



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

FILIERE : Biotechnologie

OPTION: Biotechnologie végétale

Thème

*Caractérisation biochimique des variétés (Red
délicious et Granny Smith) de pommes cultivées à
KHENCHELA*

Présenté par :

ATHAMNA Meriem et GUERMOUAI Youssra

Soutenu le 23 / 06 / 2024

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

Président	Dr. ADDAD Dalila	(MCA)	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Encadreur	Pr. KADI Kenza	(Prof.)	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Examineur	Dr. MEKERSI Nawal	(MCB)	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Année universitaire 2023/ 2024

RESUME

Les pommes sont parmi les fruits bénéfiques pour le corps en raison de leur composition biochimique. L'objectif de cette recherche est de comparer les caractéristiques biochimiques de deux variétés de pomme (Red déliious et Granny Smith) cultivées dans la wilaya de Khenchela, et d'étudier l'effet de développement de fruit (pomme) au soleil et à l'ombre.

Les paramètres mesurés de pomme sont : le taux d'eau H%, le pH, la conductivité électrique (CE μ l), l'acidité titrable, la matière organique (MO%), les éléments minéraux sodium (Na⁺⁺mg), potassium (K⁺mg), calcium (Ca⁺⁺mg), les flavonoïdes, les sucres totaux, les lipides%, les protéines% et les polyphénols.

L'ANOVA à deux facteurs a montré qu'il y a des différences très hautement significatives entre les variétés en ce qui concernent les paramètres suivants : pH, K⁺mg, Na⁺⁺mg, flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, lipides ; et le type de développement en ce qui concerne les paramètres de teneur en cendres, MO%, K⁺mg, Na⁺⁺mg, taux des sucres totaux, la CE μ l, les flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, l'acidité et la teneur en lipides et leurs interaction en ce qui concerne les paramètres suivants : K⁺, Na⁺⁺, CEI, et l'acidité titrable.

Les résultats obtenus montrent que les variétés développées au soleil présentent des teneurs importantes dans les paramètres suivants : Flavonoïdes et sucres. En revanche, la variété Granny Smith présente les meilleures caractéristiques bio-physicochimiques par rapport à la variété Red déliious.

Mots clés : pomme, paramètres physicochimiques, développement, variété, Red déliious, Granny Smith.

ABSTRACT

Apples are among the fruits beneficial to the body due to their biochemical composition. The objective of this research is to compare the biochemical characteristics of two varieties of apple (Red delicious and Granny Smith) grown in the wilaya of Khenchela, and to study the effect of fruit (apple) development in sunlight and sunlight.

The apple parameters measured are: water content H%, dry matter content (MS %), pH, electrical conductivity (EC μ l), titratable acidity, organic matter (OM %), mineral elements sodium (Na⁺⁺mg), potassium (K⁺mg), calcium (Ca⁺⁺mg), flavonoids, total sugars, lipids, proteins and polyphenols.

The two-way ANOVA showed that there are very highly significant differences between the varieties with regard to the following parameters: pH, (K⁺mg), (Na⁺⁺mg), flavonoids, polyphenols, H%, MS%, lipids; and the type of development with regard to the parameters of ash content, MO%, K⁺mg, Na⁺⁺mg, total sugar content, EC μ l, flavonoids, polyphenols, H%, MS%, acidity and lipid content and their interaction with regard to the following parameters: K⁺mg, Na⁺⁺mg, EC μ l, and titratable acidity%.

The results obtained show that the varieties developed in the sun have high levels in the following parameters: Flavonoids and sugars. On the other hand, the Granny Smith variety presents the best bio-physicochemical characteristics compared to the Red delicious variety.

Keywords: Apple, physicochemical parameters, development, variety, Red delicious, Granny Smith

ملخص

يعتبر التفاح من الفواكه المفيدة للجسم بسبب تركيبته البيوكيميائية. الهدف من هذا البحث هو مقارنة الخصائص البيوكيميائية لصنفين من التفاح (Granny Smith و Red Delicious) المزروعين بولاية خنشلة، ودراسة تأثير نمو الثمرة (التفاحة) تحت ضوء الشمس و"الظل".

معاملات التفاح التي تم قياسها هي: محتوى الماء %H، محتوى المادة الجافة (MS) الأس الهيدروجيني (pH)، التوصيل الكهربائي (EC)، الحموضة القابلة للمعايرة، المادة العضوية (OM)، العناصر المعدنية الصوديوم (Na⁺⁺)، البوتاسيوم (+K)، الكالسيوم (Ca⁺⁺)، الفلافونويدات، السكريات الكلية، الدهون والبروتينات والبوليفينول.

أظهر تحليل التباين ثنائي الاتجاه أن هناك اختلافات كبيرة جداً بين الأصناف فيما يتعلق بالمعاملات التالية: الرقم الهيدروجيني، K⁺، Na⁺⁺، الفلافونويدات، البوليفينول، %H، %MS، الدهون؛ ونوع التطور فيما يتعلق بمعاملات محتوى الرماد، MO، K⁺، Na⁺⁺، محتوى السكر الكلي، %EC، الفلافونويدات، البوليفينول، %H، %MS، الحموضة ومحتوى الدهون وتفاعلها فيما يتعلق بالمعاملات التالية: K⁺، Na⁺⁺، %EC، والحموضة القابلة للمعايرة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الأصناف التي تم تطويرها في الشمس تحتوي على مستويات عالية في العوامل التالية: الفلافونويدات والسكريات. من ناحية أخرى، يقدم صنف جراني سميث أفضل الخصائص الفيزيائية والكيميائية الحيوية مقارنة بالصنف الأحمر اللذيذ.

الكلمات المفتاحية: التفاح، المعلمات الفيزيائية والكيميائية، التطور، التنوع، Red Delicious و Granny Smith.

DEDICACE:

Je dédie ce travail à :

A mon père,

Ma mère

Mes sœurs : HALIMA, AMINA KHADIDJA AICHA ET ZAKIA Mes frère : KHIR

EDDIN KHALED NOUR EDDIN ET YAHYA.

Mes enseignants : KADI KENZA et Ben ghanem mounsiif

Mes amies : ILHAM, SADIKE.

MERIEM

DEDICACE :

Je dédie ce travail à prof : BEN GHANEM MOUNSIF...

A mon père,

Ma mère

Mes sœurs : HASSIBA ET AYA

Mon frère ISLAM

L'enseignant : KADI KENZA

Mon amie: RADIA

Youssra.....

REMERCIEMENTS :

A l'issue de cette fin de travail j'adresse mes remerciements à **Dieu**
Pour tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée
Durant toutes ces longues années d'études.

En second lieu, je veux remercier ma directrice de recherche Madame **KADI KENZA** pour tous ses conseils précieux concernant le travail ou concernant la
vie.

Je m'adresse mes précieux remerciements aux membres **du jury**
D'accepter d'évaluer ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement toute **ma famille mon père, ma mère, mes sœurs et mes Frères**, et toute personne m'aide de réaliser ce modeste travail.

MERIEM et YOUSRA.....

Table des matières

Dédicace :

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Chapitre I : Généralités sur le pommier.

I -Généralités sur le pommier 5

1/La position systématique 5

1.1/Origine du pommier 5

1.2/Classification classique 5

1.3/la classification phyllogénétique 6

1.4/Etude botanique du pommier..... 6

1.4.1/Système racinaire 7

1.4.2/Rameaux 7

1.4.3/ Feuilles 7

1.4.4/Fleurs 8

1.4.5/ Fruit..... 9

1.4.6/ Graine..... 9

2-Ecologie de pommier 10

2.1/ Les exigences du pommier 10

2.1.1/Exigences abiotique 10

2.1.2/Exigences biotique 11

3-Répartition géographique du pommier 11

3.1/ Dans le monde 11

3.2/ Dans l'Algérie 11

3.3/ Dans la wilaya de Khenchela 12

4- Importance de pommier	13
4.1/ Importance agronomique.....	13
4.2/Importance économique	13
4.3/ Importance alimentaire	13

Chapitre II : Le pommier

1. Cycle de développement de la pomme.....	15
1.1/ Cycle végétatif annuelle	15
1.1.1/ Floraison	15
1.1.2/ Nouaison	15
1.1.3/ Maturation.....	15
2/ Description des variétés étudiées de pomme.....	15
2.1.Reddelicious	15
2.2 Granny Smith.....	16
3-Structure de la pomme	16
4/ Les caractérisations de la pomme	17
4.1/ composition biochimique de la pomme.....	17
4.1.1/ Hydrates de Carbone.....	18
4.1.2/ Acides Organiques	18
4.1.3/ Vitamines	18
4.1.4/ Oligoéléments	19
4.1.5/ Polyphénols.....	19
4.2/Propriétés nutritionnelles des pommes	19
5/ Le stockage de la pomme.....	19
5.1 : Refroidissement.....	20
5.2 :Stockage sous atmosphère contrôlée	20
5.3 : Thermothérapie.....	20
5.4 : Enrobage.....	20

6/ La production de la pomme.....	20
6.1/ Dans le monde	20
6.2/ dans l'Algérie	20
6.3/ dans la wilaya de Khenchela	21

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal.....	24
2. Préparation des échantillons et des extraits de la pomme	24
3. produits chimique, réactifs, outils et appareillage.....	25
4. Les paramètres mesurés	26
4.1. Détermination de la teneur en eau	26
4.2. Détermination du PH (NF V 05-108, 1970).....	27
4.3. Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974).....	27
4.4. Détermination de la teneur en lipides (NF EN ISO 734-1, 2000)	28
4.5. Détermination de la teneur en cendres	29
4.6. Analyse des éléments minéraux (NF V 05-113 de 1972).....	30
4.7. Détermination de la conductivité électrique.....	31
4.8. Détermination de la teneur en polyphénols	31
4.8.1. Extraction des polyphénols	31
4.8.2 Détermination de la teneur en polyphénols totaux.....	32
4.9. Détermination de la teneur en flavonoïdes :	34
4.10. dosage des sucres totaux.....	35
4.11.. La détermination de la teneur en protéine	36
5. Etude statistique	37

Chapitre IV : Résultats et discussion

1-Analyse de la variance à deux facteurs de l'effet variété et maturation sur les paramètres physicochimiques et biochimiques des pommes cultivées dans la wilaya de Khenchela :.....	39
2-Effet de variété sur les paramètres bio-physicochimiques de fruit de pomme	40

3-Effet de développement de fruit de pomme sur leurs paramètres bio-physicochimiques	41
4-Effet de l'interaction variété X développement sur les paramètres bio-physicochimiques de fruit de pomme	43
5-Etude des corrélations entre les paramètres mesurés	44
6- Analyse de la composante principale.....	47
CONCLUSION	50
Référence bibliographique	53

Liste des abréviations :

ANDI : Agence nationale de développement de l'investissement.

DSA : Direction des services Agricole.

G : gramme.

MI : millilitre

µl : microlitre

HA : hectare

KG : kilogramme.

QX : quintaux.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

FAOSTAT : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**statistique**)

DSA: Direction des services agricoles

% : Pourcentage.

°C: Degré Celsius.

H₂O : Eau

HCl: Acide chlorhydrique

NaOH: Carbonate de sodium

AG : Acide gallique

MO : matière organique

MS : matière sèche

H : humidité.

CE : conductivité électrique.

Liste des tableaux :

Tableau 1: classification classique du pommier.....	6
Tableau 2: classification phyllogénétique du pommier.....	6
Tableau 3: Composition moyenne d'une pomme (Aprifel, 2008)..	17
Tableau 4: les produits chimique et réactifs outilles et l'appareillage utilisé	25
Tableau 5: Carrés moyennes de l'ANOVA à deux facteurs de l'effet variété et maturation sur les paramètres physicochimiques et biochimiques des pommes.....	39
Tableau 6: les moyennes des paramètres bio-physicochimiques mesurés de l'effet variété....	40
Tableau 7: Moyenne des paramètres bio-physicochimiques de fruit de pomme en ce qui concernent l'effet de l'interaction variété X développement :	43
Tableau 8: Matrice de corrélation entre les paramètres mesurés	44

Liste des figures :

Figure 1: Arbre du pommier (photo originale 2023/2024).	5
Figure 2: Rameaux du pommier (photo originale).....	7
Figure 3: Feuille du pommier (photo originale).....	8
Figure 4: Fleur du pommier (photo originale06.04.2024).	8
Figure 5: Fruit de pommier (photo originale 23.11.2023).	9
Figure 6: Grains du pommier (photo originale 06.03.2024).	9
Figure 7: Verger du pommier dans la wilaya de Khenchela (M'Sara Asoule). (Photo originale 2023).....	12
Figure 8: Variété de Red Delicious étudiée (photo originale).	16
Figure 9: Variété de Granny Smith (photo originale).	16
Figure 10: Les variétés utilisées (photo originale). (1 : Red delicious-A- développé au soleil et –B-développé à l'ombre 2 : Granny smith).....	24
Figure 11: Préparation des échantillons et des extraits (photo originale)	24
Figure 12: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en eau (photo originale)...	26
Figure 13: Illustration des étapes de la détermination du PH (photo originale)	27
Figure 14: Illustration des étapes de la détermination de l'acidité titrable(photo originale). ..	28
Figure 15: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en lipides.(Photo originale).	29
Figure 16: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en cendre. (Photo originale).	30
Figure 17: illustration des étapes de la détermination des éléments minéraux.	31
Figure 18: Illustration des étapes de la détermination de la conductivité électrique (Photo originale).	31
Figure 19: Principales étapes d'extraction des polyphénols (Owen et Johns, 1999).....	32
Figure 20: Organigramme représentant le dosage des polyphénols totaux (Juntachote et al. 2006).....	32
Figure 21: illustration des étapes de dosage des polyphénols (photo originale).....	33
Figure 22: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	33

Figure 23: Courbe d'étalonnage de la quercitine	34
Figure 24: Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes dans l'extrait de pomme (Bahorun et al., 1996).....	35
Figure 25: illustration des étapes de dosage des sucres totaux (photo originale)	36
Figure 26: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en protéine(Photo originale).	37
Figure 27: Projection des variables sur le plan factoriel F1-F2	48
Figure 28: Projection des traitements (individus : arbres) sur le plan factoriel F1-F.....	48

Introduction

Introduction

La pomme est considérée parmi les fruits bénéfiques pour la santé en raison de sa richesse en fibres, en sodium et surtout en potassium, en plus de sa faible teneur en matières grasses, ce qui a conduit les médecins à la recommander spécialement aux diabétiques. Parmi les bienfaits naturels de la pomme, on trouve également sa teneur en polyphénols et en vitamines, ce qui indique qu'elle est riche en antioxydants, la classant ainsi parmi les aliments sains dont le corps humain a besoin.

Les pommes jouent un rôle significatif dans la prévention des maladies cardiovasculaires, démontrant des effets bénéfiques sur la fonction vasculaire, la pression artérielle, les lipides, l'inflammation, le calcium, le potassium et la teneur en eau. Leur contenu élevé en polyphénols est largement attribué à leurs effets cardioprotecteurs, mais de nouvelles preuves suggèrent que la biodisponibilité et l'efficacité des polyphénols sont influencées par l'alimentation dans laquelle ils sont consommés ([Jensen et al. 2009](#)).

L'Algérie est l'un des principaux producteurs de pommes, en particulier la Wilaya de Khenchela, qui se caractérise par un climat froid et propice à la croissance des pommiers, notamment dans la commune de Bouhmama. Parmi les variétés de pomme les plus fines produites par la wilaya de Khenchela, le Red Delicious et le Granny Smith. Ces deux variétés sont recherchées à l'échelle mondiale en raison de la richesse en nutriments et des composés bioactifs, ce qui les rend précieuses dans la production de jus, de boissons, de cidres, de vinaigres et d'autres produits alimentaires à forte valeur commerciale, estimant l'industrie de la pomme à 10 milliards de dollars dans le monde ([Candrawinata et al., 2013](#)); ainsi, les variétés de la pomme varient selon le type et la quantité des nutriments présents ([Kalinowska et al. 2014](#)).[1].

Dans ce présent travail nous avons essayé de réaliser une caractérisation physico-chimique et biochimique comparative entre ces deux variétés de la pomme, Red Delicious et le Granny Smith cultivées à Khenchela et développées au soleil et à l'ombre.

Notre travail est divisé en deux parties :

Une partie théorique comprend 2 chapitres :

Le premier chapitre traite des généralités sur le pommier. Nous avons donné un aperçu historique de la maturité du pommier avec une définition simple et une classification selon les scientifiques. Nous avons étudié la botanique du pommier pour connaître ses composants, ainsi qu'une recherche légère sur les emplacements du pommier dans le monde. En outre, nous avons abordé l'environnement et le climat propices à la croissance du pommier.

Enfin, nous avons fourni des informations sur l'importance économique, nutritionnelle et agronomique de la pomme.

Pour le deuxième chapitre, nous avons expliqué simplement le cycle de développement du fruit du pommier, en particulier ceux présents dans l'est de l'Algérie, spécifiquement dans la Wilaya de Khenchela. Nous avons également décrit la structure du fruit du pommier et ses composants, en fournissant quelques informations sur les caractéristiques biochimique, nutritionnelles et industrielles du fruit du pommier.

Enfin, nous avons abordé la production de pomme dans le monde, en Algérie et dans la wilaya de Khenchela.

Une partie pratique :

Nous avons étudié les caractéristiques biochimiques de deux variétés de la pomme cultivée dans la wilaya de Khenchela : le Red Délicieux et le Granny Smith développer au soleil et développer à l'ombre. Nous avons réalisé plusieurs analyses au laboratoire pour effectuer une comparaison simple entre ces deux variétés, tels que l'analyse de l'eau, du sucre, des polyphénols, des protéines, des lipides, du pH, de la conductivité de pH, et du sondage pour déterminer les valeurs de potassium, de calcium, et de sodium.

Partie théorique

Chapitre 01:
Généralités sur le
pommier.

I -Généralités sur le pommier

Le pommier c'est un type de plante à fleurs appartenant de la famille *Rosacées*. Contient des feuilles caduques, l'un des arbres les plus fructueux, il est de taille petite à moyenne, mesurant de 3 à 12 mètres de longueur, il possède un tronc unique et une couronne d'épines très étalée, ses feuilles sont disposées en alternance.

Les fleurs sont blanches avec un peu de rose, qui commencent à s'estomper progressivement, ses fruits mûrissent généralement à l'automne selon le type de fruits, qui a généralement un diamètre 5à9cm (Hfafaf et Merzougi, 2014).



Figure 1: Arbre du pommier (photo originale 2023/2024).

1. La position systématique

1.1. Origine du pommier

Les premières pommes comestibles, originaires du sud caucase, ont été transportées par la migration des peuples d'Asie vers l'Ouest et ont progressé autour du bassin méditerranéen plusieurs millénaires avant notre ère, S'adaptant aisément aux climats tempérés, le pommier a continué sa propagation vers le nord et l'Ouest de l'Europe.

Pendant le moyen âge, le pommier était déjà l'arbre fruitier le plus répandu en France et en Angleterre, notamment en Normandie, d'où ont été expédiés les premiers plants vers l'Acadie et la nouvelle-France (Martin, 2008).

1.2. Classification classique

Les scientifiques **cherveau** et **morisot** ont classé le pommier dans le genre *malus* en 1985, et cette classification est complètement différente du genre *pyrus* (Hadbi, 2014).

Le pommier est classé comme suit Selon **Guiheneuf (1998)** :

Tableau 1: classification classique du pommier

Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Ordre :	Rosales
Sous-classe :	Dialypétales
Famille :	Rosacées
Sous-famille :	Maloideae
Genre :	Malus
Espèce :	<i>Malus domestica</i> (BORKH)

1.3. La classification phyllogénétique

Selon [Cronquist \(1981\)](#) est la suivante :

Tableau02 :

Tableau 2: classification phyllogénétique du pommier.

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Rosales</i>
Famille	<i>Rosaceae</i>
Sous-famille	<i>Maloideae</i>
Genre	<i>Malus</i>
Espèce	<i>Malus pumila</i>

1.4. Etude botanique du pommier

Le pommier en pleine croissance atteint une hauteur adulte de six à neuf mètres, adoptant naturellement une silhouette en dôme d'une largeur de cinq à sept mètres. Son tronc, présente une écorce gris-brun qui s'exfolie en écailles larges et minces. La durée de vie de cet arbre peut atteindre jusqu'à deux cent cinquante ans ([Delahaye et Vin, 1997](#)).

L'Algérie, comme d'autres pays dans le monde, consacre une part importante de sa superficie à la culture des pommiers, avec un rendement total d'environ 74,7qtxx/ha (FAO 2001). Ils sont présents dans tout le territoire national.

1.4.1. Système racinaire

Les racines du pommier se composent de racines verticales et horizontales, dont les proportions varient en fonction des porte-greffes, influençant ainsi les capacités d'ancrage et la résistance à la sécheresse. L'activité racinaire est conditionnée par l'humidité, la température et l'aération du sol, avec une croissance significative à une température de +7c°, une absorption minérale à partir de +12C°, et une activité optimale vers +21 à 23.

Le pivot central du système racinaire se ramifie successivement, formant des radicelles qui forment le chevelu. Ces radicelles absorbent de l'eau chargée de sel minéraux et d'oligo-éléments tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, le fer et le cuivre depuis le sol (Delahaye et vin, 1997).

1.4.2. Rameaux

Les branches du pommier se distinguent par une écorce brune, lisse avec de nombreuses lenticelles, devenant rugueuse sur le vieux bois, tandis que chez le poirier, elle n'est pas fendillée (Hadbi, 2014).



Figure 2: Rameaux du pommier

1.4.3. Feuilles

Les feuilles de cette plante mesurent entre 4 et 13cm de longueur et entre 3 et 7cm de largeur et entre 3 et 7cm de largeur. Elles sont disposées de manière alternée, de forme elliptique à ovale, et sont pubescentes. Les inflorescences se forment généralement à l'extrémité des tiges (mais peuvent également apparaître latéralement sur les branches d'une année chez certains cultivars). Elles sont composées de 4 à 6 fleurs et sont décrites de

différentes manières, telles que des corymbes, des grappes colymbiformes, des cymes ou des fausses cymes (Jackson, 2003; Rieger, 2006 ; Cabi, 2012).



Figure 3: Feuille du pommier (photo originale 6/04/2024)

1.4.4. Fleurs

Les fleurs ont généralement un diamètre de 3 à 4 cm, comprenant 5 pétales aux nuances de blanc à rose foncé, 5 sépales, environ 20 étamines à anthère jaune disposées en 3 verticilles (10+5+5), et un pistil composé de 5 styles unis à la base. Le pédicelle et le calice présentent généralement un aspect laineux, et le calice est persistant (Webster, 2005).

Le pistil de la fleur de pommier étant infère (son pistil est en dessous du niveau d'insertion des pétales), il se trouve protégé au fond d'une coupe. Après la fécondation, les parois du pistil et de la coupe se gonflent simultanément pour former le fruit (Delahaye et Vin, 1997).

La formule florale est :

$$5S + 5P + 5nE + 5C$$

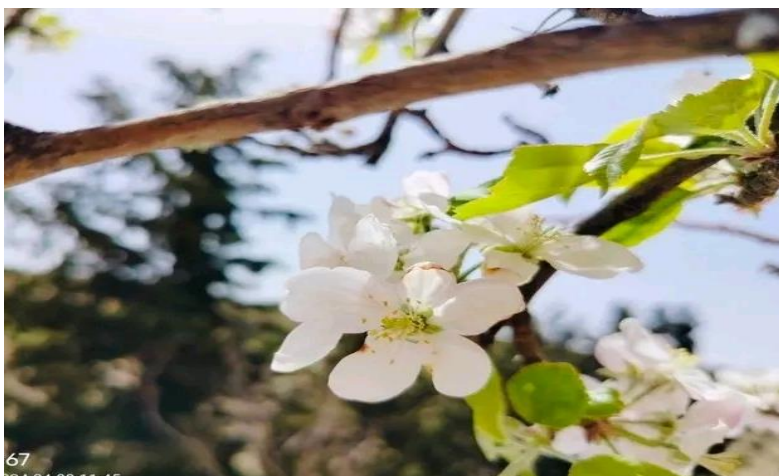


Figure 4: Fleur du pommier (photo originale 06.04.2024).

1.4.5. Fruit

Le fruit, de forme ellipsoïdale, présente une cavité à la base et une autre au sommet. Il mesure généralement plus de 5 cm de diamètre et a un poids compris entre 200 et 350 grammes. Sa couleur peut varier, allant du rouge, vert, au jaune, et il peut également être bicolore avec des rayures ou un lavis rouge sur fond jaune ou vert. Chaque fruit renferme une chair comestible entre la peau et la limite du cœur, ce dernier étant constitué d'une couche charnue enveloppant un endocarpe parcheminé composé de cinq carpelles soudés. Chaque carpelle contient généralement deux graines lisses et brillantes, de couleur brun noisette (Anonyme, 2014).



Figure 5: Fruit de pommier (photo originale 23.11.2023).

1.4.6. Graine

Les graines ou pépins sont lisses et luisants, leur teinte brune caractérise le fruit mûr. Chaque graine renferme un embryon, une plante en miniature dotée de réserves qui seront utilisées lors de sa germination (Delahaye et Vin, 1997).



Figure 6: Grains du pommier (photo originale 06.03.2024).

2. Ecologie de pommier

2.1. Les exigences du pommier

2.1.1. Exigences abiotique

Les facteurs abiotiques, tels que les facteurs édaphiques et climatiques, sont des influences indépendantes de la densité qui agissent sur les organismes avec une intensité non liée à leur abondance (Dajoz, 2006).

2.1.1.1. Exigences édaphiques

Le pommier peut se développer et donner des fruits dans une diversité de sols présentant des caractéristiques physiques et chimiques très variables (Trillot et al. 2002).

Sol : le pommier s'adapte à divers types de sol, qu'ils soient argileux, limoneux ou Sableux. Cependant, les sols idéaux sont profonds, bien structurés, sans excès d'humidité.

La croissance de l'arbre et sa production fruitière varient en fonction des propriétés physico-chimiques du sol.

pH : le sol optimal pour la culture du pommier est légèrement acide à neutre (pH 6 à 7). Les signes de chlorose se manifestent lorsque la teneur en calcaire actif dépasse 15% et que le pH atteint 8,3 ou plus. (Trillot et al, 2001).

2.1.1.2. Exigences climatiques

Le pommier est une espèce adaptée aux zones tempérées, nécessitant une période de repos végétatif prolongée avec 800 à 1600 heures de froid en dessous de 7.2°C. Les meilleures conditions de culture se trouvent dans les régions aux hivers froids, étés modérément chauds et relativement humides. Des températures de 21 à 26°C favorisent l'activité des abeilles pendant la pollinisation. Des nuits fraîches et une luminosité intense sont bénéfiques pour la coloration des fruits, tandis que des journées brumeuses avec précipitation ou rosées matinales peuvent altérer leur couleur (Trillot et al, 2001).

* Températures

La température exerce une influence prépondérante sur la répartition géographique des espèces et régule l'ensemble des réactions métaboliques.

Effectivement, chaque espèce ne peut survivre que dans une plage de températures qui lui est propice (DAJOZ, 2006).

*Humidité

La disponibilité de l'eau dans l'environnement et l'hygrométrie atmosphérique jouent un rôle crucial dans l'écologie des organismes. L'humidité relative de l'air influence la densité

des populations en entraînant une diminution du nombre d'individus lorsque les conditions hygrométriques deviennent défavorables (DAJOZ, 2006).

* Lumière

Les rayons lumineux influent principalement par leur intensité et la durée de leur exposition. Chez les insectes, la photopériode est le principal facteur régulant l'entrée en diapause, et de nombreux rythmes biologiques sont induits par celle-ci. Certains insectes ajustent leur cycle de développement en synchronisation avec les saisons, permettant une reproduction favorable et déclenchant l'entrée en diapause pendant des périodes défavorables à l'activité (Dajoz, 2006).

2.1.1.3. Exigences hydriques

Les besoins en eau du pommier pour sa croissance et sa production varient de 700 à 900mm/an. Pendant la période de végétation (mars à septembre), les besoins en eau atteignent environ 600 mm, avec une demande maximale en juillet- août (Dou El macane et Skiredj, 2003).

2.1.2. Exigences biotique

En écologie, les facteurs biotiques englobent les interactions entre les organismes vivants au sein d'un écosystème, se distinguant ainsi des facteurs abiotiques. Ils constituent une composante essentielle des facteurs écologiques de cet écosystème (Medjkane, Laguel, 2015).

3. Répartition géographique du pommier

Le berceau du pommier est très probablement situé dans le caucase et sur les bords de la mer caspienne. De là, sa culture s'est étendue à l'Europe orientale, à la Russie, puis à l'Europe occidentale (Breteau et Faure, 1991).

3.1. Dans le monde

Le pommier (*Malus domestica*) est originaire d'Asie centrale, mais il est cultivé dans de nombreuses régions du monde. Avec la Chine, les États-Unis, la Pologne, l'Inde et l'Italie en tant que principaux pays producteurs de pomme. La répartition géographique est influencée par des facteurs tels que le climat, le sol et les pratiques agricoles (FAO 2023).

3.2. Dans l'Algérie

La production de pommes dans la région de M'Sila atteint 17,440 tonnes pour une superficie de 487 hectares, cette faible production est attribuable aux conditions

pédoclimatique difficiles de la région, rendant la mise en place et le suivi d'un verger de pommier particulièrement exigeants (DSA, 2014).

La culture du pommier est principalement centrée dans la région de Draa Ben Khedsa, avec une production de Tizirt Maâkas, Azzefoun enregistrent les productions les plus faibles, avec 1040 tonnes, 1084 tonnes et 1239 tonnes respectivement (Hadbi, 2014).

Selon la direction des services agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou, la superficie allouée au pommier a augmenté de 596,5 à 719,86 hectares entre 2003 et 2013, et la production a triplé au cours de la même décennie (Medjkane et Laguel, 2014).

Les superficies productives de la wilaya de Batna pour l'année 2023 ont atteint environ 4535 hectares, sur une superficie totale de 5515 hectares dédiée à la culture de la pomme. Il a souligné que le rendement des pommes pour l'année 2023 pourrait dépasser la prévision initiales, avec une estimation moyenne de 300 quintaux par hectare (FAO 2023)

3.3. Dans la wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est située dans le Nord-est de l'Algérie, plus précisément dans la région des Aurès, à une altitude de 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle est bordée par les wilayas de Batna, Tébessa, Souk Ahras, Constantine et M'silla. Khenchela se distingue par un climat continental varié, très rigoureux en hiver et modéré en été, ce qui lui confère la première place nationale dans la production de pommes. Les autorités ont ajouté que la quantité prévue de production de pomme dans la wilaya de Khenchela pour la saison agricole en cours est significative. Le rendement dans la wilaya de Khenchela a atteint 1.8 million d'hectares en 2023. (DSA)

La culture des pommes s'étend sur une superficie totale estimées à 6 mille hectares, concentrées dans les municipalités de Bouhmama, M'Sara, Yabous, Chelia, Khirane, Taouzianet, Remila, Tamza, Kais, Anesigha et Babar. (DSA)

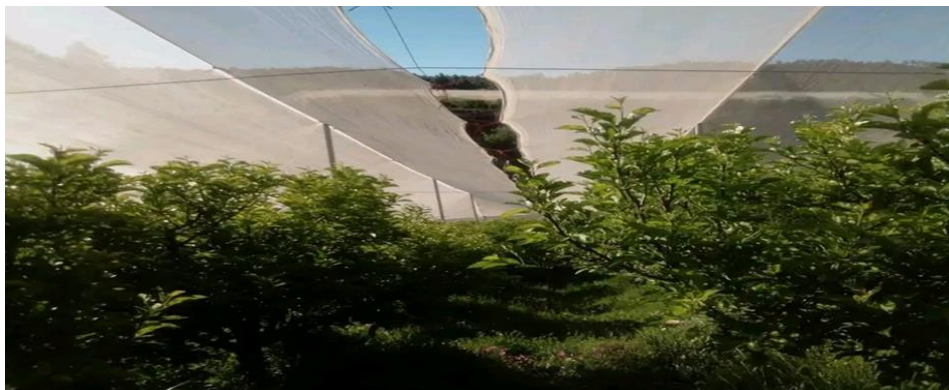


Figure 7: Verger du pommier dans la wilaya de Khenchela (M'Sara Asoule). (Photo originale 2023).

4. Importance de pommier

4.1. Importance agronomique

En Algérie, l'arboriculture fruitière revêt une importance agronomique et socio-économique majeure en contribuant à l'autosuffisance en fruits frais et transformés, au développement du secteur agro-industriel, à la valorisation des zones de montagnes et des régions à microclimat, à l'exportation agricole, ainsi qu'à la conservation des sols et à la lutte contre l'érosion (Hadbi, 2014).

4.2. Importance économique

Le pommier est économiquement crucial grâce à la contribution à la génération de revenus agricoles, au développement de l'industrie agroalimentaire, à la valorisation des zones rurales, et aux opportunités d'exportation.

Les pommes sont largement consommées nationalement et internationalement, stimulant la demande et favorisant la croissance économique. La transformation alimentaire des pommes crée une valeur ajoutée et des emplois.

4.3. Importance alimentaire

La pomme est saluée pour ses bienfaits sur la santé en raison de sa richesse en fibres et de la présence abondante de composés phénoliques dans sa chair et sa peau (Bourles, 2010).

La pomme offre des bienfaits pour la santé en tant qu'élément équilibrant dans l'alimentation, avec son attrait, sa fraîcheur et sa praticité. D'après diverses études scientifiques, la consommation de trois pommes crues par jour peut réduire le taux de cholestérol (LDL) est quatre fois plus significative que celle du bon cholestérol (HDL), attribuée à l'abondance en fibres solubles et insoluble (Trillot et al., 2002).

Chapitre02 : La pomme.

1. Cycle de développement de la pomme

1.1. Cycle végétatif annuelle

Le cycle végétatif de la pomme passe par plusieurs stades :

1.1.1. Floraison

Les dates et la durée de la floraison varient en fonction des variétés et des conditions climatiques de l'année, s'étendant de la fin à la fin (Trillot et al., 2002).

Les inflorescences se forment généralement à l'extrémité des rameaux (elles peuvent également se développer latéralement sur les branches d'un an chez certains cultivars). Elles se composent de 4 à 6 fleurs et sont décrites de différentes manières, telle que des corymbes, des grappes corymbiformes, des cymes ou des fausses cymes (Anonyme, 2014).

1.1.2. Nouaison

Après la chute des pétales, l'ovaire de la fleur se développe à la suite de la fécondation, marquant le début de la période de nouaison. Les fruits non noués tombent peu après avoir jauni, tandis que ceux qui sont noués continuent de croître de manière intense pendant plusieurs semaines (Gautier, 1993).

1.1.3. Maturation

Les différentes variétés de pommier présentent une maturité échelonnée tout au long de l'année. De juillet à septembre, on trouve les pommes d'été telles que l'Akane et la Golden delicious, bien que leur disponibilité soit limitée pour éviter la concurrence avec les fruits saisonniers comme les cerises, les pêches et les prunes. En octobre et novembre, ce sont les pommes d'automne comme la Reinette Blanche de Canada et le royal Gala. Pour les pommes d'hiver, murissant de décembre à mai, le choix judicieux entre des variétés telles que la Granny Smith et la Reinette est crucial (Breteau et Faure, 1991).

De juillet à août les variétés précoces et jusqu'en décembre pour les plus tardives, les pommes sont prêtes à être cueillies. (Delahaye et Vin, 1997).

2. Description des variétés étudiées de pomme

La pomme est considérée parmi les fruits bénéfiques pour la santé en raison de sa richesse en fibres, en sodium et surtout en potassium, en plus de sa faible teneur en matières grasses, ce qui a conduit les médecins à la recommander spécialement aux diabétiques.

2.1. Red Delicious

La variété Red Delicious est originaire des États-Unis. Le Red Délicieux ont une couleur rouge moyenne à très foncée, une forme tronconique très côtelée, et sont sensibles à diverses

maladies telles que la tavelure, le chancre papyracé, le chancre nectriagalligena, les acariens, l'oïdium et le feu bactérien. Sa productivité est généralement moyenne à forte. (Gautier, 2001).

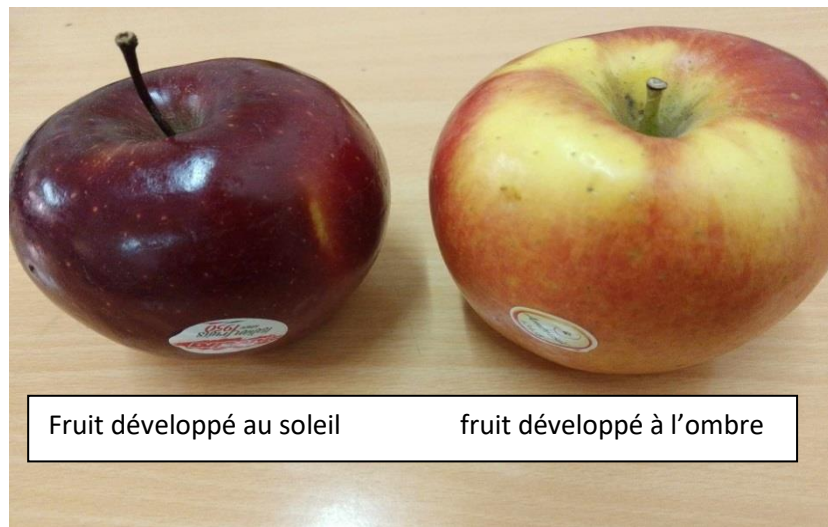


Figure 8: Variété de Red Delicious étudiée (photo originale).

2.2. Granny Smith

La variété Granny Smith est originaire d'Australie. Il a une couleur vert vif, sa forme est arrondie et conique, et sa sensibilité à l'oïdium et à la tavelure. Sa productivité est faible (Gautier, 2001).

Les composants de la pomme Granny Smith comprennent l'eau, le sucre et les lipides, mais en faible quantités, les glucides, la matière organique, les minéraux comme K^+ , Ca^{++} et Na^{++} , il se distingue par son goût acide, recommandé par les médecins pour les personnes diabétiques.



Figure 9: Variété de Granny Smith (photo originale).

3. Structure de la pomme

La pomme est un fruit charnu complexe, résultant du développement de l'ovaire de la fleur et des tissus soudés qui l'environnent, notamment la base des filets staminaux, la base des pétales et des sépales (Trillot et al. 2002).

Généralement, on considère la pomme comme une baie contenant des pépins. A maturité, ce fruit présente trois zones distinctes à l'extérieur.

*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).

La qualité du fruit dépende des conditions locales liées au microclimat de la région. Les critères d'apparence incluent le calibre et le taux de recouvrement par la couleur. (Mansour, 2004)

4. Les caractérisations de la pomme

4.1. Compositions biochimique de la pomme

La pomme est un fruit de composition variée et équilibré. En générale, les pommes mures sont principalement constituées d'environ 85% d'eau, 12 à 14 % de glucides, 0.30 à 1% d'acides organiques, 0.30% de protéines, ainsi qu'une quantité presque négligeable de lipides (<0.10%). De plus, elles contiennent des minéraux et des vitamines (MoreirasTuni et al. 2004).

La variation de la composition biochimique des pommes est principalement due à la variété, à la maturité et aux conditions agronomiques et pédoclimatiques de la culture.

Tableau 3: Composition moyenne d'une pomme (Aprifel, 2008)..

COMPOSITION	
Eau	85
Protéines	0.3
Glucides	12.6
Lipides	0.3
Acides alimentaires	0.6
Fibres alimentaires	2.7
Énergie	54/277
Carbohydrates	12.9
Fibre	2.7
Pectine	0.5

Potassium	44
Calcium	7.0
Magnésium	6.0
Phosphores	12.0
Thiamine	0.016
Riboflavine	0.011
Vitamine B6	0.056
Folate	9
Vitamine C	12
Acides Organique	0.5
Polyphénols Totaux	111.45
Flavanols	96.33
Flavonols	5.66
Dihydrochalcones	4.8
Anthocyanines	1.62
Acides Hydroxycinnamique	14.21

4.1.1. Hydrates de Carbone

En général, les glucides sont classés en trois groupes : les monosaccharides, les oligosaccharides, et les polysaccharides. Les monosaccharides comprennent les pentoses tels que l'arabinose et la xylose, ainsi que les hexoses tels que le glucose, le fructose, la rhamnus, le fructose, le mannose et le galactose. Les principaux monosaccharides présents dans les pommes sont le glucose et le fructose, tandis que les polysaccharides incluent l'amidon et les composants de la paroi cellulaire, également appelés polysaccharides pariétaux (Belouad, 2018).

4.1.2. Acides Organiques

L'acide malique est l'acide organique le plus abondant dans la pomme, représentant entre 0.3 et 1.0%, suivi de près par l'acidité citrique, présente à une concentration 1000 fois moindre. La quantité d'acides organiques présents peut considérablement varier en fonction de la variété, du degré de maturité et des conditions environnementales pendant la croissance et le stockage des pommes. (Ackermann et al., 1992).

4.1.3. Vitamines

Selon **Mohammad (2010)**, la vitamine C, également connue sous le nom d'acide ascorbique, est principalement présente dans la peau de la pomme et se trouve en quantité limitée (4.6mg/100g de pomme). Son rôle d'antioxydant consiste à neutraliser les effets nocifs des radicaux libres produits lors du métabolisme oxydatif.

4.1.4. Oligoéléments

Les oligoéléments tels que le Fer (Fe) et le cuivre (Cu) sont essentiels au fonctionnement de certaines enzymes. Par exemple, le cuivre est nécessaire au fonctionnement du polyphénol oxydase (PPO), responsable de l'oxydation des composés phénoliques en présence d'oxygène. Le calcium agit comme un régulateur intracellulaire et un cofacteur pour certaines enzymes, tandis que le phosphore est essentiel pour la synthèse de l'ATP, de l'ADN et de l'ARN. Le magnésium (Mg) est l'ion le plus abondant à l'intérieur de la cellule, dont la concentration est régulée par la membrane cellulaire grâce à la pompe sodium-potassium. En revanche, le sodium est l'ion prédominant dans le milieu extra cellulaire (**Mohammad, 2010**).

4.1.5. Polyphénols

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires des plantes caractérisés par la présence d'un cycle aromatique avec des groupes hydroxyles. Dans la pomme, on trouve deux familles de composés : les acides hydroxy cinnamiques et les flavonoïdes, comprenant les flavan-3-ols, les dihydrochalcones, les flavonols et les anthocyanes. La distribution de ces composés varie, avec une concentration plus élevée de polyphénols dans la peau par rapport à la chair. Bien que certaines familles, comme les flavonols et les anthocyanes, soient spécifiques à la peau, les procyanidés (flavan_3_ols) sont les composés majoritaires tant dans la chair que dans la peau (**Belouad, 2018**).

4.2. Propriétés nutritionnelles des pommes

La pomme est une source riche en glucides facilement assimilables, avec une teneur de 13.81g pour 100g, et elle contient également des quantités significatives de calcium (6mg/100g), de phosphore (11mg/100g) et de potassium (107mg/100g). De plus, elle apporte d'autres éléments nutritionnels tels que les fibres les acides phénoliques comme quercétine, l'épi catéchines et catéchines (**USDA-ARS, 2018**).

5. Le stockage de la pomme

Le stockage représente une préoccupation majeure pour les producteurs de pommes en Algérie. Les conditions de stockage inadéquates causes de maladies post-récolte (**Laamari et al. 2015 in Abdessemd et al., 2022**).

Les pommes perdent progressivement t en qualité pendant le stockage en raison de maladies fongiques oxydatives ou enzymatiques. Par conséquent, les méthodes de stockage après récolte sont l'un des facteurs les plus importants pour maintenir ces fruits en bon état (Mushtaq et al., 2022).

5.1. Refroidissement

Le processus de refroidissement des fruits doit débiter dans le champ pour atténuer la chaleur résiduelle, puis se prolonger dans l'entrepôt frigorifique. Le pré-refroidissement revêt une importance cruciale car il diminue la respiration et la production d'éthylène dans les pommes (Anonyme, 2018).

5.2. Stockage sous atmosphère contrôlée

Le stockage sous atmosphère contrôlée (AC) est largement utilisé pour prolonger la durée de stockage, et s'est avéré être une technologie répondant aux exigences des consommateurs (Bishop, 1997). Cette méthode est reconnue pour sa capacité à réduire la biosynthèse de l'éthylène ainsi que le taux de respiration, deux processus biochimiques clés lors du murissement des fruits (Wright et al. 2015 in Mditshwa et al., 2018).

5.3. Thermothérapie

La thermothérapie, qui consiste à plonger les pommes pendant é à 3 min, dans de l'eau chaude à 50-52c°, est connue pour supprimer efficacement le développement des pathogènes. Cependant, ses inconvénients incluent une consommation d'énergie significative et des couts d'investissement élevés (Weibel et al., 2005).

5.4. Enrobage

Les revêtements affectent l'environnement interne des fruits et pourraient don réduire leur taux de respiration (Bai et al. 2002).

6. La production de la pomme

6.1. Dans le monde

La production mondiale de pommes est d'environ 90 millions de tonnes. Cette information est basée sur les estimations de la FAO, avec la Chine en tête avec un potentiel de plus de 44 millions de tonnes (FAO.2023).L'Europe produit également de manière significative, avec environ 12 millions de tonnes par an (FAO 2023).

6.2. Dans l'Algérie

La production de pommes en Algérie, en tant que pays méditerranéen, a atteint 522 317 tonnes avec un rendement de 167,563 Qx/ha. (FAOSTAT, 2023). Notamment, la wilaya de Khenchela s'est distinguée comme un pôle d'excellence dans ce domaine.

6.3. Dans la wilaya de Khenchela

La méthode de production des pommes dans la wilaya de Khenchela implique plusieurs étapes, notamment la sélection des variétés adaptées au climat local, la préparation du sol, la plantation des arbres, l'irrigation régulière, la protection contre les maladies et les ravageurs, ainsi que la récolte et la post-récolte. Les agriculteurs utilisent généralement des techniques traditionnelles combinées à des pratiques modernes pour assurer un rendement optimal et une qualité supérieure des fruits. « Observatoire National de l'Agriculture, Algérie. »

La production de pommes dans la wilaya de Khenchela en 2023 s'élevait à environ 15 000 tonnes. « Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Algérie ».

En particulier au niveau des communes de Bouhmama, M'Sara, Yabous, Chelia, taouzianet, El Rmila et Khiran ([Bensaci et al., 2022](#)).

Partie pratique

CHAPITRE 03:
Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal

Deux types de deux variétés de pommes, le Red Délicieux et le Granny Smith, développer à l'ombre et l'autre développer au soleil ont été prévenues des chambres froides de la wilaya de Khenchela, Elles sont récoltées plus précisément des communes de Bouhmama et M'Sara.



1(A B)



2

Figure 10: Les variétés utilisées (photo originale). (1 : Red Delicious-A- développé au soleil et –B-développé à l'ombre, 2 : Granny Smith)

2. Préparation des échantillons et des extraits de la pomme

Les échantillons ont été préparés comme suit :

- lavez bien les variétés de la pomme utilisée à l'eau de robinet, puis essuyez- la soigneusement pour enlever l'eau.
- Couper la pomme en deux et retirez la partie contenant les pépins.
- Mesurer le poids de la quantité de pomme selon le protocole de chaque analyse.
- Broyer la quantité de pomme pesée dans un mortier.
- Filtrer l'échantillon après broyage à l'aide d'un papier filtre pour obtenir l'extrait.



Figure 11: Préparation des échantillons et des extraits (photo originale)

3. produits chimique, réactifs, outils et appareillage

Après avoir obtenu l'extrait de pomme que nous utilisons pour les analyses de laboratoire, nous préparons beaucoup des produits chimiques et des réactifs et des matériels, nous les avons rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau 4: les produits chimique et réactifs outilles et l'appareillage utilisé

Les produits chimiques et réactifs	Outils	l'appareillage
*quercétine	*béchers	*burette.
*hydroxydesodium(NaOH)		*Dessiccateur.
*méthanolique de chlorure d'aluminium (CH ₃ OH ₂)	*fioles	*spectrophotomètre.
*acide gallique (AG)	*ballons	*bain-marie
*carbonate de sodium 20% (Na ₂ CO ₃)	*pipette	*bain-glace
*Méthanol 80% (CH ₃ OH)		*la conductimètre
*soude	*spatule	*étuve
*Sulfate de cuivre		*rotavapeur
*tirtrate de Na et K	*mortier	*soxhlet
*phénolplatine		* agitateur magnétique.
*acide chlorhydrique (HCL)	*baguette de verre	*pH mètre
*réactif folin-ciocalteu		*four à moufle
*Réactif DNS	*papier filtre	*balance
*éther de pétrole		
*éthanol	*tubes à essai	
	*cartouches en papier filtre	
	*les capsules	

4. Les paramètres mesurés

4.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est déterminée sur un échantillon de 1g prélevé dans une capsule en porcelaine, puis séché dans une étuve à pression atmosphérique à une température de 103°C.

Pour déterminer la quantité d'eau contenue dans les variétés de la pomme qui en utilise, nous avons pris des capsules vides et placées dans une étuve à une température de 103°C pendant 15min.

Les capsules vides ont été placées dans un dessiccateur, puis pesées. D'autre part, nous avons pesés 1g de chaque échantillon de pomme, et les placées dans l'étuve à une température de 103°C pendant 3h.

Après 3h, nous avons placé les capsules dans le dessiccateur et les avons pesées à nouveau.

Nous avons répété le processus une fois de plus et obtenu un poids constant (en réduisant la durée à 30min).



Figure 12: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en eau (photo originale).

Pour déterminer le pourcentage de l'eau contenu dans chaque variété de pomme étudié, nous avons appliqué la loi suivante :

$$H\% = \frac{(M_1 - M_2)}{P} \cdot 100$$

Et le calcul de la matière sèche (MS) de chaque variété a été effectué selon la formule suivante :

$$\text{Matière sèche \%} = 100 - H\%$$

Dont :

H%= Humidité

M1= masse de la capsule.

M2= masse de l'ensemble après étuvage

P= masse de la pris d'essai

4.2. Détermination du pH (NF V 05-108, 1970)

Mesure de pH est la différence de potentiel entre deux électrodes en verre immergées dans une solution aqueuse de pomme broyée.

Pour déterminer la valeur du pH dans les deux variétés de pomme choisies, nous avons suivi les étapes suivantes :

Nous avons découpé une partie des échantillons en petits morceaux après avoir enlevé la pulpe contenant les graines. Nous avons placé chaque échantillon dans un bécher et ajouter de l'eau distillée équivalent à deux ou trois fois la quantité de l'échantillon. On mit les bécher dans un bain-marie pendant 30min en remuant de temps en temps avec une baguette de verre. Ensuite, On va retirer les béchers du bain-marie, puis broyé les échantillons dans un mortier avant de les remettre dans leur bécher respectif et lire les valeurs avec un PH-mètre.



Figure 13: Illustration des étapes de la détermination du pH (photo originale)

4.3. Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974)

L'acidité titrable d'une solution aqueuse s'effectue en utilisant une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

Pesez l'échantillon avec une précision de 0.01 g pour obtenir au moins 25 g. Ensuite, placez l'échantillon dans une fiole conique contenant 50 ml de l'eau distillée chaude, puis mélangez jusqu'à obtenir un liquide homogène. Adaptez un réfrigérant à reflux à la fiole conique et chauffez le contenu au bain-marie pendant 30 minutes. Après refroidissement, transvasez intégralement le contenu dans une fiole jaugée de 250 ml, complétez jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée, puis mélangez et filtrez. Prélevez 25 ml du filtrat à l'aide d'une pipette et versez-les dans un bécher. Ajoutez 0.25 à 0.5 ml de phénolphtaléine et, tout en agitant,

titrez avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

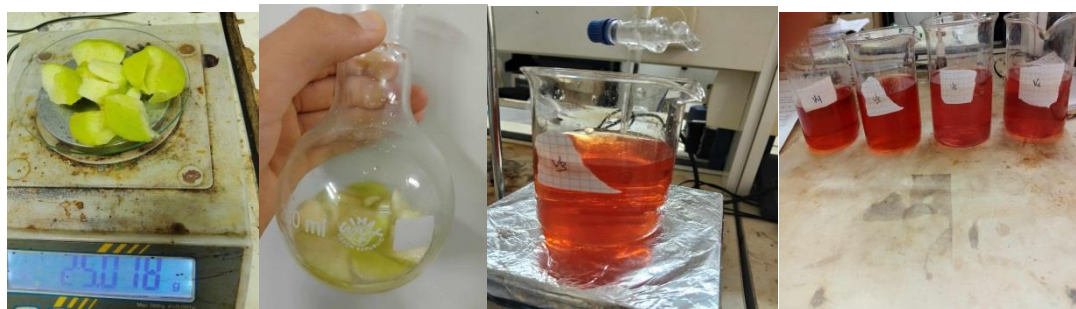


Figure 14: Illustration des étapes de la détermination de l'acidité titrable (photo originale).

Pour déterminer le pourcentage l'acidité titrable contenu dans chaque variété de pomme, nous avons appliqué la loi suivante :

$$A\% = \frac{(250 \cdot V_1 \cdot 100)}{(V_0 \cdot M \cdot 10)} \cdot 0.07$$

Soit :

M: La masse, en grammes de produit prélevé. (g)

V₀:Le volume en millilitres de la prise d'essai. (ml)

V₁:Le volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée (0,1N).

0,07:Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique.

4.4. Détermination de la teneur en lipides (NF EN ISO 734-1, 2000)

Les lipides sont des composés organiques qui peuvent être extraits des fruits à l'aide de solvants organiques non polaires en utilisant l'appareil soxhlet.

Pour connaître la quantité de lipides dans chaque échantillon de pomme, nous avons suivi les étapes suivantes :

D'abord, séchez les ballons de 500 ml à l'étuve à 105 °C pendant une heure, puis refroidissez-les dans un dessiccateur pendant 30 minutes et pesez-les avec une précision de 0.001 g. Ensuite, broyez 25g d'échantillon dans un mortier et pesez environ 20 g de broyat. Introduisez le broyat dans une cartouche en papier filtre et placez-la avec la prise d'essai à l'intérieur de l'appareil Soxhlet. Versez 200 ml d'éther de pétrole dans les ballons et 50 ml dans l'extracteur, puis chauffez le ballon sur un routa vapeur pendant 4 heures (20 siphonages par heure) jusqu'à épuisement de la matière grasse. Après cela, éliminez le solvant du ballon par

distillation. Enfin, séchez le résidu du ballon dans une étuve à 70-80 °C, refroidissez-le dans un dessiccateur pendant 30 minutes et pesez-le avec l'huile avec une précision de 0.001g. Répétez l'opération de séchage jusqu'à obtenir un poids constant du ballon.



Figure 15: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en lipides. (Photo originale).

Pour déterminer le pourcentage des lipides contenu dans chaque variété de pomme étudié, nous avons appliqué la loi suivante :

$$MG \% = \frac{(P_2 - P_1)}{P_3} . 100$$

P_2 : Poids du ballon avec l'huile extraite(g).

P_1 : Poids du ballon vide(g).

P_3 : Masse de la prise d'essai(g).

4.5. Détermination de la teneur en cendres

Les échantillons étudiés sont placés dans un four à moufle à une température de 550°C pendant 4h jusqu'à ce que la couleur devienne grise, c'est-à-dire qu'il se transforme en cendres.

Pour obtenir les cendres, nous avons suivi les étapes suivantes :

Peser 25 g d'échantillon broyé dans des capsules en porcelaine. Ensuite, placez les capsules dans un four réglé à 550 ± 15 °C pendant 5 heures jusqu'à ce qu'elles prennent une couleur grise, claire ou blanchâtre. Retirez ensuite les capsules du four et laissez-les refroidir dans un dessiccateur, puis pesez-les à nouveau.



Figure 16: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en cendre. (Photo originale).

Pour déterminer le pourcentage des cendres contenu dans chaque variété de pomme étudié, nous avons appliqué la loi suivante :

$$MO \% = \frac{(M_1 - M_2)}{P} \cdot 100$$

Soit :

MO%: Matière organique.

M₁: Masse de la capsule + prise d'essai

M₂: Masse de la capsule + cendres.

P: Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (*Cd*) est calculée comme suit :

$$Cd = 100 - MO \%$$

4.6. Analyse des éléments minéraux (NF V 05-113 de 1972)

Dissolvez les cendres (issues du 1g de la pomme) obtenues dans 1 ml d'acide chlorhydrique, puis ajoutez avec précaution 10 ml d'eau distillée. Chauffez en quelques minutes au bain-marie le bouillant jusqu'à la dissolution complète des cendres. Ensuite, versez intégralement la solution dans une fiole jaugée de 100 ml et complétez jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée. Passer les échantillons dans le spectrophotomètre à flamme après avoir passé les solutions d'étalonnage appropriées à chaque élément minéral: potassium, le calcium, le sodium.



Figure 17: illustration des étapes de la détermination des éléments minéraux.

4.7. Détermination de la conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau est mesurée par la conductance entre deux électrodes métalliques de surface de 1cm^2 par 1cm d'eau (Rodier, 1997).

Pour mesurer la conductivité des variétés de pomme, préparez une solution contenant 20 % de matière sèche. Ensuite, rincez plusieurs fois la cellule à conductivité avec de l'eau distillée. Agitez la solution à analyser pour que la concentration ionique entre les deux électrodes soit similaire à celle du liquide environnant, et éliminez les bulles d'air sur l'électrode. Enfin, plongez l'électrode dans un récipient contenant l'échantillon en vous assurant que les électrodes en platine sont complètement immergées et prendre la valeur affichée sur le conductimètre.



Figure 18: Illustration des étapes de la détermination de la conductivité électrique (Photo originale).

4.8. Détermination de la teneur en polyphénols

4.8.1. Extraction des polyphénols

Différents solvants organiques peuvent être employés pour extraire les composés phénoliques (Owen et Johns, 1999). La pureté du méthanol en fait l'un des solvants offrant le meilleur rendement d'extraction (Diallo et al. 2004 ; Ribéreau-Gayon, 1968).

L'extraction des polyphénols a été effectuée par la macération de 200 mg du broyat de chaque variété dans 200ml de la solution hydrométhanolique (80%) pendant 3 jours avec agitation périodique.

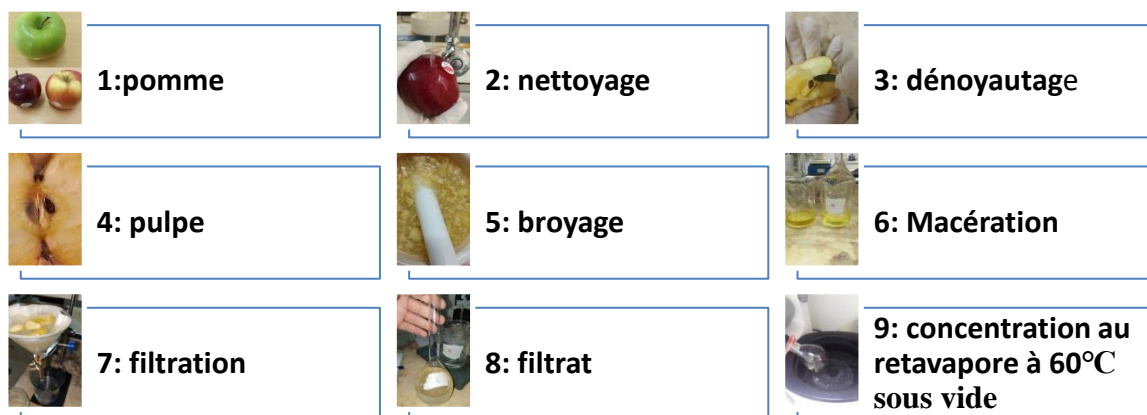


Figure 19: Principales étapes d'extraction des polyphénols (Owen et Johns, 1999)

4.8.2. Détermination de la teneur en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est effectué selon la méthode décrite par [Juntachote et al. \(2006\)](#).

Un volume de 0.5 ml d'extrait est ajouté à 1ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué à 1/10. Par la suite 0.5 ml de carbonate de sodium (7.5%) sont additionnées au mélange. Après une incubation de 30 min à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 760 nm.

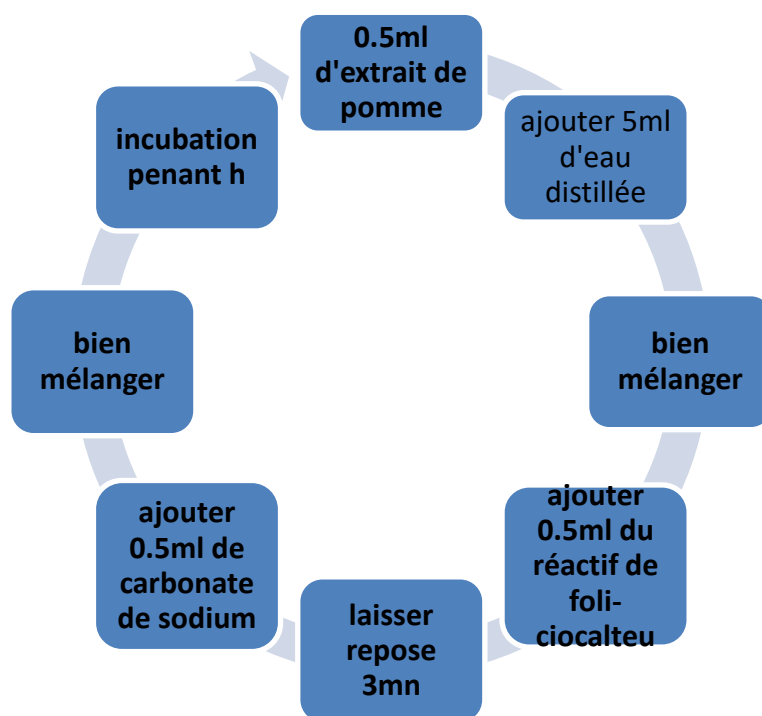


Figure 20: Organigramme représentant le dosage des polyphénols totaux (Juntachote et al. 2006).

Les résultats sont exprimés en mg EAG /g d'extrait sec. La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue, en utilisant l'acide gallique comme standard.



Figure 21: illustration des étapes de dosage des polyphénols (photo originale).

Préparation de la gamme d'étalonnage (figure22)

- Pesez 2 mg d'acide gallique;
- Les dissoudre dans 100ml d'éthanol, soit une solution (S_1) avec une concentration de 0.02 mg/ml ;
- Diluez la solution mère comme suit:
 - * Prélever 5 ml de la solution mère puis ajouter 5 ml d'eau distillée et on obtient la dilution $S/2$;
 - * Prélevez 5 ml de la solution $S/2$ puis rajouter 5 ml d'eau distillée et on obtient la dilution $S/4$;
 - * Refaire la même procédure pour les autres dilutions.

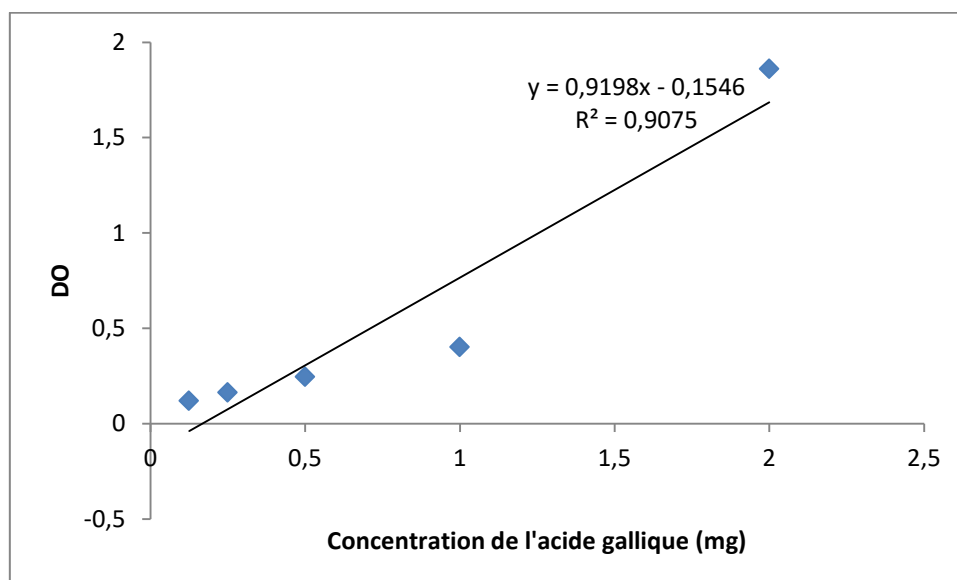


Figure 22: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

4.9. Détermination de la teneur en flavonoïdes

La méthode de **Bahorun et al. (1996)** est utilisée pour estimer la teneur totale en flavonoïdes des extraits de pomme.

Les flavonoïdes contiennent un groupe hydroxyle libre en position 5 qui peut réagir avec le chlorure d'aluminium pour former un complexe coloré (**Boulekbache, 2005**).

Après avoir ajouté 1 ml d'extrait hydrométhanolique (80%) de la pomme dans un tube à essai, on y ajoute 1 ml de solution méthanolique de chlorure d'aluminium à 2 %. Ensuite, après un temps de 10 minutes, on procède à la lecture de l'absorbance à 430 nm.

Préparation de la solution méthanolique de chlorure d'aluminium (0.2g/10ml).

La teneur en flavonoïdes est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant la quercétine comme standard (**Figure 23**). Elle est exprimée en mg EQ/ g d'extrait sec.

-Pesez 2 mg de la quercitine;

-Les dissoudre dans 100ml d'éthanol, soit une solution (S_1) avec une concentration de 0.02 mg/ml ;

-Diluez la solution mère comme suit

* Prélever 5ml de la solution mère puis ajouter 5ml d'eau distillée et l'en obtient la dilution S/2;

* Prélevez 5ml de la solution S/2 puis ajouter 5ml d'eau distillée et l'en obtient la dilution S/4;

Refaire la même procédure pour les autres dilutions

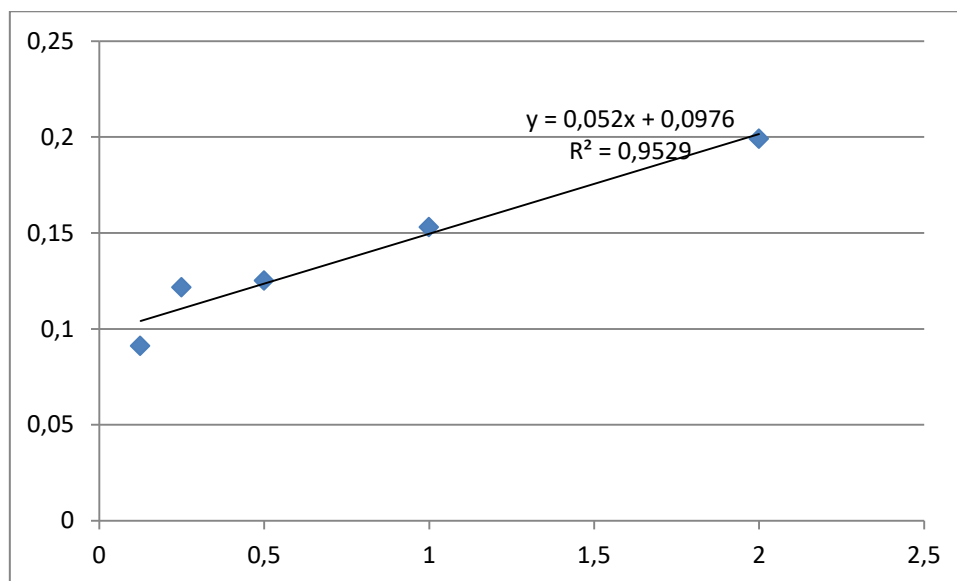


Figure 23: Courbe d'étalonnage de la quercitine

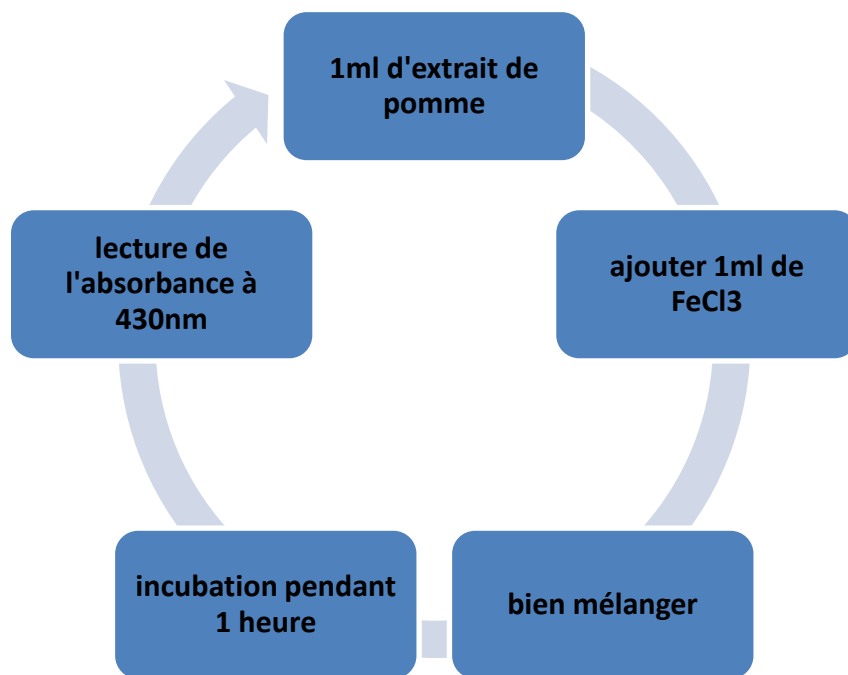


Figure 24: Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes dans l'extrait de pomme (Bahorun et al. 1996).

4.10. Dosage des sucres totaux

La méthode de (Dubois, 1956), est utilisée pour déterminer la teneur en oses totaux dans les extraits bruts.

En présence d'acide sulfurique concentré, les oses subissent une déshydratation pour former des dérivés sulfoniques, qui réagissent avec le phénol pour produire des complexes jaune orange. La formation de ces complexes est suivie en mesurant la densité optique à 405nm (Ruiz, 2005; Brudieux, 2007; Lachheb, 2010; Brian-jaisson, 2014).

Nous avons pris un morceau de chaque échantillon de pomme que nous avons écrasé dans un mortier, puis filtré pour obtenir du jus. En utilisant une pipette, nous avons prélevé 200µl que nous avons placé dans un tube à essai. Et on ajoute 200µl de solution aqueuse phénol à 5%, puis avons mélangé à la main pendant deux minutes. Ensuite, nous avons ajouté 1ml d'acide sulfurique à 98% et placé le tube dans un bain-marie à 90% pendant 5min, nous avons refroidi le tube dans un bain de glace, puis l'avons enveloppé dans de l'aluminium et l'avons laissé reposer pendant 30min. Ensuite, l'absorbance est mesurée à 490nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible.

Les solutions préparées comme la Suits

-phénol 5% (0.5g/100ml).

-acide sulfurique on utilise 1ml.



Figure 25: illustration des étapes de dosage des sucres totaux (photo originale)

4.11. La détermination de la teneur en protéine

La méthode de (Lowry et al. 1951) est efficacement utilisée pour déterminer la teneur en protéines des pommes.

Le principe implique le développement d'une coloration bleue intense après l'addition d'un sel de cuivre à une solution protéique réduites absorbent la lumière à une longueur d'onde de 750nm (JENWAY 6305UV/VISIBLE).

Pour déterminer les valeurs de protéines présentes dans les variétés de pomme sélectionnées, nous avons suivi les étapes suivantes :

Après avoir ajouté 5ml de solution C et mélangé, laissez reposer pendant 10min à température ambiante. Ensuite, on ajoute 0.5ml du réactif de folin-ciocalteu et laissez reposer pendant 30 min à l'obscurité, Enfin, mesurez l'absorbance à 750nm avec un spectrophotomètre UV-VISIBLE par rapport à un blanc.

Nous avons préparé les solutions utilisées comme la suit :

Solution alcaline A

- Soude 0.1N (2g/500ml).....500ml
- Carbonate de sodium Na₂CO₃.....10g

Solution cuivrique B

- sulfate de cuivre (0.32g/ml).....2ml
- tartrate de Na et K (1g/100ml).....2ml

Solution C

- Solution A50ml
- Solution B1ml



Figure 26: Illustration des étapes de la détermination de la teneur en protéine (Photo originale).

5. Etude statistique

Les résultats des différents paramètres sont exprimés par les moyennes plus ou moins les écarts types standards des trois mesures. Pour la comparaison des résultats obtenus, un logiciel SAS (9.1.3); une approche LSD est utilisée pour la comparaison des moyennes et le degré de signification de données est pris à la probabilité ($P \leq 0.05$) en effectuant l'anova à deux facteurs. La corrélation et l'analyse en composante principale (ACP) sont effectuées par le logiciel Existât (2014).

CHAPITRE 04:
Résultats et discussion

1-Analyse de la variance à deux facteurs de l'effet variété et maturation sur les paramètres physicochimiques et biochimiques des pommes cultivées dans la wilaya de Khenchela :

Tableau 5: Carrés moyennes de l'ANOVA à deux facteurs de l'effet variété et maturation sur les paramètres physicochimiques et biochimiques des pommes

Source	Effet variété	Effet maturation	Effet de l'interaction	Erreur
LIPIDES%	0.0408***%	0.136***%	0.00ns%	0.000300
ACIDITE%	0.0018ns%	0.057***%	0.0234***%	0.00035%
MMS%	39.24***%	17.52***%	0.7008***%	0.0408%
%EAU	39.24***%	17.52***%	0.700***%	0.3541%
Polyphénols mg d'EAG/g	0.0988***mg de EAG/g	0.0200***mg de	0.0038ns mg de	0.00271m
Flavonoïdes mg d'EAG/g	0.0060* mg d'EAG/g	0.336*** mg d'EAG/g	0.114*** mg d'EAG/g	0.00067 mg
CEqI	1124856.33***qI	4033.3***qI	1008.33***qI	12.583qI
sucres%	0.0079**	0.0199***	0.0023ns	0.00073
protéines%	0.1026***%	0.0002***%	0.0034ns%	0.0085%
Na mg	784.08*** mg	396.75*** mg	60.75*** mg	1.66 mg
Ca mg	0.750ns mg	6.750* mg	0.750ns mg	1.00 mg
K mg	1200.0***mg	20667.0*** mg	192.0*** mg	12.750
MO%	0.0002ns%	0.0954***%	0.00008ns%	0.00268%
cendres%	0.0102ns%	0.156***%	0.007ns%	0.00268%
PH	1.78***	0.0114ns	0.0006ns	0.00597
DDL	1	1	3	8

*** : très hautement significatif à 1%, ** : significatif à 1% * : significatif à 5% ns : non significatif.

D'après les résultats de l'ANOVA à deux facteurs de l'effet variété et maturation sur les paramètres physicochimiques et biochimiques des pommes cultivées dans la wilaya de Khenchela, il y a des différences très hautement significatives entre les variétés en ce qui concernent les paramètres suivants : pH, K⁺, Na⁺, flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, lipides ; et le type de développement en ce qui concerne les paramètres de teneur en cendres, MO%, K⁺, Na⁺, taux des sucres totaux, la CE, les flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, l'acidité et la teneur en lipides et leurs interaction en ce qui concerne les paramètres suivants : K⁺, Na⁺, CE, et l'acidité titrable.

Il n'y a pas de différences significatives entre les variétés en ce qui concerne les paramètres : cendres, MO%, Ca⁺⁺, acidité ; et entre les types de développement de ces variétés en ce qui concerne le pH et la teneur de fruit en Na⁺⁺ ; Mais pour l'interaction les paramètres qui n'ont pas présentés des différences significatives sont : le pH, cendres, MO%, Ca, protéines, sucres, lipides, flavonoïdes et polyphénols.

2-Effet de variété sur les paramètres bio-physicochimiques de fruit de pomme

Tableau 6: les moyennes des paramètres bio-physicochimiques mesurés de l'effet variété

Variété	LIPIDES%	ACIDITE%	MS%	%EAU	Polyphénols mg d'EAG/g	Flavonoïdes	CE uI	sucres%	protienes%	Na mg	Ca mg	K mg	MO %	cendres%	pH
Granny smith	0.220b%	0.373b%	13.63b%	86.3167%.	1.141a mg	0.48b%	999.83a _{uI}	1.658a%	0.227a%	26.83b mg	5.50a mg	159.50b mg	97.88a%	2.16a%	2.89a
Reddelicious	0.336a%	0.398a%	17.25a%	82.7667b%	0.959b mg	0.525a%	387.5b _{uI}	1.606b%	0.0426b%	43a mg	5a mg	179.50a	97.89a%	2.11a%	2.123b
PPDS	0.0231%	0.024%	0.269%	0.7923%	0.0693mg de	0.0346%	4.722 _{uI}	0.036%	0.194%	1.7188 mg	1.3314 mg	4.7539 mg	0.069%	0.069%	0.1029

a, b : groupes homogènes

La comparaison des moyenne par la PPDS a montré que les variétés étudiées sont réparties en deux groupes, dont le premier groupe de la variété Granny Smith qui se caractérise par les meilleurs valeurs du pH, cendres, MO%, Ca⁺⁺, CE et il est riches en protéines, sucres totaux, , polyphénols et en eau par rapport à la variété Red délicious qui se caractérise par son acidité titrable élevée et les meilleur teneurs en cendres, MS, flavonoïdes, lipides, K⁺ et Na⁺⁺.

Les polyphénols sont largement observés dans les tissus de la pomme de la variété granny smith, ou leur quantité augmente pendant la croissance du fruit et diminue pendant le murissement. (Selvaraj et Kumar, 1998), on outre, une valeur de pH élevée entraine une diminution du taux d'acidité titrable (Léchaudel, 2004).

En effet, la variété de pomme Granny Smith peut présenter des caractéristiques variables en fonction de divers facteurs tels que les méthodes de culture, le sol et les conditions climatiques. La teneur en sucre et en acidité peut varier, influençant le goût et la perception en bouche. De plus, des facteurs environnementaux comme la température et le sol peuvent affecter la composition chimique des pommes, y compris la formation de composés tels que les polyphénols et la matière organique. La gestion de l'irrigation et de la fertilisation par les agriculteurs peut également jouer un rôle dans la teneur en sodium des pommes (Pérez-Pastor et al. 2009).

La pomme Red Delicious présente des niveau plus élevés d'acidité titrable, de flavonoïdes, de lipides, de calcium et de sodium par rapport à la granny Smith .ces différences peuvent être dues à des facteurs tels que l'origine variétal, les pratique agricoles spécifique, les conditions environnementales de croissance, ainsi que les techniques de stockage et de commercialisation.(Khachtib ; 2023).

3-Effet de développement de fruit de pomme sur leurs paramètres bio-physicochimiques

Tableau07 : les moyennes des paramètres bio-physicochimiques mesurés de l'effet développement

LIPIDES%	0.385a%	0.1716b%	0.0231%
ACIDITE%	0.455a%	0.31667%b	0.0249%
MS%	14.23b%	16.65a%	0.269
%EAU	85.716a	83.366b	0.7923
Polyphénols mg d'EAG/g	1.0913amg de EAG/g	1.0095bm de EAG/g	0.0693mg de EAG/g
Flavonoïdes (mg CE/l)	0.335b(mg CE/l)	0.67a(mg CE/l)	0.0346(mg CE/l)
CE μ l	712a μ l	675.333b μ l	4.722 μ l
sucres%	1.591b%	1.673a%	0.036%
protéines%	0.131a%	0.087	0.1234%
Na mg	40.66amg	29.166bm	1.7188 mg
Ca mg	6a	4.5b	1.3314
K mg	128b mg	211a mg	4.7539 mg
MO%	97.79b%	97.97a%	0.069%
condres%	2.25a%	2.025b%	0.069%
PH	2.54a	2.478a	0.1029
Développement	A l'ombre	Au soleil	PPDS

A, b : groupes homogènes

La comparaison de la moyenne par la PPDS a révélé que les variétés de Granny Smith et Red délicious sont répartis en deux groupes homogènes.

Le premier groupe qui concerne les variétés développées à l'ombre, il se caractérise par leur acidité titrable élevée et avec les meilleurs valeurs du pH, cendres, Ca⁺⁺, Na⁺⁺ CE et ces variétés sont riches en protéines, polyphénols, eau et en lipides par rapport aux variétés développées au soleil qui se caractérisent par leurs richesse en MO%, MS%, K⁺ et les meilleures teneurs en flavonoïdes, protéines et sucres totaux.

Les cultivars de pommes rouges souvent ne développent une tache de couleur que sur le côté du fruit exposé au soleil ou au sommet, ou à l'extérieur de la canopée, tandis que les autres fruits restent verts. (Jackson et al., 1971 ; Dever et al., 1995)

Les pommes qui développer à l'ombre se distinguent par une augmentation des composés chimiques tels que l'acide citrique, les polyphénols, les protéines, les lipides et le potassium en raison de la réduction de l'exposition au soleil et à la chaleur, ce qui aide à préserver ces composés. En revanche, les pommes développer au soleil peuvent avoir une proportion plus élevée de matières organiques de calcium et de matière sèche en raison de leur exposition au

soleil, qui favorise la formation de ces composés et stimule la croissance du fruit. Ainsi, les pommes développées au soleil réalisent la photosynthèse efficacement, tandis que celles à l'ombre n'accomplissent pas ce processus de manière significative (Iazzourene, 2015).

4-Effet de l'interaction variété X développement sur les paramètres bio-physicochimiques de fruit de pomme

Tableau 7: Moyenne des paramètres bio-physicochimiques de fruit de pomme en ce qui concernent l'effet de l'interaction variété X développement

Variété	Développement	RedDélicieux		Granny smith		PPDS
		Au l'ombre	Au soleil	Au l'ombre	Au soleil	
LIPIDES%		0.44%	0.23%	0.32%	0.11%	0.000300%
ACIDITE%		0.42b %	0.37c %	0.48a %	0.26d %	0.000350%
MS%		15.8b %	18.7a %	12.6d %	14.6c %	0.0408333%
H%		84.2a%	81.33b%	87.23a%	85.4a%	0.35416667
polyphénols mg d'EAG/g		0.98mg de EAG/g	0.93mg d'EAG/g	1.2mg de EAG/g	1.08mg de EAG/g	0.002710m g de EAG/g
Flavonoïdes (mg CE/l)		0.26d (mg CE/l)	0.79a (mg CE/l)	0.41c(mg CE/l)	0.55b(mg CE/l)	0.000675(m g CE/l)
CE ql		415c ql	360d ql	1009a ql	990b ql	12.583 ql
sucres%		1.58%	1.63%	1.60%	1.71%	0.00073%
protéines		0.05%	0.03%	0.2%	0.14%	0.0085%
Na mg		35b mg	51a mg	23.3D mg	30.3c	1.66 mg
Ca mg		4 mg	6 mg	5 mg	6	1.00 mg
K mg		134c mg	225a mg	122c mg	197b mg	12.750mg
MO%		97.79%	97.97%	97.79%	97.97%	0.002333%
cendres%		2.2%	2.02%	2.08%	2.03%	0.00268%
PH		2.14	2.1	2.93	2.85	0.005970

A, b, c, d : groupes homogènes

La PPDS de l'effet de l'interaction variété X développement a révélé quatre groupes dont le meilleur groupe est constitué de la variété Red Délicieuse développée au soleil avec des teneurs les plus élevées en MS%, K⁺mg et en flavonoïdes, par contre la variété Granny Smith

p=0,669	p=0,457	p=0,231	p=0,004	p=0,389	p=0,002	p=0,360	p=0,445	p=0,565	p=0,000	1,0000
p=0,643	p=0,527	p=0,700	p=0,009	p=0,437	p=0,000	p=0,066	p=0,419	p=0,673	1,0000	0,953
p=0,000	p=0,000	p=0,545	p=0,013	p=0,000	p=0,241	p=0,490	p=0,000	1,0000	0,111	0,150
p=0,000	p=0,000	p=0,974	p=0,014	p=0,000	p=0,618	p=0,131	1,0000	0,971	0,210	0,199
p=0,476	p=0,308	p=0,000	p=0,506	p=0,215	p=0,006	1,0000	0,382	0,180	0,455	0,237
p=0,077	p=0,392	p=0,159	p=0,010	p=0,554	1,0000	-0,639	0,130	0,301	-0,789	-0,700
p=0,000	p=0,000	p=0,935	p=0,034	1,0000	0,155	0,317	0,914	0,943	0,202	0,223
p=0,000%	p=0,020%	p=0,197%	1,0000%	0,516	0,604	0,173	0,582	0,589	-0,613	-0,662
p=0,927	p=0,755	1,0000	0,329	-0,021	-0,358	0,766	0,009	-0,158	-0,101	-0,307
p=0,000	1,0000	-0,082	0,559	0,987	0,222	0,263	0,956	0,984	0,165	0,193
1,0000	0,944	0,024	0,758	0,912	0,440	0,186	0,916	0,951	-0,121	-0,112
0,941	0,997	-0,027	0,567	0,984	0,176	0,326	0,971	0,981	0,189	0,201
0,926	0,953	-0,021	0,604	0,903	0,181	0,336	0,998	0,976	0,168	0,164
0,355	0,565	0,227	-0,062	0,591	-0,647	0,767	0,650	0,509	0,814	0,717
0,634	0,634	0,675	0,560	0,661	-0,249	0,867	0,717	0,574	0,205	0,037
Ca++	Na+	protiene s	sucres	CE	flavonoï de	polyphé nol	H %	MIS	acidité titrable	lipides

L'apport de la corrélation entre les paramètres mesurés aide à comprendre l'effet de variété, développement et leur interaction. On a admet qu'une corrélation est significative si les valeurs de « r » est comprise entre +0,5 et 1 (relation positive et -0,5 et -1 (relation

négative). Dans notre étude, la matrice de corrélation montre que le pH est corrélé positivement avec presque tous les paramètres mesurés. La MO est corrélée positivement avec la MS%, H%, CE, Na⁺⁺, K⁺, Ca⁺⁺. Là CE, est fortement et positivement corrélé avec MO%, Ca⁺⁺, Na⁺⁺, K⁺.

Les lipides sont aussi fortement et positivement corrélés avec l'acidité titrable. Les polyphénols sont fortement et positivement corrélés avec le pH. Analyse de la composante principale. La teneur en H% et la MS% sont corrélées avec la MO, CE, Ca⁺⁺, Na⁺⁺, K⁺. La MS est positivement et fortement corrélée avec H%. Les sucres sont corrélés négativement avec l'acidité titrable et les lipides.

La pomme contient de nombreux lipides sains tels que les acides gras mono insaturés, les acides gras saturés et les acides gras polyinsaturés essentiels, qui sont des éléments essentiels de la composition de la membrane cellulaire. de plus, la titerapie des acides gras, qui est un indicateur du niveau d'acides gras essentiels dans le plasma, peut augmenter avec le suivi d'un régime alimentaire sain et riche en graisses saines. Ainsi, la pomme peut présenter une corrélation positive entre les niveaux de lipides et l'acidité titrable ([Andriamampianina, 2012](#)).

La corrélation positive entre les polyphénols et le pH dans la pomme est due au fait que les polyphénols agissent comme des agents de conservation de l'acidité. Lorsque la pomme s'oxyde, le niveau d'ions hydrogène dans le jus augmente, ce qui entraîne une diminution de l'acidité (une augmentation du pH). Avec la présence des polyphénols, le niveau d'acidité dans la pomme est stabilisé, ce qui aide à prévenir la détérioration du fruit et à maintenir sa qualité ([ACHAT, 2013](#)).

Le MS dans la pomme fait référence aux composants non humides tels que les sucres, les fibres et les minéraux. La présence d'une corrélation positive entre la matière sèche et le pourcentage d'humidité dans la pomme signifie qu'une augmentation accompagnée d'une diminution du pourcentage d'humidité, ce qui signifie que la pomme est plus mûre, plus sucrée et de meilleure qualité lorsque sa teneur en matière sèche est plus élevée ([Salhi ; 2013](#)) La corrélation négative entre l'acidité titrable et les sucres peut s'expliquer par le processus de fermentation. Lorsque les sucres sont fermentés, ils se transforment en acides, ce qui diminue le PH (acidité) de la solution, ainsi, plus il y a de sucres fermentés, plus l'acidité titrable augmente, mais le taux de sucres diminue. Cela crée une corrélation négative entre les deux variables ([Huberson Akin; 2024](#)).

6. Analyse des composantes principale

Dans le cadre de notre étude plusieurs paramètres (variables) ont été pris en compte : pH, CE%, MS%, MO%, H %, acidité titrable%, cendres%, lipides%, sucre%, polyphénol, flavonoïde, protéines, % Na⁺⁺, Ca⁺⁺, K⁺.

La projection des variables et des individus a été effectuée sur 02 axes qui représentent 87.36% de la variance totale.

L'axe I exprime 54,71% de la variance totale, l'axe II exprime 32,65% de la variance totale. Le plan F1 est corrélé positivement avec la teneur en MO%, sucres, flavonoïdes, K⁺ et Ca⁺⁺, par contre la teneur en MS% et en Na⁺⁺ sont corrélés négativement avec le même axe. Contrairement à ces paramètres : le pH là CE%, les polyphénols, H% et protéines sont corrélés positivement avec l'axe F2, mais la teneur cendre%, lipides% et l'acidité titrable% sont corrélés négativement avec ce dernier, ce qui indique que la teneur en polyphénols a une influence sur le pH de la pomme. Quand on fait la projection des individus sur les traitements on peut détecter 04 groupes. Le premier groupe est corrélé positivement avec l'axe F1 et avec l'axe F2, englobe la variété Granny Smith développée au soleil et qui se caractérise par sa richesse en sucres, flavonoïdes et en MO et Ca⁺⁺ par contre la variété Red délicious qui constitue le deuxième groupe est riche en MS et Na⁺⁺. Le troisième groupe est formé de la variété Granny Smith développé à l'ombre et qui se caractérise par leur richesse en protéines, polyphénols, CE%, H% et le quatrième groupe est constitué de la variété Red délicious développé à l'ombre et se caractérise par leur acidité titrable et par leur teneur élevée en lipides et cendres.

D'après les résultats démontrés par l'ACP, les variétés développées au soleil présentent des teneurs importantes dans les paramètres suivants : Flavonoïdes et sucres, dont la variété Granny Smith est le meilleur par rapport à la variété Red délicious.

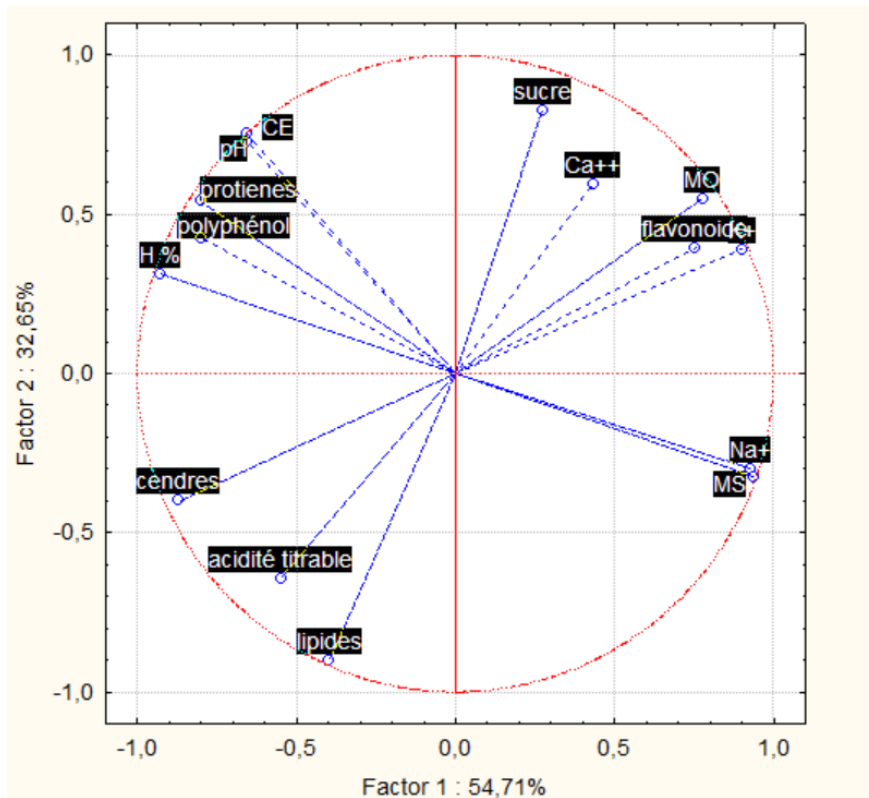


Figure 27: Projection des variables sur le plan factoriel F1-F2

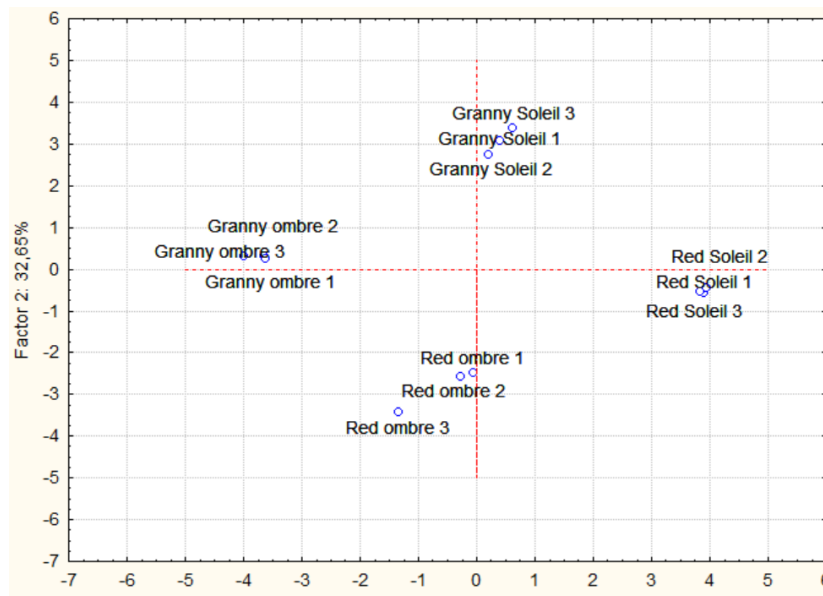


Figure 28: Projection des traitements (individus : arbres) sur le plan factoriel F1-F2

***CONCLUSION ET
PERSPECTIVES***

CONCLUSION

La culture du pommier a une importance socioéconomique fondamentale dans la Wilaya de Khenchela ; Près de soixante variétés de pommier ont été cultivées. Les pommes présentent une source importante des métabolites primaires comme les sucres, les lipides et les protéines et des métabolites secondaires surtout les flavonoïdes, les flavonols,c'est dans ce contexte l'objectif de cette étude est de faire une caractérisation bio-physicochimique de deux variétés de pommes très cultivées dans la région de Khenchela, le Red Délicious et le Granny Smith développées à l'ombre et au soleil.

Pour réaliser cet objectif des paramètres bio-physicochimiques ont été mesurés : la teneur en eau H%, la teneur en matière sèche (MS%), le pH, la conductivité électrique (CEqL), l'acidité titrable%, la matière organique (MO%), les éléments minéraux sodium (Na^{++}), potassium (K^{+}mg), calcium (Ca^{++}mg), les flavonoïdes, les sucre totaux%, les lipides%, les protéines% et les polyphénols.

L'ANOVA à deux facteurs a montré qu'il y a des différences très hautement significatives entre les variétés en ce qui concernent les paramètres suivants : pH, K^{+}mg , Na^{++}mg , flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, lipides% ; et le type de développement en ce qui concerne les paramètres de teneur en cendres, MO%, K^{+}mg , Na^{++}mg , taux des sucres totaux, la CEqL, les flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, l'acidité et la teneur en lipides et leurs interaction en ce qui concerne les paramètres suivants : K^{+}mg , Na^{++}mg , CEqL, et l'acidité titrable.

L'étude de l'effet variété, développement et leur interaction permet de révéler les résultats suivants :

- ✓ Le taux d'eau dans les variétés Red Délicious développé au soleil de 81.3% à l'ombre de 84.2%, tandis que le Granny Smith avait un taux d'eau de 85.4%.
- ✓ La gamme totale de pH dans les variétés de Red Délicious développé au soleil et à l'ombre entre 2.11% à 2.13%. Tandis que le pH de Granny Smith était de 2.86%.
- ✓ La détermination des lipides dans la variété Red Délicious développer au soleil était de 22.40% et dans le variété de Red Délicious développer à l'ombre était de 45.63% tandis que dans le Granny Smith, il était de 0.3%.
- ✓ La détermination des protéines dans la variété Red Délicious développer au soleil était de 0.003% et dans la variété de Red Délicious développer à l'ombre était de 0.056% tandis que dans le Granny Smith, il était de 0.144%.

- ✓ La détermination des cendres dans la variété Red Délicious développer au soleil était de 2.02% et dans la variété de Red Délicious développer à l'ombre était de 11% tandis que dans le Granny Smith, il était de 2.31%.

La détermination de l'acidité titrable dans la variété Red Délicious développer au soleil était de 0.37% et dans la variété de Red Délicious développer à l'ombre était de 0.42% tandis que dans le Granny Smith, il était de 0.26%.

La proportion de sucre totaux dans la variété de Red Délicious développer au soleil était de 2.617%, et dans le Red développer à l'ombre était de 1.580% tandis que dans Granny Smith était de 1.712. %

L'analyse du flavonoïde variait de 0.391 mg.CE/L de Red Délicious développé au soleil et de 0.391 mg.CE/L de Red développé à l'ombre de 0.371mg.CE/L et le Granny Smith de 0.231mg.CE/L, et les valeurs de quercitine est : 0.231g/ml, 0.235g/ml, 0.255g/ml successivement.

L'analyse de la conductivité électrique de la variété Red Délicious développer au soleil était de 365 μ l et dans la variété de Red Délicious développer à l'ombre était de 415 μ l tandis que dans le Granny Smith, il était de 991 μ l.

La détermination des éléments minéraux des pommes Red Délicious développer au soleil révèle un taux de K⁺ de 233mg, un taux de Ca⁺ de 6mg et un taux de Na⁺ de 51mg.comparativement, le Red Délicious développer à l'ombre ont un taux de K⁺ de 134mg, un taux Ca⁺ de 4mg et un taux de Na⁺ de 35mg. En ce qui concerne le Granny Smith, le taux de K⁺ mg est de 197mg, le taux de Ca⁺ mg est de 6mg et le taux de Na⁺ mg de 30mg.

Le taux de polyphénols dans l'extrait de Red Délicious développer au soleil est de 1.094 mg de EAG/g, tandis que celui dans la solution est de 0.245 mg de EAG/g et Le taux de polyphénols dans l'extrait de Red Délicious développer à l'ombre est de 0.750 mg de EAG/g, tandis que celui dans la solution est de 0.120 mg de EAG/g,

Le taux de polyphénols dans l'extrait de la Granny Smith est de 0.844 mg d'EAG/g, tandis que celui dans la solution est de 0.164 mg de EAG/g.

Les résultats obtenus montrent que les variétés développées au soleil présentent des teneurs importantes dans les paramètres suivants : Flavonoïdes et sucres. En revanche, la variété Granny Smith présente les meilleures caractéristiques bio-physicochimiques par rapport à la variété Red délicious.

Cette étude présente une contribution à l'étude de la caractérisation biochimique des variétés cultivés dans la wilaya de Khenchela et qui présente une source naturelle des antioxydants.

Référence bibliographiques

Référence bibliographique

- *_Aprifel. Agence pour la recherche et l'information en fruits et légumes frais 2008
- *-ANONYME (2014). La biologie du malus domestica borkh. (Pommcommun). Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux ; 2014-07-08, agence canadienne d'inspection des aliments. Canada
- *-Achkerman, J., Fischer, M. et Amado R. (1992). Chanfe in sugars, acids and aminoacids during ripening and storage of apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1131-1134.
- */ Achkerman, J., Fischer, M. et Amado R. (1992). Chanfe in sugars, acids and aminoacids during ripening and storage of apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1131-1134.
- *achat sabiha . ; 2013 ; polyphénols de l'alimentation, extraction pouvoir antyoxydant et interaction avec des ions métaboliques ; thèse en co-tutelle ; univ.A.AMIRA-Begaya ; p :122.
- *andriamampianina ;2012 ; production, vent et consommation du kitoza dans la province d'antananarivo qualite du kitoza de porc ;déprome d'étude approfondies en sciences de la vie ;univ.D'antananarivo ; p 43.
- *-Bretaudeau J. et Faury., 1991 : « Atlas d'arboriculture ». Vol2. Edition Lavoisier. Paris. Pp66
- *-Barret D.M., Somogyi L. & Ramaswamy H., 2005. *Processing Fruits* second edition. Science and technology. CRC Press LLC. U.S.A. 841
- *-Bretaudeau J. & Faure F., 1991. *Atlas d'arboriculture fruitière. Volume 2. POIRIER - POMMIER – NASHI*. Ed. Lavoisier « Tec et Doc », Paris, 207 p.
- *-BOURLES E (2010). *Aptitude variétale des pommes à transformation recherche d'indicateurs biochimiques de l'évolution de la texture et de marqueurs d'intérêt nutritionnel*. Thèse de Doctorat. Université d'Angers. 229p.
- *-BRETAUDEAU J et FAURE Y (1991). *Atlas d'arboriculture. Vol2*. Edition Lavoisier. Paris. 66p
- *-BOURLES E (2010). *Aptitude variétale des pommes à la transformation recherche d'indicateurs biochimiques de l'évolution de la texture et de marqueurs d'intérêt nutritionnel*. Thèse de Doctorat. Université d'Angers. 229p.
- *: . Bai, J., Baldwin, E. A., & Hagenmaier, R. H. (2002). Alternatives to shellac coatings provide comparable gloss, internal gas modification, and quality for 'Delicious' apple fruit.

HortScience, 37(3), 559-563.

*Bishop, D. (1997). Controlled atmosphere storage. Cold and Chilled Storage Technology, 53-92

*: -Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M., Vasseur J., Cazin M., Cazin J.C., Pinkas M. 1996. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations *Arzneimittelforschung*. 46 (11), pp1086-1089.

*-Boulekbache L., 2005. Profil GC-MS des polyphénols d'une plante médicinale : *Eucalyptus globulus*. Mémoire Magister. Département de biologie physico-chimique. Béjaïa, 71 p.

*CHAOUIA CH, MIMOUNI N, TRABELSI S, BENREBIHA F.Z, BOUTEKRABT T.F et BOUCHENAK F (2003). Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie. Alger: les espèces fruitières, viticoles et phoenicicoles. Recueil des communications atelier n°3 «Biodiversité importante pour l'agriculture» MATE- GEF / PNUD. Propjet ALG/ 97/ G 31: 19- 28.

*-. Candrawinata, V. I., Golding, J. B., Roach, P. D., & Stathopoulos, C. E. (2013). From apple to juice—the fate of polyphenolic compounds. *Food reviews international*, 29(3), 276-293

*/Candrawinata, V. I., Golding, J. B., Roach, P. D., & Stathopoulos, C. E. (2013). From apple to juice—the fate of polyphenolic compounds. *Food reviews international*, 29(3), 276-293. 20. Chen, Y., Li, B., Zhang, Z., & Tian, S. (2017). Pathogenicity assay of *Penicillium expansum* on apple fruits. *Bio-protocol*, 7(9), e2264-e2264

*DELAHAYE T. et VIN P. (1997). Le pommier. 1er Edition ACTES SUD. Paris. 88p.

*-DOU EL MACANE W.L. et SKIREDJ A. (2003). L'abricotier, le prunier, le poirier, et le pommier. Transfert de Technologie en Agriculture. Fiches techniques. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat ; Bulletin Mensuel D'information et de liaison du pntt transfert de Technologie en Agriculture royaume du Maroc, ministère de l'agriculture et du développement rural mader/derd, août 2003, N°107, 1-4

*-DELAHAYE T. et VIN P. (1997). Le pommier. 1er Edition ACTES SUD. Paris. 88p.

*delaire et orsel-baldwin ; 2023. Etude de l'interaction des leviers azote, SDP et génétique pour l'amélioration de l'immunité du pommier vis-à-vis de la tavelure. Mémoire de fin d'études. NANTES UNIVERSIT2. P14.

- *-GAUTIER M (2001). La culture fruitière. Les productions fruitières. Vol 2. Ed Tec et Doc, Paris, 665 p.
- *-GAUTIER M (1993). La culture fruitière. l'arbre fruitier. Vol I. Ed. Lavoisier. Paris. 594p
- *_ . GIRAUD H, CORNILLE A et GIRAUD T (2014). Les pérégrinations du pommier domestique. N° 439 - Mai 2014. 36-41.
- *_GUETTALA F (2010).Entomofaune, Impact Economique et Bio- Ecologie des principaux Ravageurs du Pommier dans la région des Aurès. Université Batna .166P.
- * Foyer, C.H., Lopez-Delgado, H., Fat, J.F. et Scott, I.M. (1997). Hydrogen peroxide and glutathione associated mechanisms of acclimatory stress tolerance and signalling. *Physiologia plantarum* 100: 241-254.
- * . Jensen, E. N., Buch-Andersen, T., Ravn-Haren, G. & Dragsted, L. (2009) Mini-Review: The Effects of Apples on Plasma Cholesterol Levels and Cardiovascular Risk—A Review of the Evidence. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 34-41.
- *-Juntachote T., Berghofer E, Siebenhandl S., Bauer F., 2006. The antioxidative properties of Holybasil and Galangal in cooked ground pork. *Meat Science*, 72, pp 446-456.
- * Jenkins, M.E., Suzuki, T.C. et Mount, D.W. (1997). Evidence that heat and ultraviolet radiation activate a common stress-response program in plants that is altered in the *uvh6* mutant of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 115: 1351-1358.
- *-Haffaf, M. , et Merzougui, H. (2014). etude technico-culturelle du pommier *Malus punila* Mill dans la région de M'sila (Doctorat dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'sila).p
- *huberson Akin ; 2024. Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de mouts de raisin : modélisation et interprétation métabolique ; thèse de doctorat ; institut national polytechnique (touloux). P4 et 5
- *-Hadbi. (2014). Inventaire qualitatif et quantitatif et le suivi de la dynamique du carpopapse (*Cydia pomonella* L.) dans une parcelle du pommier écologique Reddelicieux dans la région de Sidi-Naàmane (T-O). (Mémoire de fin d'études, Université, Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou.
- *iazourene ; 2015. Composition chimique et activité biologique d'extraits du myrte (*Myrtus communis* L), de la carotte sauvage (*Daucus carota* L, subsp. *Carota*) et de la

menth à feuilles rondes (*mentharotundifolia* L) ;thèse de doctorat ;Ecole Nationale Supérieur Agronomique El Harrach-Alger ; p14.

*Kalinowska, M., Bielawska, A., Lewandowska-Siwkiewicz, H., Priebe, W., &Lewandowski, W. (2014).Apples: Content of phenolic compounds vs. variety, part of appleandcultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant Physiology and Biochemistry*, 84, 169–188.<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006>

*khachtib ; 2023 ; caractérisationn génétique et moléculaire du pommier au maroc et de son ravageur le puceron cendré ; mémoire afin d'étude univ.imist.ma p 35.

*- LAFAOUN, J. P., THARAUD- PAYER, C. et LEVY, G. (1996). *Biologie des plantes cultivées-2eme édition. Tome I- organisation / physiologie de la nutrition*. Ed. Lavoisier, Paris, 227 p.[109] LAFFITTE, R. (1939). *Etude géologique de L'Arès*. Bull. Serv. Géol. De l'Algérie. Série n° 11,

* Larkindale, J. et Knight, M.R. (2002). Protection against heat stress-induced oxidative damage in

Arabidopsis involves calcium, abscissic acid, ethylene and salicylic acid. *Plant Physiology* 128: 682-

695

*. MARTIN J (2008). Une approche intégrée et éco systémique de la gestion normative des risques sur l'environnement et la santé, liés à l'utilisation de pesticides en agriculture: le cas de la pomiculture au Québec. Mémoire de Doctorat. Université du Québec, Montréal. 107 p.

*-Medgkane et Laguel, 2015, inventaire qualitatif et quantitatif des arthropodes et le suivi de la dynamique des populations du carpocaps de pommier *cydiapomonella*L. Dans la parcelle de pommier (*Golden delicious*) de la région de sidi naamane (TIZI-OUZOU) (mémoire de fin d'étude), université Mouloud mammeri de tizi-ouzou, p :25.

*-Mohammad F. Turk, Alain Baron and Eugene Varobiev. Effect of pulsedelectricfieldtreatment and mash size on extraction and composition of applejuices. 2010. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58, 9611- 961.

*-Mohammad F. Turk, Alain Baron and Eugene Varobiev. Effect of pulsedelectricfieldtreatment and mash size on extraction and composition of applejuices. 2010. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58, 9611- 9616.

*:Mushtaq, R., Nayik, G. A., & Malik, A. R. (2022).Apples: Preharvest and PostharvestTechnology. CRC Press.

- *-Juntachote T., Berghofer E., Siebenhandl S., Bauer F., 2006. The antioxidative properties of Holybasil and Galangal in cooked ground pork. *Meat Science*, 72, pp 446-456.
- *-PEIX C (2010). L'origine de la pomme, à la découverte des forêts de pommiers sauvages du Kazakhstan à l'origine de toutes nos pommes cultivées. une exposition de Catherine Piex, avec ALMA, l'association des amis d'Aymak Djangaliev pour la sauvegarde du patrimoine *Malus sieversii*, Paris. 20p.
- * Palmer, J.W. (1989). Canopy manipulation for optimum utilization of light. *Manipulating of fruiting*.
Bonnington, Sutton. 1: 245-262.
- *Pérez-Pastor, A., Domingo, R., Torrecillas, A & Ruiz-Sánchez, M.C. (2009). Response of apricot trees to deficit irrigation strategies. *Irrig. Sci.* 27, 231-242.
- Pérez-Pastor, A., Ruiz-Sánchez, M.C., Martínez, J.A., Nortes, P.A., Artes, F & Domingo, R. (2007). Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *J. Sci. Food Agric.* 87, 2409-2415
- *--Saura-Calixto, F. (1987). Dietary fiber complex in a simple rich in condensed tannins and uronic acid. *Food Chemistry*, 23, 95-103.
- *_Sumedrea, D., Florea, A., Sumedrea, M., Asănică, A., Coman, R., Militaru, M., ... & Calinescu, M. (2018). Influence of different storage methods on apple chemical properties. *Agriculture for Life–Life for Agriculture*, Bucharest, 1(1), 316-321.
- *salhi ; 2013 ; valeur nutritive des espèces spontanées de la plaine du moyen chelif ; mémoire de l'obtention du diplôme de magistère ; Univ. Hassiba Ben Bouali. Chlef ; p18
- *--Trillot M ; Masseron A; Mathieu V; Bergougnaux Y; Hutin C; Lespinasse Y ; 2001 – le pommier CTIFEL . P 283.
- *-TRILLOT M. MASSERON A. MATHIEU V. BERGOUGNAUX F. HUTIN C et YVES L (2002). Le pommier. Centre technique interprofessionnelle des fruits et légumes. (Ctifl). Edition Lavoisier. Paris. 287p
- *-TRILLOT M, MASSERON A et TRONEL C (1993). Pomme les variétés. Centre technique interprofessionnelle des fruits et légumes. (Ctifl). Edition Lavoisier. Paris. 203p. 77.
- TRILLOT M. MASSERON A. MATHIEU V. BERGOUGNAUX F. HUTIN C.
- *-TRILLOT M. MASSERON A. MATHIEU V. BERGOUGNAUX F. HUTIN C et YVES L (2002). Le pommier. Centre technique interprofessionnelle des fruits et légumes. (Ctifl). Edition Lavoisier. Paris. 287p.

*-Webster, A. D ; 2005a - The origin, distribution and genetic diversity of temperate tree fruits. in J. Tromp, A. D. Webster, S. J. Wertheim, dir. Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas. in J . p p 1-11.

*: Wright, A. H., DeLong, J. M., Arul, J., & Prange, R. K. (2015). The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus × domestica* Borkh) storage. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 90(1), 1-13.

* ZIADI S (2001). Les gènes PR -10 du pommier (*Malus domestica*) . Identification Caractérisation et analyse de l'expression spatio-temporelle en réponse à une induction par l'acibenzolar S-methyl (ASM), un analogue fonctionnel de l'acide salicyclique. Thèse de Doctorat. Université Rennes1. 182p.

Références électronique :

[.-https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006\(site1\)](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006(site1))

عنوان المذكرة : التوصيف البيوكيميائي لأصناف التفاح المزروعة في ولاية خنشلة

الإسم و اللقب مريم عثمانة قرموعي يسرى

المؤطر : أ. قاضي كنزة

ملخص

يعتبر التفاح من الفواكه المفيدة للجسم بسبب تركيبته البيوكيميائية. الهدف من هذا البحث هو مقارنة الخصائص البيوكيميائية المزروعين بولاية خنشلة، ودراسة تأثير نمو الثمرة (التفاحة) (Granny Smith و Red Delicious) لصنفين من التفاح "تحت ضوء الشمس و"الظل".

، التوصيل (H) الأس الهيدروجيني (MS) ، محتوى المادة الجافة %H معاملات التفاح التي تم قياسها هي: محتوى الماء ، البوتاسيوم (Na++) ، العناصر المعدنية الصوديوم (OM) ، الحموضة القابلة للمعايرة، المادة العضوية (EC) الكهربائي ، الفلافونويدات، السكريات الكلية، الدهون والبروتينات والبوليفينول (Ca++) ، الكالسيوم (K+) ، أظهر تحليل التباين ثنائي الاتجاه أن هناك اختلافات كبيرة جدًا بين الأصناف فيما يتعلق بالمعاملات التالية: الرقم %، الدهون؛ ونوع التطور فيما يتعلق بمعاملات محتوى MS %، H، الفلافونويدات، البوليفينول، Na، K الهيدروجيني، %، الحموضة ومحتوى الدهون MS %، H، الفلافونويدات، البوليفينول، EC، محتوى السكر الكلي، Na، K، MO الرماد، ، والحموضة القابلة للمعايرة EC، Na، K: وتفاعلها فيما يتعلق بالمعاملات التالية

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الأصناف التي تم تطويرها في الشمس تحتوي على مستويات عالية في العوامل التالية: الفلافونويدات والسكريات. من ناحية أخرى، يقدم صنف جراني سميث أفضل الخصائص الفيزيائية والكيميائية الحيوية مقارنة بالصنف الأحمر اللذيذ.

Red Delicious و Granny Smith الكلمات المفتاحية: التفاح، المعلمات الفيزيائية والكيميائية، التطور، التنوع،

Full name : ATHAMNA MERIEM GUERMOUAI YOUSRA

Directed by : Pr. KADI Kenza

Abstract:

Apples are among the fruits beneficial to the body due to their biochemical composition. The objective of this research is to compare the biochemical characteristics of two varieties of apple (Red delicious and Granny Smith) grown in the wilaya of Khenchela, and to study the effect of fruit (apple) development in sunlight and sunlight.

The apple parameters measured are: water content H%, dry matter content (MS), pH, electrical conductivity (EC), titratable acidity, organic matter (OM), mineral elements sodium (Na⁺⁺), potassium (K⁺), calcium (Ca⁺⁺), flavonoids, total sugars, lipids, proteins and polyphenols.

The two-way ANOVA showed that there are very highly significant differences between the varieties with regard to the following parameters: pH, K, Na, flavonoids, polyphenols, H%, MS%, lipids; and the type of development with regard to the parameters of ash content, OM, K, Na, total sugar content, EC, flavonoids, polyphenols, H%, SM%, acidity and lipid content and their interaction with regard to the following parameters: K, Na, EC, and titratable acidity.

The results obtained show that the varieties developed in the sun have high levels in the following parameters: Flavonoids and sugars. On the other hand, the Granny Smith variety presents the best bio-physicochemical characteristics compared to the Red delicious variety.

Key words: Apple, physicochemical parameters, development, variety, Red delicious, Granny Smith

Résumé

Titre du mémoire: Caractérisation biochimique des variétés (Red délicious et Granny smith) de pommes cultivées à KHENCHELA

Nom et prénom: ATHAMNA Meriem et GUERMOUAI Yousra

Encadreur : Pr. KADI Kenza

Résumé :

Les pommes sont parmi les fruits bénéfiques pour le corps en raison de leurs compositions biochimiques. L'objectif de cette recherche est de comparer les caractéristiques biochimiques de deux variétés de pomme (Red délicious et Granny Smith) cultivées dans la wilaya de Khenchela, et d'étudier l'effet de développement de fruit (pomme) au soleil et à l'ombre.

Les paramètres mesurés de pomme sont : le taux d'eau H%, le pH, la conductivité électrique (CEqL), l'acidité titrable, la matière organique (MO%), les éléments minéraux sodium (Na^{++}mg), potassium (K^{+}mg), calcium (Ca^{++}mg), les flavonoïdes, les sucres totaux, les lipides%, les protéines% et les polyphénols.

L'ANOVA à deux facteurs a montré qu'il y a des différences très hautement significatives entre les variétés en ce qui concernent les paramètres suivants : pH, K^{+} , Na^{++} , flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, lipides ; et le type de développement en ce qui concerne les paramètres de teneur en cendres, MO%, K^{+}mg , Na^{++} , taux des sucres totaux, la CEqL, les flavonoïdes, polyphénols, H%, MS%, l'acidité et la teneur en lipides et leurs interaction en ce qui concerne les paramètres suivants : K^{+}mg , Na^{++}mg , CEqL, et l'acidité titrable%.

Les résultats obtenus montrent que les variétés développées au soleil présentent des teneurs importantes dans les paramètres suivants : Flavonoïdes et sucres. En revanche, la variété Granny Smith présente les meilleures caractéristiques bio-physicochimiques par rapport à la variété Red délicious.

Mots clés : pomme, paramètres physicochimiques, développement, variété, Red délicious, Granny Smith.