je la remercie également pour sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance au Professeur BENABDELMOUMENE Djilali, directeur du Laboratoire de Physiologie Animale Appliquée de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour m'avoir aimablement permis d'accéder à son laboratoire et d'y effectuer une partie importante de mes travaux. J'adresse également mes vifs remerciements à Madame SAHLI S., responsable du laboratoire de pédologie, pour son aide précieuse lors de certaines étapes de l'expérimentation.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Dr BENALI. S, chef de département d'Agronomie, pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée dans la gestion administrative de mon dossier.

J'adresse mes sincères remerciements au président du jury, Dr Boualem Abdelkader Maître de conférences « A », à l'Université de Mostaganem, d'avoir accepté de présider cet honorable jury.

J'exprime aussi mes vifs remerciements au Dr Hamza.Houaria, à l'université de Mostaganem, pour l'intérêt qu'il a porté à ma recherche et pour avoir accepté d'examiner mon travail et de l'enrichir avec ses remarques constructives.

Enfin, je remercie aussi nos enseignants pour leurs soutiens moraux et encouragements

Dédicaces

Je dédie ce projet de fin d'études à mes chers parents, qui m'ont toujours soutenue et encouragée dans mon parcours. Leur dévouement a transformé mes nuits en jours, afin que je puisse étudier dans les meilleures conditions. C'est un moment de joie que je partage tout particulièrement avec ma mère, qui a veillé sur moi durant les longues nuits d'effort, m'enveloppant de ses prières et de son amour inconditionnel.

Je dédie également ce travail à mon frère bien-aimé, Hamza, ainsi qu'à mes chères sœurs, Asma et Hajar, véritables sources de joie et de réconfort. Leur soutien, leur tendresse et leur compréhension m'ont été d'un précieux secours. Aucune parole ne saurait exprimer l'étendue de mon respect et de ma reconnaissance. Ce modeste travail est le reflet de l'amour exceptionnel que vous me témoignez chaque jour.

Mes remerciements les plus sincères vont aussi à Madame Soumia, technicienne de laboratoire en pédologie, pour son aide technique précieuse et son soutien constant au laboratoire. Son accompagnement a été d'une grande importance dans la réalisation de ce projet.

Résumé

Cette étude a été réalisée entre le 15 avril et le 18 mai 2025 dans plusieurs laboratoires, dont celui de biochimie et de microbiologie de la Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. Elle avait pour objectif d'évaluer les caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques de trois variétés de pommes (Red Delicious, Granny Smith et Golden Delicious), récoltées en avril 2025 dans la région de Mostaganem. Les analyses physiques ont porté sur l'aspect externe des fruits, notamment leur taille, leur poids et leur forme. Les analyses chimiques ont permis de quantifier la teneur en polyphénols, en flavonoïdes endogènes, en vitamine C ainsi que l'indice Brix. En parallèle, des examens microbiologiques ont été menés afin d'identifier la flore bactérienne et fongique présente sur les échantillons. Les résultats ont mis en évidence des différences morphologiques notables entre les variétés. Les dosages biochimiques ont confirmé la présence de composés antioxydants tels que la vitamine C, les flavonoïdes et les polyphénols. Enfin, l'analyse microbiologique a révélé une contamination des échantillons par différentes espèces de bactéries et de moisissures.

Mots clés: Red Delicious, Granny Smith, Golden Delicious, vitamin C, flavonoids, polyphenols.

Abstract

This study was conducted from April 15 to May 18, 2025, in several laboratories, including the Biochemistry and Microbiology Laboratory of the Faculty of Natural and Life Sciences at Abdelhamid Ibn Badis University of Mostaganem. Its objective was to evaluate the physical, chemical, and microbiological characteristics of three apple varieties (Red Delicious, Granny Smith, and Golden Delicious), harvested in April 2025 in the Mostaganem region. Physical analyses focused on the external appearance of the fruits, including size, weight, and shape. Chemical analyses were carried out to quantify the contents of polyphenols, endogenous flavonoids, vitamin C, and the Brix index. In parallel, microbiological tests were performed to identify bacterial and fungal flora present on the samples. The results revealed notable morphological differences between the varieties. Biochemical assays confirmed the presence of antioxidant compounds such as vitamin C, flavonoids, and polyphenols. Finally, microbiological analysis showed contamination of the samples by various species of bacteria and molds.

Keywords: Red Delicious, Granny Smith, Golden Delicious, vitamin C, flavonoids, polyphenols.

الملخص

أُجريت هذه الدراسة في الفترة من 15 أبريل إلى 18 مايو 2025 في عدة مختبرات، من بينها مختبر البيوكيمياء والميكروبيولوجيا التابع لكلية العلوم الطبيعية والحياة بجامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم. وهدفت إلى تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لثلاثة أصناف من التفاح (ريد ديليشس، وجراني سميث، وغولدن ديليشس)، والتي جُمعت خلال شهر أبريل 2025 من ولاية مستغانم. شملت التحاليل الفيزيائية تقييم المظهر الخارجي للثمار، بما في ذلك الحجم والوزن والشكل، فيما سمحت التحاليل الكيميائية بقياس محتوى الفينولات، والفلافونويدات الذاتية، وفيتامين C، بالإضافة إلى مؤشر بريكس. وفي السياق نفسه، أُجريت تحاليل ميكروبيولوجية بهدف تحديد الفلورا البكتيرية والفطرية الموجودة على العينات.

كشفت النتائج عن اختلافات مورفولوجية واضحة بين الأصناف الثلاثة، كما أكدت القياسات البيوكيميائية وجود مركبات مضادة للأكسدة مثل فيتامين C، والفلافونويدات، والبوليفينولات. وأخيراً، أظهرت التحاليل الميكروبيولوجية وجود تلوث في العينات بأنواع مختلفة من البكتيريا والعفن.

الكلمات المفتاحية: ريد ديليشس، جراني سميث، غولدن ديليشس، فيتامين C، فلافونويدات، بوليفينولات.

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

AlCl₃ : Le chlorure d'aluminium

g : grammes

MS : Matière Sèche

min : minutes

ml : Millilitres

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

µg : Microgramme

µg EAG/g MS : Microgramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche

µg EQ/g MS : Microgramme d'équivalent de quercétine par gramme de matière sèche

°C : Degrés Celsius

pH : Potentiel d'hydrogène

% : Pourcentage

F.A.O : Food Agriculture Organisation

Brix: La quantité de sucre contenue dans le liquide aqueux

NaOH: hydroxyde de sodium

SM: Solution mère

I₂ Solution: Iodure de potassium

Liste des figures

Figure 01 : Production de pommes en 2011.....	14
Figure 02 : Arbre du pommier	17
Figure 03 : Rameaux du pommie.....	18
Figure 04 : Feuilles de pommier.....	18
Figure 05 : Fleur du pommier.....	19
Figure 06 : Structure anatomique générale d'une pomme.....	20
Figure 07: Mesurer par le pied coulisse.....	32
Figure 08: Poids de l'échantillon.....	32
Figure 09 : Comparaison des poids moyens des échantillons.....	42
Figure 10 : Comparaison du diamètre et de la hauteur des échantillons.....	42
Figure 11 : Évaluation du pH des échantillons de pommes analysées.....	43
Figure 12: Évaluation du Teneur en eau des échantillons de pommes analysées.....	44
Figure 13 : Comparaison de la teneur en matière sèche entre les échantillons.....	45
Figure 14 : Comparaison de la quantité de matière organique entre les échantillons.....	45
Figure 15 : Comparaison de la quantité de matière minérale entre les échantillons.....	46
Figure 16 : Évaluation du degré Brix des échantillons de pommes analysées.....	47
Figure 17 : Résultats d'acidité titrable g/ mL.....	48
Figure 18 :Teneur en vitamine C dans les différents échantillons.....	49
Figure 19 : courbe étalonnage d'acide gallique.....	50
Figure 20: Diagramme à barres montrant la différence entre la quantité de polyphénols dans les trois échantlons.....	50
Figure 21: courbe étalonnage de quercitrine.....	51
Figure 22 : Diagramme à barres montrant la différence entre la quantité des flavonoïdes dans les troiss.....	52

Figure 23 : FMAT dans les trois variétés de pommes étudiées.....	53
Figure 24 : Présence de quelques colonies de Staphylococcus spp. dans les trois échantil-lons de pomme étudiée.....	54
Figure 25 : Présence de la flore fongique dans les milieux « OGA et PDA ».....	55

Liste des tableaux

Tableau n°01: Stades phénologiques repères du pommier	21
Tableau ° 02 : Principales variétés de pommier cultivées en Algérie (Chaouia et al. 2003).....	22
Tableau n°03: Valeurs nutritionnelles et caloriques de la pomme (Catherine Conan Diététicienne2024).....	24
Tableau n°4 : Préparation des échantillons.....	30
Tableau°05: dilution de la solution mère de l'acide gallique.....	37
Tableau °06: dilution de la solution mère de la quercitin.....	38

Table des Matières

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	13

Chapitre I : Synthèse bibliographiques

1. Historique.....	15
2. Importance économique.....	15
A. Dans le monde.....	15
B . En Algérie.....	16
3. Classification botanique.....	16
4. Caractéristiques morphologiques et biochimiques du pommier.....	17
4.1. Caractéristiques Morphologiques.....	17
a. L'arbre.....	17
b. Rameaux.....	18
c. Feuilles.....	18
d. Les fleurs.....	18
e. Fruit.....	19
4.2. Caractéristiques biochimiques.....	20
5. Stades phénologiques repères du pommier.....	21
6. Variétés du pommier en Algérie.....	22
7. Les exigences de culture.....	22
A. Les exigences pédologiques	23
B. Exigences climatiques.....	23
C. Les exigences hydriques.....	23
8. Valeurs nutritionnelles et caloriques de la pomme.....	24
9. La consommation des pommes dans le monde.....	25
10. Contrôle de la qualité.....	25
1. Caractéristiques de qualité minimale.....	25
1.1. Caractéristiques physiques.....	25
1.2. Maturité.....	26
1.3. Etat sanitaire.....	26
11. Classification.....	27
12. Calibrage.....	28

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. Echantillonnage.....	30
2. Préparation des échantillons.....	30
3. Méthodes d'analyse.....	31
4. Analyse physico chimique.....	31
4.1. Détermination de la hauteur et la largeur des pommes.....	31
4.2 Teneur en eau.....	33
4.3. Détermination de la matière organique et minérale.....	33

4.4. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH).	34
4.5. Détermination du degré Brix..	34
4.6. Détermination de l'acidité titrable.....	35
4.7. itrage indirect de la vitamine C.....	35
4.8. Teneur en polyphénols et flavonoïdes.....	36
1 .Dosage des polyphénols totaux par le Folin Ciocalteu.....	36
A.1 Courbe de titrage de l'acide gallique	37
2.Dosage des flavonoïdes par la méthode de trichlorure d'aluminiumAlCl3.....	37
B.1 Courbe d'étalonnage de la quercétine.....	37
5. Analyse microbiologique.	38
5.1. Préparation des dilutions.....	38
A. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie total "FMAT".....	38
B. Recherche et dénombrement des Staphylococcus aureus.....	39
C.Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	40

Chapitre III Résultats et discussion

1 Analyse physico chimique.....	42
1.1.Analyses physique.....	42
2.Analyses chimiques.....	43
2.1 pH.....	42
2.2 Teneur en eau	43
2.3 Matière sèche (MS).....	44
2.4 Teneur en matière organique.....	45
2.5 Teneur en matière minérale.....	46
2.6 Détermination du Brix... ..	46
2.7.Détermination de l'acidité titrable.....	47
2.8 titrage indirect de la vitamine C.....	48
2.9 Teneur des polyphénols et flavonoïdes :	49
A. Teneur des polyphénols.....	49
B. Teneur des flavonoïdes.....	51
3.Analyse microbiologique.....	53
A.Numération bactérienne totale à dose moyenne (FMAT)	53
B.Recherche de Staphylococcus.....	54
C. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	54
Conclusion	
Références bibliographiques	

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Tous les êtres vivants, y compris les Hommes, sont dépendants de la nature pour obtenir leur alimentation. La consommation des fruits et légumes a un effet sur la santé reconnu qui a pu être associé à leur potentiel antioxydant, ils contribuent à renforcer l'organisme par des plurisubstances nutritives telles que les glucides, les protéines, des graisses et les vitamines, les minéraux, les oligo-éléments et des fibres (Zenache Manal, 2013).

D'après le codex alimentarius, les fruits et légumes jouent une grande importance dans l'alimentation humaine. Ils fournissent à l'organisme des substances de valeur tels que les glucides, les protéines, les graisses, les vitamines, les sels minéraux, les acides organique. On trouve également les pectines, les polyphénols, les substances aromatiques responsables des caractéristiques organoleptiques des produits végétaux (Benamara et Agougou, 2003 ; Belabdi Amira, 2018).

Le travail proposé vise à établir l'influence de la variété sur les paramètres physicochimiques et microbiologiques des pommes, à savoir les variété : Golden delicious (Jaune), Red delicious (Rouge) et la Granny smith (Verte).

Cette étude est structurée en trois parties principales :

- Dans le premier chapitre de ce travail, nous présentons des généralités bibliographiques sur les pommes.
- Le second chapitre a été consacré à la partie matériel et méthodes, dans lequel nous avons décrit les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées.
- Le dernier chapitre, a mis en exergue les résultats obtenus et leur discussion par rapport aux différentes normes recommandées.

Enfin, ce travail de fin d'étude s'est achevé par une conclusion synthétisant les résultats essentiels obtenus au cours de l'expérimentation, mettant en lumière les principales différences physico-chimiques et microbiologiques entre les variétés de pommes analysées.

Chapitre 1

Synthèse Bibliographique

1. Historique

Les pommes (*Malus domestica*) comptent parmi les plus anciens fruits connus de l'homme. Leurs origines géographiques remontent à l'Asie centrale, notamment dans les monts Tian Shan au Kazakhstan, où pousse naturellement une espèce sauvage appelée *Malus sieversii*. La domestication de la pomme a commencé il y a plus de 4 000 à 10 000 ans, par sélection naturelle et intervention humaine. Cela a entraîné une hybridation entre *Malus sieversii* et d'autres espèces indigènes, telles que *Malus sylvestris* (en Europe) et *Malus orientalis* (dans le Caucase) (Cornille et al., 2012).

Grâce à des réseaux commerciaux comme la Route de la Soie, les pommes se sont répandues vers l'ouest, en Europe, où les Romains ont développé des techniques de culture et d'hybridation, contribuant ainsi à la diffusion généralisée de leur culture. Au Moyen Âge, les pommes ont été introduites en Amérique au XVIIe siècle, où les variétés se sont diversifiées et la culture s'est développée.

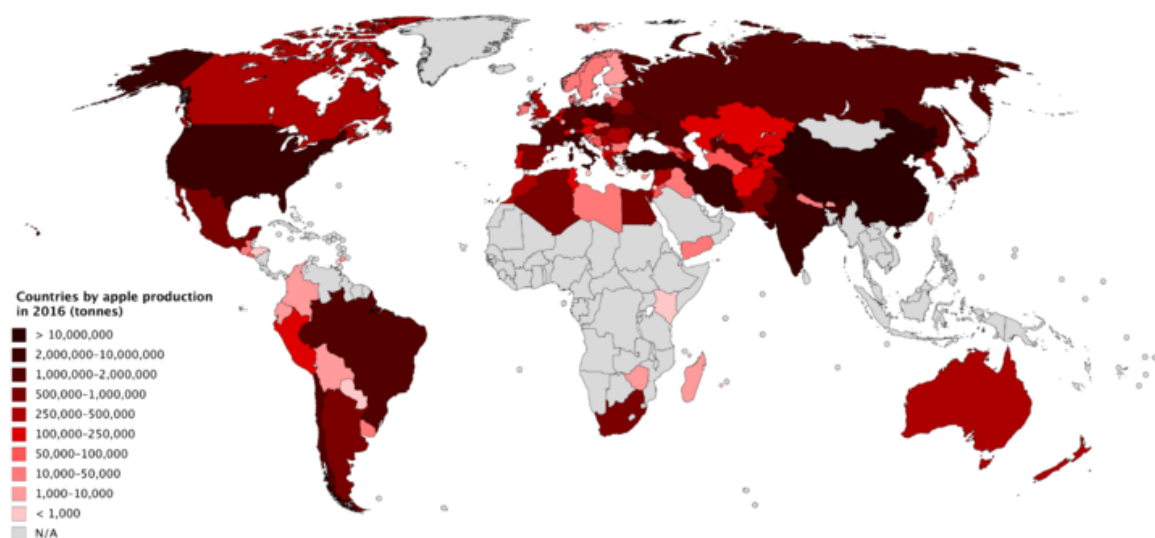


Figure I : Production de pommes en 2016 selon la FAO

2. Importance économique

a) Dans le monde

Chaque année, la production des fruits se lève à Plus de 500 millions des tonnes. La pomme occupe la 3e place des fruits les plus consommés dans le monde, derrière la banane et le melon, alors que les oranges se trouvent derrière la pomme.

En 2021, la production de la banane se levait à 1/4 de la production mondiale des fruits soit une valeur de 124,98 millions des tonnes. Ensuite les melons produits s'élevaient à 101,63 millions des tonnes. Les pommes ont touché une valeur de production de 94,14 millions des tonnes, enfin les oranges 75,57 millions des tonnes.

Cependant, dans certains pays comme la France, la consommation des pommes dépasse tout autre fruit. (emc magazin.la production de la pomme dans le monde) .

En Algérie Les pommes sont au sommet de la production fruitière locale dans la région d'Oris, où le département des arbres fruitiers met en œuvre La filière pomme à Khenchela a enregistré des résultats tangibles, notamment à travers la hausse de l'indice de croissance de la filière qui se classe au premier rang.

Première production de pommes lors de la dernière saison agricole (APS, 4 janvie 2019). 1,3 million de quintaux de pommes ont été produits, portant la valeur de la production à 24,7 milliards de dinars, ce qui a contribué avec 50 pour cent des revenus de la production agricole pour tous les agriculteurs de la province, les pommes de cette région sont considérées comme l'une des meilleures pommes du monde.

Les principales régions productrices de pommes en Algérie sont : Médéa, Batna, Khenchela, Sidi Bel Abbès et Tiaret. La superficie totale des vergers de pommiers était de 21 200 hectares (FAO, 2009).

3.Classification botanique

Le pommier appartient à la famille des Rosacées, à la sous-famille des Pomoideae et au genre Malus (pommier). Le genre Malus comprend 25 à 30 espèces selon les botanistes et plusieurs sous espèces.

Selon Cronquist 1981 les classifications du pommier sont :

Régne : Plantae

Sous Régne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Rosidae

Ordre : Rosales

Famille : Rosaceae

Sous famille : Maloideae

Genre : Malus

Les variétés de pommier appartiennent à deux groupes chromosomiques. Les variétés diploïdes ($2n = 34$ chromosomes) : leur pollen et leurs ovules sont normalement constitués. Elles présentent une méiose régulière et un pouvoir germinatif du pollen élevé (90 à 95%). Les variétés triploïdes ($3n = 51$ chromosomes) : chez celles-ci, la constitution du pollen et des ovules est déséquilibrée. La méiose est irrégulière et le pouvoir germinatif du pollen est très faible (5 à 10%). Ces variétés ont tendance à donner des fruits ayant peu de pépins et qui chutent facilement (Trillot, 2002, in Johann, 2004).

4. Caractéristiques morphologiques et biochimiques du pommier

4.1. Caractéristiques Morphologiques

a. L'arbre

Le pommier est un arbre buissonnant de vigueur moyenne, à port arrondi, il atteint 6 à 8 mètres et même 10 mètres d'hauteur avec des branches divergentes, retombantes avec l'âge (Bretaud, 1978).



Figure 2 : Arbre du pommier (Falah Tv 2020)

b. Rameaux

Les rameaux du pommier sont à écorce lisse, brune, à lenticelles plus ou moins nombreuses suivant les variétés, devenant rugueuses sur le vieux bois. Ils portent des bourgeons qui peuvent être végétatifs ou floraux (Bretaud, 1978).



Figure 3 : Rameaux du pommier

C.Feuilles

Les feuilles sont caduques, alternes, simples, entières, dentées sur les bords, velues à l'état juvénile, et possédant un pétiole plus court que chez le poirier. Ce pétiole est accompagné à sa base de deux stipules foliacées (Bretaud, 1975)



Figure 4: Feuilles de pommier (Génial Végétal 2014)

D. Les fleurs

Les fleurs sont en ombelle ou en corymbe, de couleur blanche ou rose. Elle fleurit de mars à mai (Génial Végétal 2014). Les fleurs sont regroupées en corymbes de 8 à 11 fleurs portées à l'extrémité de rameaux courtes, nommées brindilles couronnées, ou directement sur les brindilles au niveau des boutons axillaires (Coutanceau, 1962). Elles sont hermaphrodites et la reproduction de l'espèce est assurée avec une allogamie prédominante (Bore et Fleckinger, 1997)



Figure 5 : Fleur du pommier (Génial Végétal 2014)

E. Fruit

L'ovaire de la fleur et les tissus soudés qui l'environnent (bases de filets, des pétales et des sépales) se développent pour former un fruit charnu complexe, de couleur et de goût variable selon les variétés (Massonnet, 2004).

A maturité, ce fruit est constitué extérieurement de trois zones (figure 6) :

- le pédoncule et la cuvette pédonculaire,
- la cuvette oculaire et l'œil,
- la partie globuleuse qui s'étend entre les deux zones précédentes (Bourles, 2010).

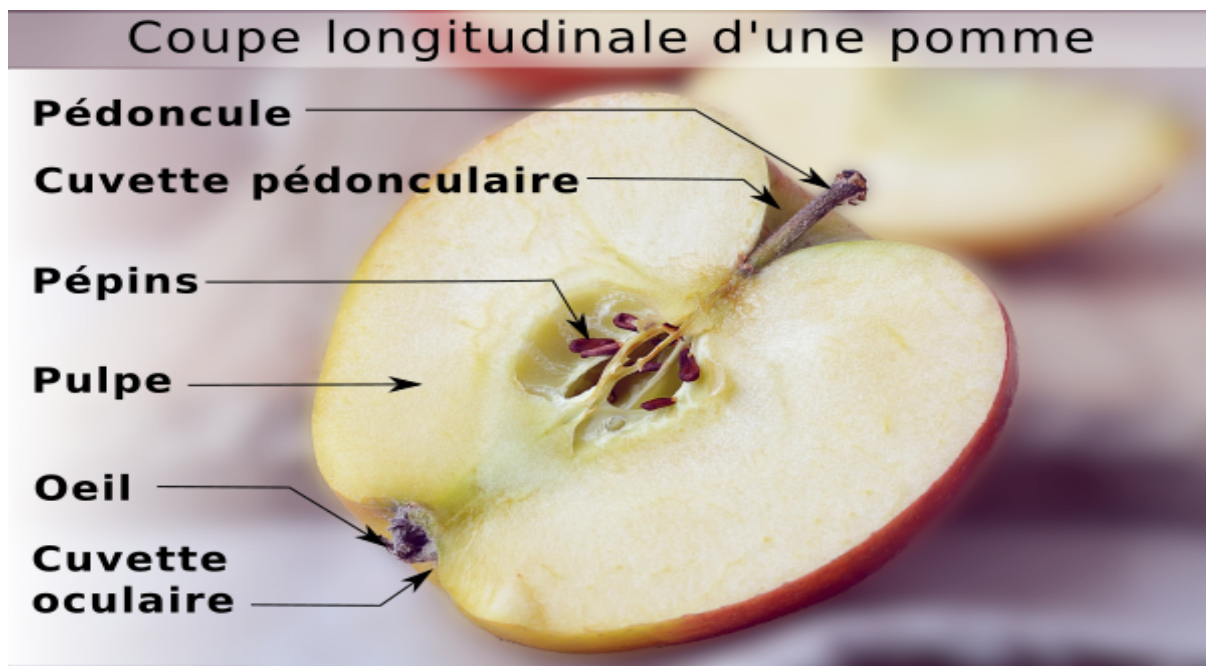


Figure 6: Structure anatomique générale d'une pomme (Fiches variétales des pommiers du verger conservatoire).

2. Caractéristiques biochimiques

Les pommes contiennent une concentration élevée de flavonoïdes, ainsi que divers autres composés phytochimiques. La concentration de ces composés phytochimiques peut dépendre de nombreux facteurs, tels que la variété de pomme, la récolte, le stockage et la transformation. Les concentrations phytochimiques varient également considérablement entre la peau et la chair de la pomme.

La pomme est également l'un des fruits les plus riches en composés phénoliques derrière la canneberge, la fraise, le litchi, le raisin et l'abricot (Sun, Chu et al. 2002; Brat, Georgé et al. 2006). , la pomme est la première source fruitière en composés phénoliques de l'alimentation (Brat, Georgé et al. 2006).

In vitro, les composés phénoliques ont montré des propriétés anticancéreuses (Lin and Weng 2006) en agissant à différents niveaux : sur la cancérogénèse, l'inflammation ou la réduction des stress oxydatifs responsables de certains cancers (Le Marchand 2002)

Escarpa et Gonzalez (1998) ont constaté que la Golden Delicious avait la plus faible concentration de flavonoïdes par rapport aux Renata, Red Delicious et Granny Smith. Renata avait le niveau le plus élevé de flavonoïdes, suivie de Granny Smith et Red Delicious. Un autre groupe a examiné uniquement la teneur en procyanidines de quatre cultivars de pommes et a constaté que Granny Smith et Red Delicious avaient la teneur en procyanidines la plus élevée, tandis que McIntosh et Golden Delicious avaient la plus faible (**Scientia Horticulturae, 2001**)

5. Stades phénologiques repères du pommier







	<p>Repos hivernal(dormance) Bourgeon au repos Gonflement des bourgeons</p>
	<p>Débourrement (Green tip) Eclatement des bourgeons</p>
	<p>Bouton rose Tous les boutons sont généralement détachés</p>
	<p>Pleine floraison Tous les pétales sont complètement étalés. Fleurs ouvertes.</p>
	<p>Nouaison Les fruits sont visibles</p>
	<p>Croissance des fruits Développement des fruits</p>

Tableau n°01: Stades phénologiques repères du pommier (**Baggiolini MM., 1952.**)

6. Variétés du pommier en Algérie

Le principal frein au développement de l'arboriculture fruitière en général et du pommier en particulier en Algérie est constitué par les hivers doux (Algerian Annals of Agronomy 1988)

Les principales variétés de pommiers existants en Algérie se classent en trois groupes représentés dans le tableau 02.

Tableau ° 02 : Principales variétés de pommier cultivées en Algérie (Chaouia et al. 2003)

Les Groupe	Les Variété
Groupe 1 : besoin en froid (400 à 600 heures de froid)	Liorca Anna Dorset golden
Groupe 2 : besoin moyen en froid (600 à 800 heures de froid)	Golden Reine des reinettes
Groupe 3 : besoin en froid élevé (>800 heures)	Star krimson

7. Les exigences de culture

A. Les exigences pédologiques :

Le pommier est capable de pousser et de produire des fruits dans des sols variés aux propriétés physiques et chimiques très variables. Il est particulièrement flexible face aux conditions environnementales. Malgré cela, il préfère les sols limoneux profonds, fertiles et bien drainés (EL Idrissi, 2014).

Les sols argileux et limoneux sableux conviennent également, à condition qu'ils soient bien drainés. Cependant, il peut mourir lors des années très pluvieuses s'il est planté dans des zones mal drainées (EL Idrissi, 2014).

Le pommier tolère des pH élevés (8, 8,5) et est sensible aux pénuries d'eau en été.

L'irrigation est pratiquement indispensable pour une récolte abondante, tant en quantité qu'en qualité (EL Idrissi 2014).

B Exigences climatiques

Les pommiers préfèrent les régions tempérées et nécessitent une longue période de dormance pour répondre à leurs besoins en froid, allant de 800 à 1 600 heures à une température de 7,2 °C. Les régions les plus propices à la culture sont celles aux hivers froids et aux étés chauds, modérés et relativement humides. Des températures comprises entre 21 et 26 °C sont optimales pour l'activité des abeilles pendant la pollinisation. Des nuits fraîches et une lumière vive sont favorables à la maturation et à une belle couleur des fruits ; en revanche, les journées brumeuses accompagnées de pluie ou de rosée matinale nuisent à la couleur des fruits (Trillo et al., 2001).

C. Les exigences hydriques

La quantité d'eau nécessaire aux pommiers pour atteindre la production varie de 700 à 900 mm/an. Les besoins en eau des pommiers pendant la saison de croissance (de mars à septembre) ont été estimés à environ 600 mm. Les besoins en eau les plus élevés ont été observés en juillet et en août (Trilo et al., 2001).

8. Valeurs nutritionnelles et caloriques de la pomme

Tableau 3: Valeurs nutritionnelles et caloriques pour 100 g de pomme crue (Conan, 2024).

Nutriments	Teneur moyenne
Energie	54,9 kcal
Eau	85,5 g
Protéines	< 0,5 g
Glucides	11,7
Lipides	< 0,5 g
Sucres	11,3 g
Fructose	6,9 g
Fibres alimentaires	2,5 g
Calcium	2,8 mg
Chlorure	< 20 mg
Cuivre	0,03 mg
Fer	0,06 mg
Iode	< 20 µg

Magnésium	3,5 mg
Manganèse	0,03 mg
Phosphore	8,8 mg
Potassium	110 mg
Sélénium	< 20 µg
Sodium	< 5 mg
Zinc	< 0,05 mg
Beta-Carotène	59,8 µg
Vitamine E	< 0,08 mg
Vitamine K1	< 0,8 µg
Vitamine C	1,29 mg
Vitamine B1 ou Thiamine	< 0,015 mg
Vitamine B2 ou Riboflavine	< 0,01 mg
Vitamine B3 ou PP ou Niacine	< 0,1 mg
Vitamine B5 ou Acide pantothénique	0,078 mg
Vitamine B6	0,052 mg
Vitamine B9 ou Folates totaux	8,93 µg

La pomme est modérément calorique (54,9 Cal/100 g) essentiellement dû à la présence de fructose (glucide)

9. La consommation des pommes dans le monde.

En 2021, sur la base d'une comparaison entre 163 pays, la Chine se classe au premier rang en termes de consommation de pommes, avec 35 932 kt, suivie des États-Unis et de la Turquie. À l'autre extrémité du classement se trouvent le Burundi, le Tchad et le Laos, avec 1,00 kt.

Selon Faostat, la consommation mondiale de pommes a atteint 90 991 kt en 2021, soit 5,57 % de plus que l'année précédente et 25,7 % de plus qu'il y a dix ans.

Historiquement, la consommation totale de pommes a atteint un sommet historique de 90 991 kt en 2021 et un creux historique de 13 084 kt en 1961. La croissance annuelle moyenne s'est élevée à 3,29 % depuis 1961.

La Chine, premier pays classé, représentait 39,5 % de la consommation mondiale de pommes. Les trois premiers pays détiennent une part de 62,2 %, tandis que les dix plus grands pays en détiennent environ 76,7 % en 2021 (**Bibliothèque Helgi**).

10. Contrôle de la qualité

1. Caractéristiques de qualité minimale

1.1 Caractéristiques physiques

Selon le Journal Officiel de la République Algérienne n° 21-2025, les pommes doivent répondre aux caractéristiques suivantes :

- Entières, le pédoncule peut être absent, à condition que la cassure soit nette et que la peau de la cavité pédonculaire ne soit pas endommagée ;
- Fermes (la fermeté décrit un niveau approprié de maturité du fruit plutôt qu'un stade de maturation, ce critère varie suivant les variétés de pommes) ;
- Propres, pratiquement exemptes de toute matière étrangère visible ;
- Exemptes d'humidité extérieure anormale, exception faite de la condensation qui apparaît lors du retrait de la chambre froide ;
- Exemptes de toute odeur et/ou de saveur étrangères ;
- Exemptes de dommages causés par de basses et/ou hautes températures ;
- Pratiquement exemptes de signes de déshydratation

1.2 Maturité

Les pommes doivent avoir atteint un stade de développement leur permettant de poursuivre le processus de maturation afin d'être en mesure d'atteindre le degré de maturité approprié, selon les caractéristiques de la variété.

Les fruits doivent être présentés à la vente au stade correspondant à un début de virement de leur couleur, c'est à dire avant que la coloration naturelle complète de la variété

Les fruits doivent être en état de supporter les transports et les manutentions jusqu'aux points de vente.

1.3 État sanitaire

Conformément au Journal Officiel de la République Algérienne n° 21-2025, les pommes doivent présenter les caractéristiques sanitaires suivantes :

- Saines ; exemptes de pourriture ou d'altérations qui les rendraient impropres à la consommation, indemnes de maladies et de tares de toute nature ;
- Exemptes de produits de traitement pouvant nuire à leur qualité ;
- Pratiquement exemptes d'organismes nuisibles et de dommages causés par les organismes nuisibles affectant l'aspect général du produit.

Les pommes ne doivent pas présenter les défauts suivants :

- Pourriture, même si les traces sont très légères ;
- Maladie liégeuse ;
- Taches Jonathan ou pontuations lenticellaires ;
- Cœur rosé ;
- Pourritures de cœur ;
- Moisissures de cœur ;
- Brunissement dû au froid ;
- Échaudure de prématurité ;
- Echaudure solaire ;
- Meurtrissures prononcées, altérant la chair ;
- Dommages prononcés causés par la grêle ;
- Roussissement rugueux/craquelé ;
- Tavelure prononcée.

11. Classification

Conformément au Journal Officiel de la République Algérienne n° 21-2025, la classification est établie comme suit :

❖ Catégorie « Extra »

Les pommes de cette catégorie doivent être de qualité supérieure. La chair doit être saine. Elles doivent présenter les caractéristiques de la variété. Elles doivent être exemptes de défauts, à l'exception de très légères altérations superficielles, à condition que celles-ci ne portent pas atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité, à sa conservation ou à sa présentation dans l'emballage, sous réserve des tolérances en matière de défaut maximum défini ci-après.

❖ Catégorie I

Les pommes classées dans cette catégorie doivent être de bonne qualité. La chair doit être saine. Elles doivent présenter les caractéristiques de la variété. Elles peuvent toutefois présenter les légers défauts suivants, à condition que ceux-ci ne portent pas atteinte à l'aspect général du

produit, à sa qualité, à sa conservation ou à sa présentation dans l'emballage (sous réserve des tolérances en matière de défaut maximum défini ci-après) :

- Un léger défaut dans la forme et le développement ;
- Un léger défaut dans la coloration ;
- De légers défauts de l'épiderme et autres défauts superficiels.

❖ **Catégorie II**

Cette catégorie comprend les pommes qui ne peuvent être classées dans les catégories supérieures, mais correspondent aux caractéristiques de qualité minimale définies ci-dessus. Elles peuvent toutefois présenter les défauts suivants, à condition que les pommes conservent leurs caractéristiques essentielles de qualité, de conservation et de présentation (sous réserve des tolérances en matière de défaut maximum défini ci-après) :

- Défauts dans la forme et le développement ;
- Défauts dans la coloration ;
- Défauts de la peau ou autres.

12 .Calibrage

Selon le Journal Officiel de la République Algérienne n° 21-2025 , le calibre est déterminé par le diamètre maximal de la section équatoriale ou par le poids de chaque pomme. Les pommes faisant partie d'un même lot doivent présenter un calibre homogène.

Pour toutes les variétés et pour toutes les catégories (« Extra », I et II), le calibre minimal est de 60 mm quand il est déterminé par le diamètre et de 90 g quand il est déterminé par le poids. Les fruits de plus petit calibre peuvent être acceptés si leur valeur Brix est égale ou supérieure à 10,5° et si leur calibre n'est pas inférieur à 50 mm ou à 70 g.

Chapitre II

Matériel et Méthodes

1. Matériels

1.1 Echantillonnage

Les pommes utilisées dans cette expérimentation ont été achetées au marché de fruits et légumes « Soug Ellil » de Mostaganem. Trois variétés spécifiques de pommes ont été retenues : Red Delicious, Granny Smith et Golden Delicious. La sélection des échantillons a été réalisée de manière aléatoire auprès de différents vendeurs, sans que les pommes ne proviennent d'un même lot. Les échantillons ont ensuite été transférés au laboratoire de biochimie de la faculté des sciences naturelles et de la vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, en vue d'analyses approfondies.

2. Préparation des échantillons

Avant l'étape de lavage, les fruits ont été prélevés et placés dans des boîtes spécifiquement conçues afin d'éviter tout dommage potentiel lié au contact entre les échantillons. Chaque variété de pomme a été conditionnée séparément dans sa propre boîte.





Tableau °04 : Préparation des échantillons.

2. Méthodes

Les analyses physico-chimiques ont porté sur les paramètres suivants : matière sèche, matière minérale, pH, degré Brix, acidité titrable et teneur en vitamine C. Par ailleurs, des analyses des flavonoïdes et des polyphénols ont été réalisées dans le but de comparer la concentration de ces composés bioactifs entre les différentes variétés de pommes. Cette démarche vise à identifier la variété présentant la plus grande valeur nutritionnelle, tant pour la santé des consommateurs que pour des applications agricoles.

Des analyses microbiologiques ont également été effectuées afin de détecter la présence de micro-organismes au niveau de la peau des fruits, notamment les staphylocoques, les levures et les moisissures, ainsi que leur dénombrement. L'ensemble des analyses physiques, chimiques et microbiologiques a été réalisé au début de l'expérimentation (avant la mise en stockage), puis régulièrement tout au long de la période de conservation, qui a duré 33 jours.

3. Analyse physico chimique

3.1. Détermination de la hauteur et la largeur des pommes

Description d'un Pied à Coulisse

Le pied à coulisse est un instrument de mesure de longueur. Il est constitué d'une règle graduée et d'un coulisseau mobile qui se déplace le long de cette règle. La règle et le coulisseau sont équipés de becs servant à maintenir la pièce à mesurer avec une pression modérée.

Mode opératoire

La hauteur et la largeur des pommes provenant des différentes variétés ont été estimés à l'aide d'un pied à coulisse. Ensuite, le poids total du fruit a été mesuré une première fois avec la peau, puis une seconde fois après avoir retiré la peau externe.

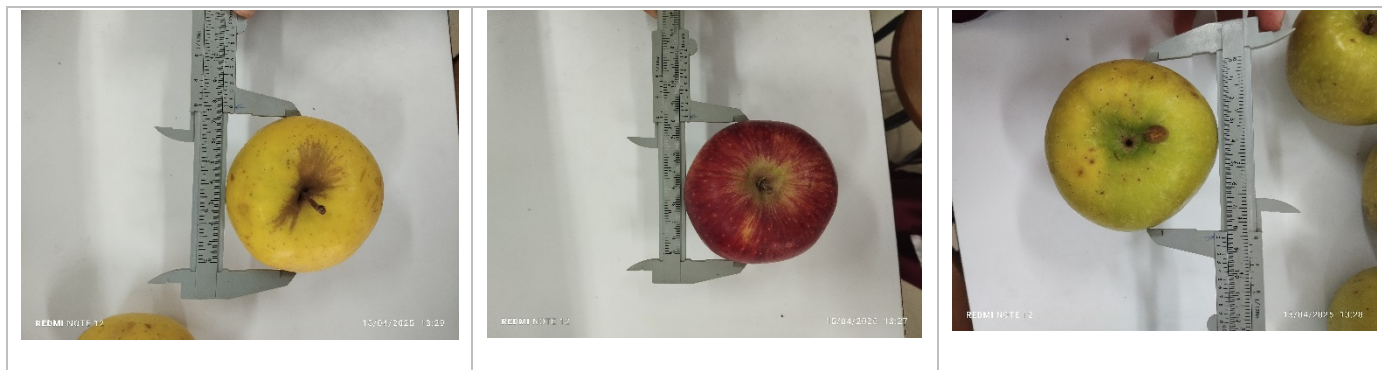


Figure 07: Mesurer par le pied coulisse

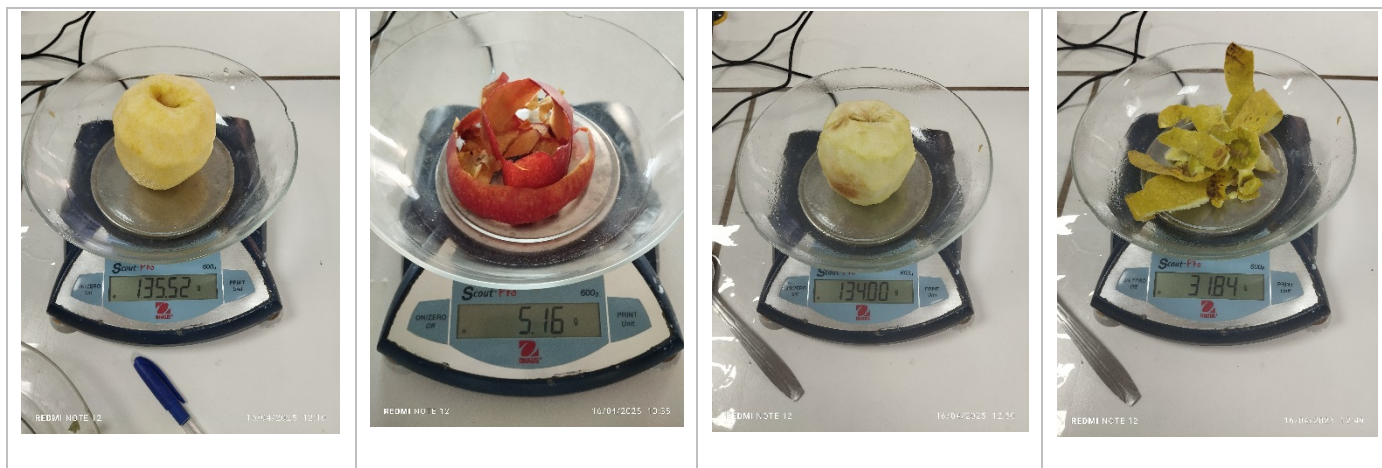


Figure 08: Poids de l'échantillon

3.2. Détermination de la matière sèche

La matière sèche correspond au résidu obtenu après élimination complète de l'eau contenue dans un échantillon, par séchage en étuve jusqu'à stabilisation de la masse. Elle est exprimée en pourcentage de la masse initiale. Ce pourcentage est calculé à partir de la perte de poids résultant de l'évaporation de l'eau.

Mode opératoire

Dans des creusets préalablement tarés, 2 grammes de l'échantillon ont été déposés. Les creusets ont ensuite été placés dans une étuve maintenue à 105 °C pendant 24 heures.

À l'issue de la période de séchage, les échantillons ont été transférés dans un dessiccateur et laissés à refroidir pendant au moins 30 minutes, afin d'éviter toute réabsorption d'humidité.

La teneur en matière sèche a été déterminée, dans les conditions expérimentales, selon la formule suivante : **Teneur en eau (H%) = ((Mi-Mf)/ P)*100**

Où :

H% : Teneur en eau ou humidité.

Mi : Masse initiale (avant dessiccation).

Mf : Masse finale (après dessiccation).

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en matière sèche est calculée comme suit : **Matière sèche (MS%) = 100 - H%**

3.3. Détermination de la matière organique et minérale:

La méthode utilisée repose sur la minéralisation par calcination, telle que décrite par Laurent (1991). Elle consiste à incinérer l'échantillon en vue d'éliminer la matière organique et de recueillir les résidus minéraux sous forme de cendres.

Mode opératoire

Environ 2 grammes d'échantillon sont placés dans un creuset, puis introduits dans un four à moufle chauffé à 550 °C pendant 5 heures, jusqu'à obtention d'une cendre de couleur blanchâtre. Après la calcination, les creusets sont retirés du four, laissés à refroidir dans un dessiccateur afin d'éviter toute réhydratation, puis pesés. La masse résiduelle après calcination représente la fraction minérale de l'échantillon. Cette teneur est calculée selon la formule suivante :

Teneur en matière organique (MO%) = ((Mi-Mf)/P)*100

Ou:

MO% : Teneur en matière organique.

M : Masse initiale (avant calcination).

Mf : Masse finale (après calcination).

P : masse de l'éprouvette.

Le taux des cendres est calculé selon la relation suivante :

$$\text{Taux de cendres (C\%)} = 100 - \text{MO\%}$$

3.4. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

Le **pH** est une mesure quantitative de l'acidité ou de la basicité d'une solution. Il permet d'évaluer la concentration en ions hydrogène (H^+) présents dans le milieu liquide. Cette grandeur, exprimée sans unité, est mesurée à l'aide d'un pH-mètre (Ayad, 2017).

Mode opératoire

Le pH-mètre est d'abord branché à une source électrique et laissé en marche quelques minutes pour stabilisation. L'électrode est ensuite soigneusement rincée à l'eau distillée afin d'éviter toute contamination.

L'échantillon à analyser est préparé en mélangeant 2 grammes de pomme écrasée avec 5 mL d'eau distillée, à la température ambiante. L'électrode du pH mètre est ensuite immergée dans la préparation, et l'on attend quelques instants pour que l'appareil affiche la valeur stable du pH. Après chaque mesure, l'électrode est retirée, rincée à l'eau distillée et conditionné conformément aux recommandations du fabricant. L'analyse est alors considérée comme terminée.

3.5 Détermination du degré Brix

Le degré Brix correspond approximativement au pourcentage de solides solubles dans l'eau et reflète généralement la quantité de sucre présente dans le jus.

Pour réaliser la mesure, il faut d'abord étalonner le réfractomètre avec de l'eau distillée à température ambiante. Ensuite, prélever une goutte de jus et la déposer sur le prisme du réfractomètre. Il faut appuyer sur la touche « Read » ; l'écran s'efface alors. Après chaque mesure, il est nécessaire de retirer l'échantillon et de nettoyer le prisme.

3.6. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité totale mesure à la fois les ions hydrogène liés et dissociés, fournissant ainsi une évaluation précise du nombre total d'ions hydrogène disponibles. Cette mesure reflète mieux l'acidité perçue. Elle est réalisée par neutralisation de l'acidité totale à l'aide d'une solution de NaOH 0,1N. La progression de la neutralisation est suivie grâce à un indicateur coloré, la phénolphthaléine.

Le mode opératoire est le suivant :

d'abord, rincer la burette avec de l'eau distillée, puis la remplir et ajuster le niveau au zéro. Dans un bécher, introduire 10 ml de jus extrait de chaque variété de pomme, puis ajouter trois gouttes de solution de phénolphthaléine à 1 %. La titration s'effectue ensuite en ajoutant progressivement la solution de NaOH 0,1N tout en agitant constamment le mélange. L'écoulement est arrêté dès que la solution change de couleur à la première goutte, ce qui correspond au point d'équivalence. Ce changement est validé lorsque la coloration rose persiste pendant au moins 10 secondes. Enfin, on lit précisément le volume de NaOH utilisé (chute de la burette).

L'acidité de l'échantillon est calculée en multipliant ce volume par le coefficient correspondant à l'acide citrique (Solanke et al., 2017).

Expression des résultats

$$\text{Teneur en acides} = \frac{V1 \times N \times 6,4}{V0}$$

V0 : Volume de la prise d'essai 100 ml ;

V1 : Volume du dosage de NaOH ;

N : Normalité de la solution de NaOH (0,25 N) ;

6,4 : Coefficient de l'acide citrique.

3.7 Titrage indirect de la vitamine C

Le dosage direct de la vitamine C est réalisé à l'aide d'une solution aqueuse de diiode (I₂). Le mode opératoire est le suivant : remplir une burette graduée de 50 ml avec une solution d'iode à 2 %. Dans un bécher, ajouter 10 ml de jus puis quelques gouttes de solution d'amidon. Introduire un barreau aimanté dans le bécher et le placer sur un agitateur magnétique, puis démarrer l'agitation. Le point d'équivalence est atteint lorsque la couleur change ; il convient alors de noter le volume d'iode utilisé.

Expression des résultats

Pour déterminer la teneur en vitamine C dans les différents échantillons, il est recommandé de faire appel à l'équation suivante : $M1.V1 = M2.V2$. Cela vous nous permettre de déterminer la concentration exacte de la teneur en vitamine C.

$M1$ = Concentration de la solution de vitamine C = M ;

$V1$ = Volume de la solution de vitamine C = 100 ml

$M2$ = Concentration de la solution de teinture d'iode (2 %)

; $V2$ = Volume de la solution d'iode utilisée pour atteindre le point final bleu = ____ ml

$M1 = (M2.V2)/V1 = M$ de vitamine C dans la solution de vitamine C

3.8 Teneur en polyphénols et flavonoïdes

Préparation de l'échantillon

Pour chaque variété étudiée, les pommes sont coupées et mixées jusqu'à obtenir une pâte homogène. De cette dernière, 10 g est prise ensuite mélangée avec 50 ml d'éthanol, puis les faire passer dans un agitateur magnétique pendant 30 minutes. Après un temps total de 2 heures, filtrez le mélange à travers une étamine.

A. Détermination de la teneur totale en polyphénols

Principe

La quantification des polyphénols est réalisée par spectrophotométrie selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif, de couleur jaune, est un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lors de l'oxydation des polyphénols, le réactif Folin-Ciocalteu est réduit, formant un complexe bleu. Pour effectuer la mesure, 0,5 ml d'échantillon sont mélangés à 2,5 ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué au 1:1 avec de l'eau distillée, puis incubés pendant une minute à l'abri de la lumière. Ensuite, 2 ml de Na_2CO_3 à 20 % sont ajoutés au mélange, qui est maintenu dans l'obscurité pendant 30 minutes. L'absorbance est ensuite mesurée à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible. La teneur en polyphénols, exprimée en mg/ml, est calculée en utilisant l'acide gallique comme étalon.

A.1 Courbe de titrage de l'acide gallique :

ne solution de départ d'acide gallique (2 mg/ml) est préparée. Différentes concentrations des échantillons à tester sont préparées dans du méthanol, comme indiqué ci-dessous :

Numéro d'échantillon	La solution mère de l'acide gallique(2 mg/ml)	La Concentration
1	50 mg/ml	10 µg
2	100 mg/ml	20 µg
3	200 mg/ml	40 µg

Tableau 5: Dilution de la solution mère de l'acide gallique

B. Dosage des flavonoïdes

Principe

La détermination de la teneur des flavonoïdes a été réalisée par spectrométrie UV-Visible en utilisant le trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$). En présence de ce réactif, les flavonoïdes forment un complexe acide stable de couleur jaunâtre. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent quercitrine par milligramme d'extrait, en se basant sur l'équation de la régression linéaire obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de la quercitrine.

Le mode opératoire consiste à prélever 0,5 ml d'échantillon, à le mélanger avec 2,8 ml d'eau distillée dans un tube à essai, puis à ajouter 0,1 ml de solution de chlorure d'aluminium à 10 %. Le mélange est ensuite laissé au repos pendant 5 minutes à l'obscurité. Le blanc est préparé de la même manière, en remplaçant l'extrait par du méthanol. L'absorbance est mesurée immédiatement à une longueur d'onde de 415 nm.

B.1 Courbe d'étalonnage de la quercétine :

Mode opératoire :

La solution mère de quercitrine est préparée à une concentration de 1 mg/ml. Ensuite, différentes concentrations des échantillons sont obtenues par dilution avec du méthanol, comme illustré dans la figure suivante (Safer Soumia, 2018).

Numéro d'échantillon	la solution mère de la quercitine(1000 µg /mL)	La Concentration
1	100 µg/mL	10 µg
2	200 µg /mL	20 µg
3	400 µg /mL	40 µg

Tableau 6: Dilution de la solution mère de la quercitine

3. Analyse microbiologique

3.1. Préparation des dilutions

Sur une paillasse soigneusement désinfectée et à proximité d'un bec Bunsen, 1 ml de chaque échantillon est prélevé et ajouté dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau distillée stérile. Après homogénéisation, on obtient la solution mère (SM) avec une dilution de 1/10, soit 10^{-1} , conservée dans un flacon stérile.

Dans un autre flacon stérile contenant préalablement 9 ml d'eau distillée stérile, on introduit ensuite 1 ml de cette solution mère à l'aide d'une micropipette, puis on mélange soigneusement pour homogénéiser, ce qui permet d'obtenir une dilution de 1/100, soit 10^{-2} . (Kirati Nor el houda, 2019).

A. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie total "FMAT"

Principe

Le dénombrement des colonies de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) est réalisé sur un milieu de culture Plate Count Agar (PCA), conformément à la norme ISO 4833-1 et 2 (2013).

Mode opératoire

Pour compter les colonies de FMAT, on ensemence en surface 1 ml de la solution mère ainsi que de ses dilutions dans des boîtes de pétri contenant environ 15 ml de milieu PCA solidifié. Trois boîtes sont utilisées pour chaque dilution et pour la solution mère. Les boîtes sont ensuite incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures selon les prescriptions de la norme ISO 4833-1 et 2 (2013).

Lecture

Les colonies se présentent sous forme de taches blanchâtres ou jaunes, de forme circulaire et de tailles variables. Le nombre de FMAT est exprimé en unités formant colonie par millilitre (UFC/ml) et est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\sum \text{nombre des colonies}}{V (n1 + 0,1 n2)}$$

n1 : nombre de boîtes de la première dilution.

n2 : nombre de boîtes de la deuxième dilution.

V : volumeensemencé (1ml)

D : la dilution de la première boîte dénombrable.

B. Recherche des *Staphylococcus aureus*

La recherche des *Staphylococcus aureus* (staphylocoques à coagulase positive) s'effectue selon la méthode horizontale par culture sur gélose de Baird-Parker, un milieu sélectif enrichi en jaune d'œuf et en téllurite, conformément à la norme ISO 6888-1 (1999).

Le mode opératoire est le suivant : dans une zone stérile, à proximité d'un bec Bunsen, on mélange un jaune d'œuf avec 80 ml d'eau distillée stérile dans un flacon en verre stérile, puis ce mélange est placé au réfrigérateur. Après 24 heures, on observe la formation d'un précipité et d'un surnageant. Ce surnageant est prélevé, mélangé avec 1 ml de téllurite et 80 ml de milieu Baird-Parker dans un autre flacon stérile, puis agité soigneusement avant d'être coulé dans des boîtes de pétri.

Ensuite, une quantité précise de 0,1 ml de la solution mère et de ses dilutions décimales estensemencée en surface sur les boîtes de pétri contenant le milieu Baird-Parker préparé, en utilisant une pipette Pasteur. Deux boîtes sont utilisées pour chaque dilution ainsi que pour la solution mère. Les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures (Journal officiel 68, 2014). Après incubation, les colonies de *Staphylococcus aureus* apparaissent sous forme de taches noires entourées d'un halo clair et de forme circulaire.

C. Recherche des levures et moisissures

Ces micro-organismes sont aérobies et mésophiles, et peuvent être cultivés sur un milieu gélosé sélectif, l'Oxytétracycline Glucose Agar (OGA), conformément aux recommandations du Journal Officiel n°48 (2015).

Le mode opératoire consiste à ensemencer en surface 0,1 ml de la solution mère ainsi que des dilutions décimales sur des boîtes de Pétri contenant du milieu OGA solidifié. Deux boîtes sont utilisées pour chaque dilution (de la même manière que pour le dénombrement de la flore

mésophile aérobie totale (FMAT) et des staphylocoques). Les boîtesensemencées sont ensuite incubées à 25 °C pendant 5 jours (Journal Officiel n°48, 2015). Après incubation, les colonies apparaissent sous forme de filaments de couleur blanche, verte ou bleue.

CHAPITRE III
Résultats et discussion

III. Résultats et discussions

1. Analyses physicochimiques

1.1. Analyses physique

Nos résultats ont révélé des différences en termes de poids, de diamètre et de hauteur entre les trois variétés de pommiers étudiées (Figure 9 et Figure 10).

La pomme rouge (Red Delicious) présentait un poids moyen de 266,34 g, un diamètre de 8,37 cm et une hauteur de 8,04 cm. La pomme verte (Granny Smith) affichait un poids moyen de 249,41 g, avec un diamètre de 8,43 cm et une hauteur de 7,98 cm. Quant à la pomme jaune (Golden Delicious), son poids moyen était de 177,47 g, avec un diamètre de 7,47 cm et une hauteur de 7,01 cm.

Les valeurs de diamètre et de poids obtenues sont conformes aux exigences fixées par les normes internationales du Codex Alimentarius (CODEX STAN 299-2010).

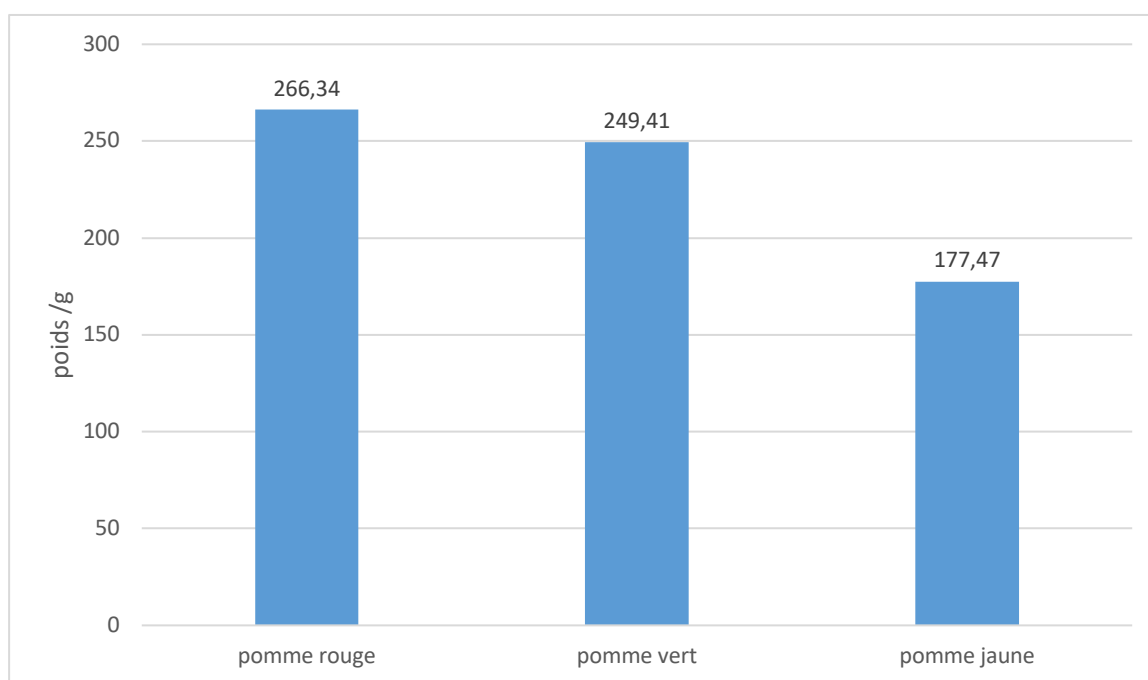


Figure 9 : Comparaison des poids moyens des échantillons

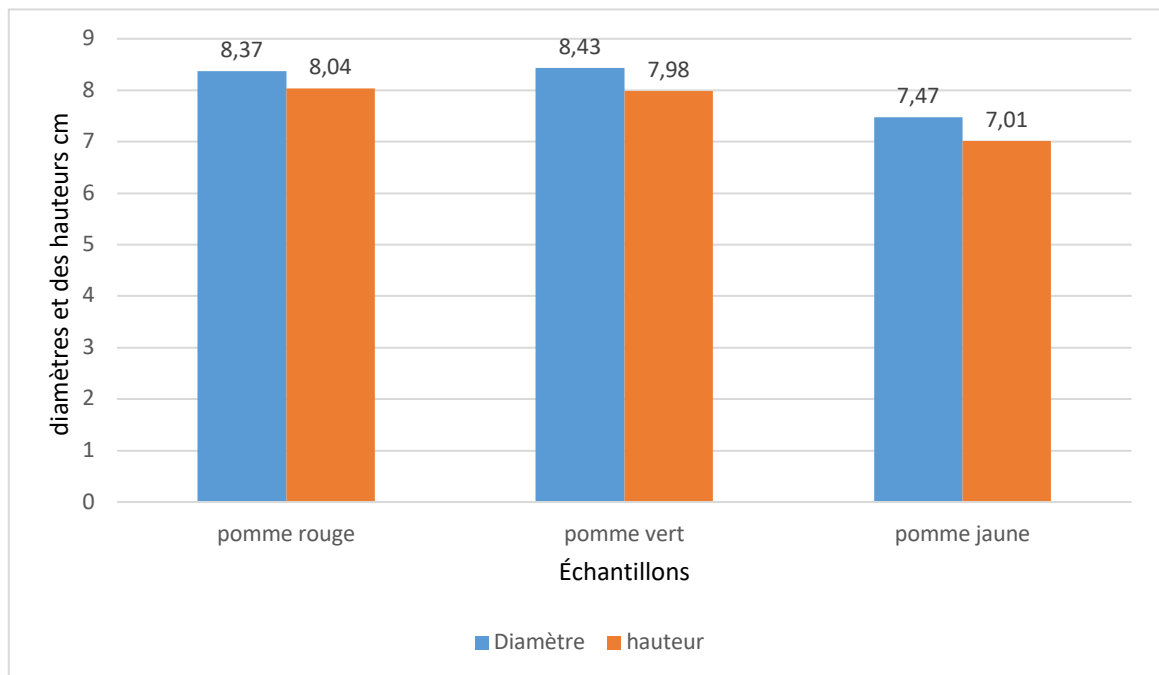


Figure10 : Comparaison des diamètres et des hauteurs des échantillons de pomme

Les résultats de notre expérimentation ont indiqué que le poids moyen d'une pomme Red Delicious entière, estimé à 266,34g, dépassait les valeurs rapportées dans la littérature. Pour la variété Granny Smith, le poids moyen était de 249,41g, tandis que la Golden delicious affichait un poids de 177,47g. Ces écarts s'expliquent principalement par la diversité génétique entre les différentes variétés de pommes.

2. Analyses physico-chimiques

2.1 pH

Le pH constitue un indicateur clé de la qualité biologique et chimique d'un produit, permettant d'évaluer son état sanitaire ainsi que son aptitude à la conservation, conformément à la norme « NF V 05-108 (1970) ».

Dans notre étude, des variations notables ont été observées entre les valeurs de pH des trois types de pommes : la Red delicious présentait un pH de 4,24, la Granny smith de 4,87 et la Golden delicious de 3,94. Les valeurs obtenues restent globalement conformes aux normes du Codex Alimentarius, qui recommandent un intervalle de pH compris entre 3,5 et 4 pour garantir la stabilité et la sécurité des produits alimentaires.

Nous avons résumé les résultats sous forme de graphiques à barres

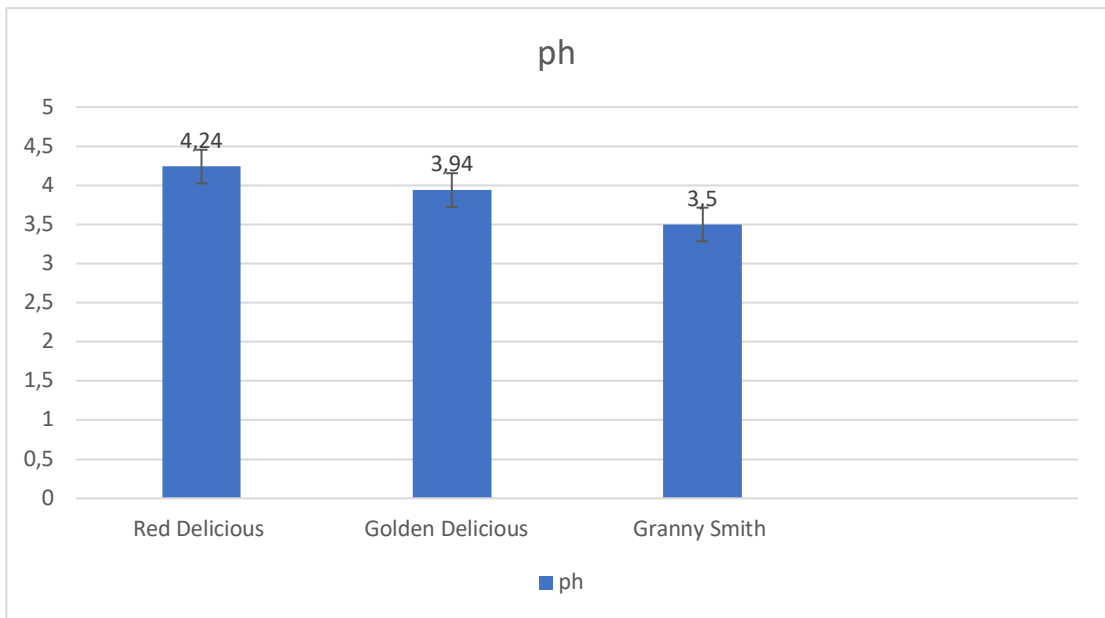


Figure 11 : Évaluation du ph des échantillons de pommes analysées

2.2 Teneur en eau

La teneur en eau varie selon les variétés de pommes analysées. En effet, la pomme jaune (Golden Delicious) présente la plus forte teneur en eau avec 91,33 %, suivie par la pomme verte (Granny Smith) avec 86,83 %, tandis que la pomme rouge (Red Delicious) affiche la teneur la plus faible, estimée à 84,5 %. Ces résultats montrent une différence notable d'humidité entre les variétés. L'eau constitue le principal composant de la pomme, avec une teneur moyenne de 83,76 %. Cette valeur est en accord avec celle rapportée par **Chassagne-Berces et al. (2013)**, qui indiquent une teneur en eau de 84,50 %. Nous avons résumé les résultats dans la figure suivante :

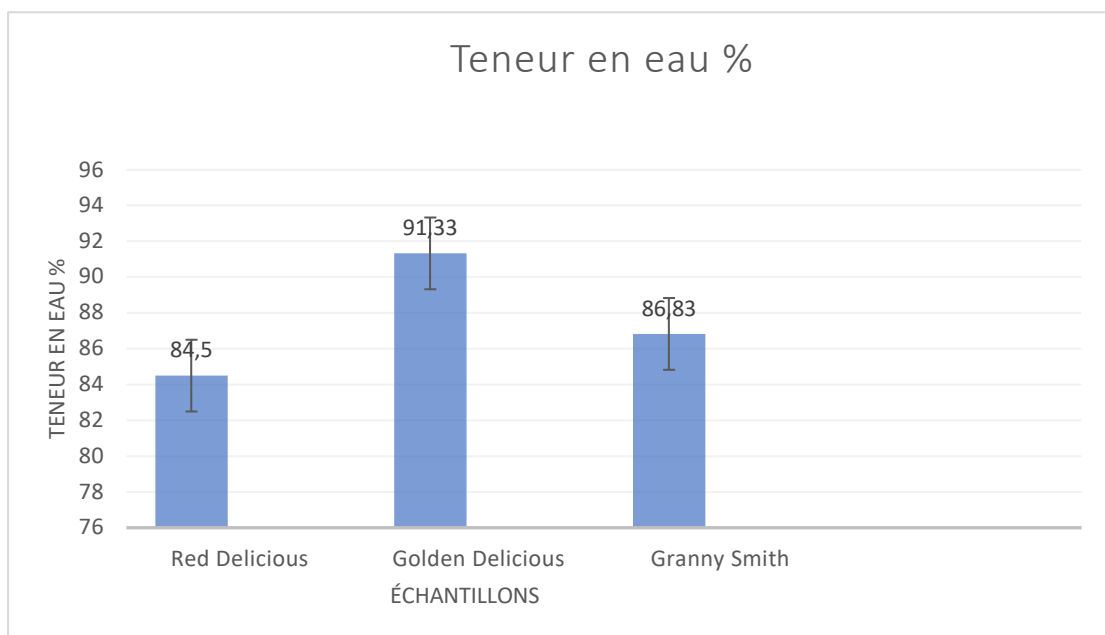


Figure 12 : Évaluation du Teneur en eau des échantillons de pommes analysées

2.3 Matière sèche (MS)

Les résultats obtenus révèlent des différences notables entre les teneurs en matière sèche des variétés de pommes analysées. La Red Delicious (pomme rouge) présente la teneur la plus élevée avec 15,5 %, suivie de la Granny Smith (pomme verte) avec 13,17 %, tandis que la Golden Delicious (pomme jaune) affiche la teneur la plus faible, à 8,67 %.

L'importance de la pomme en tant que fruit de dessert, d'une part, et en tant que matière première dans la transformation domestique et industrielle, d'autre part, dépend directement de sa teneur en eau, et donc de sa teneur en matière sèche (**Pantea, 2014**).

Des recherches menées par **Palmer et al., (2010)** et **Lenz, (2009)** sur l'importance de la matière sèche dans l'évaluation de la qualité des pommes ont révélé que, pour les nouvelles variétés de pommes, les consommateurs apprécient particulièrement la jutosité et la fermeté de la pulpe, des caractéristiques qui dépendent en grande partie de la teneur en matière sèche du fruit.

Selon Pantea, (2014), la variabilité de la teneur en matière sèche (MS %) des pommes est élevée et dépend de nombreux facteurs tels que : le génotype considéré, les conditions climatiques de l'année en question, la technologie culturale appliquée, l'âge de récolte des fruits, ainsi que leurs conditions et durée de stockage, etc. En fonction de ces facteurs, la teneur en MS % des pommes peut varier entre 8 et 37 %, et bien entendu, les fruits de meilleure qualité présentent généralement une teneur en MS % proche de la moyenne de ces valeurs extrêmes.

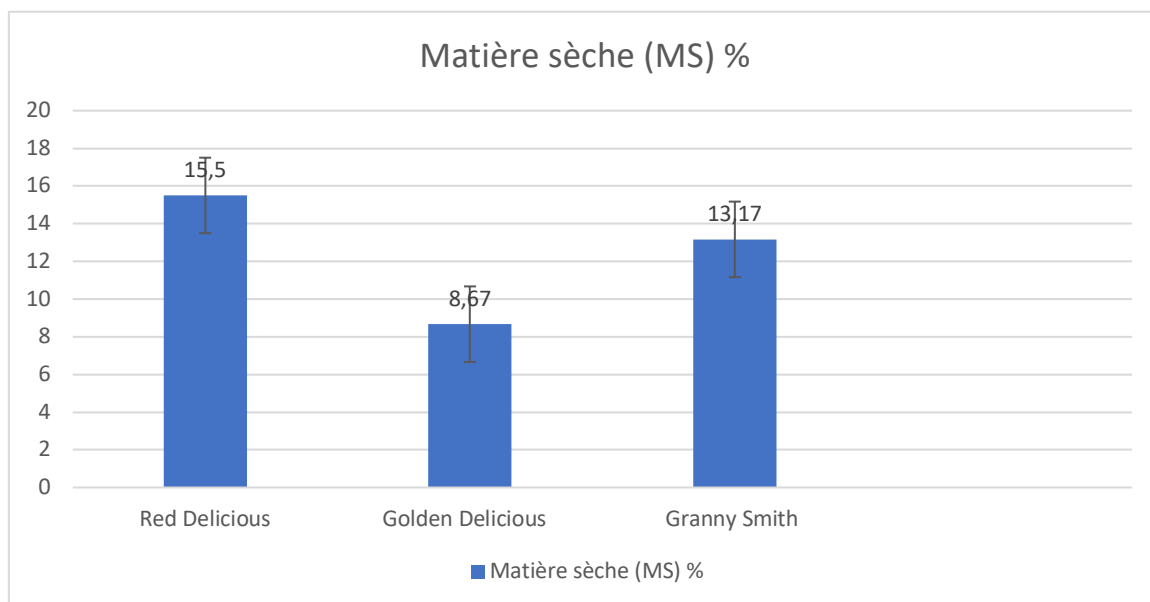


Figure 13 : Comparaison de la teneur en matière sèche entre les échantillons

2.4 Teneur en matière organique

La teneur moyenne en matière organique a été évaluée dans les trois échantillons de pommes étudiés. Les résultats montrent que les pommes rouges (Red Delicious) présentent la valeur la plus élevée avec 15,44 %, suivies des pommes vertes (Granny Smith) avec 13,10 %. En revanche, les pommes jaunes (Golden Delicious) affichent la plus faible teneur, estimée à 6,60 %. Ces variations peuvent être attribuées aux différences variétales, influençant notamment la composition biochimique et le degré de maturité des fruits au moment de la récolte.

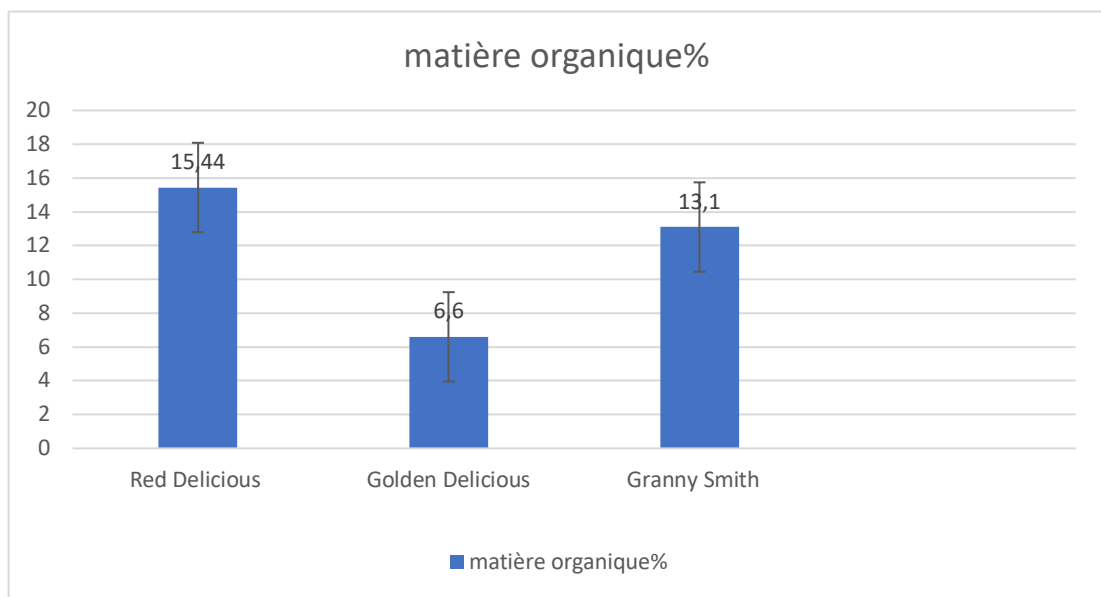


Figure 14 : Comparaison de la quantité de matière organique entre les échantillons

2.5 Teneur en matière minérale`

Les analyses révèlent que la teneur en matière minérale varie légèrement selon les variétés de pommes. La Red Delicious affiche la valeur la plus faible avec 0,046 %, tandis que la Granny Smith et la Golden Delicious présentent une teneur identique de 0,07 %. Ces résultats suggèrent une influence possible de la variété sur la composition minérale du fruit. En comparaison avec la littérature, nos résultats montrent des teneurs en matière minérale (cendres) relativement plus faibles, soit nettement inférieure à la valeur de 1 % rapportée par **Kalkisim et al. (2015)**, laquelle s'inscrit dans un intervalle allant de 0,60 à 1,53 % du poids sec pour seize variétés de pomme cultivées en Turquie. Nous avons résumé les résultats dans la figure 15.

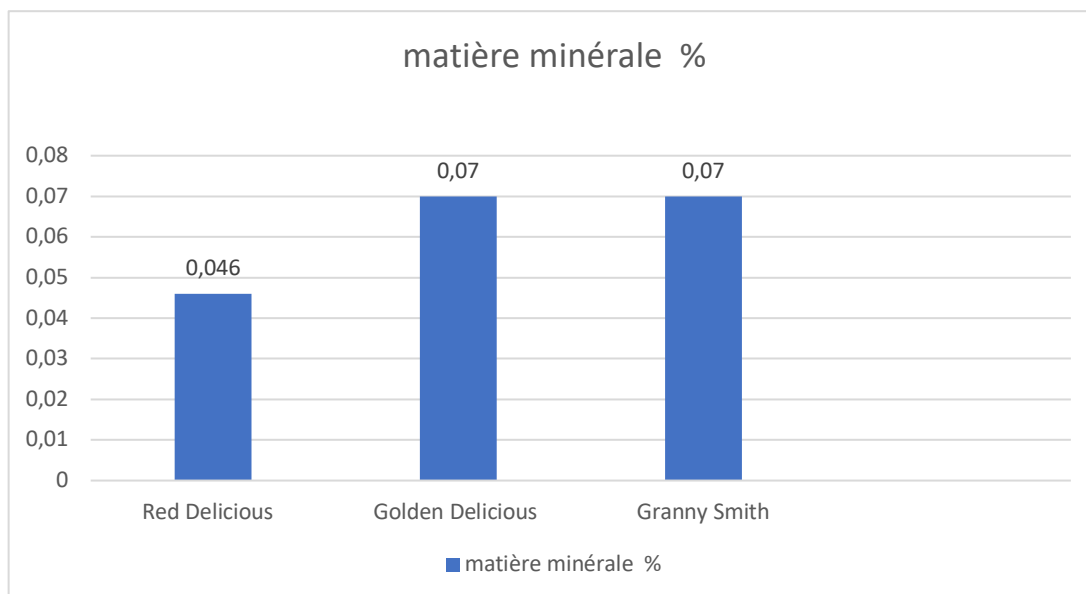


Figure 15 : Comparaison de la quantité de matière minérale entre les échantillons

2.6 Détermination du Brix

Dans la présente étude, les valeurs mesurées du degré Brix confirment cette variation entre les variétés : la Granny Smith présente une valeur moyenne de 11,1 °Bx, la Red Delicious atteint 13,7 °Bx, tandis que la Golden Delicious affiche une moyenne de 11,67 °Bx (Figure 16).

La teneur en sucre varie selon le type de fruit. Tous les fruits contiennent généralement du fructose, du saccharose, du glucose et du sorbitol. Les pommes sont classées parmi les fruits à faible teneur moyenne en sucres (**Serpen, 2012**).

Ces différences peuvent être attribuées, en partie, à la variabilité des saisons de récolte ainsi qu'aux stades de maturité des fruits. En effet, pour répondre à la demande du marché, les fruits et légumes sont parfois récoltés prématurément, avant d'atteindre leur pleine maturité. Cela peut entraîner des produits moins développés, présentant des caractéristiques physico-chimiques réduites, notamment une faible concentration en sucres solubles.

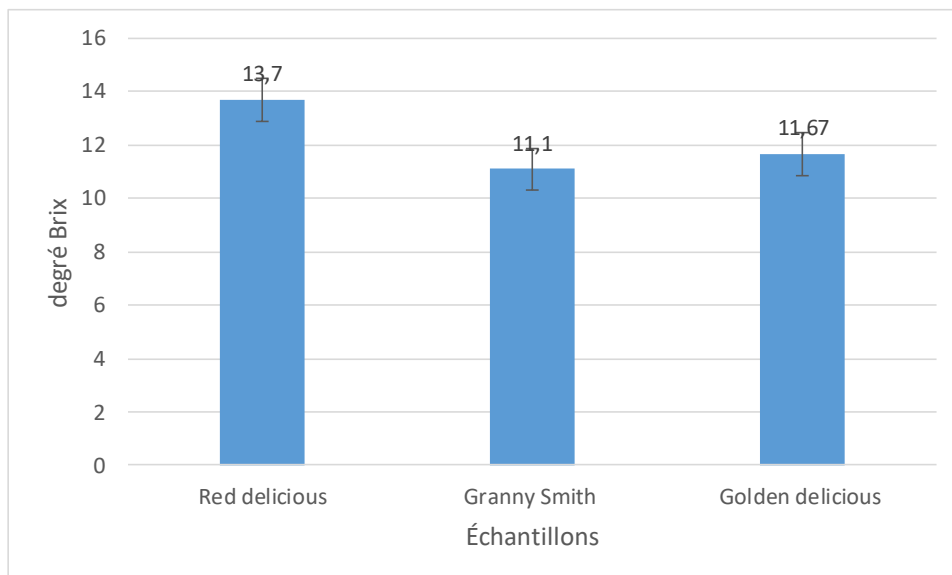


Figure 16 : Évaluation du degré Brix des échantillons de pommes analysées

2.7 Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable représente la quantité d'acide présente dans un échantillon alimentaire, déterminée par neutralisation à l'aide d'une base forte. Elle est généralement exprimée en g/100 mL ou g/L de l'acide organique prédominant dans le fruit. Selon le type de fruit analysé, les acides dominants peuvent être l'acide citrique, l'acide tartrique ou l'acide malique.

Dans le cas des pommes étudiées, les valeurs d'acidité titrable varient selon la variété. La Granny Smith présente une acidité comprise entre 0,50 g/L et 0,76g/L, ce qui en fait la variété la plus acide parmi celles analysées. La Red Delicious affiche une acidité légèrement inférieure, allant de 0,35 g/L à 0,39 g/L, tandis que la Golden Delicious présente les valeurs les plus faibles, comprises entre 0,28 g/L et 0,38 g/L (figure17).

Ces différences peuvent être liées à la composition organique propre à chaque variété ainsi qu'à leur stade de maturité au moment de l'analyse.

Nous avons résumé les résultats dans la figure ci-après:

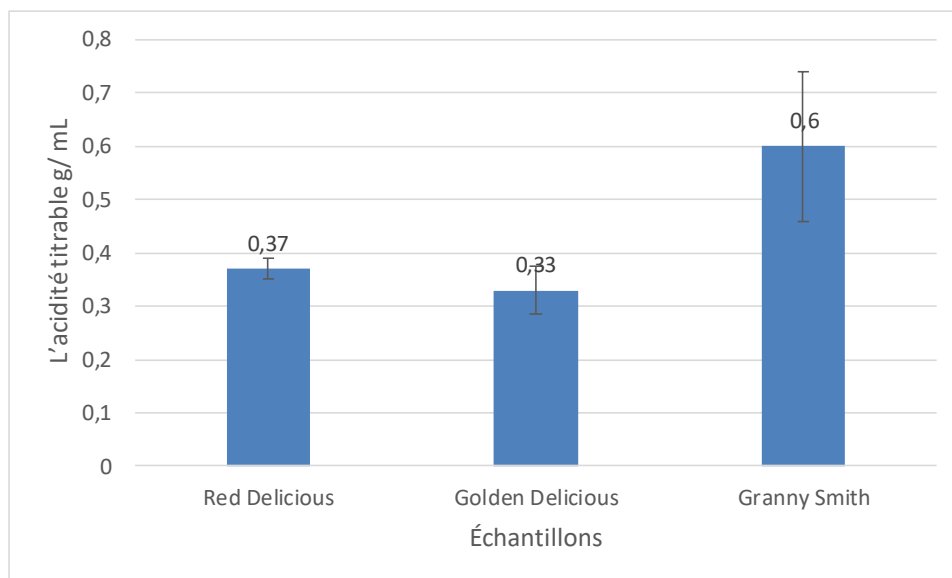


Figure 17 : Résultats d'acidité titrable g/ mL.

2.8. titrage indirect de la vitamine C

Les pommes présentent également des différences tissulaires spécifiques en ce qui concerne leur teneur en vitamine C. Il a été démontré que la concentration en vitamine C est significativement plus élevée dans la peau que dans la pulpe, avec des valeurs généralement 5 à 7 fois supérieures (**Bassi et al., 2018 ; Davy et Keulemans, 2009**).

la teneur en vitamine C des échantillons de pommes a été déterminée de manière expérimentale par titrage redox, selon lequel une mole de vitamine C réagit avec une mole de diiode. Les résultats obtenus révèlent une variation significative selon la variété. En effet, la Granny Smith contient 30 mg/100 g, la Golden Delicious présente une teneur légèrement supérieure avec 35 mg/100 g, tandis que la Red Delicious se distingue par une concentration plus élevée atteignant 49 mg/100 g. Ces résultats mettent en évidence une influence variétale marquée sur la teneur en acide ascorbique, un élément essentiel de la qualité nutritionnelle des fruits. Les résultats enregistrés à travers notre étude sont supérieurs par rapport à ceux de Cam-peanu et al, (2009) qui ont mis en exergue des teneurs en vitamine C allant de 7.19 à 7.89 mg/100 g dans différentes variétés de pommes récoltées en Roumanie, avec des valeurs les plus élevées observées dans les cultivars « Delicious », « Mutzu » et « Jonathan ».

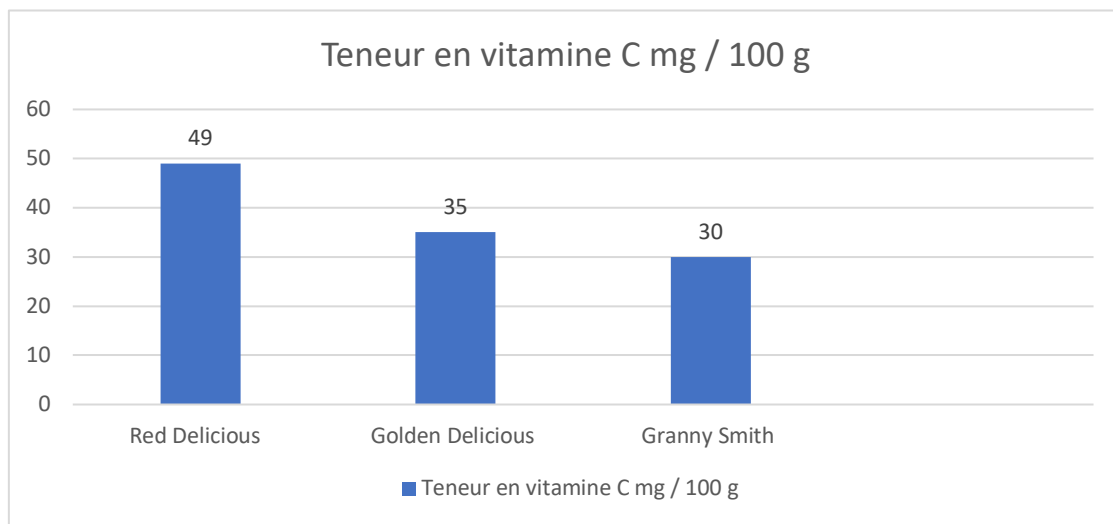


Figure 18 : Teneur en vitamine C dans les différents échantillons

NB : Vitamine C = acide ascorbique en mg / 100 g.

Ces résultats concordent avec ceux d'Akpomi et Augustine (2021), qui ont obtenu 22,83 mg/100 g (or), 29,26 mg/100 g (grand-mère) et 38,63 mg/100 g (rouge). Bien que des différences existent, elles sont cohérentes avec les variations naturelles liées à l'origine, à la maturité et aux conditions post-récolte.

2.9 Teneur totale en polyphénols est flavonoïdes :

A Teneur des polyphénols

La teneur totale en polyphénols de l'extrait méthanolique a été déterminée par dosage spectrophotométrique selon la méthode de Folin-Ciocalteu. À cet effet, une courbe d'étalonnage Comme le montre la figure 19 a été établie en utilisant l'acide gallique comme standard. Les mesures d'absorbance ont été effectuées pour chaque concentration à une longueur d'onde de 760 nm.

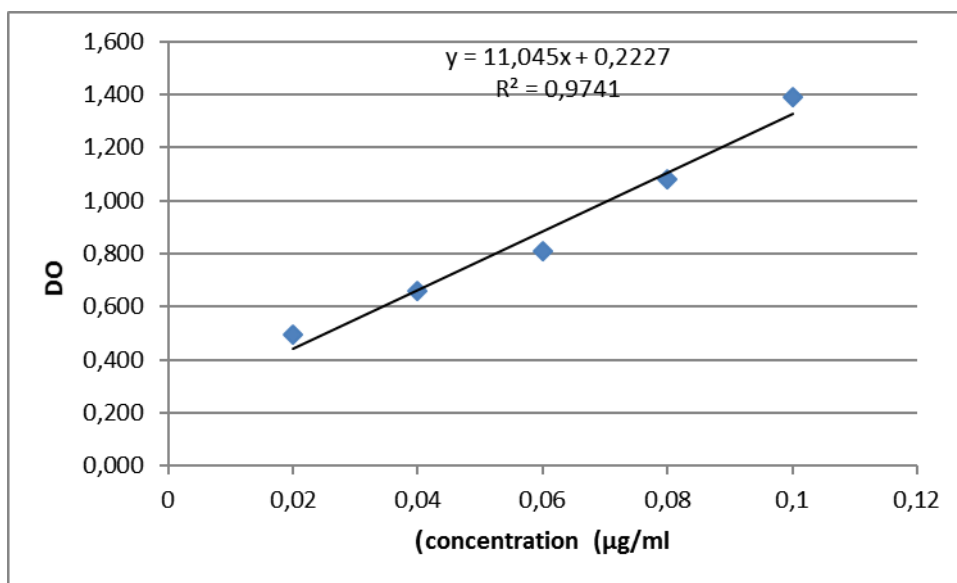


Figure 19: courbe étalonnage d'acide gallique

Les quantités de polyphénols ont été exprimées en mg d'équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g), et déterminées à partir d'une équation de régression linéaire de la forme : $y = ax + b$.

Les résultats obtenus ont été synthétisés et présentés sous forme graphique, comme illustré dans la figure suivante.

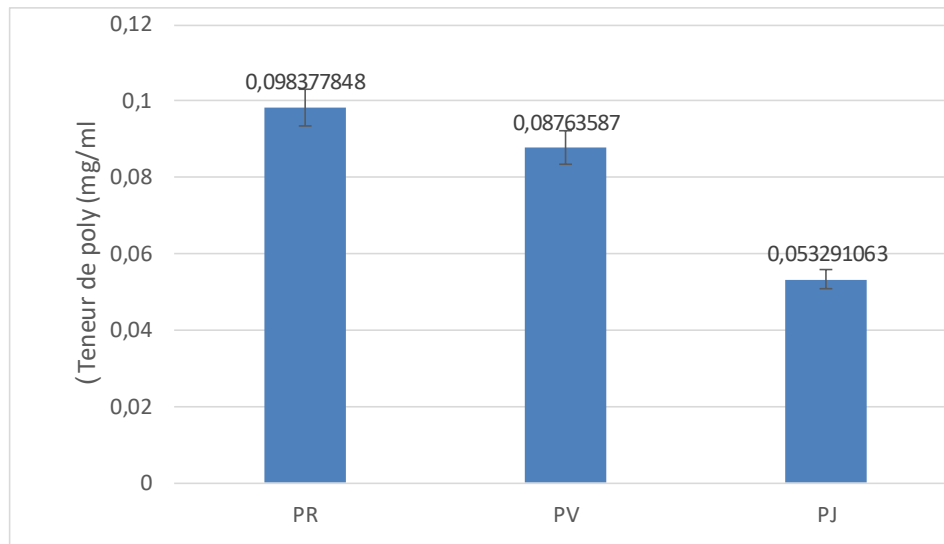


Figure 20: Teneur en polyphénols dans les trois échantillons de pomme

La figure 20 a mis en évidence que la variété Red Delicious présente la teneur la plus élevée en polyphénols (0.098mg/g) comparativement aux variétés Golden Delicious (0.053 mg/g) et Granny Smith (0.087 mg/g).

Il importe de signaler que les résultats obtenus à travers notre étude (pour les trois variétés : *Golden delicious, Red delicious et Granny smith*) demeurent inférieurs par rapport aux travaux de **Lachman et al, (2006)**, qui ont déduit une teneur totale en polyphénols, déterminée par le test de Folin-Ciocalteu, qui variait de 760 mg/kg de poids frais pour la variété Rosana à 1 343 mg/kg de poids frais pour la variété Melrose. Dans le même sens, les résultats dégagés par **Vrhovsek et al. (2004)**, ont mis en évidence une teneur totale en polyphénols, exprimée en (+/-) catéchine, chez huit variétés de pommes dans une plage allant de 662 à 2 119 mg/kg de poids frais, selon la variété. Ils sont également comparables aux résultats de **Thielen et al. (2004)**, où les concentrations dans la pulpe allaient de 170 à 1 004 mg/kg de poids frais.

B .Teneur des flavonoïdes

La teneur totale en flavonoïdes de l'extrait méthanolique a été déterminée selon la méthode au chlorure d'aluminium, en se basant sur une courbe d'étalonnage établie avec la quercitrine (Fig. 21). Les mesures d'absorbance ont été effectuées à une longueur d'onde de 415 nm pour chaque concentration analysée.

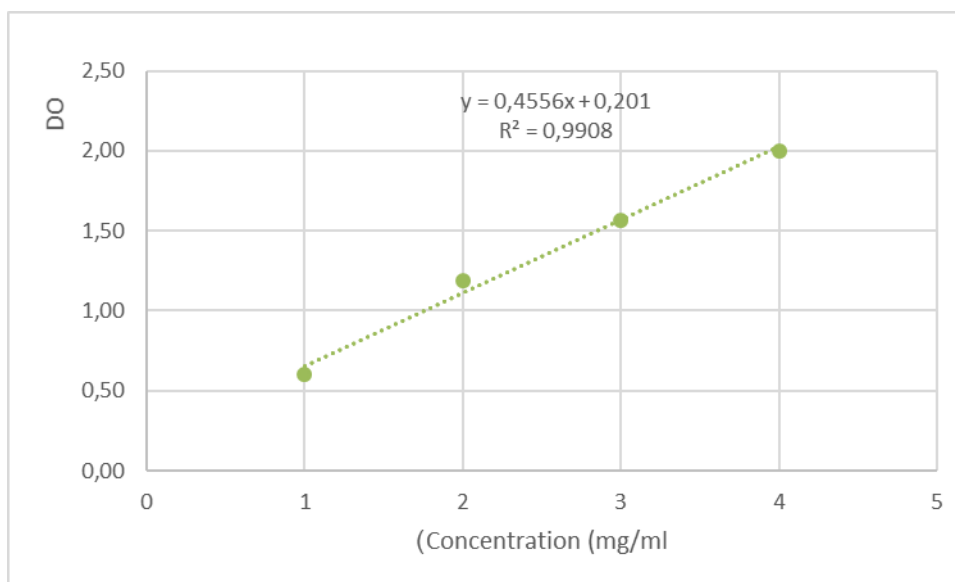


Figure 21: Courbe étalonnage de quercitrine

Les quantités de flavonoïdes ont été exprimées en mg d'équivalent quercitrine par gramme d'extrait (mg EQ/g) et calculées à l'aide d'une équation de régression linéaire de type $y = ax + b$. Les résultats obtenus ont été synthétisés sous forme graphique, comme illustré dans la figure suivante.

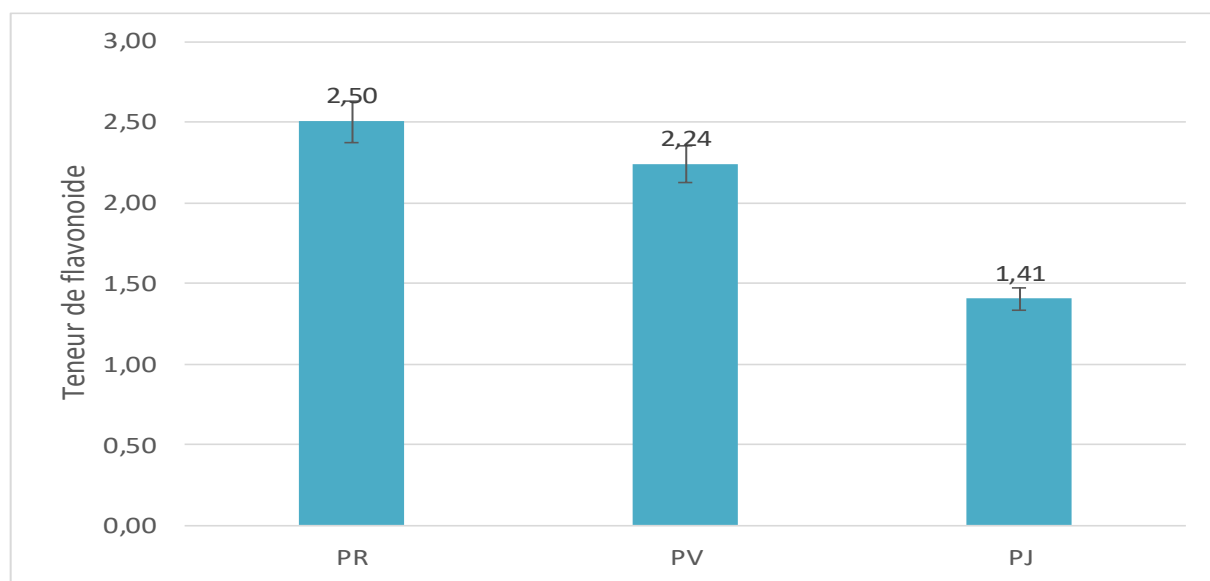


Figure 22: Teneur en flavonoïdes dans les trois échantillons de pomme

L'analyse des données présentées dans la figure 22, indique que la teneur en flavonoïdes est plus élevée dans la variété Red Delicious, atteignant 2,50 mg EQ/g, comparativement à la Granny Smith (2,24 mg EQ/g) et à la Golden Delicious, qui présente la concentration la plus faible avec 1,41 mg EQ/g. Ces résultats soulignent l'influence de la variété sur la richesse en flavonoïdes des échantillons de pommes analysés. Les résultats dégagés à travers notre expérimentation sont largement inférieurs par rapport à ceux obtenus par **Leposava et al, (2018)** qui enregistré

une teneur en flavonoïdes totaux dans le jus de pomme commerciale en Bulgarie allant de 5.53 to 15.55 mg/l équivalent quercitine.

Les pommes constituent une source majeure de flavonoïdes dans le régime alimentaire occidental (**Lachman et al., 2000**), et elles pourraient contribuer à la protection contre les maladies chroniques grâce à leurs mécanismes antioxydants (**Lotito and Frei, 2004**). Des études de corrélation ont montré que les composés phénoliques totaux contribuent le plus fortement à la valeur antioxydante TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) de la pomme, tandis que la contribution de l'acide ascorbique semble être faible **Lachman et al., (2006)**. Les flavanols, procyanidines, dihydrochalcones et hydroxycinnamates sont les classes phénoliques identifiées dans les tissus de la pelure, et les composés les plus abondants sont l'épicatéchine, la procyanidine B2 et la phloridzine (**Chinnici et al., 2004**).

3. Analyse microbiologique

Le développement microbien dans les pommes est influencé par plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques, susceptibles de favoriser ou d'inhiber la croissance des micro-organismes. Ces facteurs varient notamment en fonction de la variété de pomme ainsi que des conditions de stockage. C'est dans ce contexte que des analyses microbiologiques ont été menées sur les échantillons étudiés afin d'évaluer leur qualité sanitaire.

A. Observation des bactéries totale aérobie mésophile (FTAM)

La présence de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) est le principal indicateur de la qualité des aliments d'une manière générale ; sa présence en grand nombre indique une altération du produit. La figure 23 (a, b et c) présente les résultats obtenus pour les trois variétés de pommes. Ces résultats montrent que la charge bactérienne varie d'une variété à l'autre, ceci dit que la charge bactérienne totale demeure importante dans les trois variétés étudiées.

Le développement microbien dans les pommes est influencé par plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques, susceptibles de favoriser ou d'inhiber la croissance des micro-organismes. Ces facteurs varient notamment en fonction de la variété de pomme ainsi que des conditions de stockage. C'est dans ce contexte que des analyses microbiologiques ont été menées sur les échantillons étudiés afin d'évaluer leur qualité sanitaire.

Ces charges microbiennes dans les échantillons reflètent un non-respect des exigences d'hygiène, notamment : des conditions de transport inappropriées, un stockage dans des zones très humides et une contamination par les mains des vendeurs ou des acheteurs lors de la présentation des produits.

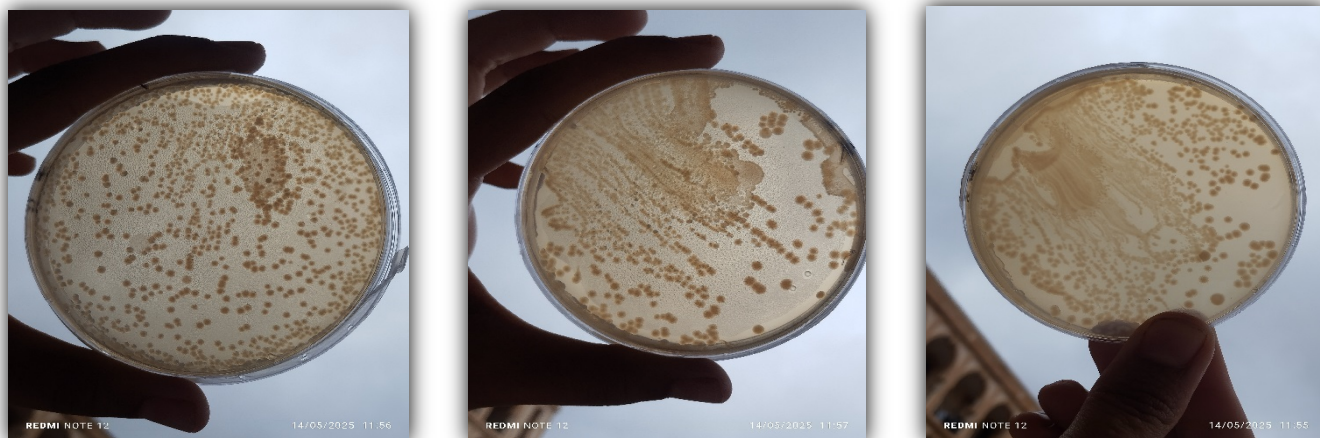
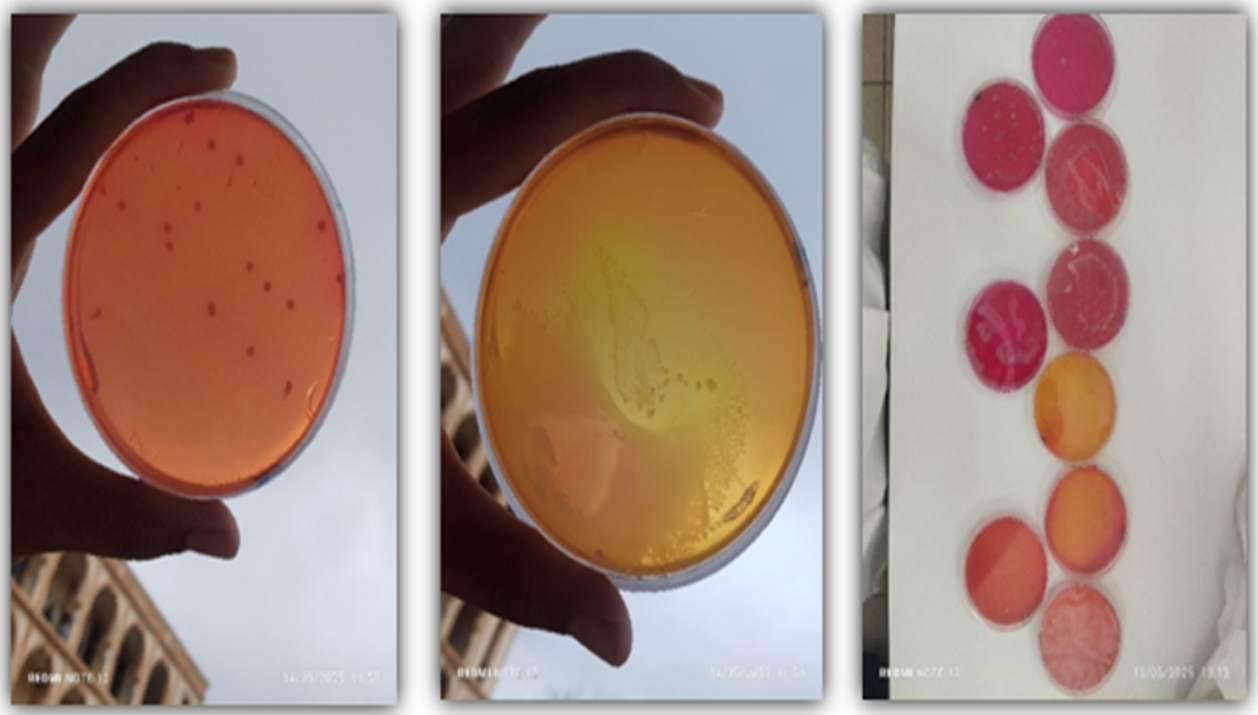


Figure 23 : FMAT dans les trois variétés de pommes étudiées

B.Recherche de Staphylococcus

La détection de *Staphylococcus spp.* est communément considérée comme un signe de contamination d'origine humaine ou animale, en particulier provenant de la peau ou des muqueuses « cutanéomuqueuse ». Cette bactérie représente un risque sanitaire notable en raison de sa capacité à produire des entérotoxines, susceptibles de provoquer des intoxications alimentaires (Delcenserie, 2002).

Dans la présente étude, il a été mis en évidence l'observation de quelques colonies de *Staphylococcus spp* dans les trois échantillons de pomme étudiées (Red delicious, Golden delicious et Granny smith) ; ce qui suggère une contamination des échantillons, vraisemblablement d'origine humaine ou environnementale. Cette déduction a été motivée ensuite avancé du fait que le milieu de culture utilisé est passé de la couleur rouge à la couleur jaune, ce qui indique une présence de *Staphylococcus spp.*

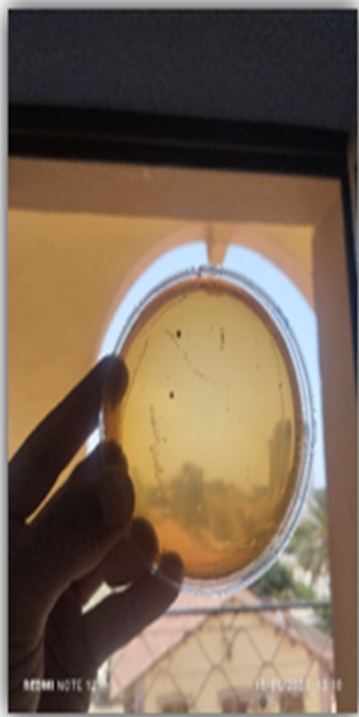


La figure 24 : Présence de quelques colonies de *Staphylococcus* spp. dans les trois échantillons de pomme étudiées

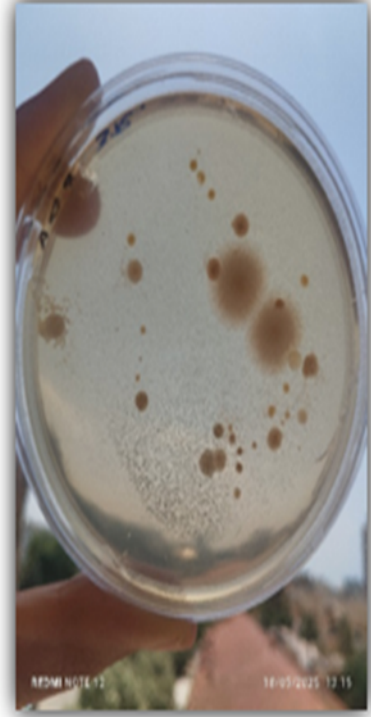
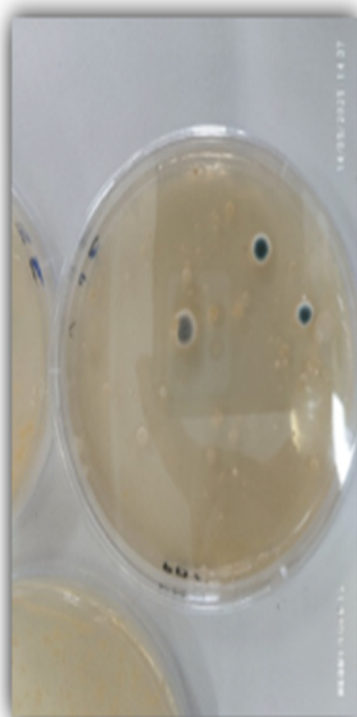
.C Recherche et dénombrement des levures et moisissures

En ce qui concerne la flore fongique ; les résultats ont montré la présence de levures et de moisissures, comme il est indiqué dans la figure 25ci-après.

Deux milieux de culture ont été utilisés pour l'identification des moisissures et des levures. Sur le milieu PDA, nous avons observé des colonies fongiques duveteuses de couleur verte et blanche, ainsi que de petites colonies rondes et lisses, caractéristiques des levures. En revanche, sur le milieu OGA, seules de petites colonies brunes ont été observées, sans modification notable de la couleur du milieu. Ces observations indiquent une contamination fongique des trois variétés de pommes étudiées, ce qui peut représenter un risque pour la santé du consommateur en raison de la possible production de toxines par certaines espèces de moisissures.



OGA



PDA

Figure 25 : Présence de la flore fongique dans les milieux « OGA et PDA ».

Conclusion

Conclusion générale

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la qualité physico-chimique, nutritionnelle et microbiologique de trois variétés de pommes commercialisées localement en Algérie - à savoir Granny Smith, Golden Delicious et Red Delicious- et conservées à température ambiante. À travers une série d'analyses, ce travail a permis de mettre en évidence des différences importantes entre les cultivars étudiés, tant sur le plan de la composition que de la stabilité microbiologique.

Les résultats obtenus ont montré des différences notables selon la variété. La Golden Delicious s'est distinguée par la teneur en eau la plus élevée, tandis que la Red Delicious a présenté l'indice Brix le plus élevé (13,7 °Bx), reflétant une richesse en sucres. En termes d'acidité, la Granny Smith s'est révélée la plus acide, avec une acidité titrable maximale de 0,54 g/L.

Sur le plan nutritionnel, la Red Delicious s'est avérée la plus riche en vitamine C (49 mg/100 g), en polyphénols (0,098 mg/mL) et en flavonoïdes (2,50 mg EQ/g), ce qui lui confère un potentiel antioxydant supérieur aux deux autres variétés. Ces données soulignent sa valeur nutritionnelle élevée.

L'analyse microbiologique a révélé une charge bactérienne variable selon les variétés, avec des niveaux globalement élevés de FTAM ainsi que la présence de *Staphylococcus spp* et des levures et moisissures, suggérant une contamination d'origine post-récolte (transport, manipulation). Cela met en évidence la nécessité d'améliorer les conditions d'hygiène tout au long de la chaîne de distribution.

En perspective, il serait pertinent de poursuivre les recherches sur les conditions optimales de conservation et de valoriser les qualités nutritionnelles spécifiques de chaque cultivar, tout en sensibilisant les consommateurs à l'importance de l'hygiène dans la consommation des fruits frais.

Références bibliographiques

- Agence de Presse Algérienne (APS). (2019, 4 janvier). La wilaya de Khenchela, première au niveau national dans la production de pommes
- Amiot, M. J., & Tacchini, M. (2000). Qualité des fruits et légumes : Composés phénoliques, sucres et acidité – méthodes d'analyse. INRA – Éditions.
- Amiot, M. J., & Tacchini, M. (2000). Qualité des fruits et légumes : Composés phénoliques, sucres et acidité – méthodes d'analyse. INRA Éditions.
- ARDNA (Association Régionale de Développement de l'Agriculture). (s.d.). Référentiel technique – Pommier. France.
- Baggiolini M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique, *Revue romande d'Agriculture et d'Arboriculture*, 8(1): 4–6.
- Benamara S, Agougou A., 2003 Jus Alimentaire. Ed : 2.01.4280. Office des Publication
- Boré, J., & Fleckinger, J. Les fruits: Botanique et biologie. Paris: CTIFL, 1997
- Bouazza, M., et al. Étude du comportement des principales variétés de pommier cultivées en Algérie dans différentes situations climatiques. *Algerian Annals of Agronomy*, vol. 12, no. 2, 1988, pp. 66–88.
- Boudjou, S., Oomah, B. D., Zaidi, F., & Hosseinian, F. (2013). Phenolics content and antioxidant activity of various apple cultivars grown in Algeria. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1011–1018
- Bourgeois, C. M., & Mescle, J. F. (2005). *Microbiologie alimentaire: Tome 1 – Bases biologiques et biochimiques de la conservation des aliments* (3^e édition). Paris : Lavoisier.
- Bourgeois, C. M., & Mescle, J. F. (2005). *Microbiologie alimentaire: Tome 1 – Bases biologiques et biochimiques de la conservation des aliments* (3^e éd.). Paris: Lavoisier.
- Bourgeois, C. M., & Mescle, J. F. (2005). *Microbiologie alimentaire : Tome 2 - Techniques d'analyse et contrôle microbiologique des aliments* (3^e éd.). Paris : Lavoisier.
- Bourelès, A. (2010). Anatomie et structure du fruit: le cas du pommier. *Revue de Pomologie*, 22(3), 45–61.
- Boyer, J., and R. H. Liu. "Apple phytochemicals and their health benefits." *Nutrition Journal*, vol. 3, 2004, p. 5.
- Brat, P., Georgé, S., Bellamy, A., Du Chaffaut, L., Scalbert, A., Mennen, L., Arnault, N., & Amiot, M. J. (2006). Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *Journal of Nutrition*, 136(9), 2368–2373.

- Brat, P., Georgé, S., Bellamy, A., Du Chaffaut, L., Scalbert, A., Mennen, L., Arnault, N., & Amiot, M. J. (2006). Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *Journal of Nutrition*, 136(9), 2368–2373.
- Bretraudeau, André. *Le pommier: biologie et culture*. Paris: Éditions J.-B. Baillière, 1978
- Bretraudeau, Jean. 1975. *Atlas d'arboriculture fruitière: définition, historique, la multiplication...*, 2^e ed. Paris : J.-B. Baillière & Fils, 245 p.
- Bretraudeau, Jean. 1978. *Atlas d'arboriculture fruitière. Volume 2: Poirier, Pommier, Nashi*. Paris: Technique & Doc / J.-B. Baillière & Fils. 173 pp. ISBN 978-2700800548
- Chaouia, A., et al. *Principales variétés de pommier cultivées en Algérie*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2003.
- Cheftel, J.C., Cheftel, H., & Cuq, J.-L. (1989). *Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments (2^e édition)*. Paris : Lavoisier TEC & DOC.
- Chinnici F., Bendini A., Gaiani A., Riponi C., 2004. Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 4684–4689.
- Codex Alimentarius (2005). *Codex STAN 247-2005 - Codex General Standard for Fruit*
- Codex Alimentarius Commission. (2010). *Norme pour les pommes (CODEX STAN 299-2010)*. FAO/WHO, Rome
- Conan, L. (2024). *Table des valeurs nutritionnelles des aliments courants*. Paris : Éditions NutriScience.
- Cornille, A., Giraud, T., Smulders, M. J. M., Roldán-Ruiz, I., & Gladieux, P. (2012). The domestication and evolutionary ecology of apples. *Trends in Genetics*, 28(2), 57–66.
- Coutanceau, J. *Le pommier: Biologie florale et fructification*. INRA, 1962.
- Coutanceau, M. 1962. *L'arboriculture fruitière. Technique et économie des cultures de rosacées fruitières ligneuses*. Paris: J.B. Baillière & Fils.
- Davey, M. W., Montagu, M. V., Inzé, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., ... & Fletcher, J. (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 825–860
- EL Idrissi, K. (2014). *Exigences en eau du pommier : Du débourrement à la chute des feuilles, consommation $\approx 6000 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Mémoire de licence ou master)*. Université de Tlemcen, Algérie. Disponible à : DSpace Université de Tlemcen.
- Evaluation des besoins en matière de renforcement des systèmes arboricoles : Principales variétés de pommier cultivées en Algérie*. 2003.
- FAO Production de pommes en 2016.les données FAOSTAT

Food and Agriculture Organization of the United Nations. "Production: Crops and Live-stock Products (Apple – FAOSTAT)," 2025, FAO, Mar. 17, 2025. Retrieved June 17, 2025

Guyot, S., et al. "Composition of phenolic compounds in cider apples." *Food Chemistry*, vol. 79, no. 3, 2002, pp. 351–360.

Ha, Young-Ho, Seung-Hwan Oh, and Soo-Rang Lee. "Genetic Admixture in the Popula-tion of Wild Apple (*Malus sieversii*) from the Tien Shan Mountains, Kazakhstan." *Genes*, vol. 12, no. 1, 2021, p. 104

Harnly, J. M., et al. "Flavonoid content of U.S. fruits and vegetables." *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 19, Supplement 1, 2006, pp. S74–S79.

Harnly, J. M., et al. "Flavonoid content of U.S. fruits and vegetables." *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 19, Supplement 1, 2006, pp. S74–S79

Helgi Library. (2022). *Consommation de pommes dans le monde (données 2021)*. Données basées sur FAOSTAT.

Hyson, D. A. "A comprehensive review of apples and apple components and their rela-tionship to human health." *Advances in Nutrition*, vol. 2, no. 5, 2011, pp. 408–420.

J. Lachman , M. Šulc , J. Sus , O. Pavlíková, 2006. Polyphenol content and antiradical ac-tivi-ty in different apple varieties. *Hort. Sci. (Prague)*, 33, 2006 (3): 95–102.

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. (2025). Décret fixant les normes de commercialisation des fruits frais destinés à la consommation, notam-ment les pommes (n°21). Alger : Secrétariat Général du Gouvernement.

Juices and Nectar. 19 p

Juniper, Barrie E., and David J. Mabberley. *The Story of the Apple*. Timber Press, 2006.

Lachman J., Orsák M., Pivec V., 2000a. Antioxidant complex of bioflavonoids and ascor-bic acid in apples (*Malus pumilla* Mill.). *Czech Journal of Food Sciences*, 18: 153–158.

Lata, B. "Relationship between apple peel and pulp antioxidant content and fruit storage." *Postharvest Biology and Technology*, vol. 43, no. 3, 2007, pp. 254–260.

Le Marchand, L. (2002). Cancer preventive effects of flavonoids—a review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(6), 296–301.

Le Marchand, L. (2002). Cancer preventive effects of flavonoids—a review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(6), 296–301.

Lenz, F., 2009, Fruit effects on the dry matter- and carbohydrate distribution in apple trees, *Acta Horticulturae*: 835, international Symposium on Source-Sink Relationships in Plants, Kalingrad.

- Leposava Pavun , Snežana USkoković-Marković, Milena Jelikić-Stankov , Daniela Đikanić and Predrag Đurđević, 2018. Determination of Flavonoids and Total Polyphenol Contents in Commercial Apple Juices, *Czech J. Food Sci.*, 36, 2018 (3): 233–238.
- Lin, J. K., & Weng, M. S. (2006). Flavonoids as nutraceuticals: A review on the bioactivity and metabolism of flavonoids. *Current Opinion in Investigational Drugs*, 7(10), 937–945.
- Lin, J. K., & Weng, M. S. (2006). Flavonoids as nutraceuticals: A review on the bioactivity and metabolism of flavonoids. *Current Opinion in Investigational Drugs*, 7(10), 937–945.
- Lotito S.B., Frei B., 2004. Relevance of apple polyphenols as antioxidants in human plasma: Contrasting in vitro and in vivo effects. *Free Radical Biology and Medicine*, 36: 201–211.
- Lu, Y., and L. Y. Foo. "Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace." *Food Chemistry*, vol. 68, no. 1, 2000, pp. 81–85.
- Manach, C. et al. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.*, 79(5), 727–747.
- Manach, C., et al. "Polyphenols: food sources and bioavailability." *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 79, no. 5, 2004, pp. 727–747.
- Massonnet, Pierre. *Le pommier: développement du fruit et morphologie*. Éditions Quae, 2004.
- McGhie, T. K., and M. C. Walton. "The bioavailability and health benefits of flavonoids in apples." *Horticultural Reviews*, vol. 34, 2007, pp. 197–223.
- MLASun, J., Chu, Y. F., Wu, X., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7449–7454.
- Oukabli, A. (2012). Fiche technique – Pommier. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Maroc.
- Oukabli, A. Fiche technique – Pommier. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 2012.
- Palmer, J.W., F. R. Harker, D.S. Tustin, J. Johnston, 2010, Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 2586–2594.
- Pantea Stelian, 2014. Variability of dry matter content of apple fruit Under the influence of cultivar and soil Maintenance systems. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului* Vol. XXII.

- Sadoudi, A., & Maiza-Benabdesselam, F. (2013). Dosage de la vitamine C dans quelques fruits frais par titrage à l'iodate de potassium. *Revue des Bioressources*, 3(2), 20–26.
- Sanoner, P., Guyot, S., Marnet, N., Molle, D., & Drilleau, J.F. (1999). Polyphénols du fruit de pomme : composition et évolution au cours de la maturation. *Scientia Horticulturae*, 81(3), 261–276.
- Scalbert, A., & Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J. Nutr.*, 130(8S Suppl), 2073S–2085S.
- Scalbert, A., and G. Williamson. "Dietary intake and bioavailability of polyphenols." *The Journal of Nutrition*, vol. 130, no. 8S Suppl, 2000, pp. 2073S–2085S.
- Serpen, A., Gökmen, V., & Fogliano, V. (2012). Total antioxidant capacities of raw and cooked fruits and vegetables are affected by cooking process and food matrix. *Journal of Functional Foods*, 4(4), 989–99
- Shoji, T. et al. (2003). Apple procyanidins suppress tumor cell growth. *J. Agric. Food Chem.*, 51(20), 6200–6204.
- Shoji, T., et al. "Apple procyanidins suppress tumor cell growth." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 20, 2003, pp. 6200–6204.
- Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7449–7454.
- Thielen C., Will F., Zacharias J., Dietrich H., Jacob H., 2004. Polyphenols in apples: Distribution of polyphenols in apple tissue and comparison of fruit and 102 Hort. Sci. (Prague), 33, 2006 (3): 95–102 juice. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 100: 389–398.
- Trillo, A., Oukabli, A., & Loussert, R. (2001). *Le pommier : Conduite de la culture et production fruitière*. Éditions Techniques Agricoles, France.
- Trillo, A., Oukabli, A., and Loussert, R. *Le pommier: Conduite de la culture et production fruitière*. Éditions Techniques Agricoles, 2001.
- Trillot, Jean. "Biologie florale du pommier." *Biologie et physiologie des arbres fruitiers à pépins*, édité par Pierre Johan, CTIFL, 2002, pp. 45–67.
- Tsao, R. "Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols." *Nutrients*, vol. 2, no. 12, 2010, pp. 1231–1246.
- Tsao, R., and R. Yang. "Optimization of a new mobile phase to know the apple polyphenols profile." *Journal of Chromatography A*, vol. 1012, no. 1, 2003, pp. 103–111. Universitaire.122P.
- Veberic, R., et al. "Phenolic profiles of apples grown under organic and integrated production systems." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, no. 16, 2005, pp. 6530–6535.

Veberic, R., et al. "Phenolic profiles of apples grown under organic and integrated production systems." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, no. 16, 2005, pp. 6530–6535.

Velasco, R., Zharkikh, A., Affourtit, J., et al. (2010). The genome of the domesticated apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Nature Genetics*, 42, 833–839.

Vrhovsek U., Rigo A., Tonon D., Mattivi F., 2004. Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6532– 6538.

Wolfe, Kelly, Xi Wu, and Rui Hai Liu. "Antioxidant activity of apple peels." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 3, 2003, pp. 609–614.