



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 : Sciences Agronomiques

OPTION : Production végétale

Thème

Caractéristiques de biochimique de variété
(Golden delicious) de pomme cultivée à
Khenchela

Présenté par :

MESSADA Rima et RIM Abdelbasset

Soutenu le / / 2024

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

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

Années universitaire 2023-2024

Remerciements

Je remercie avant tout dieu tout puissant, de m'avoir guidé durant toutes les années d'études et m'avoir donnée la volonté et le courage pour terminer ce travail. Le présent travail est pour nous l'occasion d'exprimer nos remerciements les plus la plus profonde Nous tenons, à exprimer notre gratitude, à **Pr. KADI Kenza (Prof.)** pour accepter de nous diriger dans ce travail, pour la documentation qu'il nous a procurée, et pour ses précieux conseils, et pour la patience.

Mes remerciements vont également à **Dr. ADDAD Dalila (MCA)** pour accepter avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Je remercie aussi, **Dr. MEKERSI Nawal (MCB)** pour avoir accepté d'examiner mon travail, et de faire partie de mon jury.

Un grand remerciement les cadres de la direction de services agricole pour ses orientations et aussi à toutes personnes qui ont bien voulu répondre à mes questions dans le cadre de mes enquêtes.

Dédicace

Je dédie

*Ma famille, mes parents ; que nulle dédicace ne puisse exprimer
mes sincères sentiments, aucun mot ne pourrait exprimer à leur
juste valeur la gratitude et l'amour que je vous porte.*

*Je mets entre vos mains, le fruit de longues années d'études, de
votre amour, votre tendresse, votre soutien et votre encouragement
contenu m'ont toujours donné de la force pour persévérer et pour
prosperer dans la vie.*

A tous ceux qui je l'aime et qui m'aime.

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1. Organisation tissulaire de la pomme	4
Figure 2. Développement du fruit	6
Figure 3. Volume de production de pommes des principaux pays producteurs dans le monde en 2021	10
Figure 4. La zone utilisée pour L'arboriculture dans la wilaya de Khenchela.....	12
Figure 5. Golden délicious.	17
Figure 6. Préparation des échantillons et des extraits	18
Figure 7. Quelques outils utilisés au laboratoire.....	18
Figure 8. Quelques produits chimiques utilisés au laboratoire.....	19
Figure 9. les appareils utilisés au laboratoire	19
Figure 10. Le séchage de l'échantillon	20
Figure 11. Les étapes de la détermination de pH.....	21
Figure 12. Appareil Soxlhet	23
Figure 13. Les étapes de la détermination de la teneur en lipides	23
Figure 14. Les étapes de la détermination de la teneur en cendre	24
Figure 15. Principales étapes d'extraction des polyphénols.....	26
Figure 16. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	27
Figure 17. Illustration des étapes de dosage proprement dit (photo originale)	28
Figure 18. Organigramme représentant le dosage des polyphénols totaux.....	29
Figure 19. Courbe étalon correspondant aux dosages des sucres totaux	30
Figure 20. Courbe d'étalonnage de la quercitine.....	31
Figure 21. Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes dans l'extrait de dattes.....	31
Figure 22. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur le pH de fruit.	36
Figure 23. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en cendre de fruit de la pomme Golden délicious.....	37
Figure 24. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en MO de fruit de la pomme Golden délicious.....	37
Figure 25. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en protéines de fruit de la pomme Golden délicious.	38
Figure 26. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en éléments minéraux de fruit de la pomme Golden délicious.	39

Liste des figures

Figure 27. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en sucres de fruit de la pomme Golden délicious.	39
Figure 28 . Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en polyphénols et flavonoides de fruit de la pomme Golden délicious.	40
Figure 29. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la CE de fruit de la pomme Golden délicious.	41
Figure 30 . Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur l'acidité titrable de fruit de la pomme Golden délicious.....	41
Figure 31. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en lipides de la pomme Golden délicious.....	42
Figure 32. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur H% et MS% de la pomme Golden délicious.....	43
Figure 33. Projection des variables sur le plan factoriel F1-F2.....	46
Figure 34. Projection des traitements (individus : arbres) sur le plan factoriel F1-F2	46

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1. Evolution de la production des pommes en Algérie, pour la période 2010-20.11	
Tableau 2. Composition minérale de la pomme (pour 100 g de matière sèche, portion comestible)	13
Tableau 3 . Carrés moyennes de l'analyse de la variance de l'effet du développement au soleil ou à l'ombre sur les paramètres de fruit	35
Tableau 4. Matrice de corrélation entre les paramètres mesurés.....	44

Liste des abréviations

Liste des abréviations

- **DSA** : Direction des services agricole.
- **E** : évaporation.
- **EAC** : Exploitation agricole collective.
- **EAI** : Exploitation agricole individuelle
- **FAC** : facteur climatique.
- **FAO** : Organisation de l'agriculture et de l'alimentation.
- **FNDA** : Fonds National de Développement Agricole.
- **H** : humidité.
- **Ha** : hectare.
- **IN** : insolation.
- **Km** : kilo mètre.
- **L** : litre.
- **m** : mètre.
- **M** : moyenne de température.
- **ml** : milli litre.
- **mm** : milli mètre.

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Partie bibliographie

Généralités sur pommes

1. Définition de la pomme	4
2. Formation et maturation de la pomme	5
2.1. Développement des fleurs:	5
2.2. Développement du fruit	6
2.3. La maturation du fruit	6
2.4. Importance de la maturation :	7
3. Les variétés de pomme	7
3.1. Elstar:	7
3.2. Reinette grise du Canada	7
3.3. Akane :	7
3.4. Antonovka	8
3.5. Astrakan rouge	8
3.6. Gravenstein	8
3.7. Cox orange	8
3.8. Dries:	8
4. Position systématique	8
5. Répartition géographique	10
5.1. Dans le monde	10
5.2. En Algérie	10

Table des matières

5.3. Dans la région de Khenchela.....	11
6.Composition biochimique de la pomme	12
6.1. Les sucres	12
6.2. Les protéines.....	12
6.3. Les lipides	13
6.4. Les éléments minéraux	13
6.5. Les vitamines.....	13
6.6. Les fibres.....	14
6.7. Les composés phénoliques	14
7. Composition biochimique de la partie non comestible "pépin " de pomme.....	14

Partie pratique

Matériel et méthodes

1.Matériel utilisés.....	17
1.1. Matériel végétal.....	17
1.1.1. La préparation des échantillons	17
1.2. Matériel de laboratoire.....	18
2.Les paramètres Bio-physicochimiques mesurés	19
2.1. Détermination de la teneur en eau	19
2.1.1 Principe.....	19
2.1.2. Mode opératoire	19
2.1.3. Expression des résultats :.....	20
3.Détermination du pH.....	20
3.1.Principe	20
3.3.Mode opératoire :	20
4.1.Principe	21
4.2.Mode opératoire	21
4.3.Expression des résultats :	22

Table des matières

5. Détermination de la teneur en lipides.....	22
6. Détermination de la teneur en cendres	24
7. Détermination de la conductivité électrique (CE)	25
8. Détermination de la teneur en polyphénols	26
8.1.Extraction des polyphénols :.....	26
8.2.Détermination de la teneur en polyphénols totaux.....	26
8.2.1.Préparer la gamme d'étalonnage.....	27
8.2.2.Le Dosage	27
8.3.Détermination et Dosage des sucres totaux	29
10.Détermination des flavonoïdes	30
11.Dosage des sucres totaux :.....	31
12.Détermination de la teneur en protéines.....	32

Chapitre : Résultats et discussion

1.Analyse de la variance de l'effet du développement au soleil ou à l'ombre sur les paramètres de fruit	35
2. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur le pH de fruit.....	36
3. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en cendres de fruit.....	36
4. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en MO de fruit	37
5. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en protéines de fruit	38
6. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en éléments minéraux K ⁺ , Na ⁺⁺ et Ca ⁺⁺ de la pomme	38
7. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en sucres de fruit.....	39
8. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en polyphénols et flavonoides du Golden délicious	40
9. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la CE de fruit.....	40
10. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur l'acidité titrable de fruit.....	41
11. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en lipides de fruit	42

Table des matières

12. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur Eau et en MS de fruit	42
13. Etude des corrélations entre les paramètres mesurés	44
14. L'analyse en composante principale (ACP)	45
15. Discussion générale.....	46
Conclusion.....	50
Références bibliographiques	53
ملخص.....	59
Abstract	60
Résumé.....	61

Introduction

Introduction

Introduction

Le pommier (*Malus domestica*) est un arbre fruitier d'une importance considérable dans l'agriculture mondiale, en raison de sa grande diversité variétale et de ses nombreux avantages nutritionnels. En Algérie, la culture du pommier occupe une place significative, particulièrement dans la région de Khenchela, où les conditions climatiques et pédologiques sont favorables à sa production.

Parmi les nombreuses variétés cultivées, la "Golden Delicious" est particulièrement prisée pour ses qualités gustatives et sa valeur nutritionnelle. En Algérie, et spécifiquement dans la wilaya de Khenchela, la culture de la pomme "Golden Delicious" est une activité économique importante. Cependant, pour maximiser les rendements et la qualité des fruits, il est essentiel d'adopter une approche scientifique basée sur l'analyse précise des composantes biochimiques des variétés cultivées.

Ce mémoire se propose de caractériser biochimiquement une variété de pommier "Golden Delicious" cultivées dans la wilaya de Khenchela. L'objectif est de comparer les caractéristiques biochimiques de cette variété développée au soleil et à l'ombre afin de mieux comprendre leurs potentialités et leurs différences en termes de composition nutritionnelle et de qualité. Cette étude est cruciale pour optimiser les pratiques agricoles et les stratégies de valorisation des pommes produites dans cette région.

La caractérisation biochimique des pommes inclut l'analyse de plusieurs composants clés : l'eau, les sucres, les protéines, les lipides, les éléments minéraux et les composés phénoliques. Ces composants déterminent non seulement la qualité nutritionnelle des pommes mais aussi leur goût, leur texture et leur capacité de conservation. Une compréhension approfondie de ces aspects peut guider les agriculteurs et les transformateurs dans l'amélioration des pratiques de culture et de post-récolte, ainsi que dans la sélection des variétés les mieux adaptées aux besoins du marché.

Le mémoire est organisé de la façon suivante :

- **Chapitre 1** : nous rapporterons une étude bibliographique.
- **Chapitre 2** : *Matériel et méthodes* : nous avons développé l'ensemble des techniques et méthodes utilisées pour la caractérisation bio-physicochimique des pommes.

Introduction

➤ **Chapitre 3 : Résultats et discussions.** Dans ce chapitre nous démontrons et discutons les résultats obtenus.

En conclusion, nous résumons les apports de cette étude et les perspectives envisagée

Partie bibliographie

Généralités sur pommes

Chapitre 01

1. Définition de la pomme

La pomme est le fruit du pommier commun, *Malus domestica*, de la famille des Rosacées (sous famille des Pomoïdés) (Hellier et al., 2000). D'un point de vue botanique, La pomme est une baie, c'est-à-dire un fruit charnu sans noyau dur.

Trois structures se distinguent dans le fruit au niveau tissulaire : l'épiderme (peau), le mésocarpe ou parenchyme (chair) et l'endocarpe (zone corticale contenant les pépins, aussi appelé le trognon). Le mésocarpe occupe la majeure partie du fruit ; c'est le tissu le plus consommé.

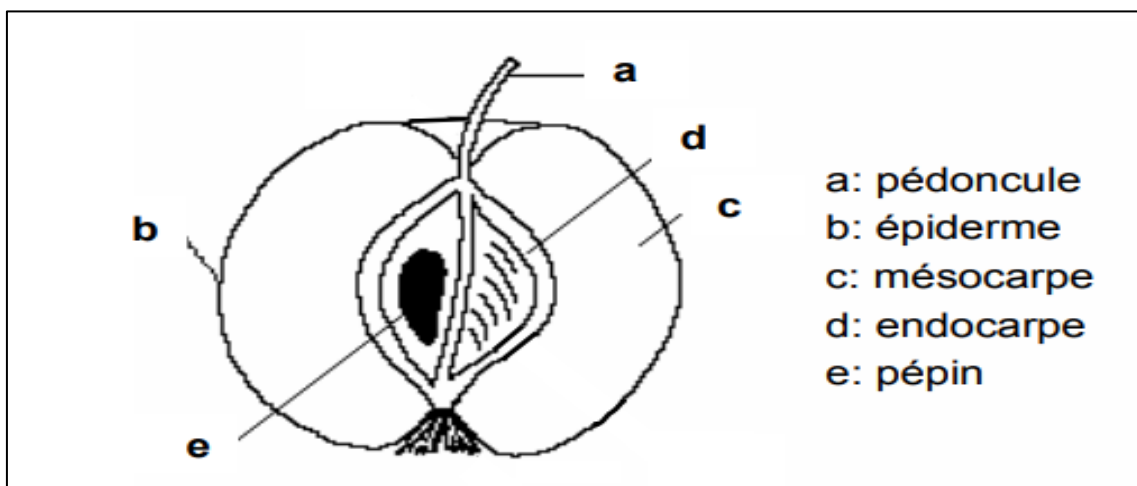


Figure 1. Organisation tissulaire de la pomme (Hellier et al., 2000)

La structure interne des pommes, en coupe longitudinale, est composée de trois zones tissulaires bien distinctes (Bondoux, 1992 : au centre, la partie ovarienne ou endocarpe, où se trouvent les loges des pépins, à la périphérie, le parenchyme cortical, cortex ou mésocarpe, de réserve du fruit). L'épiderme est la partie la plus externe. Sur le plan histologique, une section transversale du fruit révèle les couches cellulaires suivantes :

- L'épiderme, qui est la partie où les cellules sont surmontées par la cuticule, est composé de lipides,
- L'hypoderme, qui est composé de plusieurs couches de cellules allongées dans le sens tangentiel et avec des parois épaisses,
- Le parenchyme cortical est composé de cellules de grande taille.

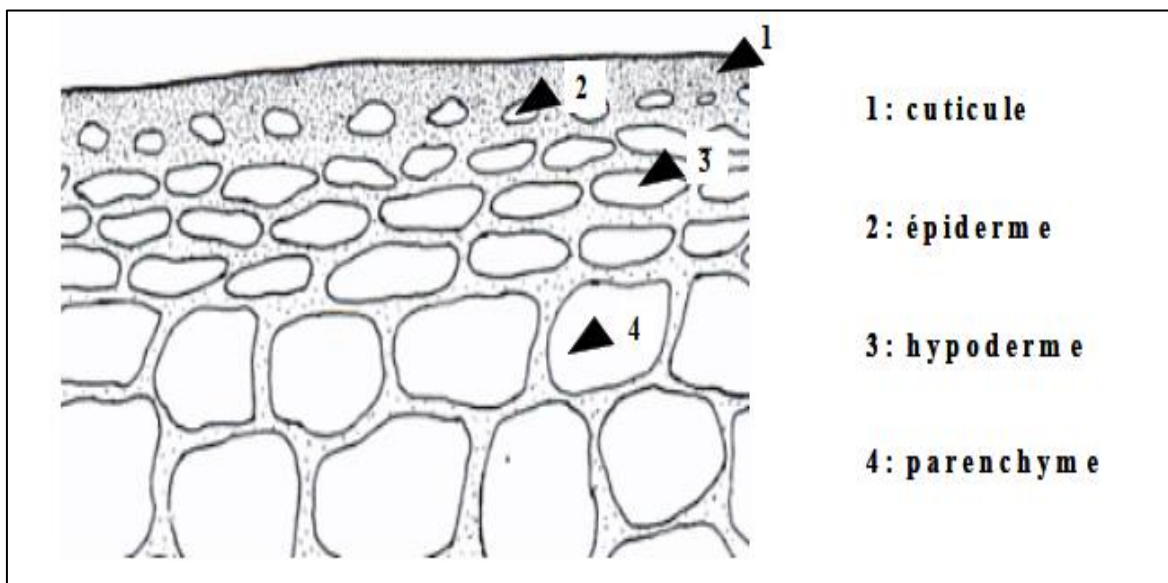


Fig. Coupe schématique des couches cellulaires périphériques d'une pomme à maturité
(Bondoux, 1992)

2.v Formation et maturation de la pomme

La formation et la maturation de la pomme sont des processus complexes qui impliquent des changements biochimiques et physiologiques. Voici quelques points clés à retenir sur ce sujet :

2.1. Développement des fleurs:

Le développement des fleurs chez les pommiers s'étale sur environ neuf à dix mois, débutant par la formation de primordia floraux dans des bourgeons mixtes pendant l'été et le début de l'automne. Au moment de la chute des feuilles, une grande partie des bourgeons contient à la fois des primordia de fleurs et de feuilles (Koutinas *et al.*, 2010). Pendant l'hiver, le développement ralentit en raison de la dormance, et la rupture des bourgeons survient après avoir satisfait aux exigences de froid hivernal et d'unités de chaleur. Les fleurs de pommier peuvent émerger à la fois des bourgeons floraux terminaux et latéraux situés sur les éperons et les pousses, avec la fleur principale s'ouvrant généralement en premier, suivie des fleurs latérales (Kotoda *et al.*, 2000).

Le processus de floraison est influencé de manière complexe par divers facteurs, notamment les phytohormones (Dennis, 2003), la charge de la récolte, la présence de

Chapitre 01

pathogènes, l'exposition à la lumière, le stress hydrique et la disponibilité des nutriments. (Jackson, 2003).

2.2. Développement du fruit

Après une fécondation réussie, les graines se développent et résident dans le noyau central du fruit, chaque carpelle contenant deux ovules qui se développent en graines. Le nombre de graines dans un fruit varie généralement de deux à sept, selon l'intensité de la fécondation. Les pommes atteignent leur maturité environ 120 à 150 jours après la floraison, avec des variations selon les cultivars en fonction de la température et de l'emplacement géographique. Le temps de maturation peut varier de aussi peu que 70 jours à aussi longtemps que 180 jours, les variétés à maturation précoce et tardive montrant des classements cohérents les unes par rapport aux autres. (Daccord *et al.*, 2017) (De Witte *et al.*, 1995)



Figure 2. Développement du fruit (OCDE,2016)

2.3. La maturation du fruit

Le mûrissement de la pomme implique des changements de couleur, de texture, de saveur et d'arôme à mesure que le fruit arrive à maturité. Le processus de mûrissement est influencé par la production de gaz éthylène, qui déclenche divers processus physiologiques et biochimiques conduisant à l'adoucissement et à l'édulcoration du fruit. Différents cultivars de pommes ont des temps de mûrissement et des capacités de conservation variables, ce qui

Chapitre 01

influence leur commercialisation et les préférences des consommateurs. (**Koutinas et al.,2010**) (**Kotoda et al.,2000**).

2.4. Importance de la maturation :

La maturation des fruits comme la pomme est essentielle pour développer leurs caractéristiques organoleptiques telles que les arômes, la couleur et la jutosité.

La connaissance de la maturation des pommes est cruciale pour déterminer le moment optimal de récolte en fonction de l'utilisation prévue des fruits, que ce soit pour une consommation immédiate ou pour une conservation à plus long terme. (**Piard et al., 2014**).

3. Les variétés de pomme

Les variétés de pommes sont nombreuses et diverses, offrant une gamme de saveurs, textures et utilisations variées.

3.1. Elstar:

- Croquante, juteuse, sucrée et acidulée.
- Idéale à croquer, en salade, en compote, ou pour les tartes.
- Résiste bien au froid, mais sensible aux maladies et parasites.
- Se conserve jusqu'en mars. (**Schouten et al.,1998**)

3.2. Reinette grise du Canada

- Parfaite pour les pommes au four.
- Variété ancienne, originaire d'Angleterre.
- Aussi connue sous le nom de Golden Russet.(**Guerra et al.,2010**)

3.3. Akane :

- Croquante, juteuse, sucrée avec une pointe d'acidité.
- Peau carmin striée de rouge.

Chapitre 01

- Fruits matures en août/septembre (**Kim & Lee., 2007**)

3.4. Antonovka

- Appelée "pomme du peuple" en Russie.
- Grosses, vertes, juteuses, acides et croquantes.
- Résistante aux maladies (tavelure).
- Peut être reproduite à partir de pépins. (**Pikunova et al., 2014**)

3.5. Astrakan rouge

- Précoce, peu vigoureux, extrêmement fertile.
- Fruits de belle taille, peau jaune marbrée de rouge.
- Juteuses, sucrées, acidulées et parfumées. (**Stankovic,1938**)

3.6. Gravenstein

- Montagnarde rustique, précoce, locale.
- Sucrée, parfumée, de bonne qualité. (**Aaby et al.,2002**)

3.7. Cox orange

- Petite pomme réputée en Angleterre.
- Rouges orangées, juteuses, parfumées, légèrement acidulées.
- Se consomment d'octobre à décembre. (**Atkinson et al.,1998**)

3.8. Dries:

- Grosse pomme sanguine à chair rose fushia, savoureuse.
- Mûre fin septembre, se conserve plusieurs mois. (**Segura-Ponce et al.,2019**)

4. Position systématique

Chapitre 01

Le pommier est actuellement classé dans le genre *Malus* qui selon Chevreau et Morisot (1985) est bien distinct du genre *Pyrus*.

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

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

La classification phyllogenetique selon **Cronquist (1981)** est la suivante :

- ✓ **Règne** : Plantae
- ✓ **Sous règne** : Tracheobionta
- ✓ **Division** : Magnoliopsida
- ✓ **Sous classe** : Rosidae
- ✓ **Ordre** : Rosales

Chapitre 01

- ✓ **Famille :** Rosaceae
- ✓ **Sous famille :** Maloideae
- ✓ **Genre :** *Malus*
- ✓ **Espèce :** *Malus pumila*

5. Répartition géographique

5.1. Dans le monde

Le pommier est la quatrième espèce fruitière la plus cultivée au monde, après les agrumes, les vignes et les bananes. Les principaux pays producteurs de pommes à travers le monde en 2021 sont présentés dans cette statistique. On peut constater que les États-Unis étaient arrivés en deuxième position cette année avec une production de pommes d'environ 4,4 millions de tonnes métriques, contre dix fois plus que la Chine en 2021 (**Statistique,2023**).

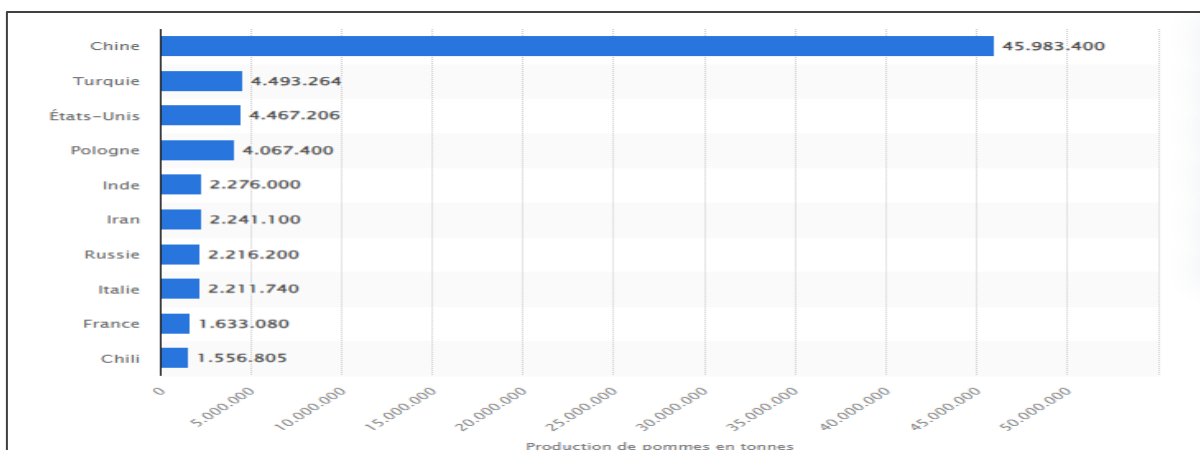


Figure 3. Volume de production de pommes des principaux pays producteurs dans le monde en 2021 (**Statistique,2023**)

5.2. En Algérie

Au fil des années, la distribution géographique des pommiers en Algérie a connu une augmentation notable. Depuis l'indépendance, la culture du pommier a dominé en Algérie, ce qui a conduit à des efforts importants pour diminuer l'importation de ce fruit en améliorant la gestion des vergers, en augmentant la production et en obtenant des rendements plus élevés (**Soltani & Yilmazer, 1998**).

Chapitre 01

La production de pommes est principalement destinée au marché local. Les rosacées sont principalement cultivées de manière extensive et intensive dans le nord de l'Algérie, en particulier à l'est dans les wilayas de Khenchela, Batna, Skikda et Sétif (MADR, 2020).

Tableau 1. Evolution de la production des pommes en Algérie, pour la période 2010-2019 (MADR, 2020)

Superficie (ha)		Production (qx)		Rendement (qx/ha)
Année				
	Complantées	En rapport		
2010	52 419	39 852	3786367	95,01
2011	51 080	40 978	4 041 050	98,61
2012	48 828	40 858	3 975 290	97,29
2013	48 064	41 030	4 559 372	111,12
2014	46 830	40 418	4 628 150	114,50
2015	47360	41 011	4 514 717	110,08
2016	46070	40 312	5 008547	124,24
2017	44620	39115	4 942388	126,35
2018	39031	33 653	4 878081	144,95
2019	38842	32989	5588297	169,38

5.3. Dans la région de Khenchela

La région de Khenchela est l'un des principaux centres de production de pommes en Algérie, avec des vergers répartis dans plusieurs zones de la wilaya telles que Bouhmama, Kais, Checher, El-Hamma et Babar. Depuis le lancement du Programme National de Développement Agricole (PNDA), la superficie des vergers de pommiers dans la région a considérablement augmenté, représentant désormais plus de 50 % de la valeur totale de la

Chapitre 01

production agricole, dont 25 % de la production nationale de pommes. Cette culture occupe actuellement 13 705 hectares dans la wilaya. Selon le directeur des services agricoles (DSA), la production de pommes dans la région devrait atteindre 1,6 million de quintaux pour la saison agricole en cours (2022-2023) (D.S.A,2023).

La variété Golden Delicious représente 62 % de la production, la Top Red, 17 %, la Royal Gala, 16 %, et la Starkrimson, 5 %, de la production pomicole dans la wilaya.

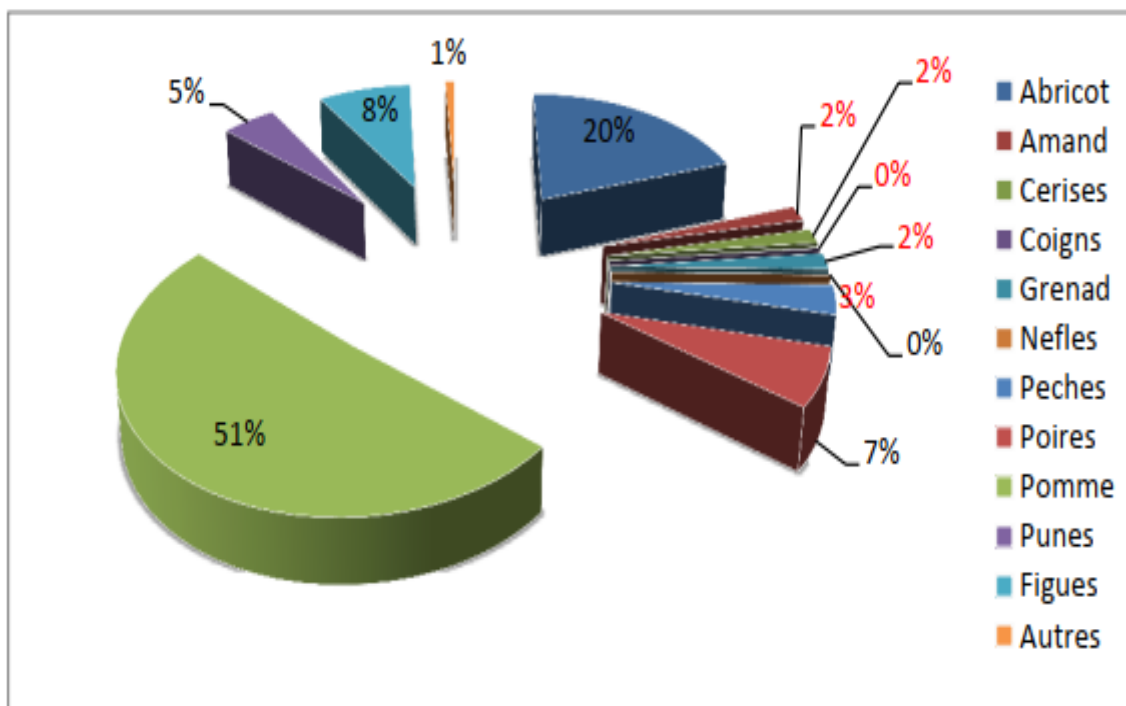


Figure 4. La zone utilisée pour L'arboriculture dans la wilaya de Khenchela

6.Composition biochimique de la pomme

6.1. Les sucres

La teneur en sucre des pommes peut varier en fonction de divers facteurs tels que le cultivar, le stade de maturité, les conditions de croissance et de stockage Les sucres présents dans la pomme varient en fonction de la variété et de la maturité du fruit. En général, pour 100g de pomme crue, on trouve environ 6,9 à 14 g de sucres. Ces sucres naturels, principalement du fructose, contribuent à la saveur sucrée de la pomme tout en lui apportant une source d'énergie naturelle (Travres *et al.*,2000) (Thilakarathna *et al.*,2013) (Agnès,2019).

6.2. Les protéines

Chapitre 01

La teneur en protéine d'un fruit n'est certes pas des plus élevées, mais elle est tout aussi importante en consommation régulière. En effet, une portion de 100 g de pommes procure jusque dans les 0,25 à 0,4 g de protéines. (Wojdyło *et al.*,2008) (HSPH,2022)

6.3. Les lipides

La pomme est un fruit très faible en lipides. En effet, la pomme contient généralement une quantité négligeable de lipides, avec une teneur en matières grasses de 0.2g pour 100g de pomme crue. Ainsi, les lipides ne sont pas une composante significative de la composition biochimique de la pomme, qui est principalement composée de glucides, sucres, fibres, vitamines et minéraux, avec des quantités très faibles voire nulles de protéines et de lipides. (Sante journal,2023) (Noovoiinfo,2021)

6.4. Les éléments minéraux

Les éléments minéraux présents dans la pomme sont variés et comprennent notamment du magnésium, des calcium et autres élément suivante

Tableau 2. Composition minérale de la pomme (pour 100 g de matière sèche, portion comestible) (OECD,2013)

Minerals	Unit	USDA Database 2015	German Nutrient Database 2014	Danish Food Compo. Database 2019 ¹	Public Health England 2015	Swiss Food Compo. Database 2015	China Food Compo. Database 2009
Calcium, Ca	mg	42	28.44	27.4	36.23	33.33	28.37
Iron, Fe	mg	0.83	1.41	0.80	0.65	1.33	4.26
Magnesium, Mg	mg	35	28.44	29.7	28.98	26.66	28.37
Phosphorus, P	mg	76	62.57	63.0	57.97	59.99	85.11
Potassium, K	mg	742	676.91	781.5	724.60	799.92	843.96
Sodium, Na	mg	7	5.69	4.0	7.25	26.66	11.35
Zinc, Zn	mg	0.28	0.22	0.16	trace	0.67	1.35
Copper, Cu	mg	0.187	0.30	0.21	0.22		0.43
Manganese, Mn	mg	0.243	0.24	0.40	0.29		0.21
Selenium, Se	µg				trace		0.85
Fluoride, F	µg	22.9	51.19				
Iodide, I	µg		4.55	0.65	28.98	5.33	

Note: ¹ Mean values based on dry matter were calculated from a fresh weight basis (wet weight) using the mean moisture level reported from each source.

6.5. Les vitamines

La pomme contient de nombreuses vitamines du groupe B (entre 0,007 et 0,3 mg en moyenne pour 100 g de pomme selon les vitamines), la vitamine E (0,49 mg), la provitamine

Chapitre 01

A (0,045 mg) et surtout la vitamine C (12 mg) principalement présente dans la peau du fruit (Holgate *et al.*, 2012).

6.6. Les fibres

Les fibres alimentaires présentes dans la pomme contribuent à sa valeur nutritionnelle. Pour 100g de pomme crue, on trouve généralement environ 2,4 à 2,6 g de fibres. Ces fibres alimentaires sont essentielles pour la santé digestive, le contrôle du poids et la régulation du taux de sucre dans le sang. (Colin-Henrion, 2008) (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2003)

6.7. Les composés phénoliques

Plus de 60 composés phénoliques différents sont présents dans la pomme (Duchêne-Massias, 2015). Selon Kahle *et al.* (2005) et Colin-Henrion (2008), les quatre groupes phénoliques les plus importants sont les hydroxycinnamiques (avec l'acide chlorogénique le plus présent), les dérivés dihydrochalcones (notamment la phloridzine), les flavan-3-ols (catéchine comme monomère ou procyanidines comme oligomères) et les flavonols (quercétine et quercétine glycosides).

7. Composition biochimique de la partie non comestible "pépin" de pomme

La composition biochimique des pépins de pomme varie, mais en général, ils sont riches en nutriments et contiennent une variété de composés bénéfiques pour la santé. Voici un aperçu de leur composition biochimique :

Lipides: Les pépins de pomme contiennent des lipides, principalement sous forme d'acides gras insaturés. Ces acides gras peuvent inclure l'acide linoléique et l'acide alpha-linolénique, qui sont des acides gras essentiels importants pour la santé (Esteve *et al.*, 2014).

Protéines: Les pépins de pomme contiennent également des protéines, bien que leur teneur soit généralement modeste. Les protéines présentes peuvent fournir des acides aminés essentiels nécessaires à divers processus biologiques dans le corps (Fernandes *et al.*, 2012).

Fibres: Les pépins de pomme sont une excellente source de fibres alimentaires, principalement sous forme de cellulose et de pectine. Ces fibres peuvent contribuer à la santé

Chapitre 01

digestive en favorisant le transit intestinal et en soutenant la croissance de bactéries bénéfiques dans le côlon. (**Kaume & Howard., 2010**).

Minéraux: Les pépins de pomme contiennent une gamme de minéraux essentiels, notamment le potassium, le calcium, le magnésium et le fer. Ces minéraux jouent un rôle important dans divers processus biologiques, tels que la régulation de la pression artérielle, la santé osseuse et la formation des globules rouges (**Lee *et al.*,2011**).

Composés phytochimiques: Les pépins de pomme sont riches en composés phytochimiques bénéfiques, tels que les flavonoïdes, les polyphénols et les composés phénoliques. Ces composés ont des propriétés antioxy (**Valenta & Ferruzzi., 2013**).

Partie pratique

Matériel et méthodes

Objectif et contexte de l'étude

L'objectif de ce travail, porte sur les caractéristiques bio-physicochimiques de la variété de pomme Golden délicious la plus cultivée dans la wilaya de Khenchela.

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet du développement au soleil ou à l'ombre sur les paramètres de fruit suivant : pH, cendres, H%, MO, K⁺, Na⁺⁺, Ca⁺⁺, CE, MS, flavonoides, polyphénols, lipides, protéines, sucres totaux et l'acidité titrable; dont la réalisation de tout ces paramètres est effectuée au niveau du campus des laboratoires pédagogiques de l'université de Khenchela.

1. Matériel utilisés**1.1. Matériel végétal**

Le fruit de la variété de pomme retenue dans cette étude est le Golden délicious qui est très répandue dans la wilaya de Khenchela surtout dans la région de Bouhmama. Elle est prévenue des chambres froides de la récolte de 2023.



Figure 5. Golden délicious.

1.1.1. La préparation des échantillons

Les échantillons ont été préparés comme suit :

- lavez bien les pommes utilisées 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 6. Préparation des échantillons et des extraits (photo originale)

1.2. Matériel de laboratoire

Les utiles	Les Réactifs et produits chimique	Les appareils
Verre de montre	L'eau distillée	Balance de précision
Birchers	Hydroxyde de sodium (NaOH)	Balance analytique
Fiole100ml	Quercitrine	Ph mètre
Mortier	Chlorure d'aluminium (CH_3OH_2)	Etuve
Ballons..... 250 ml	Acide galique	Dessiccateur
Pipette	Carbonate de sodium Na_2CO_3	Bain marie
Micro-pépète	Méthanol (CH_3OH)	Bain de glace
Papier filtre	Sulfate de cuivre	Spectrophotomètre
Burette De 50ml Et Support	Tartrate de Na et K	Soxhlet
Eprouvette de 100 ml	Phénolphalatine	Four à moufle
Tubes a essai	Acide chlorhydrique	Agitateur
Cartouch en papier filtre	Folin ciocalteu	
Capsules	Ether de pétrole	
Spatule en porcelain	Ethanol	



Figure 7. Quelques outils utilisés au laboratoire



Figure 8. Quelques produits chimiques utilisés au laboratoire



Figure 9. les appareils utilisés au laboratoire

2. Les paramètres Bio-physicochimiques mesurés

2.1. Détermination de la teneur en eau

2.1.1 Principe

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

2.1.2. Mode opératoire

- Sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à 103°C.
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur.
- Peser dans chaque capsules 1g d'échantillon ; et les placer dans l'étuve réglée à 103°C pendant 3 heures

- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur, et après refroidissement, les peser l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 minutes).

2..1.3. Expression des résultats :

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H \% = \frac{(M1-M2)}{P} \cdot 100$$

Soit :

- H % : humidité
- M₁ : masse de la capsule + matière fraîche avant étuvage.
- M₂ : masse de l'ensemble après étuvage.
- P : masse de la prise d'essai.

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



Figure 10. Le séchage de l'échantillon (photo originale)

3. Détermination du pH

3.1 Principe

Détermination en unités pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de la pulpe de pomme broyée.

3.3 Mode opératoire :

- Couper des petits morceaux de l'échantillon, éliminer les noyaux

- Placer le produit dans un bécher et ajouter au moins deux ou trois fois son volume d'eau distillée
- Chauffer au bain-marie pendant 30 min en remuant de temps en temps avec une baguette de verre
- Broyer ensuite le mélange obtenu dans un mortier et procéder à la détermination en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.



Figure 11. Les étapes de la détermination de pH (photo originale)

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

4.1 Principe

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine comme indicateur.

4.2 Mode opératoire

- Peser à 0.01g près au moins 25g de l'échantillon à analyser.
- Placer l'échantillon dans une fiole conique avec 50ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.
- Adapter un réfrigérant à reflux à la fiole conique puis chauffer le contenu au bain-marie pendant 30mn ;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie, bien mélanger puis filtrer ;
- Prélaver à la pipette 25 ml du filtrat et les verser dans un bécher

- Ajouter 0.25 à 0.5 ml de phénolphthaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

4.3 Expression des résultats :

L'acidité titrable est exprimée en grammes d'acide citrique pour 100g de produit :

$$A \% = \frac{(250 \cdot V_1 \cdot 100)}{(V_0 \cdot M \cdot 10)} \cdot 0.007$$

Soit :

- M : La masse ; en grammes de produit prélevé.
- V_0 : Le volume en millilitres de la prise d'essai
- V_1 : 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'acidité citrique.

5. Détermination de la teneur en lipides

Principe :

Les corps gras sont les substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil Soxhlet.

Mode opératoire :

Sécher le ballon de 500 ml à l'étuve à 105°C pendant une heure ;

- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 mn ;
- Peser le ballon à la précision de 0.001 g .
- Broyer 25 g d'échantillon dans un mortier
- Peser 20 g environ de broyat
- Introduire le broyat dans la cartouche en papier filtre,
- Placer la cartouche avec la prise d'essai à l'intérieur de l'appareil Soxhlet ;
- Verser 200 ml de l'éther de pétrole dans le ballon pendant 4 heures (20 siphonages par heure) jusqu'à épuisement de la matière grasse ;
- Après, éliminer le solvant du ballon par distillation ;
- Sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70-80°C.

- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 mn.
- Peser le ballon avec l'huile de précision de 0.001g
- Répéter l'opération de séchage jusqu'à l'obtention d'un poids constant du ballon.

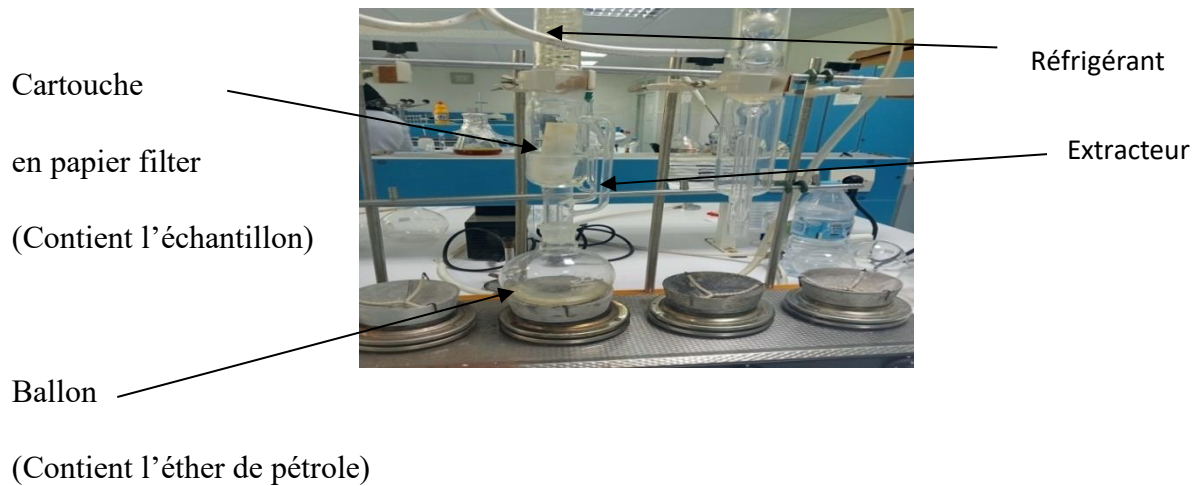


Figure 12.Appareil Soxhlet

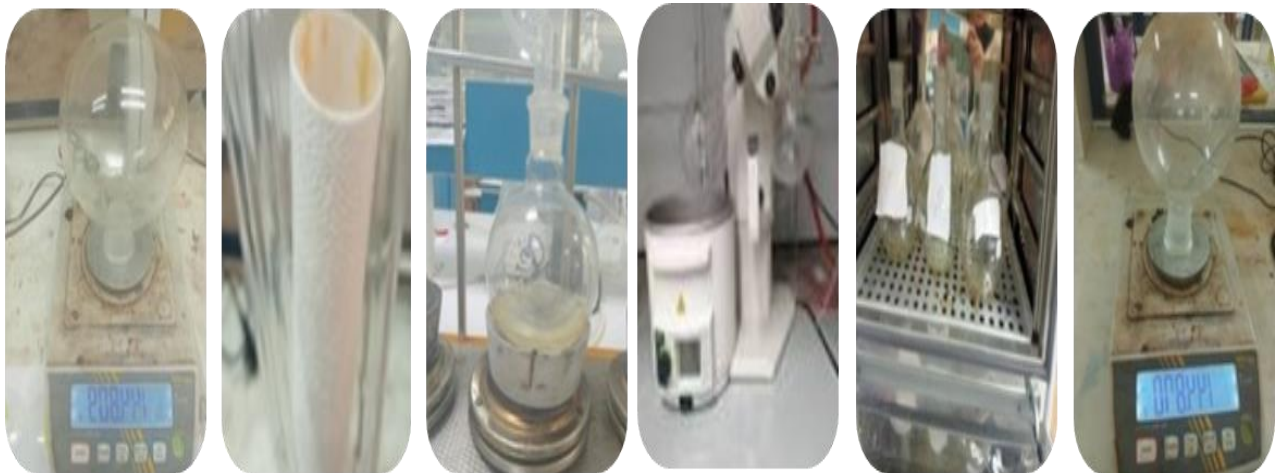


Figure 13. Les étapes de la détermination de la teneur en lipides (photo originale)

Expression des résultats :

La teneur en matière grasse est déterminée selon la formule suivante :

$$MG \% = \frac{(P_2 - p_1)}{p_3} \cdot 100$$

Soit :

- 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).

6. Détermination de la teneur en cendres

Principe :

La pulpe de pomme est calcinée à 550°C dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant.

Mode opératoire :

Dans des capsules en porcelaine ; peser 25g d'échantillon broyé

Placer les capsules dans un four réglé à 550 °C durant 5 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise : claire ou blanchâtre

Retirer les capsules du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur ; puis les peser

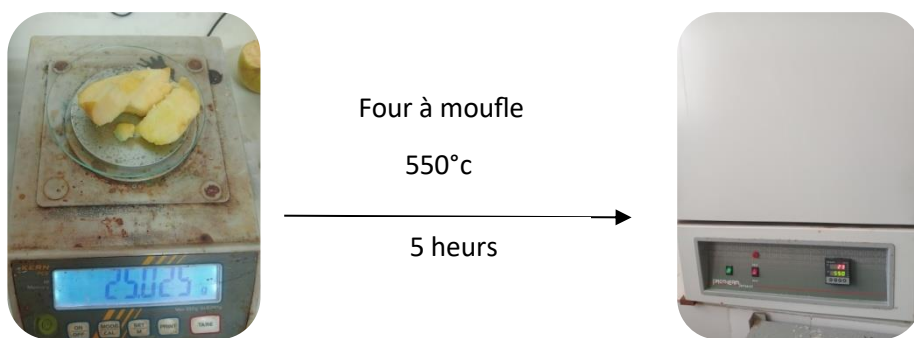


Figure 14. Les étapes de la détermination de la teneur en cendre

Expression des résultats

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.
- M_1 : Masse de la capsule+ prise d'essai.
- M_2 : Masse de la capsule + cendres.
- P : Masse de la prise d'essai

La teneur en cendre (Cd) est calculée comme suit : $Cd = 100 - MO \%$

7. Détermination de la teneur en éléments minéraux

Les éléments minéraux sont dosés par Spectrophotométrie d'absorption Atomique.

Principe :

En absorption atomique la concentration est déduit de la mesure de l'absorption de la lumière par les atomes de l'élément restés à l'état fondamental lorsqu'ils sont éclairés par une source lumineuse convenable (**Franciss et Annick, 1992**) la mesure de l'intensité lumineuse est faite à une longueur d'onde spécifique de l'élément à doser.

Mode opératoire :

- Dissoudre les cendres obtenues dans 1 ml d'acide chlorhydrique, puis ajouter avec précaution 10ml d'eau distillée,
- Chauffer quelques minutes au bain-marie bouillant jusqu'à dissolution complète des cendres ;
- Verser quantitativement la solution dans une fiole jaugée de 100ml , puis compléter à 100ml avec de l'eau distillée ;

A partir de cette solution nous avons effectué le dosage des éléments minéraux suivants :

- Le potassium.
- Le calcium.
- Le sodium

Préparation de l'acide chlor-hydrique : (1ml/10ml)

7. Détermination de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique de l'eau est mesurée par la conductance entre deux électrodes métalliques se surface de 1 cm^2 par 1 cm d'eau (**Rodier,1977**).

Mode opératoire :

- Préparer une solution à 20/100 de matière séchée
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité avec de l'eau distillée

- Agiter la solution à examiner afin que la concentration ionique entre les deux électrodes soit identique à celle du liquide ambiant ; et éliminer les bulles d'air sur l'électrodes ;
- Plonger l'électrode dans un récipient contenant l'échantillon en prenant soin que les électrodes en platine soient complètement immergées.

8. Détermination de la teneur en polyphénols

8.1. Extraction des polyphénols :

Plusieurs solvants organiques peuvent être utilisés pour l'extraction des composés phénolique (Owen et Johns,1999).

Le méthanol pur est l'un des solvants qui donne le meilleur rendement d'extraction (Diallo et al,2004 ; Ribéreau-Gayon,1968).

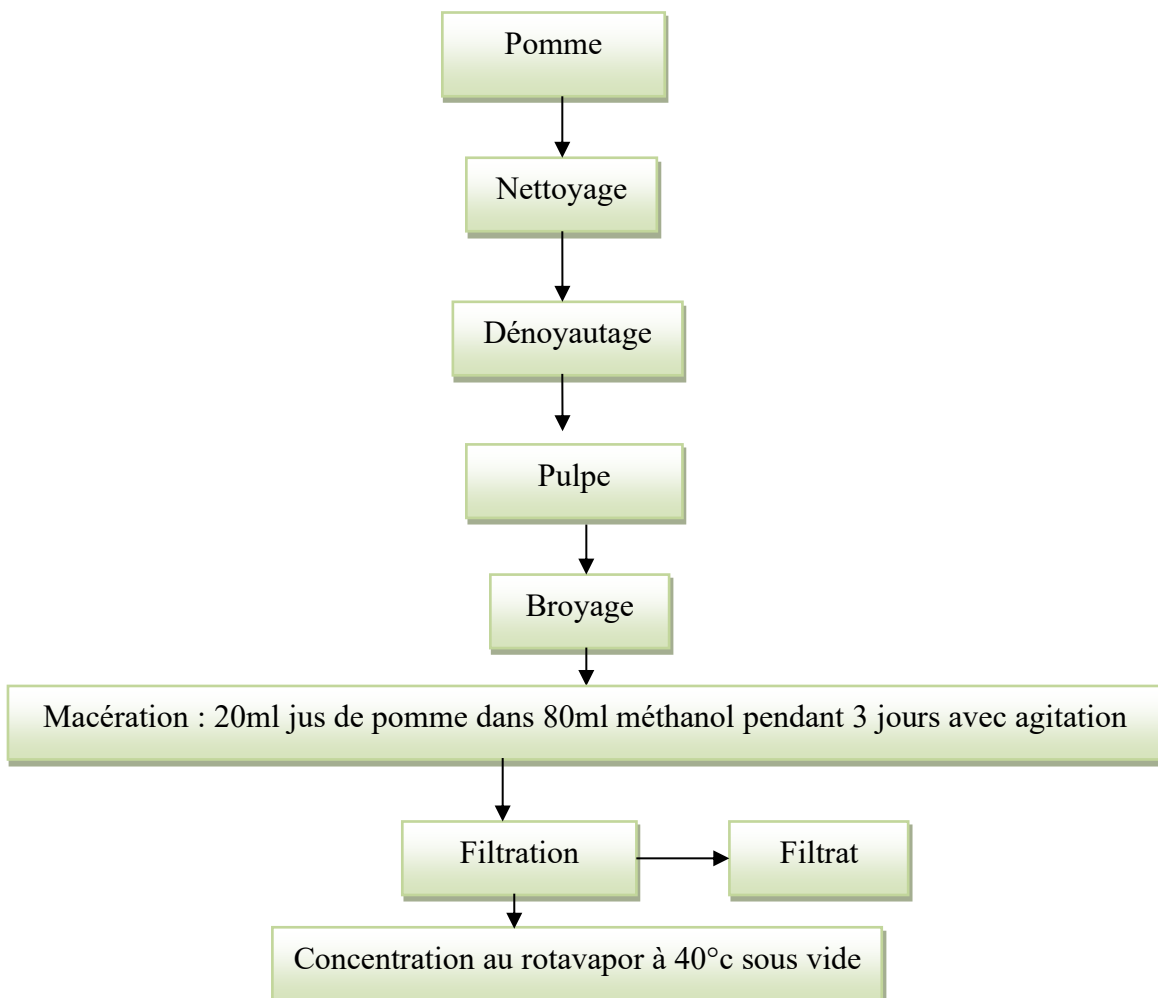


Figure 15. Principales étapes d'extraction des polyphénols (Owen et Johns,1999)

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)

8.2.1. Préparer la gamme d'étalonnage

Peser 2 mg d'acide gallique.

Les dissoudre dans 10ml méthanol 80 % soit une solution (S₁) avec une concentration de 0.2mg/ml

Diluer la solution mère comme suit :

- Prélever 5ml de la solution mère puis ajouter 5ml méthanol 80 % et l'en obtient la dilution S₂.
- Prélever 5 ml de la solution S₂ puis ajouter 5ml méthanol 80 % et l'en obtient la solution S₄.
- Refaire la même procédure pour les autres dilutions.

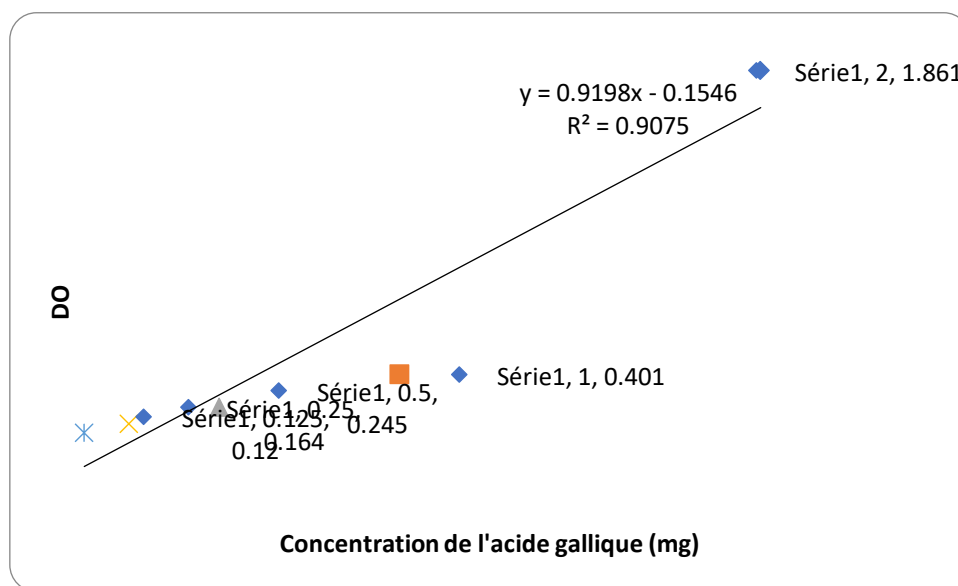


Figure 16. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

8.2.2. Le Dosage

- Prélever 0.5 ml de chaque dilution d'échantillon dans des tubes à essais
- Ajouter 5 ml d'eau distillée dans chaque tube,
- Ajouter 0.5 ml de réactif Folin-ciocalteu's.
- Après 3 mn, ajouter 0.5 ml de carbonate de sodium à 20%.

Laisser incuber pendant une heure à température ambiante et l'abri de la lumière.

La concentration en composés phénolique totaux dans l'extrait de la pomme est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue à l'aide de l'acide gallique comme standard.

Le blanc est préparé en mélangeant 5ml d'eau distillée. A additionnée de 0.5 ml de folin ciocalteu's et 0.5 ml de carbonate de sodium à 20%

Les absorbances sont mesurées à 760 nm après agitation et une heure de repos . la concentration en composés phénoliques totaux est ensuite déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage établie à l'aide de l'acide gallique comme standard.

On utilise :

- 0.5ml de folin-ciocalteu's
- Acide gallique.
- Carbonate de sodium 20% (0.2g/500ml)



Figure 17.Illustration des étapes de dosage proprement dit (photo originale)

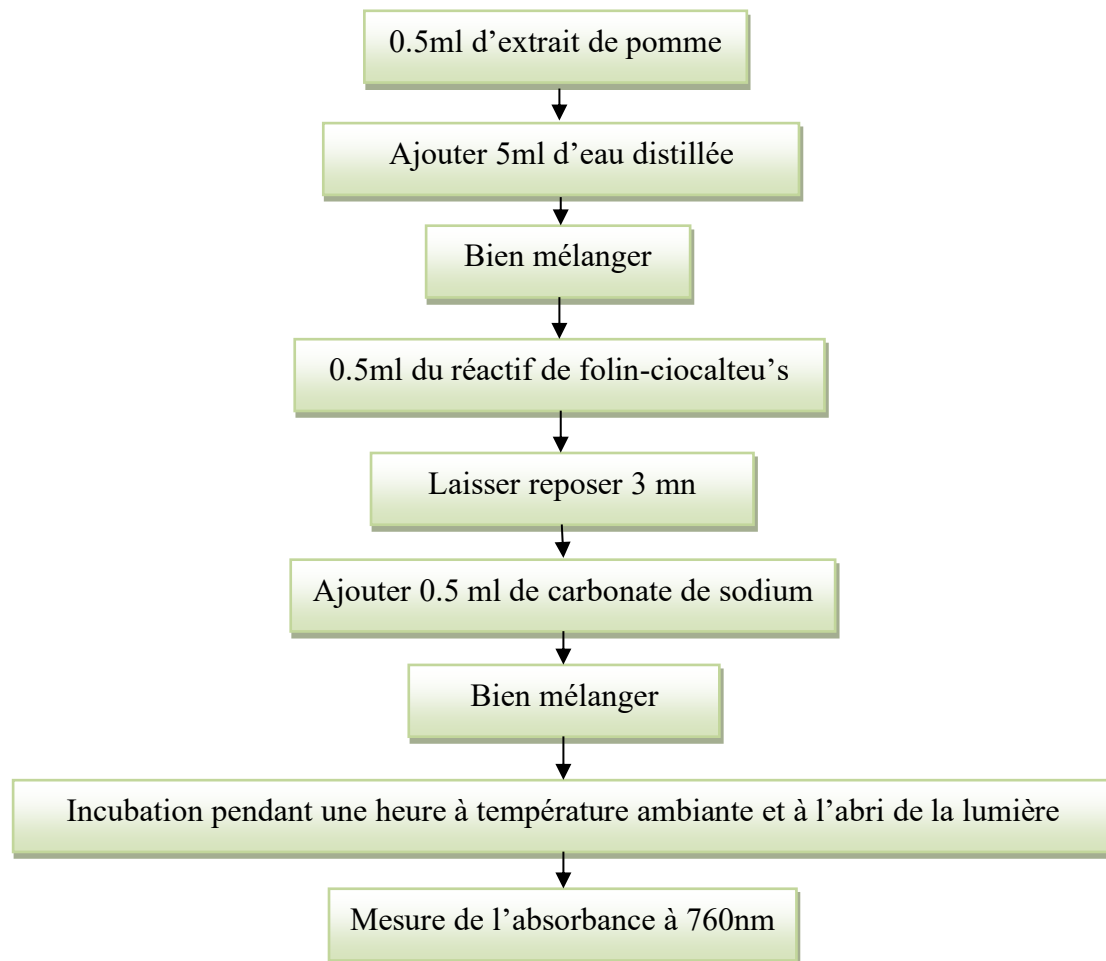


Figure 18. Organigramme représentant le dosage des polyphénols totaux (Juntachote et al, 2006)

8.3. Détermination et Dosage des sucres totaux

La teneur des oses totaux dans les extraits bruts est déterminée par la méthode de (Dubois ,1956)

Principe :

En présence de l'acide sulfurique concentré, les oses sont d'hydratés en composés de la famille de d'rivés sulfurique. Ces produits secondent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangés. L'apparition de ces complexe est suivie par la mesure de la densité optique à 940nm (Ruiz,2005 ; brudieux,2007 ;Lechheb ,2010 ;Brian-Jaisson ,2014).

Mode opératoire :

200 μ l de jus de pomme sont mélangés avec 200 μ l de solution aqueuse phénol à 5%

Le mélange est agité manuellement pendant 2 minutes et 1 ml d'acide sulfurique à 98% est ajouté au milieu réactionnel. Le mélange est porté au bain Marie à 90°C durant 5 min. Les tubes sont refroidis dans un bain de glace, puis placés à l'obscurité pendant 30 min. L'absorbance est par la suite mesurée à 490 nm par un spectrophotomètre UV visible. un gamme étalon est préparée avec des solutions de D-Glucose.

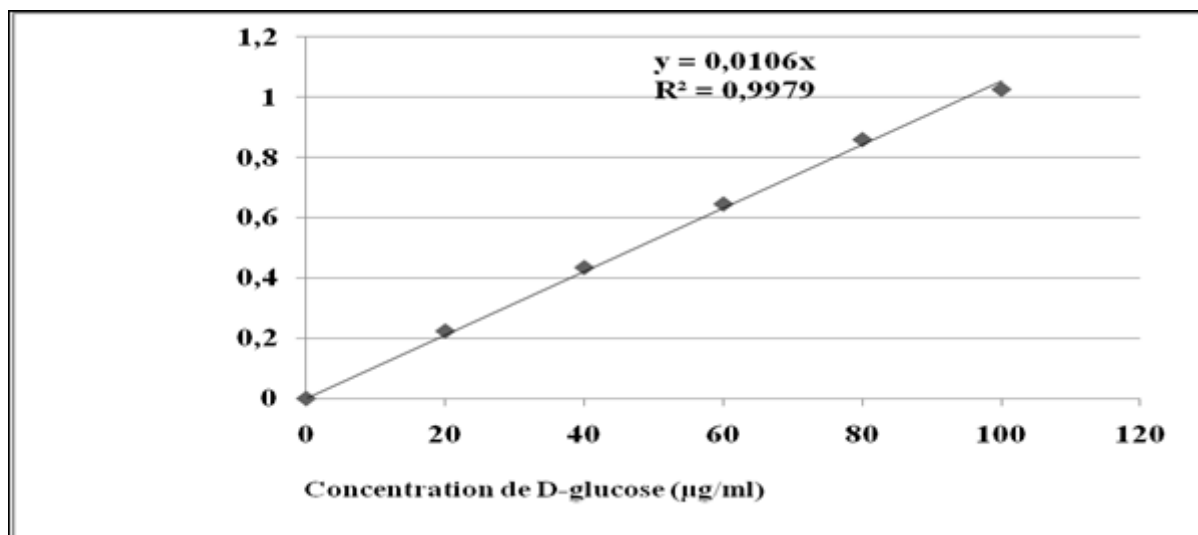


Figure 19. Courbe étalon correspondant aux dosages des sucres totaux

10. Détermination des flavonoïdes

Principe :

La méthode de (Baharun et al. 1996) est utilisée pour estimer la teneur totale en flavonoïdes 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).

Mode opératoire

- Mettre 1 ml d'extrait de pomme dans un tube à essai
- Ajouter 1 ml solution méthanolique de chlorure d'aluminium à 2%.
- Après 10 mn, l'absorbance est lue à 430 nm

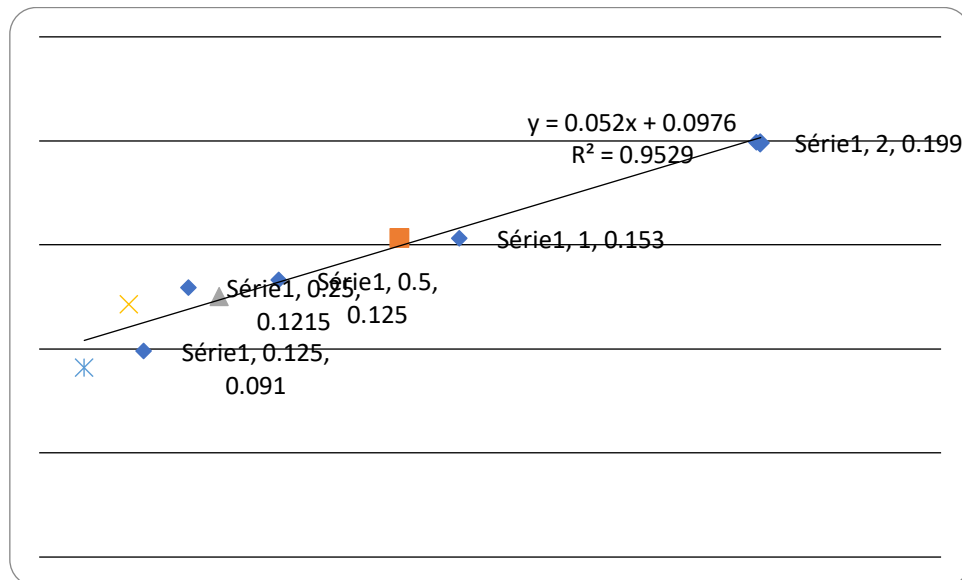


Figure 20. Courbe d'étalonnage de la quercitine.

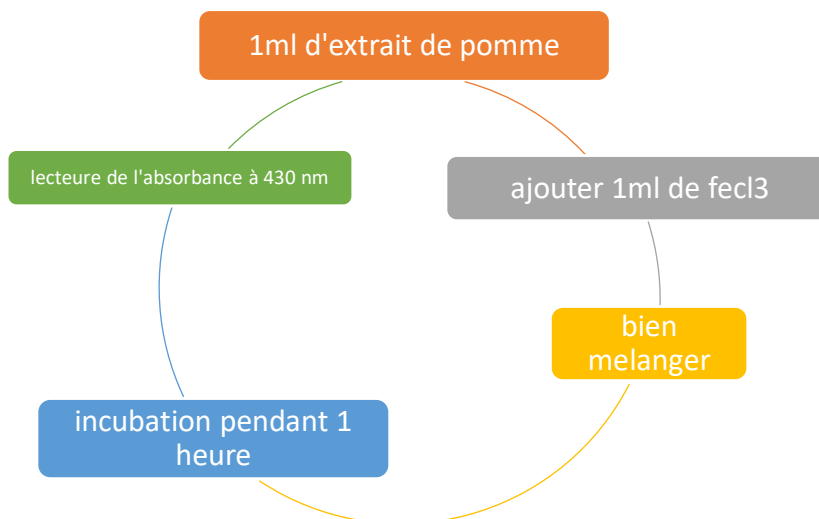


Figure 21. Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes dans l'extrait de dattes (Bahroun et al .1996)

11. Dosage des sucres totaux :

La méthode de Dubois (1956) est utilisée pour déterminer la teneur en oses totaux dans l'extrait bruts

Mode opératoire :

- Couper un morceau de l'échantillon
- Broyé le morceau dans un mortier

- Filtrer le broyat pour obtenir du jus
- Prélever 200 μ l de jus à l'aide d'une pipette; placer dans un tube à essai
- Ajouter 200 μ l de solution aqueuse phénol à 5%, mélanger à la main pendant quelque minute.
- Ajouter 1ml d'acide sulfurique à 98 %
- Placer le tube dans un bain marie à 90°C pendant 5 minutes
- Refroidir le tube dans un bain de glace
- Laisser incuber pendant 30 minutes
- L'absorbance est lue à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible

La solution préparée comme la suit:

Phénol 5%(0.5g/100ml)

Acide sulfurique on utilise 1ml

12.Détermination de la teneur en protéines

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 750 nm (**JENWAY 630UV/VISIBLE**).

Mode opératoire :

Ajouter 5 ml de solution C et mélanger ;

- Laisser reposer pendant 10 minutes à température ambiante
- Ajouter 0.5 ml du réactif de folin-ciocalteu's
- Laisser reposer pendant 30 minutes à l'obscurité
- L'absorbance à 750 nm avec un spectrophotomètre par rapport à un blanc

Préparer les solutions utilisées comme la suit :

Solution alcaline A :

- Soude 0.1 N (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 A.....50ml
- Solution B.....1ml

***Chapitre : Résultats et
discussion***

1. Analyse de la variance de l'effet du développement au soleil ou à l'ombre sur les paramètres de fruit

Tableau 3 . Carrés moyennes de l'analyse de la variance de l'effet du développement au soleil ou à l'ombre sur les paramètres de fruit

Source de variation	ddl	pH	MO	Lipides	H%	K+	Cendres	Ca+
effet								
Traitement	1	0.081*	0.058ns	1.2604ns	0.240 ns	13160.16 ***	0.062*	13.5 0*
Erreur	4	0.00791	0.0978	5.6008	2.105	1.666	0.00483	1.00
Total corrigé	5	0.113	0.4493	1.085	8.660	13166.83	0.08135	17.5 0
Pr > F		0.0325	0.4842	0.3418	0.752 6	<.0001	0.0231	0.02 13
Na++	Protéine	Sucres	Flavonoïdes	Polyphénols	MS	CE	Acidité	
793.50*	0.1885	0.4009*	0.393***	0.1696**	0.540 ns	77976.0*	0.00201	
**	ns	**	0.00097	*	2.245	**	ns	
1.00	0.0438	0.00472		0.000044	0	2.50	0.00031	
797.50	0.3638	0.4198	0.3976	0.1698	9.520	77986.0	0.00328	
<.0001	0.1067	0.0008	<.0001	<.0001	0.649 5	<.0001	0.0651	

*** : effet très hautement significatif à 5%

Les résultats de l'analyse de la variance sont présentés dans le tableau. D'après les résultats de l'ANOVA à un facteur de l'effet de développement sur les paramètres physicochimiques et biochimiques de la pomme cultivée dans la wilaya de Khenchela, il y a des différences très hautement significatives entre les pommes de la variété Golden délicious qui sont développées à l'ombre par rapport à celles qui sont développées au soleil en ce qui

concernent les paramètres suivants : K^+ , Na^{++} , flavonoïdes, polyphénols, sucres et CE ; et il y a des différences significatives à 5% en ce qui concerne les paramètres de teneur en pH, cendres et Ca^{++} .

Il n'y a pas de différences significatives entre les pommes en ce qui concerne les paramètres : MO, H%, lipides, protéines, MS et l'acidité titrable.

2. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur le pH de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 0.2017) a révélé deux groupes homogènes. Le premier groupe constitue de la variété Golden délicieux développée à l'ombre avec pH égal à 2.63, par contre le deuxième groupe qui est constitué de la même variété mais développée au soleil a enregistré un pH égal à 2.4.

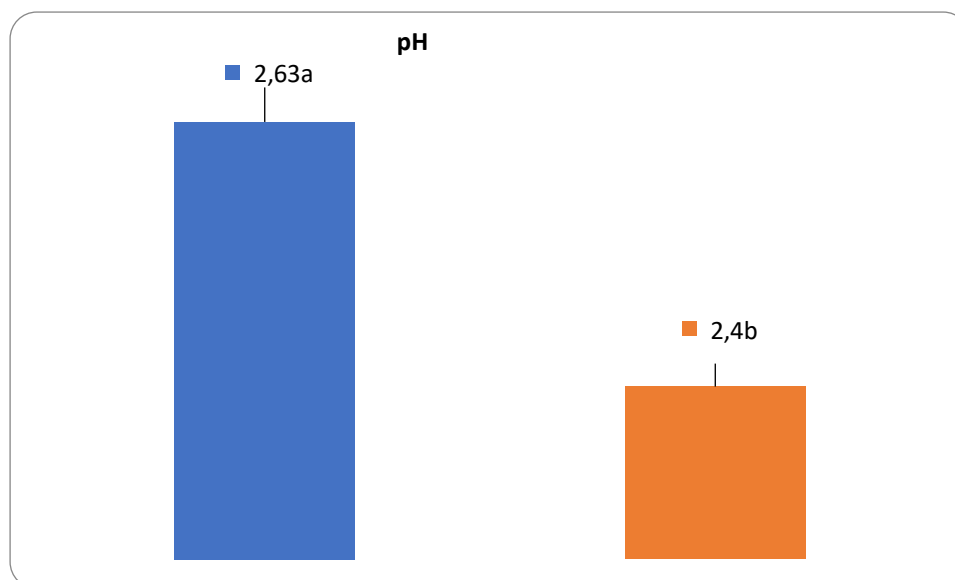


Figure 22. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur le pH de fruit.

3. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en cendres de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 0.1576) a révélé deux groupes homogènes. Le premier groupe constitue de la variété Golden délicieux développée au soleil avec une teneur en cendres de (2.306 ± 0.04) mg, par contre le deuxième groupe qui est constitué de la même variété mais développée à l'ombre a enregistré une teneur égale à (2.103 ± 0.03) mg.

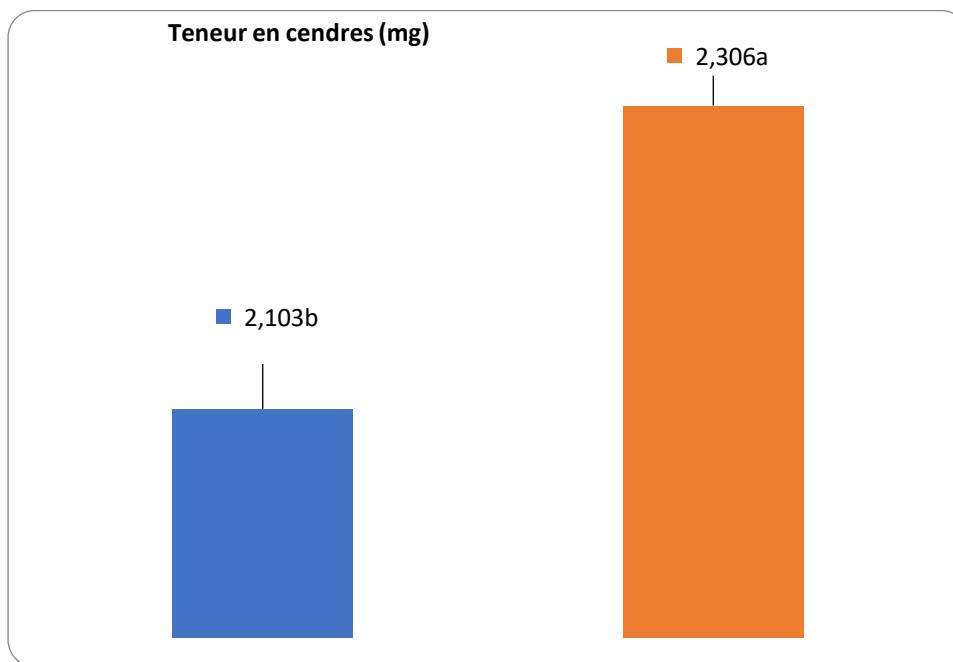


Figure 23. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en cendre de fruit de la pomme Golden délicious.

4. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en MO de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 0.7091) montre qu'il y a un seul groupe qui constitue la pomme développée au soleil et à l'ombre avec des teneurs de 0.9779 et 0.9759 mg respectivement.

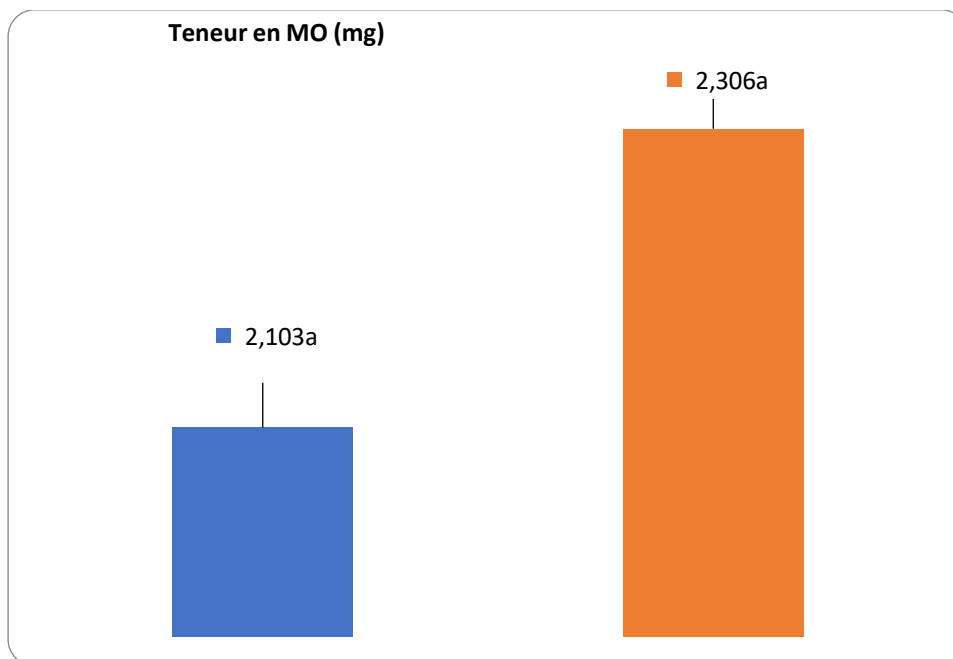


Figure 24. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en MO de fruit de la pomme Golden délicious.

5. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en protéines de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 0.4745) a révélé qu'il n'y a pas de différences entre les groupes. Le seul groupe est constitué de la variété Golden délicious développée au soleil avec une teneur en protéines de (0.3816 ± 0.004) mg et celle développée à l'ombre avec une teneur égale à (0.0270 ± 0.003) mg.

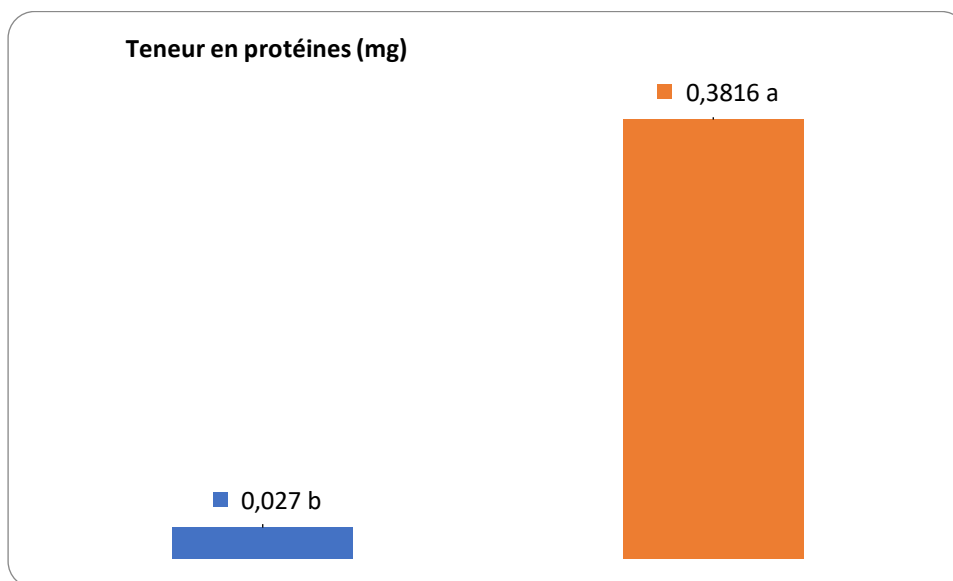


Figure 25. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en protéines de fruit de la pomme Golden délicious.

6. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en éléments minéraux K⁺, Na⁺⁺ et Ca⁺⁺ de la pomme

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDSK⁺= 2.926, PPDS Ca⁺⁺= 2.267 et PPDSNa⁺⁺=2.267) a révélé deux groupes homogènes. Le premier groupe constitue des pommes développées au soleil avec des teneurs en K⁺ (206 ± 4) ppm, Ca⁺⁺ de (7 ± 0.3) et Na⁺⁺ (58 ± 6) ppm, par contre le deuxième groupe est constitué des pommes celle développée à l'ombre avec des teneurs égales à (112.6 ± 3) ppm, (4 ± 0.4) ppm et (36 ± 2) ppm.

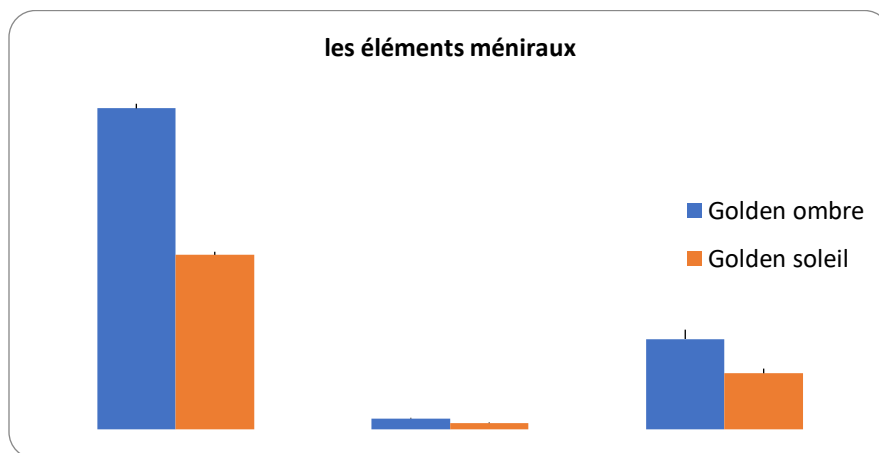


Figure 26. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en éléments minéraux de fruit de la pomme Golden délicious.

7. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en sucres de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 0.1559) a révélé deux groupes homogènes. Le premier groupe constitue de la pomme développée au soleil avec une teneur en sucres de (2.1033 ± 0.1) ppm, par contre le deuxième groupe qui est constitué de celle qui est développée à l'ombre avec une teneur égale à (1.586 ± 0.04) ppm.

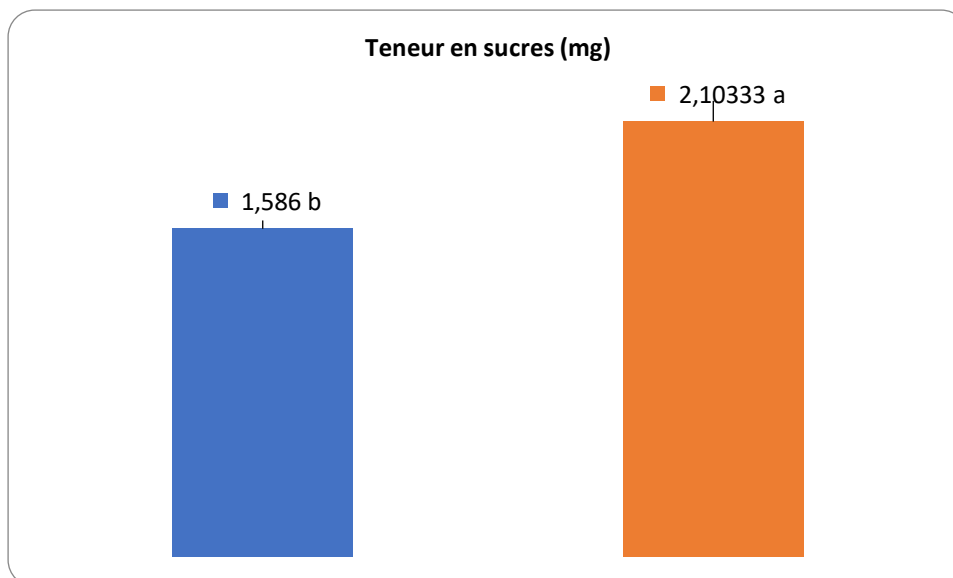


Figure 27. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en sucres de fruit de la pomme Golden délicious.

8. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en polyphénols et flavonoïdes du Golden délicieux

La comparaison des moyennes par la petite différence significative des polyphénols (PPDS=0.0152) et des flavonoïdes (PPDS= 0.071) a révélé deux groupes homogènes. Le premier groupe constitue des pommes développées à l'ombre avec des teneurs en polyphénols les plus élevées égales à (0.94667 ± 0.3) mgEAG et des teneurs moins en flavonoïdes (1.1763 ± 0.06) mgEQ ; par contre le deuxième groupe est constitué des pommes développées au soleil avec des teneurs moins en polyphénols (0.43433 ± 0.04) mgEAG et des teneurs plus élevées en flavonoïdes (0.84 ± 0.005) mgEQ.

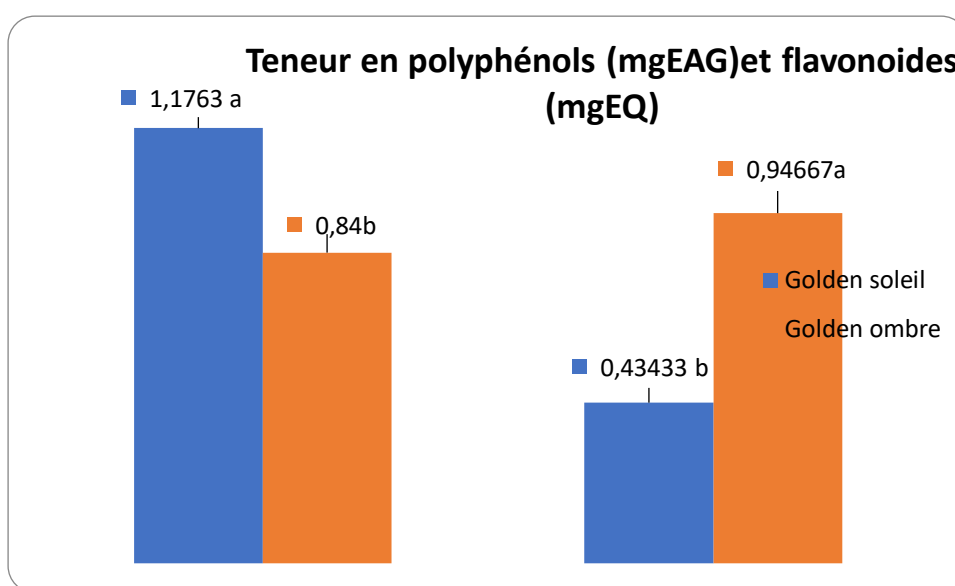


Figure 28. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en polyphénols et flavonoïdes de fruit de la pomme Golden délicieux.

9. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la CE de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 3.5844) a révélé deux groupes homogènes. Le premier groupe constitue de la pomme développée au soleil avec une conductivité égale à (533 ± 11) S/cm, par contre le deuxième groupe qui est constitué de celle qui est développée à l'ombre avec une teneur égale à (305 ± 4) S/cm.

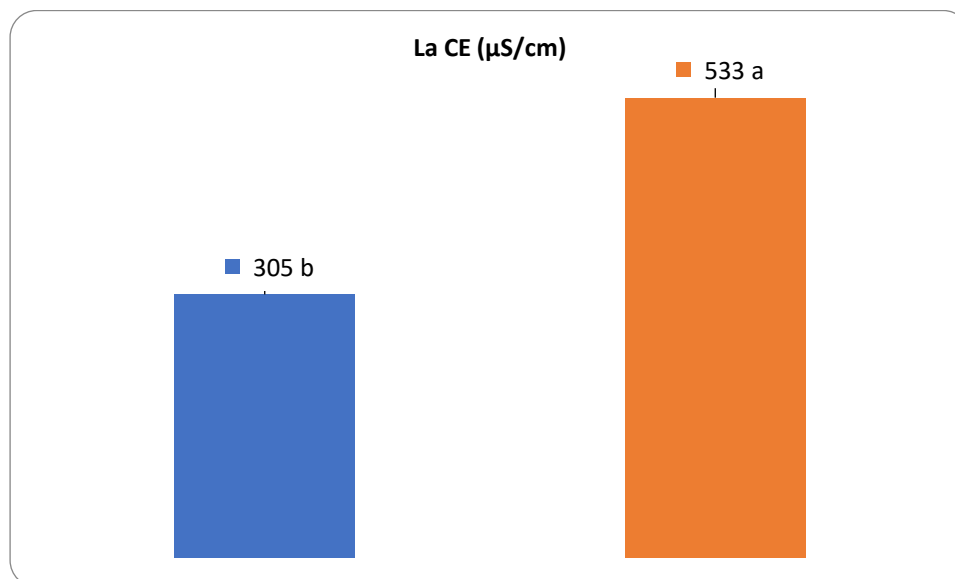


Figure 29. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la CE de fruit de la pomme Golden délicious.

10. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur l'acidité titrable de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 0.0403) a révélé qu'il n'y a pas de différences entre les groupes. La pomme développée au soleil a donné l'acidité titrable égale à (0.22) ///et la pomme développée à l'ombre a enregistré une acidité de (0.1833) ///.

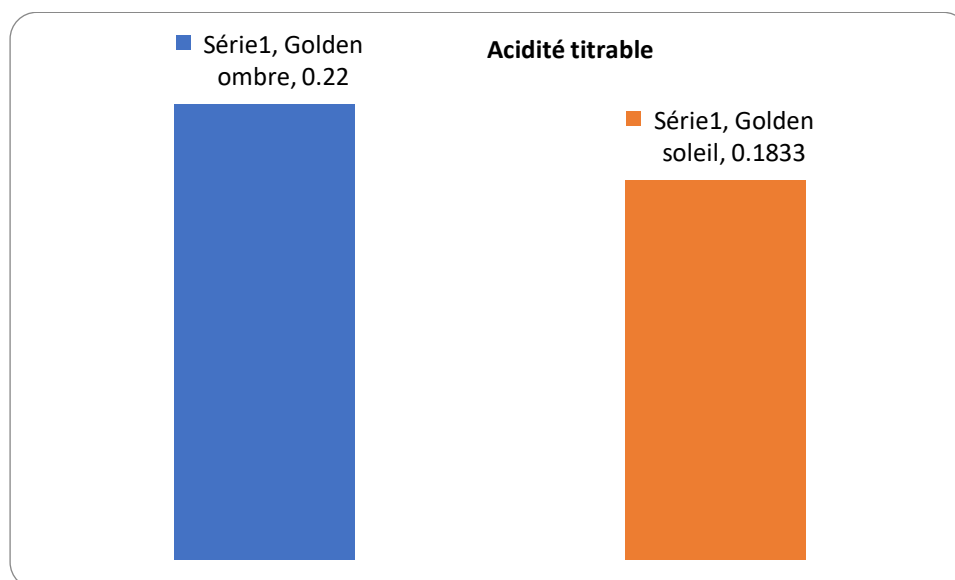


Figure 30 . Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur l'acidité titrable de fruit de la pomme Golden délicious.

11. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en lipides de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative (PPDS= 2.3615) a révélé qu'il n'y a pas de différences entre les groupes en ce qui concerne la teneur en lipides. La pomme développée au soleil a donné une teneur en lipides égale à (1.3) mg et la pomme développée à l'ombre a enregistré une teneur en lipides égale à (0.38)mg.

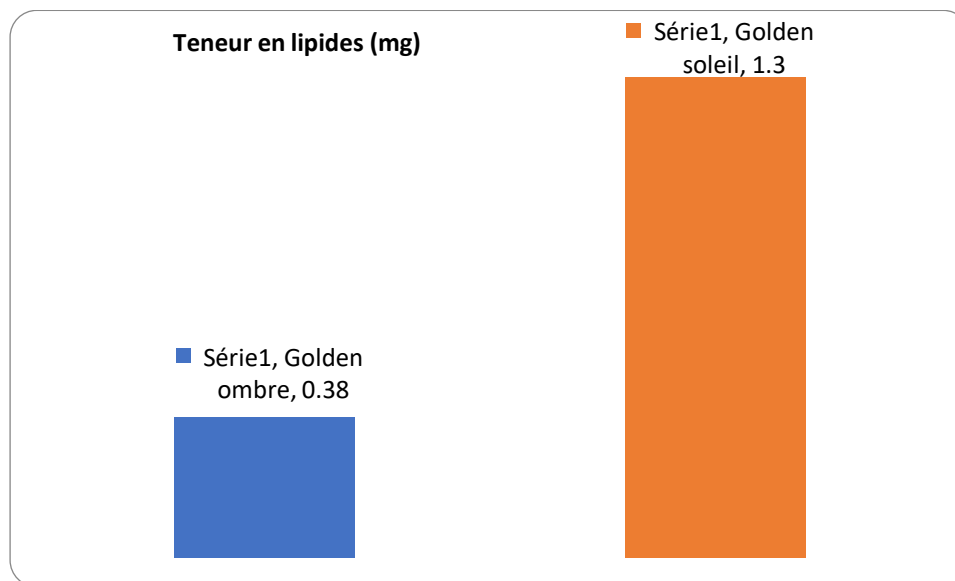


Figure 31. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur en lipides de la pomme Golden délicious.

12. Effet du développement au soleil ou à l'ombre sur la teneur Eau (H%) et en MS de fruit

La comparaison des moyennes par la petite différence significative de la contenance en eau (PPDSMS=3.3967) et de la matière sèche (PPDS H%=3.289) a montré qu'il n'y pas de différences entres le développement à l'ombre et au soleil ; dont la teneur en eau est 81.6 et 82% respectivement et la teneur en MS est 18.6% et 18% respectivement.

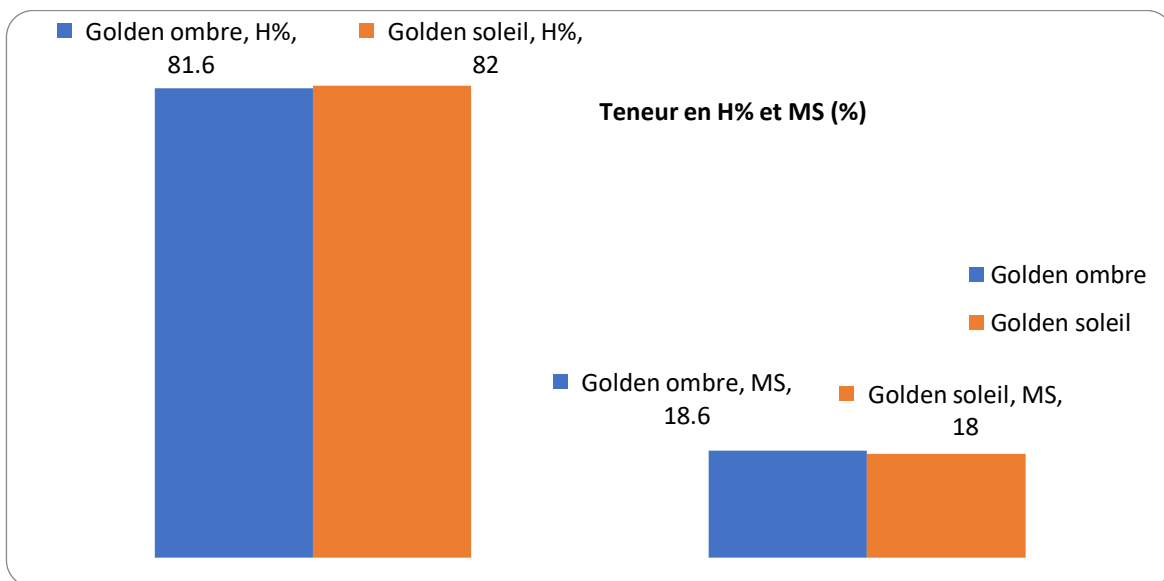


Figure 32. Effet du développement au soleil ou à l’ombre sur la teneur H% et MS% de la pomme Golden délicious

13. Etude des corrélations entre les paramètres mesurés

Tableau 4. Matrice de corrélation entre les paramètres mesurés

	pH	cenbres	MO	K+	Ca++	Na++	protéines	sucres	Flavonoïde	CE	polyphénol	acidité	lipides	eau	MS
pH	1,000	p=0,037	p=0,280	p=0,032	p=0,031	p=0,031	p=0,152	p=0,099	p=0,028	p=0,030	p=0,027	p=0,491	p=0,108	p=0,665	p=0,312
cenbres	-0,838	1,000	p=0,161	p=0,026	p=0,163	p=0,036	p=0,202	p=0,028	p=0,010	p=0,023	p=0,023	p=0,314	p=0,539	p=0,562	p=0,934
MO	-0,530	0,652	1,000	p=0,506	p=0,933	p=0,532	p=0,604	p=0,565	p=0,421	p=0,479	p=0,480	p=0,839	p=0,685	p=0,922	p=0,769
K+	-0,851	0,866	0,343	1,000	p=0,018	p=0,000	p=0,106	p=0,001	p=0,000	p=0,000	p=0,000	p=0,064	p=0,331	p=0,767	p=0,626
Ca++	-0,852	0,650	0,045	0,889	1,000	p=0,014	p=0,143	p=0,056	p=0,030	p=0,020	p=0,018	p=0,165	p=0,145	p=0,806	p=0,204
Na++	-0,852	0,841	0,324	0,999	0,902	1,000	p=0,104	p=0,002	p=0,000	p=0,000	p=0,000	p=0,063	p=0,301	p=0,829	p=0,566
protéines	-0,662	0,607	0,270	0,721	0,672	0,724	1,000	p=0,134	p=0,113	p=0,106	p=0,102	p=0,347	p=0,087	p=0,987	p=0,594
sucres	-0,731	0,860	0,299	0,975	0,801	0,966	0,683	1,000	p=0,001	p=0,001	p=0,001	p=0,027	p=0,548	p=0,479	p=0,915
Flavonoïde	0,860	-0,916	-0,409	-0,994	-0,855	-0,986	-0,711	-0,976	1,000	p=0,000	p=0,000	p=0,087	p=0,375	p=0,690	p=0,729
CE	-0,855	0,874	0,364	1,000	0,881	0,998	0,721	0,975	-0,995	1,000	p=0,000	p=0,069	p=0,333	p=0,766	p=0,639
polyphénol	-0,864	0,872	0,363	1,000	0,889	0,998	0,726	0,970	-0,994	1,000	1,000	p=0,074	p=0,313	p=0,794	p=0,612
acidité	0,354	-0,499	0,108	-0,785	-0,647	-0,788	-0,470	-0,862	0,748	-0,777	-0,768	1,000	p=0,911	p=0,370	p=0,992
lipides	-0,719	0,318	0,213	0,484	0,670	0,510	0,748	0,312	-0,446	0,482	0,499	-0,059	1,000	p=0,174	p=0,058
eau	0,227	0,301	-0,052	0,157	-0,130	0,114	0,008	0,363	-0,210	0,157	0,138	-0,451	-0,637	1,000	p=0,037
MS	0,501	0,044	0,155	-0,255	-0,604	-0,298	-0,278	-0,057	0,183	-0,246	-0,265	-0,006	-0,797	0,838	1,000

L'apport de la corrélation entre les paramètres mesurés aide à comprendre l'effet de variété, développement et leur interaction. On a admis 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 négativement avec presque tous les paramètres mesurés. La teneur en Na++ est fortement et positivement corrélée avec la teneur en sucres, polyphénols et la CE, mais elle est corrélée négativement avec la teneur en flavonoides et l'acidité. La teneur en flavonoides est fortement et négativement corrélée avec la teneur en polyphénols et la CE

Les sucres sont aussi fortement et positivement corrélés avec la teneur en polyphénols et CE et négativement avec la teneur en flavonoides et l'acidité. La teneur en Ca++ est fortement et positivement corrélée avec Na++, sucres, polyphénols, CE et négativement avec la teneur en flavonoides. La teneur en cenbres est corrélée avec la teneur en sucres, polyphénols, CE, Na++, K+ et négativement avec les flavonoides. L'acidité est négativement corrélée avec K+, Ca++, Na++, sucres, polyphénols, CE et positivement avec la teneur en flavonoides.

14. L'analyse en composante principale (ACP)

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 84.98% de la variance totale.

L'axe I exprime 65,97% de la variance totale, l'axe II exprime 19,01% de la variance totale.

Le plan F1 et F2 sont corrélés positivement avec la teneur en lipides, protéines et en Ca⁺⁺, par contre le pH, la teneur en MS et en eau sont corrélés négativement avec les même axes. Les paramètres teneur en cendres, polyphénols, sucres, K⁺, Ca⁺⁺, Na⁺⁺ positivement corrélés avec l'axe F1 et négativement avec l'axe F2. Par contre les flavonoides et l'acidité sont positivement corrélés avec l'axe F2 et négativement avec F1.

Quand on fait la projection des individus sur les traitements on peut détecter 02 groupes. Le premier groupe englobe la plus part des paramètres mesurés : CE, MO, cendres, lipides, sucre, polyphénol, protéines, Na⁺, Ca⁺⁺, K⁺ qui caractérisent le Golden délicieux développé au soleil. Par contre le deuxième groupe qui constitue des pommes développées à l'ombre et qui caractérisées par leur acidité titrable élevée et avec des teneurs élevées en H %, MS et avec le pH.

L'analyse en composante principale aussi a démontré que les pommes du Golden délicieux développées au soleil sont très riches en polyphénols, protéines et lipides par contre les pommes qui ont été développées à l'ombre sont acides et riches avec les flavonoides.

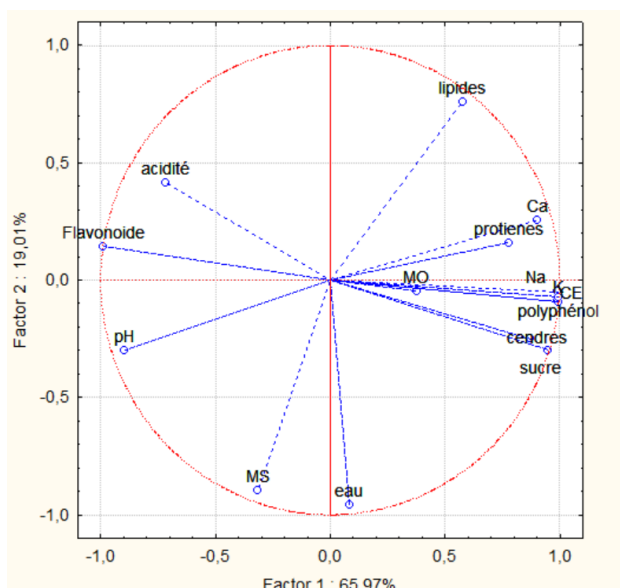


Figure 33. Projection des variables sur le plan factoriel F1-F2

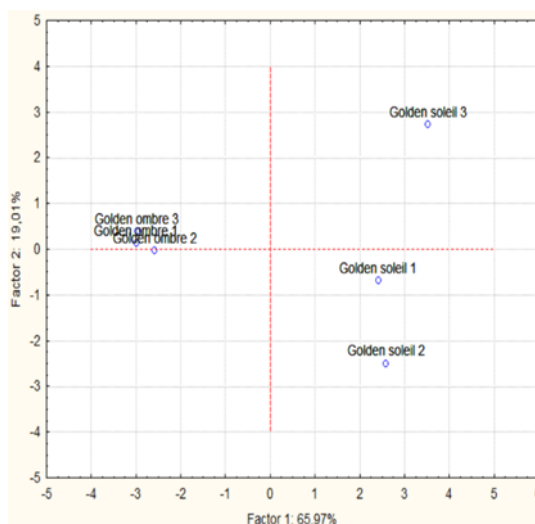


Figure 34. Projection des traitements (individus : arbres) sur le plan factoriel F1-F2

15. Discussion générale

La variabilité des paramètres mesurés des pommes de Golden délicious développées au soleil et à l'ombre peuvent être expliqués comme suit :

Il avait observé que la teneur en amidon des fruits immatures n'est pas corrélée avec la teneur en sucres solubles des fruits mûrs et qu'il existe un approvisionnement continu de la plante en éléments carbonés en fonction des différents cultivars. Ces travaux mentionnent entre 2.5 % à 9 % d'amidon du poids MF.

Il est montré qu'au stade de maturation, plus de la moitié de la teneur en amidon s'est déjà dégradée ce qui augmente le taux des sucres totaux.

Des changements chimiques et structuraux des polysaccharides des parois cellulaires (polysaccharides pectiques, celluloses, hémicelluloses et protéines) vont également accompagner la phase de mûrissement et entraîner le ramollissement de la chair de fruit.

Les acides contenus dans les vacuoles, principalement l'acide citrique et l'acide malique, augmentent pendant la première phase de la croissance des fruits puis diminuent ensuite durant la période de maturation principalement du fait de leur utilisation par la respiration ou de leur conversion en sucres (**Medlicott et Thompson, 1985 ; Jacobi et al., 2000 ; Kader, 2002**). Ce qui augmente le pH et l'acidité du fruit.

Les éléments K^+ , Na^{++} , et Ca^{++} , sont stockés dans les vacuoles des cellules peuvent modifier l'équilibre ionique, ainsi que le pH engendrant une diminution de la concentration en acide malique (**Léchaudel, 2004**).

Kader (2002) mentionne que ce changement de coloration intervient quand le fruit approche de la maturité et pendant le mûrissement à la suite des éléments suivants : - dégradation des chlorophylles et plus particulièrement de la chlorophylle a (**Medlicott et al., 1986**) qui est induite par la modification du pH, des conditions oxydatives et l'action de l'enzyme chlorophyllase, - biosynthèse et/ou révélation des caroténoïdes (jaune et orange) dans les chloroplastes des cellules de la peau et de la chair des mangues, certaines caroténoïdes telles que la cryptoxanthin ou le lycopène peuvent également donner une coloration rouge, - développement des anthocyanes rouge, bleu et violet spécifiques du fruit (essentiellement dans la peau).

La coloration des fruits à la maturité est dépendante du génotype (**Mukherjee, 1997**). Il faut cependant noter que la peau de certains cultivars reste verte avec un léger changement à vert clair ou jaune pendant le mûrissement (**Hulme, 1971**).

Le mûrissement des fruits est décrit comme un phénomène oxydatif qui nécessite l'élimination de radicaux libres tels que le H_2O_2 ou SO_2 - (**Jimenez et al., 2002**). Les antioxydants présents dans la chair des mangues (caroténoïdes, polyphénols dont anthocyanes et vitamines) vont permettre une protection des cellules du fruit par piégeage et l'élimination des radicaux libres (ROS) responsables des dégâts oxydatifs des lipides,

protéines et acides nucléiques (**Bravo, 1998**). Malgré les variations des caroténoïdes et des polyphénols observées pendant le mûrissement des fruits, **Talcott et al. (2005)** constatent que la capacité antioxydante de la mangue demeure constante. A l'inverse, **Kim et al. (2007)** démontrent que pour le cv. Tommy Atkins, le mûrissement des fruits implique une décroissance de la capacité antioxydante totale jusqu'à 45 % entre un fruit vert mature et un fruit mûr.

Les polyphénols sont observés dans les tissus pendant toutes les phases de développement du fruit. Ils accroissent pendant le grossissement du fruit et diminuent pendant le mûrissement (**Selvaraj et Kumar, 1998**). **Kim et al. (2007)** confirment une décroissance de 26 % des polyphénols totaux pendant le mûrissement. Parmi les polyphénols, des anthocyanes peuvent être présents. **Berardini et al. (2005)** mesurent des valeurs d'anthocyanes totales variant de 0.17 mg pour le cv. Haden à 0.50 mg /100 g de MS pour le cv. Kent. Il précise que la peau de la mangue ne contient pas beaucoup d'anthocyanes comparativement à d'autres fruits. Le taux de protéines est de 0.5 à plus de 5 % du poids de MF chez les fruits avec des différences variétales et des différences entre la peau et la chair (**Hulme, 1971**). La peau contient en général plus de protéines que la chair.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Le pommier, avec sa position systématique bien définie et son adaptation écologique variée, occupe une place significative dans l'agriculture mondiale. En Algérie, et plus spécifiquement dans la région de Khenchela, le pommier joue un rôle essentiel dans l'économie locale, contribuant de manière notable à la production fruitière nationale.

La pomme, fruit de ce précieux arbre, présente une diversité remarquable tant au niveau des variétés que de ses aspects biochimiques. La formation et la maturation de la pomme sont des processus complexes influencés par des facteurs environnementaux et génétiques. Les nombreuses variétés de pommes cultivées à travers le monde répondent à des besoins spécifiques de consommation et de transformation, chacune offrant des caractéristiques distinctes.

La classification des pommes, basée sur des critères botaniques et agronomiques, permet d'optimiser leur production et leur commercialisation. En Algérie, bien que la production de pommes soit en constante augmentation, elle reste modeste comparée à d'autres pays producteurs majeurs dans le monde. Toutefois, avec des pratiques agricoles améliorées et une meilleure gestion des ressources, le potentiel de croissance est significatif.

La composition biochimique de la pomme révèle une richesse nutritionnelle notable. La chair comestible de la pomme est constituée principalement d'eau, de sucres, et d'éléments minéraux, tous essentiels pour une alimentation équilibrée. Les composés phénoliques présents contribuent aux propriétés antioxydantes, apportant des bénéfices pour la santé. La partie non comestible, bien que souvent négligée, possède également des composés biochimiques intéressants.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent qu'il y a des différences très hautement significatives entre les pommes de la variété Golden délicious qui sont développées à l'ombre par rapport à celles qui sont développées au soleil en ce qui concernent les paramètres suivants : K^+ , Na^{++} , flavonoides, polyphénols, sucres et CE ; et il y a des différences significatives à 5% en ce qui concerne les paramètres de teneur en pH, cendres et Ca^{++} .

Les pommes du Golden délicious développées au soleil sont très riches en polyphénols, protéines et lipides par contre les pommes qui ont été développées à l'ombre sont acides et riches avec les flavonoides.

Conclusion

Cette valeur nutritionnelle de la pomme en fait un aliment incontournable comme source naturelle des anti-oxydants.

En conclusion, l'étude du pommier et de la pomme révèle non seulement l'importance agronomique et économique de cet arbre fruitier, mais aussi son impact sur la nutrition humaine. Des efforts continus en recherche, culture et transformation sont nécessaires pour exploiter pleinement le potentiel de la pomme, assurant ainsi une production durable et bénéfique pour les populations locales et mondiales.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Aaby, K., Haffner, K., & Skrede, G. (2002). Aroma quality of Gravenstein apples influenced by regular and controlled atmosphere storage. *LWT-Food Science and Technology*, 35(3), 254-259.

Agence canadienne d'inspection des aliments (2003). Guide d'étiquetage et de publicité sur les aliments Chapitre 7 : Allégations relatives à la teneur nutritive. [Consulté le 01/05/2024] www.inspection.gc.ca

Agnès., M. (2019). La pomme. Doctissimo. <https://www.doctissimo.fr/nutrition/famille-d-aliments/guide-aliments/pomme>

Atkinson, C. J., Taylor, L., Taylor, J. M., & Lucas, A. S. (1998). Temperature and irrigation effects on the cropping, development and quality of Cox's Orange Pippin and Queen Cox apples. *Scientia Horticulturae*, 75(1-2), 59-81.

Berardini, N., Carle, R., & Schieber, A. (2004). Characterization of gallotannins and benzophenone derivatives from mango (*Mangifera indica* L. cv Tommy Atkins) peels, pulp and kernels by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 18, 2208-2216.

Bondoux, P. (1992). Maladies de conservation des fruits à pépins : Pommes et poires [Fruit storage diseases: Apples and pears]. Versailles, France: Inra. Techniques et pratiques. ISBN: 9782759205820. Retrieved from <http://digital.casalini.it/9782759205820>

Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317-353.

Colin-Henrion M. (2008). De la pomme à la pomme transformée : impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel, Angers: 272

Colin-Henrion, M. (2008). *De la pomme à la pomme transformée: impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel Caractérisation physique et sensorielle des produits transformés* (Doctoral dissertation, Université d'Angers).

Cronquist A. (1981). An integrated System of classification of flowering Plants. Columbia

Références bibliographiques

university Press. New York. U S A .231p.

Daccord, N., Celton, J. M., Linsmith, G., Becker, C., Choisne, N., Schijlen, E., & Bucher, E. (2017). High-quality de novo assembly of the apple genome and methylome dynamics of early fruit development. *Nature genetics*, 49(7), 1099-1106.

De Witte, K., Vercammen, J., Van Daele, G., & Keulemans, J. (1995). Fruit set, seed set and fruit weight in apple as influenced by emasculation, self-pollination and cross-pollination. In *II Workshop on Pollination 423* (pp. 177-184).

Dennis, F. J. (2003). Flowering, pollination and fruit set and development. In *Apples: botany, production and uses* (pp. 153-166). Wallingford UK: CABI Publishing.

DSA, (2023). La Direction des Services Agricoles de la wilaya de Khenchela. Données statistiques.

Duchêne-Massias, A. (2015). *Valorisation fonctionnelle et antioxydante des épidermes de pommes Golden Delicious* (Doctoral dissertation, Université de Bordeaux).

Esteve, C., Dhouib, R., Rodriguez, A., Rubio, L., Garcia-Cañas, V., & Ferragut, J. A. (2014). Effect of fruit ripening on the stability of apple polyphenols during dehydration process. *Food chemistry*, 153, 182-190.

Fernandes, L., Pereira, J. A., Lopes, V., & Ferreira, I. C. (2012). Belief, ethnography and power: a research trajectory on apple seeds. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 8(1), 51.

Guerra, M., Valenciano, J. B., Marcelo, V., & Casquero, P. A. (2010). Storage behaviour of 'Reinette du Canada' apple cultivars. *Spanish journal of agricultural research*, 8(2), 440-447.

GUIHENEUF Y (1998). Production fruitière. Edition synthèse Agricole. Bordeaux. Rance.276p

HARVARD SCHOOL OF HEALTH.(2022). The Nutrition Source disponible sur <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/apples/>. Consulte le 01/05/2024

Hellier R., Esnault R. et Lance C., (2000). Formation des fruits et des graines. Dans *Physiologie végétale. 2-Développement* ; Dunod, Ed.; pp 220-239.

Références bibliographiques

- Holgate S.T., Church M.K. and Mattinez F.D. (2012).** Food-allergens 4th Edition • 2012.
- Hulme, A. C. (1971).** The mango. In A. Hulme (Ed.), *The biochemistry of fruits and their products* (Vol. 2, pp. 233-254). Norwich: Academic Press.
- Hulme, A. C. (1971).** The mango. In A. Hulme (Ed.), *The biochemistry of fruits and their products* (Vol. 2, pp. 233-254). Norwich: Academic Press.
- Jackson, J. E. (2003).** *The biology of apples and pears*. Cambridge university press.
- Jacobi, K. K., MacRae, E. A., & Hetherington, S. E. (2000).** Effects of hot air conditioning of 'Kensington' mango fruit on the response to hot water treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 21, 39-49.
- Jimenez, A., Creissen, G., Kular, B., Firmin, J., Robinson, S., Verhoeyen, M., & Mullineaux, P. (2002).** Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta*, 214, 751-758.
- Kader, A. A. (2002).** Fruits in the global market. In M. Knee (Ed.), *Fruit quality and its biological basis* (pp. 1-16). Sheffield: Sheffield Academic Press.
- Kahle K., M. Krauss. and al. (2005).** "Polyphenol profiles of apple juices." *Molecular Nutrition and Food Research*49: 797-806.
- Kaume, L., & Howard, L. R. (2010). Inhibitory effect of apple peel polyphenols on *Helicobacter pylori*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(19), 10214-10220.
- Kim, I. J., & Lee, Y. K. (2007).** Isolation of putative genes involving in the fruitlet abscission in 'Akane'apple cultivar. *HORTICULTURE ENVIRONMENT and BIOTECHNOLOGY*, 48(2), 102-108.
- Kim, Y., Brecht, J. K., & Talcott, S. T. (2007).** Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. *Food Chemistry*, 105, 1327-1334.
- Kotoda, N., Wada, M., Komori, S., Kidou, S. I., Abe, K., Masuda, T., & Soejima, J. (2000).** Expression pattern of homologues of floral meristem identity genes LFY and AP1

Références bibliographiques

during flower development in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(4), 398-403.

Koutinas, N., Pepelyankov, G., & Lichev, V. (2010). Flower induction and flower bud development in apple and sweet cherry. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(1), 1549-1558.

Léchaudel, M. (2004). *Croissance et qualité organoleptique de la mangue (Mangifera indica L.) : analyse expérimentale et modélisation de l'effet de la disponibilité hydrique et carbonée* (Doctoral dissertation, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris).

Lee, S. H., Kim, B. K., & Kim, H. T. (2011). Purification and identification of phlorotannins from *Ecklonia cava* using high-speed counter-current chromatography and LC-ESI-MS. *Food chemistry*, 127(4), 1732-1737.

Medlicott, A. P., & Thompson, A. K. (1985). Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography. *Journal of Science Food Agricultural*, 36, 561-566.

Medlicott, A. P., Bhogal, M., & Reynolds, S. B. (1986a). Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit (*Mangifera indica* var. Tommy Atkins). *Annals of Applied Biology*, 109, 651-656.

Ministère De L'agriculture Et Du Développement Rural En Algérie., (2020). Productions Du Pommier Et De Poirier En Algérie, 3p.

Mukherjee, S. K. (1997). Introduction: Botany and Importance. In R. E. Litz (Ed.), *The mango: Botany, production and uses* (pp. 1-19). Homestead: CAB International.

Noovoiinfo.(2021).Pomme.Disponiblesur<https://www.noovomoi.ca/cuisiner/aliments/pomme.html> .Consulte le 27/04/2024

OCDE, O. (2016). *Safety assessment of transgenic organisms in the environment*. OECD Publishing.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2013). Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals,

Références bibliographiques

Pesticides and Biotechnology.

Piard, J., Mazeas, G., & Maisonneuve, F. (2014). Comment évaluer la maturité d'une pomme avec des outils de chimie?. *Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, 108(968), 1445-1463.

Pikunova, A., Madduri, M., Sedov, E., Noordijk, Y., Peil, A., Troggio, M., ... & van de Weg, E. (2014). 'Schmidt's Antonovka' is identical to 'Common Antonovka', an apple cultivar widely used in Russia in breeding for biotic and abiotic stresses. *Tree genetics & genomes*, 10, 261-271.

Sante journal (2023) Calories pomme. Disponible sur <https://sante.journaldesfemmes.fr/calories/pomme/aliment-13039> . Consulté le 27/04/2024

Schouten, S. P., Prange, R. K., Verschoor, J., Lammers, T. R., & Oosterhaven, J. (1998). Improvement of quality of Elstar apples by dynamic control of ULO conditions. *IFAC Proceedings Volumes*, 31(9), 25-29.

Segura-Ponce, L. A., Soto-Pardo, V. A., & Guzmán-Meza, M. F. (2019). Characterization of apples (Granny Smith) dried in industrial equipment and the relationship with drying mechanisms. *Food structure*, 21, 100119.

Selvaraj, Y., & Kumar, R. (1998). Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 26(4), 218-222.

Soltani, F., & Yilmazer, Ü. (1998). Slip Velocity And Slip Layer Thickness In Flow Of Concentrated Suspensions. *Journal Of Applied Polymer Science*, 70(3), 515-522.

Stankovic, D. M. (1938). Cytological analysis of certain varieties of vines, cherries, apples and pears.

Talcott, S. T., Moore, J. P., Lounds-Singleton, A. J., & Percival, S. S. (2005). Ripening associated phytochemical changes in mangos (*Mangifera indica* L.) following thermal quarantine and low temperature storage. *Journal of Food Science*, 70(5).

Références bibliographiques

Thilakarathna, S. H., Rupasinghe, H. V., & Needs, P. W. (2013). Apple peel bioactive rich extracts effectively inhibit in vitro human LDL cholesterol oxidation. *Food chemistry*, 138(1), 463-470.

Travers, I., Jacquet, A., Bouchart, V., Le Dily, F., & Boucaud, J. (2000). INFLUENCE DU TERROIR ET DE LA CONDUITE DU VERGER SUR LA COMPOSITION DES POMMES A CIDRE.

Valenta, J. V., & Ferruzzi, M. G. (2013). Characterization of apple seed polyphenols using HPLC–MS/MS and their contribution to the human diet. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(31), 7294-7305.

Wojdyło, A., Oszmiański, J., & Laskowski, P. (2008). Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6520-6530.

Site web

<https://fr.statista.com/statistiques/571584/principaux-pays-producteurs-de-pommes-dans-le-monde/>

عنوان المذكرة : التوصيف البيوكيميائي لـصنف التفاح (Golden delicious) المزروعة بمدينة خنشلة
الإسم و اللقب : مسعدة ريمة ، ريم عبد الباسط.

المؤطر : أ. قاضي كنزة

ملخص

يعتبر التفاح من الفواكه المفيدة للجسم بسبب تركيبته البيوكيميائية. الهدف من هذا البحث هو مقارنة الخصائص البيوكيميائية لـصنف من التفاح (Golden delicious) المزروع 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 جدًا 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. ،

الكلمات المفتاحية: التفاح، المعاملات الفيزيائية والكيميائية، التطور، التنوع، Golden delicious

Biochemical characterization of apple varieties (Golden delicious) grown in KHENCHELA.

Name and surname: MESSADA Rima, RIM Abdelbasset

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 varieties of apple (Golden delicious) 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, MO, K, Na, total sugar content, EC, flavonoids, polyphenols, H%, MS%, 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.

Keywords: Apple, physicochemical parameters, development, variety, Golden delicious.

Titre du mémoire : Caractérisation biochimique des variétés (Golden delicious) de pommes cultivées à KHENCHELA

Nom et prénom : MESSADA Rima, RIM Abdelbasset

Encadreur : Pr. KADI Kenza

Résumé

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 variété de pomme (Golden delicious) 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), l'acidité titrable, la matière organique (MO), les éléments minéraux sodium (Na^{++}), potassium (K^+), calcium (Ca^{++}), 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, 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.

Les résultats obtenus montrent que les variétés développées au soleil présentent des teneurs importantes dans les paramètres suivants : Flavonoïdes et sucres.

Mots clés : pomme, paramètres physicochimiques, développement, variété, Golden delicious