



**République algérienne démocratique et populaire Ministère de
l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

Université Abbes Laghrour – Khenchela

Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

Département : Ecologie et Environnement

Mémoire de fin d'étude Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De Master Académique

Domaine : Sciences De La Nature Et De La Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Thème

**La valorisation des déchets agroalimentaires
Essais de production de vinaigre traditionnel à partir de
coproduits de pommes**

Présenté Par :

Boumahdaf Racha

Badis Amani Lina

Jury de soutenance :

Présidente :	M^{elle} Delaa Y.	MCB	Université Abbes Laghrour Khenchela
Examinatrice :	M^{me} Dib D.	MCB	Université Abbes Laghrour Khenchela
Promotrice:	M^{me} Bensouici K.	MAA	Université Abbes Laghrour Khenchela



Remerciements

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier du fond du cœur notre Directrice du mémoire, Madame **Bensouici Karima** pour sa disponibilité, sa bienveillance, ses conseils, ses relectures attentives et son accompagnement précieux tout au long de ce travail.*

*Notre présidente de jury m^{lle} **Delaa Yasmina** qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse*

*A notre examinatrice m^{me} **Dib Dounia** qui a eu l'amabilité d'accepter examiné notre travail*

*Nous tenons à remercier aussi particulièrement Monsieur **Badis Zakaria** pour le temps qu'il nous a consacré, pour nous avoir fait bénéficier de ses conseils, sa capacité à transmettre ses connaissances associées à une disponibilité à toute épreuve ont été un soutien plus que précieux,*

*Nous tenons également à adresser nos reconnaissance et nos sincères remerciements au **laboratoire pédagogique El hamma**, sans qui le projet n'aurait tout simplement pas vu le jour je souhaite remercier toute l'équipe du Labo pour votre aide dans les manipulations.*

Nous remercions la direction d'agriculture de Khenchela pour leurs aides et Leurs informations bénéfiques



Dédicace

C'est avec une profonde gratitude sincères mots que je dédie ce modeste travail de fin d'étude

*A mon **père** qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, qui a veillé à me donner de l'aide, à m'encourager et à me protéger, que Dieu le garde et le protège.*

*A ma **mère** qui a souffre sans me laisser souffrir qui n'a jamais dit non mon exigence*

*A ma sœur et ma compagne **Djihene** qui m'a toujours soutenu dans mon cheminement académique*

*A mes adorables sœurs **Raouane et Rinad** Pour leurs disponibilités, leurs soutien moral.*

*A mon cher frère **Louai Charif**.*

*A mes très chères cousines **Awatef et Amina** pour vos encouragements ont été pour moi d'un grand réconfort.*

*A toute la famille **Boumahdaf***

*A mon binôme **Amani**.*

*A mes amis **Karima et Maram**.*

A Tous les professeurs que j'ai rencontrés pendant mon cursus universitaire.

Racha Boumahdaf





Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

*A mes chers **parents** ; les mots me manquent pour exprimer toute
l'affection*

*Et toute la reconnaissance que j'éprouve pour vous. Avec beaucoup
d'amour et de sacrifices, vous avez guidé mes pas. Vous n'avez jamais cessé de
me prodiguer des conseils et de prier pour moi. Ce
Travail est avant tout le vous. Que Dieu vous garde longtemps en vie
afin que vous puissiez en*

Bénéficier des fruits. Gros bisou à vous

A ma grande mère maternelle : hadja Fatma

*A mes frères: **Wassim Salah Eldin**, **Mouhamed islem Azzedine***

*À mes sœurs : **Asma Aziza**. **ManelSafa**.*

*A mon cherneveu: **Mouadh**.*

A mes tantes et mes ancêtres

*Aix chers cousin : **Bicher et mouhemd** . Mes cousines : **ChaimaImenarodj**
Fatima Dina ritedj*

À tous les membres de ma famille qui m'ont entouré de soins

*A ma meilleure amie : **soundous El djanna***

*A ma binôme : **Racha***

*Mes cher(e)s : **Karima MaramChaimanorhenhoussemSabri amine**
nadjmEldin*

Badis amani lina



Résumé

La pomme de la région de Bouhmama (Khenchela) constitue un produit phare à fort potentiel. La valorisation de ce produit agricole en tant que vinaigre a été réalisée. Notre étude est entreprise dans le cadre d'une stratégie de développement durable et de la préservation de l'environnement, qui concerne la mise au point d'un procédé traditionnel de la fabrication du vinaigre à partir de pelures de deux variétés de pommes (la Golden Delicious et la Royal Gala). Ce procédé repose sur une double fermentation qui a duré 45 jours.

La caractérisation physico-chimique et biochimique concernant (pH, matière sèche, cendres, conductivité, alcool résiduel et acidité volatile) des deux produits semble répondre aux normes nationales et européennes. Une comparaison des deux vinaigres traditionnels avec un vinaigre de commerce a été réalisée afin d'évaluer leurs qualités. Les résultats montrent clairement que nos deux vinaigres sont de bonne qualité et sont équivalents au vinaigre témoin.

Mots clés : valorisation, fermentation, pomme, Golden Délicious, Royal Gala, vinaigre traditionnel.

Abstract

The apple from the Bouhmama region (Khenchela) is a flagship product with high potential. The valorization of this agricultural product as vinegar has been carried out. Our study is undertaken as part of a sustainable development strategy and the preservation of the environment. These concern the development of a traditional process for the manufacture of vinegar from the peels of two varieties of apples (the Golden Delicious and the Royal Gala).

The physico-chemical and biochemical characterization (pH, dry matter, ash, conductivity, residual alcohol and volatile acidity) of the two products seems to meet national and European standards. A comparison of the two traditional vinegars with a commercial vinegar was carried out in order to assess their qualities. The results clearly show that our two vinegars are of good quality and are equivalent to this control vinegar.

Keywords: valorisation, apple, Golden Delicious, Royal Gala, fermentation, traditional vinegar.

ملخص

يعتبر تفاح منطقة بوحمامة (خنشلة) منتجًا رائدًا يتمتع بإمكانات كبيرة. تم تقييم هذا المنتج الزراعي على أنه خل. يتم إجراء دراستنا كجزء من إستراتيجية التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة. والتي تتعلق بتطوير عملية تقليدية لصنع الخل من قشور نوعين من التفاح (غولدن ديليسيز، روبال غال)، والتي تعتمد على التخمير المزدوج الذي استمر 45 يومًا.

تتوافق الخصائص الفيزيائية والكيميائية الحيوية المتعلقة بـ (الأس الهيدروجيني، المادة الجافة، الرماد، الموصلية، الكحول المتبقي والحموضة المتطايرة) للمنتجين مع المعايير الوطنية والأوروبية. تم إجراء مقارنة بين الخلين التقليديين مع الخل التجاري من أجل تقييم جودتهما. تظهر النتائج بوضوح أن الخلين لدينا بجودة جيدة و معادلان لشاهد الخل.

كلمات مفتاحية : تثمين، تخمير، تفاح ، غولدن ديليسيز ، روبال غال ، خل تقليدي.

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Partie 01 : Etude bibliographique

Chapitre 01 : Généralités sur la valorisation des déchets

1.	La valorisation -----	4
1.1.	Définition-----	4
1.2.	Types de valorisation -----	4
1.2.1.	Valorisation matière -----	4
1.2.2.	Valorisation organique -----	5
1.2.3.	Valorisation énergétique -----	5
2.	Le sous-produit -----	5
3.	Le coproduit. -----	6
4.	Déchets -----	7
4.1.	Classification des déchets -----	7
4.1.1.	Déchets ménagers et assimilés -----	7
4.1.2.	Déchets encombrants -----	8
4.1.3.	Déchets spéciaux -----	8
4.1.4.	Déchets spéciaux dangereux -----	8
4.1.5.	Déchets d'activité de soins -----	8
4.1.6.	Déchets inertes -----	8

Chapitre 02 : filières de valorisation de coproduits agro-industriels

1.	Valorisation de coproduit de l'industrie laitière : le lactosérum -----	9
1.1.	Définitiondulactosérum -----	9
1.2.	Impacts du lactosérum sur l'environnement-----	9
1.3.	Principales voies de valorisation du lactosérum -----	10
1.3.1.	Alimentation animale -----	10
1.3.2.	Alimentation humaine -----	10
1.3.2.1.	Industrie de boisson-----	10
1.3.2.2.	Industrie laitière -----	10
1.3.2.3.	Utilisation dans les glaces et crèmes glacées -----	10
1.3.2.4.	En boulangerie-----	11
1.3.3.	En biotechnologie -----	11
1.3.3.1.	Comme substrat de fermentation-----	11
1.3.3.2.	Dans la production des vitamines et des enzymes -----	11
2.	Valorisation des coproduits de l'industrie sucrière -----	11
2.1.	Définition-----	11
2.2.	Coproduits de l'industrie sucrière et voies de valorisation -----	12
2.2.1.	La mélasse -----	12
2.2.1.1.	Définition-----	12
2.2.1.2.	Principales utilisations de la mélasse -----	12
2.2.2.	La bagasse -----	12
2.2.2.1.	Définition-----	12
3.	Valorisation des sous-produits de dattes -----	13
3.1.	Les déchets de dattes -----	13
3.2.	Importance économique de la valorisation des dattes -----	14
3.3.	Transformation des dattes-----	14
3.3.1.	Transformation technologique -----	15
3.3.2.	Transformation biotechnologique -----	16
3.3.3.	Transformation des coproduits de dattes -----	17
4.	Valorisation des coproduits de l'industrie de viande -----	17
4.1.	Définition-----	17
4.2.	Coproduits de la filière viande et voies de valorisation -----	18

4.2.1.	Les abats -----	18
4.2.2.	Les os-----	18
4.2.3.	Sang -----	19
4.2.4.	Graisses animales-----	19
4.2.5.	Peaux et cuire -----	19
4.3.	Valorisation de coproduits de céréales -----	19
4.4.	Valorisation des coproduits desfruits-----	20
4.4.1.	Alimentation animale -----	20
4.4.2.	Epandage et compostage-----	20
4.4.3.	Production d'énergie -----	20

Chapitre 03 : Le vinaigre de cidre de pomme

1.	Généralités sur la pomme -----	22
1.1.	Histoire -----	22
1.2.	Description -----	22
1.3.	Composition -----	22
1.4.	Variétés-----	22
1.5.	Consommation-----	23
1.6.	Vertus et Bienfaits -----	24
1.6.1.	Donner de l'énergie -----	24
1.6.2.	Réguler le transit, aider la digestion-----	24
1.6.3.	Combattre le cholestérol, le diabète et le surpoids -----	24
1.6.4.	Prévenir certains cancers -----	24
1.6.5.	Lutter contre le vieillissement -----	24
1.6.6.	Protéger les dents -----	25
2.	Généralités sur le vinaigre -----	25
2.1.	Historique -----	25
2.2.	Définition-----	25
2.3.	Composition -----	25
2.4.	Types-----	26
2.4.1.	Vinaigre d'alcool -----	26
2.4.2.	Vinaigre balsamique -----	26
2.4.2.1.	Vinaigre traditionnel balsamique -----	27
2.4.2.2.	Vinaigre industriel balsamique-----	27

2.4.3.	Vinaigre de vin-----	27
2.4.4.	Vinaigre de riz -----	27
2.4.5.	Vinaigre de malt -----	28
2.4.6.	Vinaigre des jus de fruits -----	28
3.	Le vinaigre de cidre de pomme-----	28
3.1.	Définition-----	28
3.2.	Composition -----	28
3.3.	Procédés de production-----	29
3.3.1.	Fermentation alcoolique -----	29
3.3.2.	Fermentation acétique-----	29
4.	Utilisations -----	30
4.1.	Vertus thérapeutiques-----	30
4.2.	Utilisation en cuisine -----	30
4.3.	Usage domestique -----	31

Partie 02 : Etude expérimentale

1.	Présentation de la région d'étude-----	32
2.	Généralités sur la pomiculture à Bouhmama -----	33
3.	Matériel et méthodes-----	36
3.1.	Matériel végétal -----	36
3.2.	Caractéristiques physiques et organoleptiques de la pomme Golden -----	36
3.3.	Caractéristiques physiques et organoleptiques de la pomme Gala -----	37
3.4.	Production du vinaigre de pomme traditionnel -----	37
3.4.1.	Technique d'élaboration -----	37
3.4.2.	Procédé de production-----	38
3.5.	Techniques analytiques du vinaigre de pomme-----	39
3.5.1.	Matériel et produits -----	39
3.5.2.	Détermination des caractères organoleptiques -----	39
3.5.3.	Détermination des paramètres physico-chimiques et biochimiques-----	39
3.5.3.1.	Détermination du pH -----	40
3.5.3.2.	Détermination de l'extrait sec total ou matière sèche-----	40
3.5.3.3.	Détermination des cendres -----	41
3.5.3.4.	Densimétrie-----	42
3.5.3.5.	Conductimétrie-----	43
3.5.3.6.	Dosage de l'alcool résiduel-----	44

3.5.3.7.	Dosage de l'acidité -----	44
----------	---------------------------	----

parite 03 : Résultats et discussion

1.	Matériel végétal -----	47
2.	Production du vinaigre de pomme traditionnel-----	47
2.1.	Technique d'élaboration et détermination des caractères organoleptiques -----	47
2.1.1.	La fermentation alcoolique-----	47
2.1.2.	La fermentation acétique -----	48
3.	Détermination des paramètres physico-chimiques et biochimiques -----	50
3.1.	Détermination du pH -----	50
3.2.	Détermination de l'extrait sec total ou matière sèche -----	51
3.3.	Détermination des cendres -----	52
3.4.	Densimétrie -----	53
3.5.	Conductimétrie -----	54
3.6.	Dosage de l'alcool résiduel et de l'acidité volatile -----	55

Conclusion et perspectives -----	57
---	-----------

Références bibliographiques -----	59
--	-----------

Annexes

Liste des abréviations

AOCO	Association of Official Agricultural Chemists
butan-1-ol	ou n-Butanol est un alcool primaire
C.E	Conductivité électrique
C°	Degré Celsius
DA	Dinar algérien
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DSA	Direction des services agricoles
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
h	heure
Ha :	Hectares
ISO :	International Organization for Standardization
kcal	kilocalorie
Kg	kilogramme
Km	Kilomètre
M³	Mètre cube
Mg	milligramme
min	minute
ml	millilitre
Mol/l	Mol/litre
NaOh	L'hydroxyde de sodium
NF	Norme française
PCI	pouvoir calorifique inférieur
PED	Pays en voie de développement
pH	potentiel d'Hydrogène
Qx	Quintals
SPA	Sous-Produits Animaux
UVA	Rayons ultraviolets de type A
UVB	Rayons ultraviolets de type B
µs/cm	microSiemens/centimètre

Liste des tableaux

Tableau 01	Teneur en alcool et acidité volatile des vinaigres analysés	55
-------------------	---	-----------

Liste de figures

Figure 01	Schéma illustrant la production de sous-produits	6
Figure 02	Ensemble des produits dérivant de la transformation des dattes	14
Figure 03	Situation géographique de la commune de Bouhmama(Khenchela) et localisation des champs de pommes	32
Figure 04	Evolution de la production de pomme à Khenchela	34
Figure 05	Rendement de la production de pomme à Khenchela	34
Figure 06	Pourcentages des superficies occupées par les variétés de pomme à Khenchela	35
Figure 07	Rendements des variétés de pomme dans la région de Khenchela	35
Figure 08	Variétés de pomme de Bouhmama	36
Figure 09	Détermination du pH du vinaigre de pomme	40
Figure 10	Détermination de la matière sèche du vinaigre de pomme	41
Figure 11	Détermination de cendre du vinaigre de pomme	42
Figure 12	Détermination de la densité du vinaigre de pomme	43
Figure 13	Mesure de la conductivité du vinaigre de pomme	43
Figure 14	Dosage de l'alcool résiduel dans le vinaigre de pomme	44
Figure 15	Détermination de l'acidité volatile du vinaigre de pomme	46
Figure 16	Pelures de pomme pour production de vinaigre	47
Figure 17	Fermentation alcoolique des déchets de la Golden Délicious	48
Figure 18	Fermentation acétique de la Golden Délicious	49
Figure 19	Valeurs du pH des trois vinaigres	51
Figure 20	Teneur en matière sèche des trois vinaigres	52
Figure 21	Pourcentage en cendres des trois des trois vinaigres	53
Figure 22	Densité des trois vinaigres analysés	54
Figure 23	Valeurs de la conductivité électrique (CE) des trois vinaigres	55



Introduction

Introduction

L'augmentation de la population mondiale a entraîné un accroissement des besoins alimentaires et aussi un développement accru des industries agro-alimentaires. Cela génère des quantités énormes de déchets organiques chaque année. La plupart des nations, qu'elles soient économiquement avancées ou à différents stades de développement, sont confrontées à la question de l'élimination et du traitement de ces déchets (**Itelima et al., 2013**).

Chaque année, de grandes quantités de fruits sont produites et transformés mais engendrent des coproduits et des sous-produits en quantité considérables. Ces derniers peuvent fournir une valeur ajoutée économiquement très importante. Selon la (**FAO., 2019**) 21,6 % des fruits produits dans le monde sont gaspillés, à commencer par la phase post-récolte jusqu'à sa distribution. Très souvent, les fruits est rejeté simplement parce que de son aspect « imparfait » ou de son calibre inadéquat, même si le fruit est parfaitement comestible. Certains de ces produits agricoles, peuvent être légèrement infestés d'insectes ou de parasites ou autres et sont par conséquent impropres à la consommation en l'état. Parfois, les fruits sont même laissés dans les champs jusqu'à élimination comme un déchet ou totalement abandonnés aux animaux. Ces actions conduisent à la fois à un manque à gagner considérable et une pollution sérieuse de l'environnement.

Ces produits agricoles ont été largement exploités par certains industriels pour des transformations multiples. Cette valorisation est économiquement très avantageuse qui fait rentrer beaucoup d'argent et ouvre plusieurs opportunités de travail.

La production de pomme en Algérie, a montré une croissance considérable et plus précisément dans la wilaya de Khenchela qui s'est positionnée à la première place à l'échelle nationale dans la production de la pomme avec plus de 1,400 million de quintaux enregistrés durant la saison agricole 2020 (**DSA, 2020**). Ce fruit peut se manger crue ou cuit, en dessert ou en accompagnement de mets salés, en compote, en tarte, en gâteau, en gelée, en confiture, en pâte de fruit, en jus ou en boissons fermentées (**Bidault, 1984**). Ainsi, après la production de ces différents aliments, génèrent une énorme quantité de déchets comme les pelures et des composants précieux tels que les sucres, en particulier le saccharose, glucose et fructose et plusieurs autres constituants. Si ces déchets sont rejetés dans l'environnement sans traitement, ils pourraient

provoquer des problèmes environnementaux sérieux. Plusieurs efforts ont été fournis pour valoriser ces déchets de pomme. Il ont été employés comme aliment du bétail, comme fertilisant par épandage ou par compostage **(Moletta, 2009)**, comme biogaz **(Marouani et al., 2002)** ou biocarburant **(Balat et al., 2008)**.

Le vinaigre fait partie de l'alimentation humaine depuis l'Antiquité et a été largement utilisé comme conservateur, condiment, aromatisant et même comme boisson saine. De plus, il a également été traditionnellement utilisé en médecine ancienne en raison de ses propriétés médicinales **(Solieri et al., 2009)**. Le vinaigre peut être fabriqué à partir de n'importe quelle source de glucides, substrat amylacé ou sucré par deux fermentations successives: fermentation alcoolique, qui est réalisée au moyen de levures, et la fermentation acétique, avec les bactéries acétiques. Bien que le vinaigre le plus consommé dans le monde soit le vinaigre de vin (issu du raisin), il existe de nombreux types de vinaigres selon la matière première utilisée pour leur fabrication. Certains des exemples les plus importants sont le vinaigre de riz ou de saké, le malt vinaigre, vinaigre de cidre ou vinaigres de fruits en général autres que le raisin. De nos jours, le vinaigre populaire est le vinaigre de pomme, qui semble avoir des avantages considérables pour la santé, tels que la perte de poids, l'abaissement de la glycémie chez les personnes atteintes de diabète de type 2, ou la diminution du risque de maladies cardiaques, entre autres **(Launholt et al., 2020.)**

Le présent travail vise à produire du vinaigre traditionnel à faible coût à partir de coproduits de deux variétés de pomme cultivées dans la commune de Bouhmama à Khenchela à savoir « la Golden Delicious » et « la Royal Gala ». L'objectif principal de ce travail, est d'essayer de valoriser les déchets de pomme, en les utilisant comme substrat de fermentation acétique, Le mémoire est structuré comme suit :

La première partie est une synthèse bibliographique composée de trois chapitres. Le premier chapitre comprend des généralités sur la valorisation des déchets. Le deuxième chapitre décrit les filières de valorisation des coproduits agro-industriels. Le troisième chapitre présente la pomme et le vinaigre de pomme et ses différentes utilisations.

La seconde partie est une partie expérimentale orientée vers deux axes. Le premier axe est consacrée aux procédés de fabrication de deux vinaigres traditionnels à partir de

coproduits de pomme de la région de Bouhmama. Le deuxième axe comprend quelques analyses physico-chimiques et biochimiques des deux vinaigres produits ainsi qu'un vinaigre de pomme témoin commercial.

La troisième partie présente les résultats obtenus des analyses effectués sur les vinaigres issus des deux variétés de pomme, comparés avec ceux du vinaigre commercial, ainsi qu'une discussion.



Partie 01 : Etude Bibliographiques

*Chapitre 1 : Généralités sur la
valorisation des déchets*

1. La valorisation

1.1. Définition

Valoriser, « c'est donner de la valeur à quelque chose ». D'après **Maystre (1994)**, valoriser un déchet recoupe toute action qui permet d'en tirer de l'énergie, de trouver un nouvel usage à la matière qui le compose, de tirer une matière première secondaire utile à la fabrication du même bien et de trouver un nouvel usage ou qui permet à un déchet de redevenir utile pour d'autres. Chaque procédé de valorisation permet de réaliser des économies de matières premières et contribue de façon directe au respect et à la sauvegarde de l'environnement et à son développement durable. Selon **Boucherba (2014)**, la valorisation des déchets alimentaires est la transformation de résidus ou de sous-produits industriels alimentaires en vue de les réintroduire sur le marché à titre de nouveaux ingrédients ou comme nouveaux produits.

1.2. Types de valorisation

On comptabilise trois types de valorisation : la valorisation matière, la valorisation organique et la valorisation énergétique.

1.2.1. Valorisation matière

La valorisation matière consiste à utiliser une partie ou la totalité de la matière du déchet dans un nouveau processus de production. Elle permet de faire des économies dans la production et l'achat de matières premières. La valorisation matière peut être assimilée au recyclage, au réemploi, à la réutilisation ou à la régénération.

- ✓ **Le recyclage** : consiste en toute opération de valorisation qui permet de transformer des déchets en nouveaux produits, matières ou substances afin de les utiliser dans leur fonction initiale.
- ✓ **Le réemploi** : consiste à récupérer ou à réparer un produit ou une matière pour l'utiliser sans modification de sa forme ou de sa fonction pour le même usage ou un usage différent.
- ✓ **La réutilisation** : consiste à utiliser un matériau récupéré pour un usage différent de son premier emploi.
- ✓ **La régénération** : est un processus physique ou chimique qui confère à un déchet les caractéristiques permettant de l'utiliser en remplacement pour une nouvelle matière première (**Aloueimine, 2006**).

1.2.2. Valorisation organique

La valorisation organique concerne les déchets biodégradables (fermentescibles). Elle est considérée « comme une valorisation matière, car de la matière est produite par dégradation » (**Lupton, 2011**). Cette dégradation de la matière organique peut se faire par deux voies différentes :

- ✓ en conditions aérobies, c'est-à-dire en présence d'oxygène, pour former un amendement organique appelé compost. Il s'agit alors de compostage.
- ✓ en conditions anaérobies, c'est-à-dire en absence d'oxygène pour produire du biogaz. Il s'agit de la méthanisation (**Gouilliard et Legendre, 2003**).

1.2.3. Valorisation énergétique

La valorisation énergétique est un mode d'exploitation des déchets par traitement thermique ; elle consiste à utiliser les calories contenues dans les déchets, en les brûlant et en récupérant l'énergie ainsi produite pour chauffer des immeubles ou produire de l'électricité par exemple. Cette forme de valorisation consiste à brûler les déchets ménagers hétérogènes dans des fours aménagés à cet effet. Cette combustion peut avoir lieu dans plusieurs types d'installations : les incinérateurs à déchets ménagers et assimilés, les cimenteries et les chaudières (**France-Faurie et al., 2006**).

2. Le sous-produit

D'après **Ademe (2000)**, un sous-produit est un produit résiduel qui apparaît durant le processus de fabrication, de transformation ou de distribution d'un produit fini (**fig.1**). Le sous-produit peut être non intentionnel, imprévisible ou accidentel. Il peut néanmoins parfois être utilisé directement ou constituer un ingrédient d'un autre processus de production en vue de la fabrication d'un autre produit fini. Pour la plupart d'entre eux, ces sous-produits sont conformes avec la législation en vigueur concernant l'alimentation animale. Ils sont classés dans trois catégories selon le risque sanitaire qu'ils représentent pour la santé publique et animale.

- ✓ **La catégorie 1 (C1)** : regroupe les SPA les plus potentiellement dangereux : animaux malades ou suspectés de l'être, animaux utilisés dans le cadre d'expériences, déchets de cuisine et de table provenant de moyens de transport opérant au niveau international, etc. Leur élimination se fait par incinération ou mise en décharge après, le cas échéant stérilisation sous pression.

- ✓ **La catégorie 2 (C2) :** est une catégorie intermédiaire. Elle inclut, entre autres, les lisiers et les fumiers, les matières stercoraires ainsi que les sous-produits animaux qui ne sont pas explicitement cités dans les catégories 1 et 3. Les SPA de catégorie 2 peuvent être incinérés, mis en décharge ou convertis en biogaz à l'issue d'un traitement.
- ✓ **La catégorie 3 (C3) :** inclut les SPA écartés de la consommation humaine ou animale pour des raisons commerciales, le sang, les œufs, les animaux aquatiques sains ainsi que les déchets de cuisine et de table (sauf ceux concernés par la catégorie 1). La méthanisation de ces déchets est autorisée, dans le respect de certaines prescriptions.

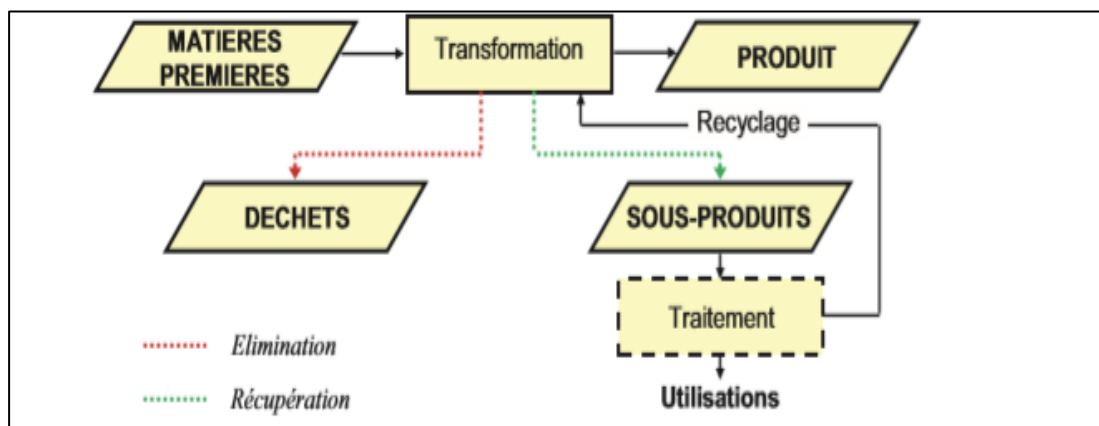


Figure 01 : Schéma illustrant la production de sous-produits (Grigoraș, 2012)

3. Le coproduit.

Un coproduit est une matière, intentionnelle et inévitable, créée au cours du même processus de fabrication et en même temps que le produit principal. Le produit fini principal et le coproduit doivent tous les deux répondre à des spécifications de caractéristiques, et chacun est apte à être utilisé directement pour un usage particulier. Les coproduits sont aussi caractérisés par leur valorisation économique : marché spécifique du coproduit en question, cotation... On distingue différents types de coproduits :

- ✓ Coproduits de la transformation du lait : fromage, crème, beurre, lactosérum
- ✓ Coproduits de la transformation de la betterave sucrière ou de la canne à sucre : sucre, pulpes de betterave, mélasse
- ✓ Coproduits de la sylviculture : sciure et écorce
- ✓ Coproduits de la meunerie : issues de blé, son, remoulage...

✓ Coproduits de l'huilerie (trituration) : tourteaux (d'arachide, soja, tournesol) (Ademe, 2000).

4. Déchets

Selon le **Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire**, l'article 3 de la loi 01/19 du 19 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, un déchet est défini comme : « tout résidu d'un processus de production de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont la propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a obligation de se défaire ou de l'éliminer ».

4.1. Classification des déchets

La classification des déchets diffère d'un auteur à un autre, elle n'est pas une règle universelle. Elle dépend des objectifs recherchés ou des informations tirées. Elle est importante et parfois indispensable dans le domaine de la gestion des déchets afin de choisir le mode de valorisation le plus adéquat.

Addou (2009), a classé dans son livre « Développement durable, traitement des déchets, valorisation, élimination » les déchets en deux groupes :

✓ classement selon l'origine du déchet comprenant : les déchets des collectivités locales, les déchets ménagers, les déchets industriels, les déchets agricoles, les déchets d'activités de soins et les déchets radioactifs.

✓ classement par nature physico-chimique des déchets où on distingue : les déchets inertes, les déchets organiques, les déchets banals, les déchets toxiques ou dangereux, les déchets ultimes.

La loi Algérienne n° 01 - 19 du 19 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets a classé les déchets en six groupes:

4.1.1. Déchets ménagers et assimilés

Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers.

4.1.2. Déchets encombrants

Tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés.

4.1.3. Déchets spéciaux

Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes.

4.1.4. Déchets spéciaux dangereux

Tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.

4.1.5. Déchets d'activité de soins

Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.

4.1.6. Déchets inertes

Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et /ou à l'environnement.

*Chapitre 2 : filières de valorisation de
coproduits agro-industriels*

1. Valorisation de coproduit de l'industrie laitière : le lactosérum

1.1. Définition du lactosérum

Le lactosérum ou sérum ou encore petit lait, est un sous-produit laitier obtenu pendant la production du fromage, de la caséine ou de produits similaires. Il représente 90 % du volume original de lait utilisé en fromagerie et en est le principal sous-produit, on obtient en effet environ 9 litres de lactosérum et 1 kg de fromage à partir de 10 litre de lait (**Moletta, 2002**). Le lactosérum est un liquide translucide et jaune verdâtre qui se forme au-dessus d'un caillé de lait après séparation des caséines par coagulation acide ou par processus enzymatique au moyen de la présure ou de la chymosine (**Jouan, 2002**).

Le caillé représente l'ensemble des protéines non solubles, et la matière grasse alors que le lactosérum contient toutes les substances solubles du lait : eau, lactose, protéines et minéraux solubles, un peu ou de trace de matière grasse (**Luquet et Boudier, 1990**).

1.2. Impacts du lactosérum sur l'environnement

Le lactosérum représente un problème environnemental très important à cause des volumes considérables générés et à cause de sa teneur élevée en matière organique. Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (**Moletta, 2002**). En effet, le lactosérum déversé ou rejeté dans les cours d'eaux urbains ou autres sont à l'origine de la diminution de l'oxygène disponible dans l'eau avec des demandes biologique et chimique en oxygène (DBO et DCO) élevées liée en grande partie aux teneurs élevées en phosphore et azote. Ces conditions réunis entraînent une augmentation du processus d'eutrophisation. Ce phénomène est caractérisé par une croissance excessive des microbes ainsi que des plantes aquatiques dont la conséquence est une dégradation de l'environnement conduisant à un effet substantiel sur les organismes vivants ainsi que sur l'agriculture (**Yang et al., 1980**).

1.3. Principales voies de valorisation du lactosérum

Le lactosérum entre dans la composition de divers produits alimentaires et pharmaceutiques, notamment les produits diététiques (**Sottiez, 1990; Bardy et al., 2016**).

1.3.1. Alimentation animale

Le débouché principal des lactosérums est l'alimentation des veaux et de façon plus fluctuante l'alimentation animale dans son ensemble (**Adrian et al., 1980**). Pour le bétail laitier, la consommation du lactosérum liquide par les vaches, en période de lactation diminue la consommation de foin et de céréales mais n'affecte pas la production laitière. L'ultra filtrat du lactosérum à l'état liquide et bien toléré par le veau après sevrage. Il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30-35% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110 kg. (**Luquet et Bourdier, 1990**). Le développement d'un ensilage de paille avec le lactosérum pour l'alimentation des ruminants a également montré de bon résultats (**Bardy et al., 2016**).

1.3.2. Alimentation humaine

1.3.2.1. Industrie de boisson

Les boissons à base de lactosérum, ont une grande valeur diététique, digestion facile et rapide. Elles sont légères, désaltérantes, et très agréables à boire (**Nelson et al., 1978**). Il s'agit du jus d'orange, de pomme et de fraise. Ainsi, on peut avoir à partir du lait, du fromage et des boissons fruitées à base de lactosérum (**Vojnovic et al., 1993**).

1.3.2.2. Industrie laitière

La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers (**Luquet et Boudier, 1990**).

1.3.2.3. Utilisation dans les glaces et crèmes glacées

La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé pour la fabrication des crèmes glacées, tandis que celle de lactosérum acide (pH 4.6) peut remplacer une partie du sucre pour la fabrication des sorbets de bonne qualité (**Apria, 1973**). Dans la confiserie Le lactosérum est utilisé dans la fabrication de certains bonbons, et il se trouve le moins coûteux des produits laitiers utilisables du fait de son importante teneur en eau (**Vrignaud, 1983**).

1.3.2.4. En boulangerie

La combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables (contre le rancissement). Amélioration du goût et l'arôme du pain ; Amélioration des caractéristiques internes et externe : affinage de la coloration ; pâte plus tendre et augmentation du rendement (**Apria, 1973**).

1.3.3. En biotechnologie

1.3.3.1. Comme substrat de fermentation

Grace à sa composition biochimique surtout en lactose, le lactosérum est principalement utilisé comme source de carbone et d'énergie pour les milieux de fermentation par plusieurs microorganismes assimilant le lactose. Il s'agit des levures de boulangerie telles que *Saccharomyces cerevisiae* (**Gana et Touzi, 2001**). Le lactosérum peut aussi être utilisé comme milieu de culture pour les moisissures. *Penicillium camemberti* a permis la production des protéases acides, neutres et alcalines. Ce sous-produit a été utilisé aussi comme milieu de base pour la production de la cellulase par la moisissure *Aspergillus niger*, mais déprotéiné (**Leghlimi, 2004**).

1.3.3.2. Dans la production des vitamines et des enzymes

Le lactosérum est utilisé comme milieu de culture pour la production de vitamines et d'enzymes, par le biais de microorganismes, qui utilisent ce milieu de culture comme source d'énergie et de carbone. Parmi ces microorganismes, on peut citer : *Propionibacterium shermanii* qui produit la vitamine B12 et *Saccharomyces fragilis* qui permet la production de bêta galactosidase (**Luquet et Boudier, 1990**).

2. Valorisation des coproduits de l'industrie sucrière

2.1. Définition

Le sucre est un produit alimentaire d'origine végétale, composé pour l'essentiel de saccharose et diverses substances naturelles appartenant à la classe des glucides responsables d'une des quatre saveurs gustatives fondamentales (le sucré). Le saccharose est extrait de la betterave sucrière ou de la canne à sucre. (**Langlois et Garriguet, 2011**).

2.2. Coproduits de l'industrie sucrière et voies de valorisation

2.2.1. La mélasse

2.2.1.1. Définition

La mélasse désigne le résidu final de la préparation du sucre cristallisé à partir de la betterave sucrière, canne à sucre ou de raffinerie. La mélasse se présente sous forme d'un résidu sirupeux, pâteux et visqueux de couleur brune noirâtre, incristallisable, elle est obtenue après le turbinage de la cuite du dernier jet (**Curtin, 1983**).

2.2.1.2. Principales utilisations de la mélasse

La mélasse est utilisée comme édulcorant, elle entre dans la composition de desserts et de friandises, et elle est surtout utilisée pour la production d'éthanol et l'alimentation du bétail.

- **Production d'alcool éthylique**

L'alcool éthylique produit à partir de mélasse, est essentiellement utilisé par l'industrie agroalimentaire (pour la production de spiritueux notamment), la parfumerie et la pharmacie galénique (comme solvant) ainsi qu'en biocarburant (**Patel et Desai., 2003**). Le bioéthanol est obtenu après fermentation alcoolique puis distillation (**Visser et Frederiks, 2006**). Selon **Sanogo (2005)**, à partir de 3.5 à 4 tonnes de mélasse, on peut produire une tonne d'alcool éthylique.

- **Alimentation de bétail**

La mélasse est utilisée dans l'alimentation des ruminants et des chevaux, mélangée ou simplement épandue sur le fourrage. Elle accroît l'appétibilité et se substitue à d'autres glucides plus coûteux. Mais quels que soient l'espèce animale et les produits, une forte complémentation azotée s'impose vu que la mélasse est pauvre en matière azotée (**Archimède et al., 2011**).

2.2.2. La bagasse

2.2.2.1. Définition

La bagasse est le résidu fibreux obtenu après broyage de la canne à sucre pour l'extraction du jus de canne dans les moulins des sucreries et distilleries. Il en ressort 70% du jus et 30% de la bagasse (8000 tonnes de cannes équivalent à 2400 tonnes de bagasse). La bagasse est considérée comme un coproduit de la canne plus que comme

un déchet de l'industrie sucrière. Ce coproduit est généralement valorisé dans le domaine énergétique, agroalimentaire et industriel.

- **Valorisation énergétique**

La bagasse est très largement exploitée à travers le monde pour sa teneur en cellulose et son haut pouvoir calorifique. En effet, le pouvoir calorifique inférieur (PCI) de la bagasse sèche est de 4250 kcal/kg. Après l'extraction du sucre, la bagasse est transportée vers les centrales thermiques pour produire de l'énergie, vapeur pour la sucrerie et électricité vendu sur le réseau EDF (CTCS, 2005).

- **Valorisation agroalimentaire**

La bagasse est employée dans l'alimentation des bovins. Elle est tout d'abord traitée car elle est indigeste lorsqu'elle est consommée crue, à cause de la présence de lignine qui gêne le développement des micro-organismes du rumen. Une fois traitée, elle est mélangée à la mélasse, au grain, à de la farine de poisson, de l'urée ainsi qu'à d'autres minéraux et vitamines (Garcia *et al.*, 1990).

- **Valorisation en matériaux**

Parmi les sources de fibres autres que le bois, la bagasse est la plus utilisée pour la fabrication de la pâte à papier, devant le roseau et les pailles de céréales. Des innovations récentes permettent la fabrication de contenant alimentaire (assiettes, gobelets et barquettes). La transformation de bagasse en panneaux existe au stade industriel dans différents pays. Les panneaux en bagasse actuels ont une faible résistance à l'humidité et aux champignons. Afin d'améliorer leur propriété technologique, Hoareau (2005) a modifié chimiquement la lignine, Paiva et frollini (2002) ont modifié la cellulose et les hémicelluloses.

3. Valorisation des sous-produits de dattes

3.1. Les déchets de dattes

Les dattes qualifiées de perdues sont les dattes qui ne sont pas consommées, soit du fait de leur faibles qualités gustatives, soit du fait de leur texture rébarbative, soit tout simplement parce qu'elles sont altérées. A ceux-ci s'ajoutent les problèmes de conditionnement et de stockage et les problèmes agro-écologiques qui concernent surtout les techniques culturales d'irrigation, et de traitement et les intempéries ainsi que

les mauvaises techniques de conservation qui sont responsables des différentes altérations occasionnées par toute sorte de parasites (**Estanove, 1990**).

3.2. Importance économique de la valorisation des dattes

La valorisation des dattes permet de transformer les dattes de faible valeur commerciale qui ne répondent pas au standard international. Elle présente un impact socio-économique considérable tant du point de vue de la création d'emplois et l'amélioration des revenus des producteurs indispensable à leur maintien dans ce milieu difficile. Ainsi, les produits issus de la transformation de la datte limiteraient, par ailleurs la dépendance économique du pays vis-à-vis de l'étranger et lui permettraient d'économiser des devises susceptibles d'être dégagées pour d'autres secteurs (**Touzi, 1997**).

3.3. Transformation des dattes

Les dattes qui ne sont pas consommées ou consommables, en l'état, sont transformées en divers produits bruts ou finis, destinés à la consommation humaine ou animale et à l'industrie. Les transformations technologiques, biotechnologiques et l'utilisation des déchets des dattes les plus connues et utilisées à l'échelle internationale sont résumées dans la figure ci-dessous.

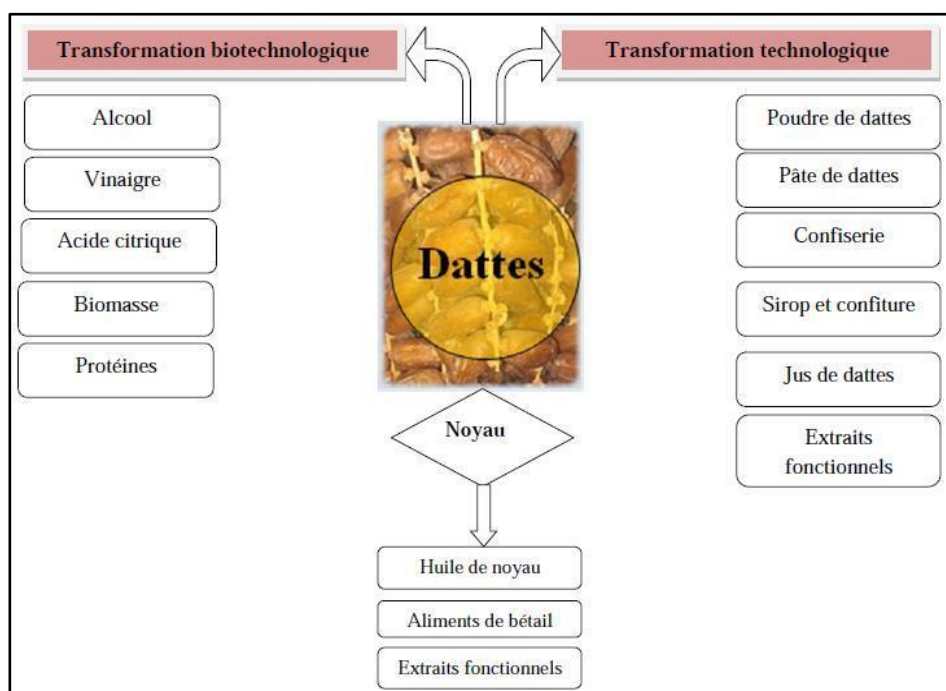


Figure 02 : Ensemble des produits dérivant de la transformation des dattes
(**Ouhejjou, 2010**)

3.3.1. Transformation technologique

Il s'agit de techniques basées sur des procédés industriels de transformation de la datte.

- **Pâte de dattes**

Les dattes molles et demi-molles peuvent servir à la confection de pâte de datte. On leur ajoute de la farine de dattes ou de sirop de dattes pour leur donner une consistance convenable. Cette pâte est utilisée en biscuiterie, en pâtisserie et pour la confection de glaces (**Munier, 1973**).

- **Farine de dattes**

La farine des dattes est obtenue à partir des dattes séchées. Après nettoyage, les dattes sont dénoyautées et coupées puis séchées jusqu'à humidité inférieure à 5 %. Compte tenu de sa richesse en sucres, cette farine est utilisée en biscuiterie, en pâtisserie et dans la préparation de nombreux produits alimentaires (**Munier, 1973**).

- **Jus de dattes**

Les dattes de qualité médiocre sont transformées en jus de datte (**Chaira et al., 2007**).

Les pulpes de datte sont finement hachées et une quantité d'eau est ajoutée (**Mahjoub et Jraïdi, 1992**), le mélange est ensuite incubé au bain-marie selon un couple temps-température donnée. Puis, on procède à une étape de filtration suivie d'une clarification pour éliminer les déchets et les solides insolubles. Le jus concentré de datte est utilisé avec succès dans la fabrication des crèmes et des desserts glacés et des boissons à base de lait (**Estanove, 1990**).

- **Sirop de dattes**

Les dattes de qualité secondaire, trop molles ou écrasées, peuvent être utilisées pour la fabrication du sirop. Ce produit bien que d'aspect sombre, est stable et est utilisé comme édulcorant dans de nombreuses préparations pâtisseries et peut également servir comme base à la production de boissons gazeuses et peut remplacer aussi le sucre dans la préparation des crèmes glacées (**Mahjoub et Jraïdi, 1992**).

3.3.2. Transformation biotechnologique

Il s'agit de techniques visant à réaliser des applications industrielles de la bioconversion et de la transformation des substances organiques de la datte.

- **Vinaigre de dattes**

Les rebuts de dattes et les dattes communes peuvent être utilisés comme matière première de choix pour la production de vinaigre vue leur richesse en sucres. Le vinaigre produit après double fermentation : Fermentation alcoolique en milieu anaérobie et- Fermentation acétique par en milieu aérobie stricte. On peut trouver deux types de vinaigre : le vinaigre ordinaire pigmenté, c'est-à-dire non décoloré et le vinaigre balsamique de datte qui est très prometteur (**Bouaziz, 2010**).

- **Alcool de dattes**

Grâce à sa composition chimique et sa richesse en minéraux et oligoéléments, le déchet de datte permet d'obtenir une bonne productivité en alcool brut. Ce dernier est obtenu après 72h de fermentation et 1h20mn de distillation L'alcool de datte est utilisé à des fins médicales (**Boulal et al., 2010**).

- **Production d'acide citrique**

La richesse de la datte en sucres et en éléments minéraux offre à celle-ci, la possibilité d'être valorisée en bioproduits, en l'occurrence l'acide citrique. Le substrat de fermentation le plus utilisé est la mélasse. Le moût de dattes de faible qualité marchande, a permis d'avoir des résultats assez intéressants (**Siboukeur et al., 2001**). L'acide citrique produit de première importance en industrie alimentaire, trouve des applications dans les industries des boissons et pharmaceutique, le tannage, la teinture, etc. (**Campbell, 1989**).

- **Production de biomasse**

Les sous-produits de dattes peuvent servir comme substrat pour la production de levure boulangère (**Khan et al., 1995**).

- **Production de Biofuel**

La valorisation énergétique des sous-produits de l'industrie des dattes en bioéthanol s'inscrit dans une démarche économique et environnementale. Les déchets de datte sont transformés, par des procédés biotechnologiques en biocarburant,

substance énergétique qui peut remplacer le pétrole léger, ou au moins permettre le coupage de l'essence (5 à 10 %). Parmi ces biocarburants on peut citer :

- ✓ L'hydrogène produit à partir de dattes pourris.
- ✓ L'éthanol produit à partir de sirop de datte, de jus de datte et d'extrait de datte.
- ✓ Butanol produit à partir de sous-produits de dattes.
- ✓ Bio surfactant produit à partir de sirop de dattes (**Abd-Alla et al., 2012**).

3.3.3. Transformation des coproduits de dattes

- **Alimentation animale**

Les noyaux de dattes entrent dans la composition des aliments de bétail. La valeur fourragère d'un kilogramme de noyaux est équivalente à celle d'un kilogramme d'orge. Ces noyaux constituent donc un sous-produit intéressant qui ne doit pas être négligé. Les noyaux de datte trouvent leur emploi, plus spécifiquement, chez les ruminants. En effet, ils ont une bonne valeur énergétique, par conséquent, ils conviennent parfaitement à l'engraissement et ont une place de choix pour la production laitière (**Hararak et Boujnah, 2012**).

- **Cosmétologie**

L'huile des noyaux de dattes a démontré des propriétés protectrices à l'égard des rayons UVA et UVB responsables de dommages cellulaires. Cette propriété serait intéressante à étudier pour un éventuel emploi futur dans les crèmes solaires. Le niveau de protection mesuré est comparable à celui du dioxyde de titane. Par ailleurs, les propriétés anti-âges de la crème de noyaux de dattes ont été observées in vivo (**Hararak et Boujnah, 2012**).

4. Valorisation des coproduits de l'industrie de viande

4.1. Définition

L'industrie de viande regroupe les activités d'abattage (bétail et volailles) et de découpe de viande ainsi que celles de l'industrie du 5^{ème} quartier qui désigne l'ensemble des parties issues de l'animal abattu qui ne sont pas désignées sous le terme viande. En effet, de grandes quantités de sous-produits sont générées lors de l'abattage et de la transformation des animaux en vue de la consommation humaine. Ces résidus

qui représentent de 35 à 50 % du poids de chaque animal, possèdent un impact économique et environnemental majeur (**Ferraro, 2020**).

4.2. Coproduits de la filière viande et voies de valorisation

Ces résidus peuvent être classés en 2 catégories : Les résidus comestibles (coproduits propres à la consommation humaine), tels que les abats, et les résidus non comestibles (sous-produits non destinés à rentrer dans le circuit de l'alimentation humaine), tels que les os, les ligaments, les sabots, les plumes et les têtes de volaille, les soies de porc, les cornes, les pieds, les cuirs et les peaux (y compris les chutes et rognures), le tissu adipeux et le sang (**Ferraro, 2020**).

4.2.1. Les abats

Les abats sont utilisés pour l'alimentation humaine (foie, cœur, cervelle, langue, rognons, ris), pour la production de gélatine (peaux de porc principalement), en opothérapie (traitement des maladies par de cellules d'origine animale), pour l'alimentation des animaux de compagnie et pour la production d'huiles techniques (lubrification, forages pétroliers, etc.). Le pancréas de porc principalement, mais également de veau, est utilisé dans des laboratoires qui en tirent l'insuline qui représente un antidiabétique, la pancréatine qui aide à assimiler les graisses, ainsi que des enzymes de fermentation. À partir de la bile de bovin, à l'exclusion de celle des veaux, sont extraits les sels biliaires qui aident dans la digestion de graisses, et au fonctionnement de la vésicule biliaire. Elle est également utilisée dans la réalisation de milieux de culture microbiens et à l'élaboration de médicaments comme les corticoïdes (**France AgriMer, 2013**).

4.2.2. Les os

Les os représentent environ 50% de l'origine de la gélatine produite (**Linder, 1996**). Les os sont donc destinés à la fabrication de gélatine et de farine destinée à la supplémentation en minéraux pour l'alimentation animale. La gélatine est utilisée selon sa qualité pour la synthèse d'émulsions photographiques, et en industrie pharmaceutique et cosmétologique, ainsi que dans les domaines de la fabrication des textiles, colles et papiers. (**Lang, 1990**).

4.2.3. Sang

Le sang des abattoirs est destiné au domaine alimentaire (alimentation animale et humaine) ou au domaine industriel. Pour l'alimentation animale, on y utilise soit du sang entier, soit un sang des sous-produits obtenus après centrifugation : le cruor qui contient les éléments tirés du sang et du plasma (**Dehaumont, 1982**). Les farines de sang ou en poudre de cruor dont la composition atteint 90% de protéines, permettent de réaliser, en association aux farines de viandes, une complémentation de la ration pour le bétail (**Noordman et al., 2002 ; Dailloux et al., 2002**). Pour l'alimentation humaine, la farine de cruor est utilisée comme colorant de certains aliments. Les protéines du plasma sont utilisées comme agent gélifiant ou agent liant en charcuterie et en boulangerie et pour stabiliser les émulsions (**Selmane, 2010**). Concernant le domaine industriel, Le sang est utilisé dans la préparation de l'albumine industrielle, employée dans l'industrie de la teinture, où elle sert d'apprêt pour la coloration des textiles et du papier ; elle sert aussi dans l'industrie du cuir, pour le corroyage préalable à la teinture (**Albertsen, 1958**).

4.2.4. Graisses animales

Les graisses animales sont des sous-produits très utilisés dans la fabrication de suif et de saindoux. Le suif est transformé à partir de graisse de bœuf ou de mouton (en particulier de la graisse dure autour des reins). Il peut être utilisé dans la cuisine, pour la friture par exemple ou dans la production de savon, de bougies et de biodiesel. Le saindoux est fabriqué à partir de graisse de porc. Le saindoux est une graisse semi-solide obtenue à partir de graisse de porc. Il peut être utilisé dans la cuisson et comme pâte à tartiner, tout comme le beurre ou les gouttes. Il a également des utilisations industrielles dans la production de cosmétiques et la création de biocarburants (**Weiss, 1983**).

4.2.5. Peaux et cuire

Quand les animaux sont abattus, les cuirs et les peaux sont soit séchés sur place soit vendus verts (ou frais) aux tanneries locales ou aux exportateurs pour la fabrication de biens de consommation finale (chaussures, articles de maroquinerie, gants, vêtements) (**Paquier, 1974**).

4.3. Valorisation de coproduits de céréales

Les pailles sont les sous-produits de la culture des céréales à petits grains (blé, orge, avoine, maïs, riz etc.), elles sont constituées de la tige lignifiée rigide de la plante

récoltée à maturité (**Chenost et Kayouli, 1997**). La paille est un important aliment pour les animaux à cause de sa très grande production dans le monde (**Reed et al., 1987**). Ces résidus contribuent largement à l'affouragement et l'alimentation des ruminants et assurent également une part importante de la couverture énergétique primaire notamment dans les PED (**Février et Willequet, 2009**).

4.4. Valorisation des coproduits des fruits

La transformation des fruits sous forme de produits séchés, concentrés, congelés etc. conduit à l'apparition d'une gamme variée de sous-produits et déchets composés notamment de pulpe de fruits, de peaux, de pépins et de queux. Ces sous-produits sont valorisés par plusieurs manières :

4.4.1. Alimentation animale

En général, la valeur énergétique des résidus de fruits est assez élevée, grâce aux pectines digestibles et aux sucres. Les ruminants sont les premiers utilisateurs des résidus de fruits frais ou ensilés. Grâce aux microorganismes de leur rumen, ils peuvent utiliser les sous-produits riches en fibres ou contenant certains facteurs antinutritionnels qui ne sont pas supportés par les monogastriques (**Moletta, 2009**).

4.4.2. Epandage et compostage

Les résidus de fruits sont utilisés directement comme fertilisants par épandage à condition que cette pratique soit contrôlée car elle peut entraîner certains risques liés à un excès d'éléments minéraux qui peut provoquer de fortes perturbations de la flore présente et un déséquilibre des minéraux présents dans le sol. Par apport à l'épandage, le compostage des coproduits des fruits est une autre voie de valorisation comme fertilisants des sols (**Moletta, 2009**).

4.4.3. Production d'énergie

Les coproduits des fruits sont des matières très humides et riches en matières organiques biodégradables (**Duchêne-Massias, 2015**). La technologie de digestion anaérobie semble être une voie prometteuse qui permet la valorisation de ces produits en biogaz par bio méthanisation (**Marouani et al., 2002**).

4.4.4. Obtention d'agro carburants

Les résidus des fruits sont classés parmi les agro-carburants. Ces derniers sont obtenus à partir de la valorisation de la biomasse (bioéthanol, biodiesel etc.). Ils peuvent être utilisés dans différents processus industriels (**Balat et al., 2008**).

*Chapitre 3 : Le vinaigre de cidre de
pomme*

1. Généralités sur la pomme

1.1. Histoire

La pomme est une descendante de l'espèce *Malus sieversii* consommée par l'homme depuis le Néolithique sur les plateaux d'Asie centrale. Il y a 3000 ans, elle était déjà consommée par les Chinois. Elle arriva par la route de la soie chez les Arabes, les Grecs et les Romains. Pline l'Ancien en répertoria plus tard environ cent variétés. Aujourd'hui, il existerait plus de 20000 variétés, dont 7000 sont cultivées à travers le monde (Oukabli, 2004).

1.2. Description

La pomme est le fruit du pommier. C'est une angiosperme appartenant à la famille des Rosacées, sous famille des Maloïdées (arbres fruitiers à pépins) et au genre *Malus*. D'un point de vue botanique, La pomme est une baie, c'est-à-dire un fruit charnu sans noyau dur. Son poids est très variable selon les variétés et les conditions de végétation. Ses couleurs à maturité, se déclinent du vert « pomme » au rouge plus ou moins foncé en passant par une grande variété d'intermédiaires vert pâle, jaune, orangé ou de couleurs plus ou moins panachées (Heller *et al.*, 2000).

1.3. Composition

La pomme est un fruit de composition variée et équilibrée. Elle renferme plus de 84 % d'eau, dans laquelle sont dissous de très nombreux minéraux et oligo-éléments : potassium, phosphore, zinc, cuivre, manganèse. Sa peau et sa chair comprennent un large éventail de vitamines : vitamine C, vitamines du groupe B, vitamine E, vitamine A, en quantités modérées toutefois. La peau concentre davantage de vitamine C que la pulpe (4 à 6 fois plus), mais ne représente qu'une fraction limitée (environ 25 %) de l'apport global en vitamine C du fruit. La pomme contient également une grande variété de composés antioxydants, notamment des flavonoïdes. Ses fibres sont abondantes et composées en majorité de matières pectiques solubles (pectines, protopectines, acide pectique...) (Aprifel, 2008).

1.4. Variétés

Il existe plus de 7500 cultivars de pommes. De multiples classements sont possibles: Par famille d'utilisation, par origine géographique, par période de

mûrissement, Par qualités intrinsèques. Il existe un grand nombre de variétés de pommes, fonction des climats et des disparités régionales. Voici quelques-unes des plus connues avec leur saveur et leurs périodes de disponibilité (**Callejón, 2009**).

- **Golden** : douce et parfumée, sucrée et croquante ; à croquer et à cuisiner d'août à juin.
- **Gala** : arôme fruité, rafraîchissante et sucrée ; à croquer et à cuisiner d'août à février.
- **Reine des reinettes** : légèrement acidulée, sucrée, avec arôme de miel ; à croquer et à cuisiner d'août à octobre.
- **Braeburn**: acidulée et sucrée, très croquante, juteuse ; à croquer et à cuisiner de novembre à avril.
- **Jonagold**: juteuse, sucrée, arôme fruité ; à croquer et à cuisiner d'octobre à juin.
- **Pink Lady** : sucrée, très croquante, arôme fruité ; à croquer et à cuisiner de novembre à mai.
- **Elstar** : sucrée et acidulée, juteuse et parfumée, à croquer et à cuisiner d'août à mars.
- **Tentation** : très parfumée et sucrée, juteuse et croquante, arôme fruité, à croquer et à cuisiner de décembre à avril.
- **Fuji** : sucrée et rafraîchissante, croquante et juteuse ; à croquer de janvier à juin.
- **Idared** : légèrement acidulée, croquante ; à croquer de janvier à juin.
- **RedDelicious** : délicatement sucrée, croquante ; à croquer d'octobre à avril.
- **Reinette grise du Canada** : acidulée, sucrée, arôme du terroir ; à croquer et à cuire au four de novembre à mars.
- **BelchardChantecler** : sucrée, acidulée, très parfumée ; à croquer d'octobre à juin.
- **Belle de Boskoop** : acidulée et parfumée ; à croquer et à faire en tarte d'octobre à mars.
- **Granny Smith** : très acidulée et croquante, rafraîchissante, ferme et juteuse ; à croquer d'octobre à avril.

1.5. Consommation

La pomme peut se manger crue ou cuite, en dessert ou en accompagnement de mets salés, en compote, en tarte, en gâteau, en gelée, en confiture, en pâte de fruit ; on peut en faire du jus ou des boissons fermentées. Selon le mode de consommation le plus

adapté à la variété, on parle de «pomme de table» (ou «pomme à dessert» ou «pomme à couteau»), de «pomme à cuire» ou de «pomme à cidre» (**Bidault, 1984**).

1.6. Vertus et Bienfaits

Considérée comme l'un des 10 meilleurs aliments au monde, régulièrement étudiée par les chercheurs, la pomme ne cesse d'étoffer la liste de ses bienfaits. Selon (**Aprikian, 2001**), elle est reconnue efficace pour:

1.6.1. Donner de l'énergie

Elle est très riche en vitamines, notamment C, A et B mais également gorgée de minéraux et oligoéléments (calcium, magnésium, potassium, fer, sélénium, zinc...), la pomme est à la fois énergétique et protecteur cellulaire. Elle apporte également une bonne hydratation (elle contient près de 90% d'eau), elle aussi indispensable au bon fonctionnement de l'organisme.

1.6.2. Réguler le transit, aider la digestion

Elle est riche en fibres insolubles et solubles (en moyenne 2g/100g), la pomme est l'alliée du bon fonctionnement intestinal. Les premières aident à lutter contre la constipation, les secondes contre la diarrhée. Un équilibre parfait donc qui, de plus, stimule les fonctions immunitaires des bonnes bactéries du côlon.

1.6.3. Combattre le cholestérol, le diabète et le surpoids

La particularité de la pomme est sa haute teneur en pectine, une fibre soluble non agressive qui forme un gel visqueux absorbant ainsi une partie des graisses pour les éliminer et donc modérer leur assimilation. En ralentissant l'absorption des glucides, ces mêmes fibres permettent aussi de freiner la hausse de la glycémie. Au final, moins de cholestérol, moins de diabète et moins de poids... Globalement, la pomme est donc un sérieux protecteur des maladies cardiovasculaires.

1.6.4. Prévenir certains cancers

La pomme est un véritable concentré d'antioxydants (vitamines, polyphénols, flavonoïdes dont notamment la quercitrine) dont les composés, associés entre eux, ont la faculté de diminuer le risque de cancer, notamment du foie et du côlon.

1.6.5. Lutter contre le vieillissement

Sa richesse en antioxydants et surtout en polyphénols en fait aussi un soin anti-âge de choix en luttant contre les radicaux libres qui accélèrent le vieillissement cellulaire, y compris cutané.

1.6.6. Protéger les dents

Croquer une pomme implique de mastiquer. Ce qui permet de stimuler la production de salive qui fait naturellement défaut en prenant de l'âge et fait le lit des caries si fréquentes chez les seniors. La mastication offre aussi un massage bénéfique aux gencives, protégeant des maladies parodontales.

2. Généralités sur le vinaigre

2.1. Historique

Le vinaigre était découvert par les anciennes civilisations, sa fabrication remonte à plus de 5000 ans avant J.-C par les Babyloniens à partir du vin de palme. Il est utilisé comme condiment, comme agent de conservation, dilué dans l'eau ou comme boisson. Pasteur fut le premier à démontrer en 1868 que l'acide acétique provenait bien de l'oxydation de l'éthanol par des microorganismes, à qui il proposa le nom de *Mycodermaaceti*. Par la suite, Hansen a démontré en 1879 la présence de plusieurs espèces bactériennes. Beijerinck proposa en 1899 le nom du genre *Acetobacter* (Bourgeois et Larpent, 1996).

2.2. Définition

Le vinaigre ou « vin aigre » est un vin qui a tourné par l'action des bactéries acétiques. Tout produit obtenu par la fermentation acétique de boissons ou des dilutions alcooliques est appelé vinaigre (Bourgeois et Larpent, 1996). Le vinaigre est un liquide adapté pour la consommation humaine, il est produit à partir du matériel d'origine agricole, renfermant dans sa composition de l'amidon ou des sucres, il contient une quantité indiquée d'acide acétique obtenu par le processus de la double fermentation, alcoolique et acétique (Tsfaye et al., 2002).

2.3. Composition

Quelle que soit l'origine du vinaigre, il affiche toujours à peu près la même composition :

- ✓ 90 % d'eau. Entre 5 et 8 % d'acide acétique, jusqu'à 12 ou 14 % dans le vinaigre d'alcool blanc ménager. C'est le vinaigre acétique qui est responsable de la saveur piquante du vinaigre et de la plupart de ses bienfaits santé. L'indication 5 % ou 8 % que vous pourrez voir sur une bouteille de vinaigre, indique cette teneur en acide acétique (et pas, contrairement aux idées reçues, la teneur en alcool : il ne s'agit pas de vin).
- ✓ Un peu d'alcool, sous forme de traces.
- ✓ Divers éléments, dont la teneur varie en fonction des vinaigres. Dans le vinaigre de cidre par exemple, on trouve des acides aminés, des enzymes, des vitamines (B et D), des oligo-éléments et des minéraux (calcium, chlore, fer, fluor, magnésium, potassium, phosphore, silicium, sodium, soufre, bore...) (**Delcourt, 2019**).

2.4. Types

Aux côtés de deux grands classiques – vinaigre blanc et vinaigre de cidre –, il existe aujourd'hui sur le marché des dizaines d'autres vinaigres différents, fabriqués à partir de vin, de bière, de miel, de céréales (riz, malt...) de fruits (datte, figue, framboise...), etc. Petit tour des principaux. Les différences entre ces variétés de vinaigres sont surtout liées à la matière première de départ.

2.4.1. Vinaigre d'alcool

Le vinaigre d'alcool, aussi appelé vinaigre blanc ou cristal, est fabriqué à partir de sucre de betterave, transformé en alcool puis en acide acétique. C'est le vinaigre le plus classique, celui que l'on trouve dans tous les supermarchés. C'est un nettoyant ménager hors pair, multi-usages, efficace, naturel, biodégradable, sans émanations. On l'emploie aussi pour certains soins de beauté, notamment dans le bain, pour le soin des cheveux ou encore pour apaiser les petites brûlures. En cuisine, il est utilisé pour préparer une vinaigrette (**Clavet, 1992 ; Grelon, 2005**).

2.4.2. Vinaigre balsamique

Le vinaigre balsamique résulte de la cuisson de jus de raisin qui est ensuite mis à mûrir et à fermenter naturellement dans des fûts en bois, de plus en plus petits. Cela

donne un baume (d'où le nom de « balsamique ») à la texture sirupeuse et au goût et à la couleur intenses. Il est préparé à partir de raisins issus de cépages particuliers, cultivés dans la région de Modène, en Italie (**Caligiani et al., 2007**). Il existe plusieurs types de vinaigre balsamique :

2.4.2.1. Vinaigre traditionnel balsamique

Il est composé uniquement de moût de raisin. Il a mûri au moins 12 ans en fût, voire beaucoup plus. Plus il est vieux, plus il est cher. C'est un vinaigre extrêmement fin et parfumé : quelques gouttes suffisent pour relever un plat.

2.4.2.2. Vinaigre industriel balsamique

C'est un mélange de moût de raisin (20 % minimum) et de vinaigre de vin (10 % minimum), sans vieillissement et dans des fûts. Ce qui donne des produits très différents, avec parfois une adjonction de caramel pour en donner la texture et la couleur (**Delcourt, 2019**).

2.4.3. Vinaigre de vin

C'est l'un des vinaigres les plus utilisés dans la cuisine, en particulier en France, Espagne, Portugal, Italie, etc. Comme son nom l'indique, il est produit à partir de vin rouge ou blanc. Sa méthode de fabrication consiste à laisser le vin fermenter naturellement dans des fûts de chêne, sans ajouter aucun autre ingrédient. Au bout de trois semaines, la moitié du contenu du fût est transférée dans un fût plus petit, et le fût originel est complété. Certains de ces vinaigres « à l'ancienne » vieillissent ainsi pendant un an, ce qui en fait des produits de luxe, dont les saveurs sont incomparables mais qui sont vendus très cher (**Callejon et al., 2009**).

2.4.4. Vinaigre de riz

Le vinaigre de riz est un vinaigre typiquement japonais. C'est un ingrédient indispensable pour la fabrication du riz vinaigré, qui est la base des sushis. Mais au Japon, on l'utilise aussi pour de nombreuses autres recettes : pour assaisonner les légumes et les salades, dans les plats mijotés, dans les marinades... Comme son nom l'indique, il provient de la fermentation du riz ou de l'alcool de riz (le saké). Son goût est moins acide que les vinaigres connus en Occident, car son taux d'acide acétique tourne autour de 4 à 5 %. Il existe plusieurs types de vinaigres de riz :

- **Le komesu** : est le vinaigre de riz le plus pur, fabriqué uniquement à partir de riz fermenté et d'eau. Le kasuzu, lui, est produit à partir d'alcool de riz fermenté. Tous deux sont transparents et ont un goût neutre. On les utilise dans les salades, les marinades, les plats mijotés...
- **Le sushizu** : (littéralement vinaigre pour sushis) ou (vinaigre mixte) est un vinaigre de riz additionné d'un mélange de sucre et de sel. Il sert pour la préparation des sushis, mais aussi pour les salades, les marinades... Il est de couleur jaune pâle.
- **Le kurozu** : est préparé à partir de riz complet, ce qui lui donne une couleur brune à presque noire. Il est plus riche en minéraux. On le trouve principalement dans les épiceries japonaises (**Delcourt, 2019**).

2.4.5. Vinaigre de malt

Il est obtenu sans distillation à partir d'orge malté, avec addition éventuelle de céréales dont l'amidon a été transformé en sucres. Ce vinaigre est produit dans les pays anglo-saxons (**Bouaziz, 2009**).

2.4.6. Vinaigre des jus de fruits

Il est également possible de fabriquer du vinaigre à partir de toutes sortes de fruits, comme le vinaigre de coing ; le vinaigre de framboise ; le vinaigre de groseille ; le vinaigre de mangue ; le vinaigre de tomate séchée ; le vinaigre de datte ; le vinaigre de figue ; le vinaigre de figue de Barbarie ; le vinaigre de grenade ; le vinaigre de pamplemousse et le vinaigre de cidre de pomme (**Callejon et al., 2009**).

3. Le vinaigre de cidre de pomme

3.1. Définition

Comme le nom l'indique, il s'agit d'un vinaigre à base de pomme. Il est créé au stade où le cidre de pomme alcoolisé, composé principalement de jus de pomme, se transforme en vinaigre grâce à un processus de fermentation similaire à celui qui est utilisé pour la fabrication du vin. L'action conjointe des bactéries et des levures favorise la production d'acide acétique. En plus de présenter plusieurs bénéfices pour la santé, l'acide acétique est couramment utilisé comme agent de conservation des aliments, car il permet de prévenir la formation ou la prolifération de bactéries (**El Idrissi, 2014**).

3.2. Composition

Le vinaigre de cidre de pomme est un véritable produit de santé grâce à ses propriétés il contient des substances nutritives intéressantes, notamment :

- ✓ Des enzymes bénéfiques pour la santé.
- ✓ Des antioxydants (environ 600 mg par litre). Ceux-ci sont indispensables pour lutter contre les radicaux libres, à l'origine du processus de vieillissement et de l'apparition de certaines maladies.
- ✓ Des vitamines A, B1, B2, B3 et C.
- ✓ Des minéraux divers (phosphore, calcium, magnésium, soufre, fer, fluor, bore, silice...), mais surtout du potassium (jusqu'à 1 g par litre). Le potassium joue un rôle majeur dans l'équilibre acido-basique (**Grelon, 2005**).

3.3. Procédés de production

Le vinaigre est le résultat d'une double réaction chimique. La première consiste à transformer un sucre en alcool (fermentation alcoolique) ; et la seconde à transformer cet alcool en acide acétique (fermentation acétique).

3.3.1. Fermentation alcoolique

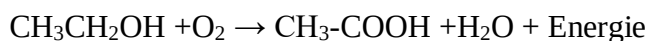
La fermentation alcoolique désigne la formation d'alcool éthylique et de gaz carbonique à partir de sucres fermentescibles, essentiellement le fructose et le glucose. (**Vasserot 1996 ; Gayon et al., 1998**).



Beaucoup de levures sont responsables de cette fermentation, et principalement l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* (**Mortimer et Polsinelli, 1999**). *Torulaspora delbrucki*sp participe également à cette fermentation avec des effets intéressants, de sorte qu'elle est préconisée comme complément à *S. cerevisiae* (**Renault et al, 2009**).

3.3.2. Fermentation acétique

La fermentation acétique est un processus biochimique où l'éthanol est oxydé en acide acétique par le biais de bactéries acétiques dans des conditions stricts d'aérobiose, elle nécessite donc une très forte aération (**Guiraud, 1998 ; Tesfaye et al., 2002**).



Cette fermentation est assurée des bactéries acétiques comme *Acétobacter aceti* (Mbungu *et al.*, 2016).

4. Utilisations

4.1. Vertus thérapeutiques

Le vinaigre de cidre est une véritable potion magique :

✓ Il a un effet antibactérien sur plusieurs types de bactéries notamment contre *E. coli* et *salmonella* (Winarsih *et al.*, 2009).

✓ Sa teneur en flavonoïdes qui sont des antioxydants peut réduire les effets nocifs du cholestérol et protègent contre l'athérosclérose (Bárdos et Bender, 2012).

✓ Il peut améliorer la sensibilité à l'insuline chez le diabète de type II et réduit les niveaux d'insuline chez les sujets insulino-résistants, puisqu'il retarde la vidange gastrique et inhibe les enzymes digestives (Schvarcz *et al.*, 1995).

✓ Grâce aux antioxydants qu'il contient, il est capable de tuer les cellules cancéreuses ou de ralentir leur croissance comme ceux de l'œsophage (Arab et Guezzoun, 2003).

✓ Il combat les intoxications alimentaires, les flatulences, les spasmes et stimule la digestion. Il lutte également contre la constipation et régénère la flore intestinale.

✓ Il soulage les troubles arthritiques et élimine également les dépôts calcaires des articulations. Il agit dans les cas d'arthrose, de calculs biliaires ou rénaux. (Oszmiański *et al.*, 2008).

✓ Il a une action bénéfique sur la perte de poids. Il est riche en pectine, qui a pour effet d'augmenter la sensation de satiété permettant une réduction de l'apport en calories à long terme (Ostman *et al.*, 2005).

✓ En plus de son utilisation comme condiment, antioxydant, conservateur d'aliment, il est aussi utilisé pour soigner plusieurs maladies et infections tel que les maux de tête et de gorge, les pellicules, les toux, les piqûres des insectes, les brûlures... etc. (Sebihi, 1996).

4.2. Utilisation en cuisine

Les utilisations culinaires du vinaigre ont été très nombreuses :

- ✓ Fabrication de la moutarde, de la mayonnaise et des sauces...
- ✓ Conservation de la viande, des poissons, des légumes, des fruits de saison, des gâteaux, des épices... **(Divies, 1989)**, car il empêche l'oxydation des fruits et légumes **(Arab et Guezzoun, 2003)**.

4.3. Usage domestique

Le vinaigre est considéré comme un antiseptique qui s'utilise dans le nettoyage du sol, des vitres et des glaces. Il sert souvent comme anti moustique, ou colle s'il est mélangé à la farine, désinfectant, désodorisant, détartrant, fixant par exemple de couleur des vêtements, **(Grelon, 2005 ; cité par Bouaziz, 2009)**.

Partie 02 : Etude Expérimentale

1. Présentation de la région d'étude

La commune de Bouhmama est située dans la partie Nord-Ouest de la wilaya de khenchela et dans la partie Est des Aurès (**fig.03**). Elle est située entre 39°06'25", 39°30'25" latitude Nord et entre 4°86'10", 5°1'75" longitude Est. **D'après la subdivision agricole de Bouhmama (2015)**, cette commune est presque complètement entourée d'une chaîne de montagnes : le massif de chélia au Nord-Ouest, le contrefort du massif chélia au Nord, le massif de beni-melloul à l'Est et la gorge de Mellagou au Sud-Est. La commune de Bouhmama s'étale sur une superficie totale de 409 km², soit 4.20% du territoire de la wilaya de khenchela. Elle est aussi siège de Daira qui comprend les communes de : Bouhmama, Yabous, Chélia et M'sara. Au plan spatial, Bouhmama présente une configuration territoire allongé du Nord-Ouest vers sud-Est. Elle est limitée au Nord-Ouest par les communes d'inoughissène (Batna) et yabous au Nord-Est, par la commune de Chélia, à l'Est par la commune de tamza, à l'Ouest, par la commune de M'sara, au Sud par la commune de kheiran et à l'Ouest à 37 km, à vol du chef-lieu de la wilaya de khenchela (**Bouali et Berkane, 2015**).

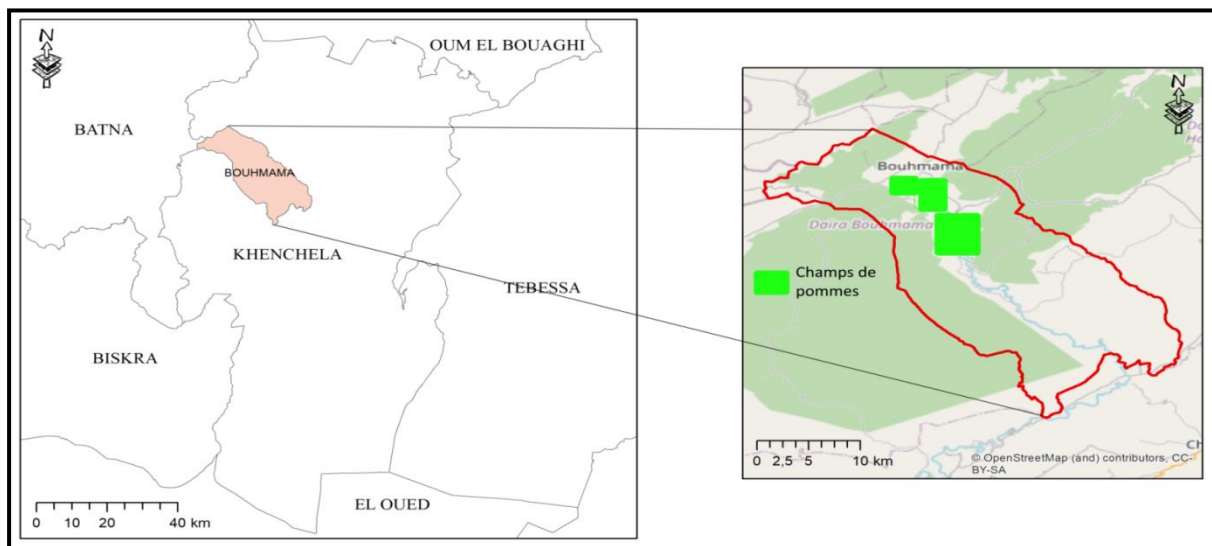


Figure 03: Situation géographique de la commune de Bouhmama(Khenchela) et localisation des champs de pommes (**DSA, 2020**)

2. Généralités sur la pomiculture à Bouhmama

La wilaya de Khenchela occupe une superficie en production de 6897 ha en arboriculture fruitière dont 4112 ha en pommier. **D'après le chef du bureau des statistiques auprès de la direction locale des services agricoles DSA (2020)**, la production de pomme a représenté l'équivalent de 86% de la production globale des fruits dans cette wilaya réputée par la culture de la pomme dans les régions montagneuses de Bouhamama, Yabous, Chelia et El Messara, aux limites des frontières administratives avec la wilaya de Batna. La majorité des vergers du pommier sont situés en zones de montagne en altitude de 1100 mètres, avec un relief très favorable à son développement caractérisé par un climat froid. La pomme de Bouhmama fait désormais la réputation de région montagneuse éponyme située dans la wilaya de Khenchela avec son abondance et sa qualité très appréciées sur les grandes places de commerce de gros de fruit et légumes du pays.

Selon la même source **DSA (2020)**, au cours de ces dernières années, la pomiculture a réalisé une croissance considérable dans la wilaya de Khenchela qui s'est positionnée à la première place à l'échelle nationale dans la production de la pomme avec plus de 1,400 million de quintaux enregistrés durant la saison agricole 2019 (**fig.04**), et un rendement de 310 Qx/ha (**fig.05**), pour une valeur de 24,7 milliards DA soit la moitié de la valeur de l'ensemble de la production agricole globale réalisée par la wilaya.

Plusieurs démarches ont été entreprises par les services concernés de la wilaya pour augmenter le rendement des pommiers :

- ✓ Entrée en production de nouvelles plantations (320 ha) avec une densité dépassant 600 plants/ha au niveau de la daïra de Bouhmama.
- ✓ Utilisation de filets anti grêle couvrant plus de 50 ha pour protéger les arbres contre les aléas climatiques.
- ✓ Disponibilité des engrais en quantités et en qualité (Plus de 300 Tonnes consacrées au pommier).
- ✓ Augmentation des superficies irriguées (la superficie irriguée par goutte à goutte est passée de 5000 ha à 7000 ha).
- ✓ Conservation des pommes par stockage dans les chambres froides (13 chambres avec une capacité de 6700 m³).

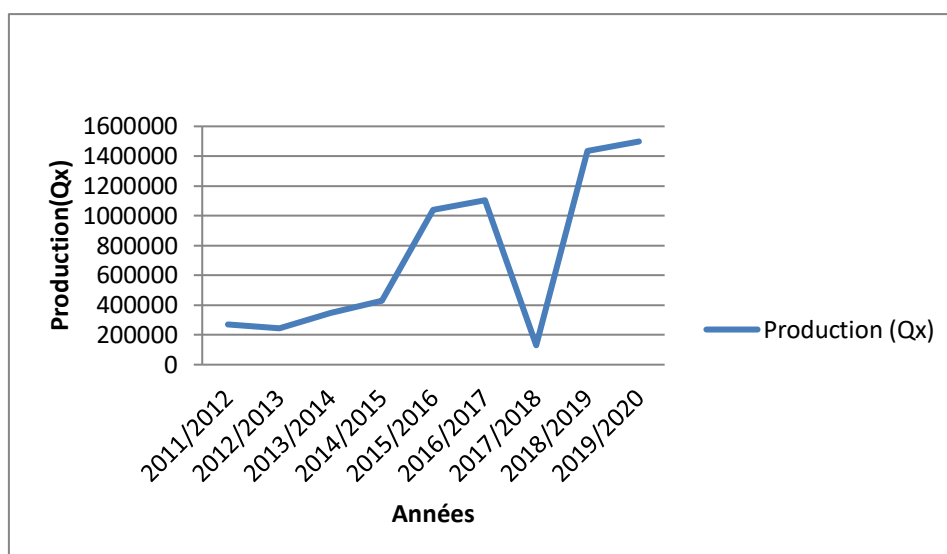


Figure 04: Evolution de la production de pomme à Khenchela

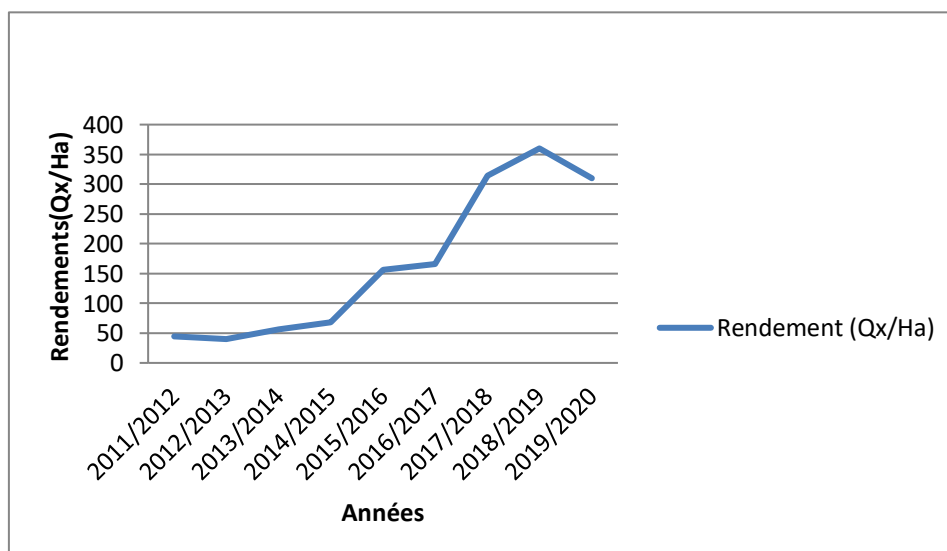


Figure 05: Rendement de la production de pomme à Khenchela

La région de Bouhmama produit des pommes comparables à celles des anciens pays dans ce domaine. Il existe de nombreux types de pommes, dont trois sont considérées comme les meilleures et les plus importantes au monde. La Golden Délicious vient en tête des variétés cultivées en occupant 50% de la superficie des pommiers et un rendement de 550 Q/ha, suivie de près par la Star Krimson avec une surface de 20% et un rendement de 380 Q/ha, et enfin la Royal Gala occupant 15% de superficie et 400 Q/ha de rendement (**fig.06 et 07**). Les variétés «Golden» et «Royal»,

aux nuances de rouge, de rose et de jaune, croquantes à la saveur sucrée sont les «stars» d'une production distinguée qui tend à émerger et un label-qualité confirmé

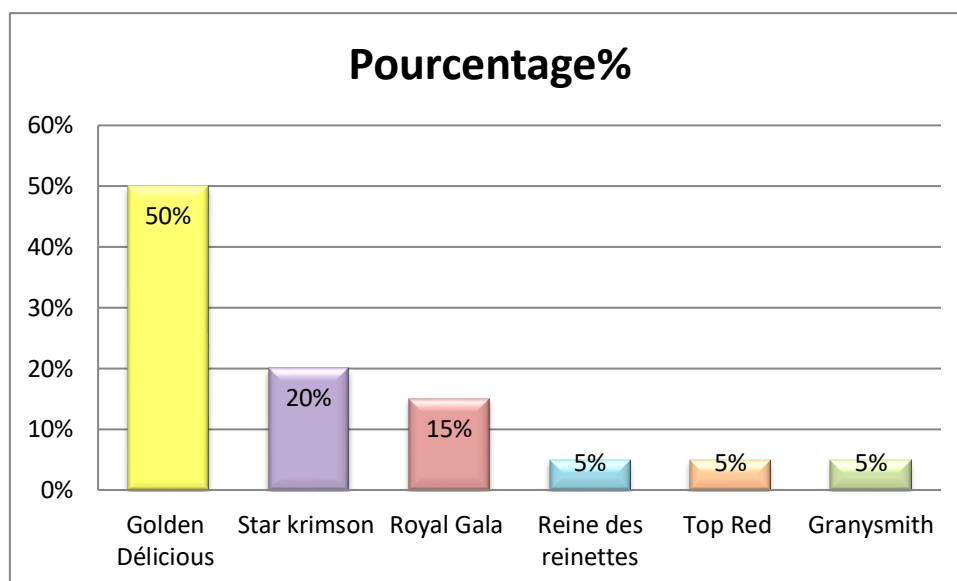


Figure 06 : Pourcentages des superficies occupées par les variétés de pomme à Khenchela

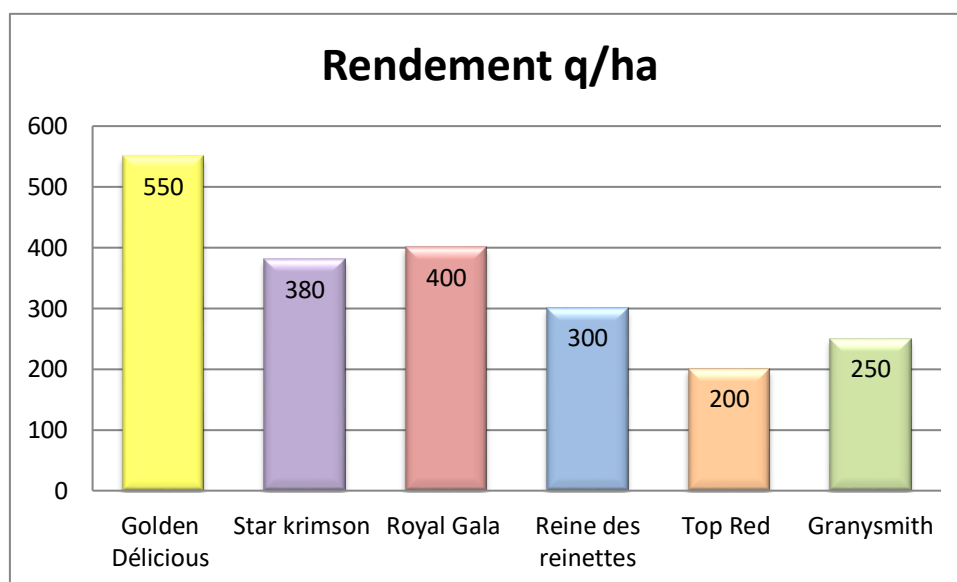


Figure 07 : Rendements des variétés de pomme dans la région de Khenchela

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel végétal

Les déchets de deux variétés de pomme ont été utilisés pour la production de deux types de vinaigre traditionnel. Les variétés de pomme ont été choisies en raison de leur grande disponibilité sur le marché de la région de Bouhmama ainsi que de la willaya. Il s'agit de « Golden Délicious » et « Royal Gala » (**fig.08**).

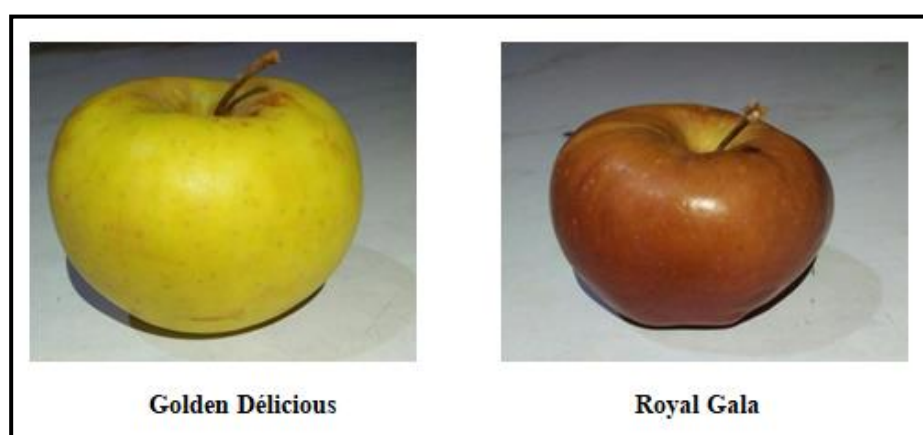


Figure 08 : Variétés de pomme de Bouhmama

3.2. Caractéristiques physiques et organoleptiques de la pomme Golden

La pomme Golden est l'ancêtre d'un nombre important de variétés de pommes modernes, telles que l'Arlet, la Chanteclerc, la Goldsmith ou encore la Pink Lady (**Evans, 2011**). Elle est de couleur jaune car elle contient peu d'anthocyanes, ces derniers sont les principaux pigments qui donnent la couleur rouge aux pommes (**Liu, 2013**). La pomme Golden appartient à la catégorie des fruits fondants et peu croquants, notés peu rustique et citrus du point de vue aromatique (**Mehinagic, 2012**). Elle produit plus de 300 composés organiques volatils responsables de ces arômes (**Nieuwenhuizen, 2013**). La peau de la pomme représente la source majeure d'esters alkylés, bien que la chair en contienne également. La pomme Golden contient des esters alkylés caractéristiques d'un goût fruité et sucré des aldéhydes, des alcools et des terpènes (linolol). Concernant les acides organiques responsables de l'acidité de la pomme, la pomme Golden contient environ 3,8 g/kg d'acide malique et environ 0,3 g/kg d'acide citrique (**Dixon, 2000**). Parmi six cultivars testés (Golden, Granny Smith, Golden Delicious, Jonagold, Fuji, Morgen Dallago et Red Delicious), la pomme Golden

contient le plus de monoterpènes, de sesquiterpènes et de composants carbonylés (composés volatils) **(Ting, 2012)**.

3.3. Caractéristiques physiques et organoleptiques de la pomme Gala

La pomme Gala est issue d'un croisement entre la pomme Kidds Orange Red et la pomme Golden Delicious **(Evans, 2011)**. Elle est de couleur rouge car elle contient trop d'anthocyanes qui sont les principaux pigments qui donnent la couleur rouge aux pommes **(Liu, 2013)**. La pomme Gala peut apparaître bicolore. Le pourcentage de coloration rouge augmente avec la maturation du fruit et avec l'exposition à la lumière **(Iglesias, 2008)**. La pomme Gala fait partie de la catégorie des pommes fondantes et peu croquantes. Elle est considérée comme peu rustique et citreuse d'un point de vue aromatique **(Mehinagic, 2012)**. L'arôme de la pomme est un facteur clé dans la qualité du fruit. La pomme produit plus de 300 composés organiques volatils responsables des arômes **(Nieuwenhuizen, 2013)**. Le fruit mature contient principalement des esters alkylés, des composés volatils totaux et qui sont caractéristiques de la note « fruité » **(Villatoro, 2008)**, et des alcools. L'acidité de la pomme Gala provient des acides organiques. La peau de la pomme représente la source majeure d'esters alkylés, bien que la chair en contienne également **(Ting, 2012)**. La pomme Gala contient du butan-1-ol (de la famille des alcools, caractéristique d'un goût « sucré ») **(Dixon, 2000)**.

3.4. Production du vinaigre de pomme traditionnel

3.4.1. Technique d'élaboration

La technique d'élaboration du vinaigre traditionnel est basée sur une double fermentation combinée anaérobie et aérobie. Cette bioconversion utilise des levures et des bactéries acétiques présentes naturellement dans les déchets de pomme. Celles-ci entraînent une production d'éthanol qui est transformé en acide acétique. C'est un procédé où les deux réactions biotechnologiques se déroulent au même moment, bien que les exigences des organismes unicellulaires mis en jeu diffèrent en matière d'oxygène.

3.4.2. Procédé de production

- ✓ Bien nettoyer un bocal en verre à grande ouverture (voire stérilisation) et laisser sécher à l'air libre.
- ✓ Bien laver les pommes puis peler.
- ✓ Remplir les $\frac{3}{4}$ du bocal avec des pelures, des trognons et morceaux non utilisés de pommes.
Ajoutez du sucre et mélanger (une cuillère à soupe de sucre pour 230 ml d'eau) dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit complètement dissous.
- ✓ Versez l'eau pour recouvrir entièrement les morceaux de pommes. Laisser un peu de place au sommet du bocal.
- ✓ Couvrir le bocal avec un morceau de tissu ou de filtre à café tenu avec un élastique.
- ✓ Conserver le bocal dans un endroit sombre à température ambiante pendant environ deux semaines.
- ✓ Remuer le mélange tous les 3-4 jours. Si de l'écume brunâtre / grisâtre se développe sur le dessus, il suffit tout simplement de l'enlever.
- ✓ Au bout de deux semaines, filtrer le liquide. Les résidus de pommes doivent être enlevés.
- ✓ A ce stade, le vinaigre est assez sucré, il a généralement une odeur agréable de cidre de pommes, mais il manque encore son goût caractéristique. Mettre alors le liquide filtré de côté pendant 2 à 4 semaines en remuant tous les quelques jours.
- ✓ Lorsque le vinaigre de cidre atteint une acidité convenable, mettre un couvercle sur le bocal ou le transférer dans une bouteille de verre avec un bouchon. Le vinaigre de cidre traditionnel est prêt, il ne reste plus qu'à l'utiliser.

3.5. Techniques analytiques du vinaigre de pomme

3.5.1. Matériel et produits

Le matériel et les produits utilisés pour la production de nos vinaigres sont : pH mètre, alcoomètre graduée (0 à 100°), balance électrique, densimètre, conductimètre, étuve, four à moufle, pipette graduée, capsules en porcelaine, bécher, éprouvette graduée, burette, pince à creusets, eau distillée, solution d'hydroxyde de sodium.

3.5.2. Détermination des caractères organoleptiques

On entend par caractéristiques organoleptiques d'un produit toutes ses composantes capables de stimuler un sens humain : vue, odorat, goût, touché, ouïe. Tous ces éléments ont une importance dans la caractérisation des cidres et participent donc à l'appréciation globale qui en sera faite. Le moyen d'appréciation le plus simple à mettre en œuvre et le plus utilisé en routine est la dégustation. Elle permet une description suffisante du produit.

Les caractéristiques organoleptiques du vinaigre de pomme regroupent :

- ✓ au niveau de la vue : limpidité, couleur, effervescence, mousse
- ✓ au niveau de l'odorat : les arômes (positifs ou négatifs)
- ✓ au niveau du goût : les saveurs de base (sucré, acide et amer)
- ✓ au niveau du toucher : la viscosité, l'effervescence, l'astringence, la température

(Peynaud et Blouin, 2013)

3.5.3. Détermination des paramètres physico-chimiques et biochimiques

Afin d'étudier les caractéristiques du vinaigre obtenu et l'efficacité du procédé de fabrication à travers lequel il est issu, notre vinaigre de pomme est analysé dans les mêmes conditions qu'un vinaigre de pomme commerciale considéré comme témoin. Ce dernier est un vinaigre de commerce **(El Assil)**. Les analyses physico-chimiques et biochimiques ont porté sur les paramètres suivants :

3.5.3.1. Détermination du pH

La détermination du pH est essentielle pour le contrôle d'une fermentation microbienne. Sa variation nous renseigne sur l'activité métabolique de la microflore (AOAC, 1995). La détermination du pH s'effectue dans nos conditions par une lecture directe à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné de type HANNA 211 (**fig.09**) (ISO 1842, 1991).



Figure 09: Détermination du pH du vinaigre de pomme

3.5.3.2. Détermination de l'extrait sec total ou matière sèche

On appelle extrait sec total l'ensemble de toutes les substances qui, dans les conditions décrites, ne se volatilisent pas et ne subissent pas d'altérations. Le principe consiste à évaporer l'échantillon, sécher dans une étuve et peser (**Bakhatov et Elishev, 1979**).

La technique utilisée pour la détermination de la matière sèche de nos échantillons, est la suivante (**Curvelo-Garcia, 1996**).

Introduire 10 ml de l'échantillon dans une capsule préalablement tarée, évaporer au bain d'eau à 100 °C, pendant 30 min, sécher à l'étuve pendant 2 h 30 min. Refroidir dans un dessiccateur et peser (**fig.10**). La teneur en matière sèche est calculée selon la relation ci-dessous.

$$M.S(\%) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

D'où :

m_0 : la masse de la capsule vide en gramme.

m_1 : la masse de la même capsule avec la prise d'essai avant leur séchage en gramme.

m_2 : la masse de la même capsule avec la prise d'essai le séchage en gramme.

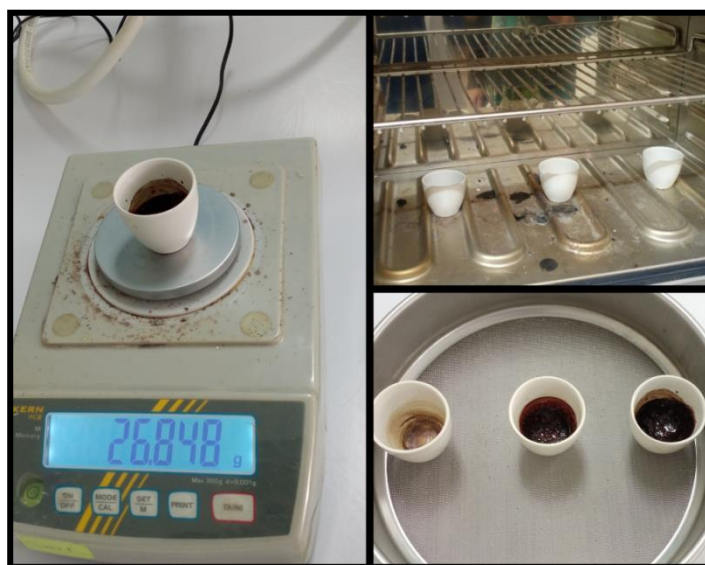


Figure 10 : Détermination de la matière sèche du vinaigre de pomme

3.5.3.3. Détermination des cendres

On appelle cendres d'un vinaigre l'ensemble des produits de l'incinération du résidu d'évaporation d'un volume connu du vinaigre, conduite de façon à obtenir la totalité des cations (à l'exception de l'ammonium) sous la forme de carbonates et autres sels minéraux anhydres. Le principe consiste en une incinération de l'extrait du vinaigre conduite entre 500 °C et 550 °C jusqu'à la combustion complète du carbone. Les cendres du vinaigre sont déterminées selon le protocole suivant (**Curvelo-Garcia, 1996**) :

Introduire 10 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine préalablement pesée puis sécher l'échantillon dans une étuve réglé à 105° C. Placer l'échantillon dans un four à moufle Nabertherma 550°C pendant environ 3 heures jusqu'à l'apparition d'une coloration blanche ou grise. Refroidir la capsule puis peser rapidement sur la balance électrique KERN PCB (**fig.11**). Calculer la teneur en cendres totale d'après la relation suivante :

$$\text{Taux de cendres \%} = \frac{M1-M0}{v} \times 100$$

D'où :

M0 : la masse de la capsule vide en gramme.

M1 : la masse de la capsule de résidu après dessiccation en (g).

V : le volume de la prise d'essai.



Figure 11 : Détermination de cendre du vinaigre de pomme

3.5.3.4. Densimétrie

La densité renseigne sur l'état des produits par la mise en œuvre du taux de matière solide et de la viscosité. Elle est donc d'une importance considérable dans la mesure où elle nous renseigne sur l'aptitude des microorganismes vis-à-vis de l'état physique du milieu. Elle est mesurée par lecture directe à l'aide d'un densimètre (**Audigie, 1984**). La détermination de la densité du vinaigre est effectuée par un densimètre de marque METTLER TOLEDO 30PX, (**fig.12**).



Figure 12: Détermination de la densité du vinaigre de pomme

3.5.3.5. Conductimétrie

Elle nous renseigne sur la teneur en éléments minéraux du produit ; elle est mesurée par un conductimètre. Les résultats sont exprimés en milli Siemens/cm (NF27888, 1994). La détermination de la conductivité consiste à introduire dans le bicher qui contient le vinaigre, l'électrode d'un conductimètre (Consort C535), et de lire directement la valeur affichée sur l'appareil. (fig.13)

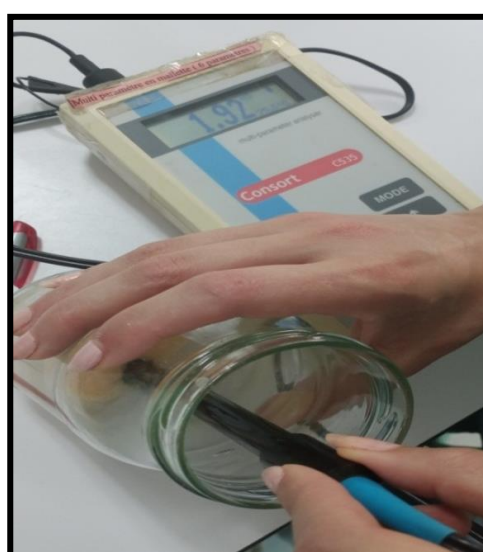


Figure 11: Mesure de la conductivité du vinaigre de pomme

3.5.3.6. Dosage de l'alcool résiduel

La teneur en alcool résiduel est le pourcentage en volume d'éthanol encore contenu dans le vinaigre après la fermentation acétique. Le dosage de l'alcool s'effectue par un alcoomètre. La technique utilisée est la suivante :

Remplir l'éprouvette graduée avec la solution du vinaigre puis placer l'alcoomètre gradué (**fig.14**). Lorsque ce dernier flotte, lire directement le degré d'alcool affiché sur l'alcoomètre (**Hidalgo Alborno, 2012**)



Figure 14 : Dosage de l'alcool résiduel dans le vinaigre de pomme

3.5.3.7. Dosage de l'acidité

Le degré d'acidité d'un vinaigre est défini comme la masse d'acide acétique ou éthanóïque pur contenu dans 100 g de vinaigre. Pour cela, on dosera l'acide acétique (éthanóïque) contenu dans un volume connu de vinaigre à l'aide d'une solution de base forte de concentration connue : solution d'hydroxyde de sodium (**fig.15**). Le degré d'un vinaigre correspond à la masse, exprimée en gramme, d'acide acétique pur, contenue dans 100 g de vinaigre. Le dosage de l'acidité d'un vinaigre calculé en acide acétique est dosé par titrimétrie avec une base forte comme la soude à 0,1N en présence de phénophtaléine comme indicateur (**Follman, 1988**). Le mode opératoire est comme suit :

- **Préparation de la solution diluée de vinaigre**

- ✓ Prélever précisément 10 ml de vinaigre à l'aide d'une pipette (déjà rincée au vinaigre).
- ✓ Les placer dans une fiole jaugée de 100 ml préalablement rincée à l'eau distillée.
- ✓ Compléter avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge.
- ✓ Boucher la fiole et agiter pour homogénéiser la solution.

- **Dosage du vinaigre dilué par une solution d'hydroxyde de sodium**

- ✓ Prélever à la pipette jaugée 10 ml de la solution diluée de vinaigre.
- ✓ Les placer dans un erlenmeyer.
- ✓ Diluer avec un peu d'eau déminéralisée.
- ✓ Ajouter une goutte d'indicateur coloré : la phénolphthaléine.
- ✓ Remplir la burette avec la solution d'hydroxyde de sodium fournie, de concentration 0,1 mol/L.
- ✓ Faire un dosage rapide (ajouts successifs de 1 ml de base) pour situer PE dans un intervalle de 1 ml.
- ✓ Procéder au dosage précis de la solution.
- ✓ La concentration en acide acétique est exprimée en gramme par litre selon la relation suivante :

$$D^{\circ} = \frac{F.C.B.V_{\text{éq.}}.M}{10V_p.\rho_{\text{vinaigre}}}$$

D'où :

V_p = volume du vinaigre.

F= facteur de dilution.

C.B= concentration de NaOH.

M= la masse molaire du vinaigre.

ρ_{vinaigre} = la masse du vinaigre.

$V_{\text{éq.}}$ =volume d'équivalent.



Figure 15: Détermination de l'acidité volatile du vinaigre de pomme



Partie 03 : Résultats Et Discussion

1. Matériel végétal

Les pelures issues des deux variétés de pomme et qui ont été utilisées pour la production des deux vinaigres traditionnels, sont illustrées dans la figure ci- dessous.



Figure 16: Pelures de pomme pour production de vinaigre

2. Production du vinaigre de pomme traditionnel

2.1. Technique d'élaboration et détermination des caractères organoleptiques

2.1.1. La fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique des déchets de pomme est la première étape de la fabrication du vinaigre. Durant 15 jours de fermentation, les échantillons de déchets de pomme subissent plusieurs modifications (**fig.17**). On observe :

- ✓ Un dégagement de gaz carbonique.
- ✓ Une augmentation de la température du milieu.
- ✓ Une accentuation de la couleur.
- ✓ Un changement d'odeur et de saveur, au début le liquide est sucré et à mesure de la fermentation, il devient de plus en plus alcoolisé et acide.
- ✓ Une augmentation du volume, dû à l'augmentation de la température et au gaz carbonique qui s'échappe.
- ✓ Une couche de bactérie de type *Saccharomyces cerevisiae* couvre la surface des échantillons. Il s'agit de la mère du vinaigre.

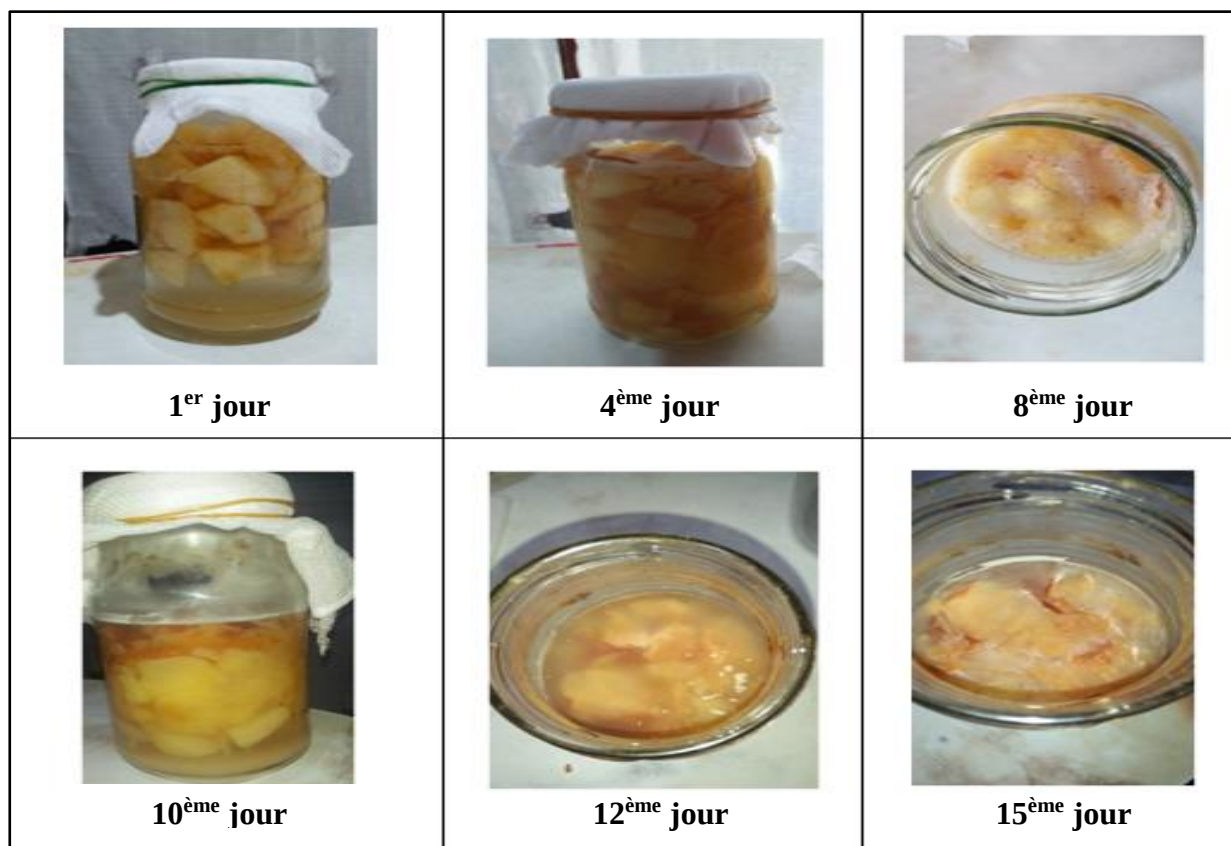


Figure 17: Fermentation alcoolique des déchets de la Golden Délicious

2.1.2. La fermentation acétique

Il s'agit de la seconde étape de la production du vinaigre. Durant 30 jours, l'alcool se transforme en acide acétique, c'est le vinaigre. Lors de la fermentation acétique (**fig.18**), on observe :

- ✓ Un changement d'odeur et de saveur, au début le liquide est alcoolique et à mesure de la fermentation, il devient de plus en plus acide.
- ✓ Une diminution de température du milieu.
- ✓ L'apparition de la couche d'eau.
- ✓ Une stabilité de la couleur du milieu.

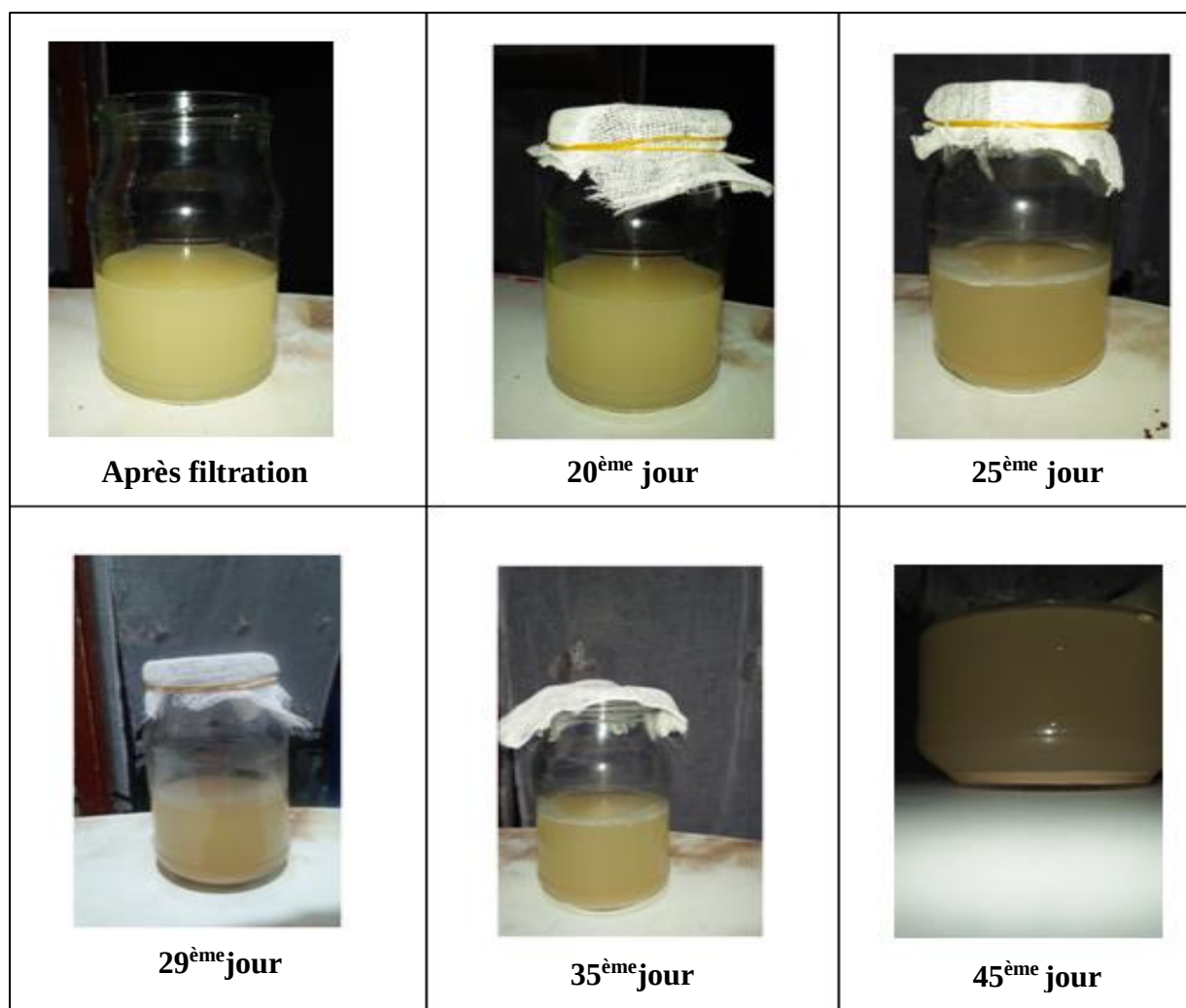


Figure 18: La fermentation acétique de la Golden Délicious

3. Détermination des paramètres physico-chimiques et biochimiques

Après 45 jours de fermentation, voici les résultats des analyses des trois vinaigres:

3.1. Détermination du pH

Les valeurs du potentiel d'hydrogène des échantillons de vinaigre de pommes étudiés sont acides, ils oscillent entre 2.53 ± 0.02 pour le vinaigre commercial (VC) et 3.85 ± 0.05 pour le vinaigre issu des déchets de Royal Gala (VRG). Le pH du vinaigre qui provient des déchets de Golden Delicious (VGD) est égal à 3.47 ± 0.01 (**fig.19**). On constate que le vinaigre témoin (VC) est plus acide que les deux vinaigres traditionnels. La valeur du pH du VGD et du VRG est comparable avec les résultats trouvés par (**Ousaaid et al., 2017**) pour le vinaigre de pomme, et d'autres auteurs sur le vinaigre des dattes (**Ould El Hadj et al., 2001**) pour des valeurs allant de 3,12 à 3,65. La valeur du pH du VC est comparable avec les résultats trouvés par (**Hashim Matloob, 2014**). Nos trois échantillons entrent dans la plage du pH des vinaigres de pomme qui est généralement de l'ordre de 3, avec un minimum d'environ 2.

Le pH acide relié à la quantité d'acidité présente, est d'une grande importance car il donne au vinaigre ses propriétés antiseptiques qui aident à empêcher le développement des microorganismes pathogènes (**Chang et Fang, 2007; Medina et al., 2007; Shah et al., 2013; Hindi, 2013**). Il nous informe également sur les quantités d'acides organiques contenus dans les vinaigres. Ces acides organiques sont le résultat du métabolisme des micro-organismes acidophiles présents dans le vinaigre. Par ailleurs, la présence des acides organiques tels que les bactéries, acétiques, lactiques, les moisissures et les levures présentes dans la matière première par ailleurs, la présence des acides organiques tels que d'acide malique citrique, et autres composants plus ou moins acides, confère aux vinaigres une acidité originelle (**Sebihi, 1996, Dowson et Aten, 1963, Maatallah, 1970**).

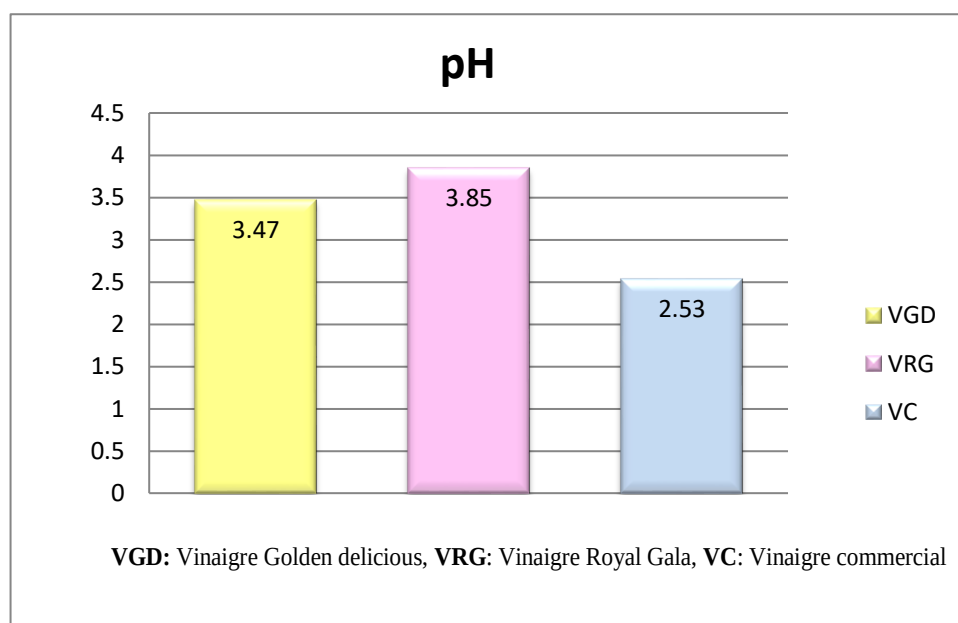


Figure19: Valeurs du pH des trois vinaigres

3.2. Détermination de l'extrait sec total ou matière sèche

La teneur en matière sèche est de 9.34% pour le vinaigre issu de Golden Délicieux (VGD) et de 4.55% pour le vinaigre issu de Royal Gala (VRG). Par contre, la matière sèche est presque inexistante dans le vinaigre commercial (VC) avec une valeur de 0.07% (**fig.20**), cela nécessite d'après nous une filtration plus poussée. Ces valeurs sont inférieures aux résultats trouvés par **Ousaid et al., (2017)** sur les pommes. Par ailleurs, les travaux **Ould El Hadj et al., (2001)** sur les vinaigres des dattes ont montré des valeurs en matière sèche de l'ordre de 6,59 à 11,26%. Les résultats obtenus dans les deux vinaigres traditionnels sont proches de ceux indiqués par à savoir entre **4,93%** et **11%**. Cette différence est probablement liée à la différence de texture entre les fruits et à la méthode et les conditions utilisées dans le processus de fabrication de ce bioproduit (**Sebihi, 1996**). Par ailleurs, la quantité de résidus secs peut provenir de la richesse des vinaigres en microorganismes. Ainsi, les vinaigres issus d'une double fermentation (dattes, pommes), présentent des taux de matière sèche plus élevés en comparaison avec les vinaigres vendus en épicerie et qui sont composés d'eau, d'acide acétique et de colorant.

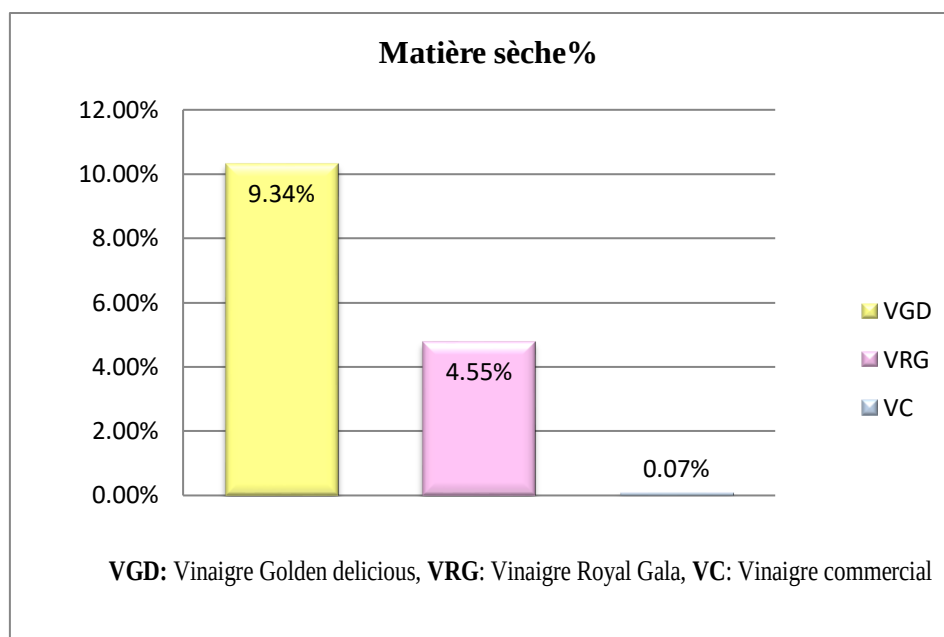


Figure 20: Teneur en matière sèche des trois vinaigres

3.3. Détermination des cendres

La teneur en cendres nous donne un renseignement sur la composition minérale de nos échantillons. Il est à noter que la teneur en cendres du VGD est plus élevée (0,68%) que celle du VRG (0,57%) (**Fig.21**). Cet écart serait certainement dû à la composition minérale de la matière première. Le VC présente une teneur en cendre très faible de l'ordre de 0.02%. Cela confirme que le système de filtration utilisé dans nos travaux est inadapté. Nos résultats sont

inférieurs à ceux rapportés par **Ould El Hadj et al.,(2001)**, qui sont compris entre **6%** et **8%** pour le vinaigre traditionnel de dattes. Ils sont par ailleurs proches de ceux enregistrés par **Mbungu et al.,(2016)** et qui présentent une teneur de **0.52%** pour un vinaigre à base de vin rouge et **0.20%** pour un vinaigre de mangue. Ces faibles teneurs en cendres dans le VGD, le VRG et le VC peut être expliquée par la carence de ces derniers en matière minérale à cause de l'absence d'additifs dans nos échantillons de vinaigre traditionnel.

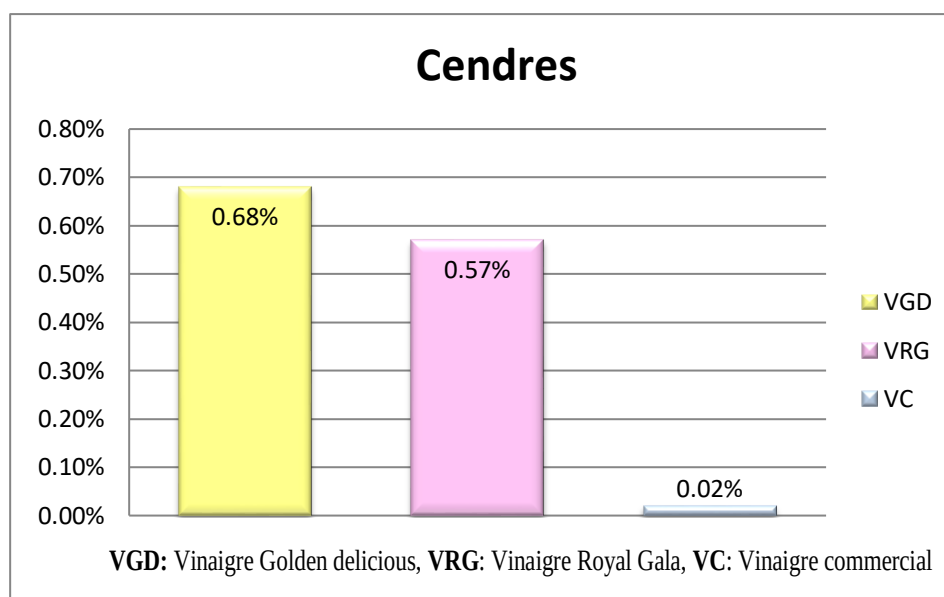


Figure 21: Pourcentage en cendres des trois des trois vinaigres

3.4. Densimétrie

Les trois vinaigres ont des valeurs de densité proche à savoir 1,023 pour le VGD et 1,011 pour VGR, la densité du vinaigre commercial de cidre est d'environ 1,001 (**fig.22**) selon la littérature (**Ould El Hadj et al., 2001**). La valeur trouvée pour le vinaigre des déchets de pomme préparé est quasi identique à la valeur trouvée dans la littérature. Les deux résultats de vinaigre de pomme traditionnel sont proches de ceux de **Clavet (1992)** cité par **Sebihi (1996)** avec de **1.010 à 1.013** pour le vinaigre de pomme et de **1,025** pour le vinaigre de betterave. Cette densité renseigne sur les matières colloïdales en suspension responsables de l'aspect trouble des vinaigres, ce qui n'est pas le cas pour nos échantillons.

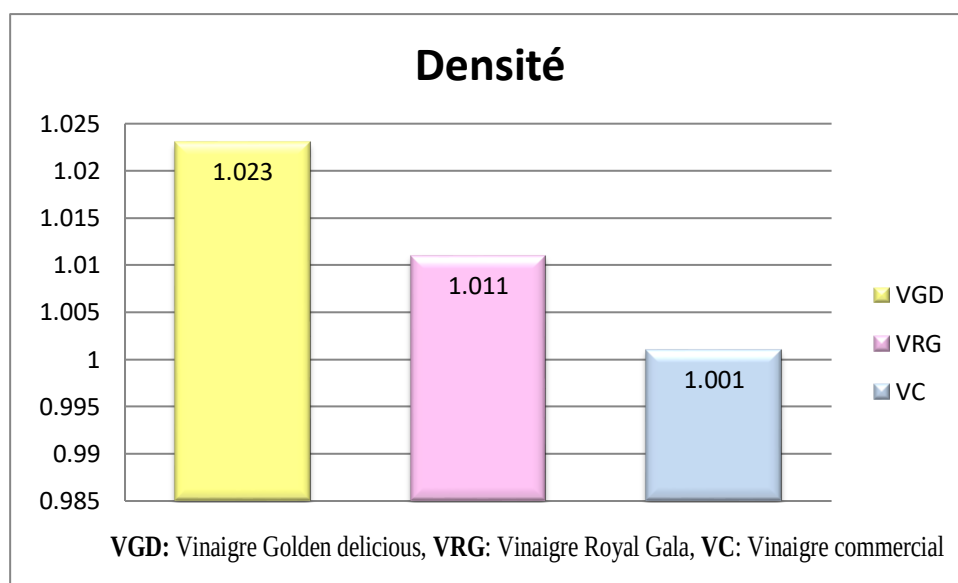


Figure 22: Densité des trois vinaigres analysés

3.5. Conductimétrie

L'analyse de la conductivité électrique des différents types de vinaigres traditionnels de pommes, montre des valeurs très proches (**fig.23**), allant de 2.07 ± 0.02 pour le vinaigre issu des déchets de Royal Gala, jusqu'à 0.76 ± 0.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le vinaigre témoin commercial. La conductivité électrique renseigne sur la minéralisation des différents vinaigres traditionnels. Les résultats sont inférieurs à celle de (**Sebihi, 1996**) qu'il a trouvé une conductivité électrique égale à $4,28$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ à $4,88$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les vinaigres de dattes. La conductivité élevée est principalement due à la richesse en minéraux des pommes à partir desquelles le vinaigre a été extrait. Les valeurs faibles obtenues à partir de nos échantillons sont expliquées par l'influence des conditions édapho-climatiques, fertilisants, et sur les variétés de pomme utilisées pour l'extraction du vinaigre de cidre (**Ould El Hadj et al., 2001**)(**Ousaaid et al., 2017**).

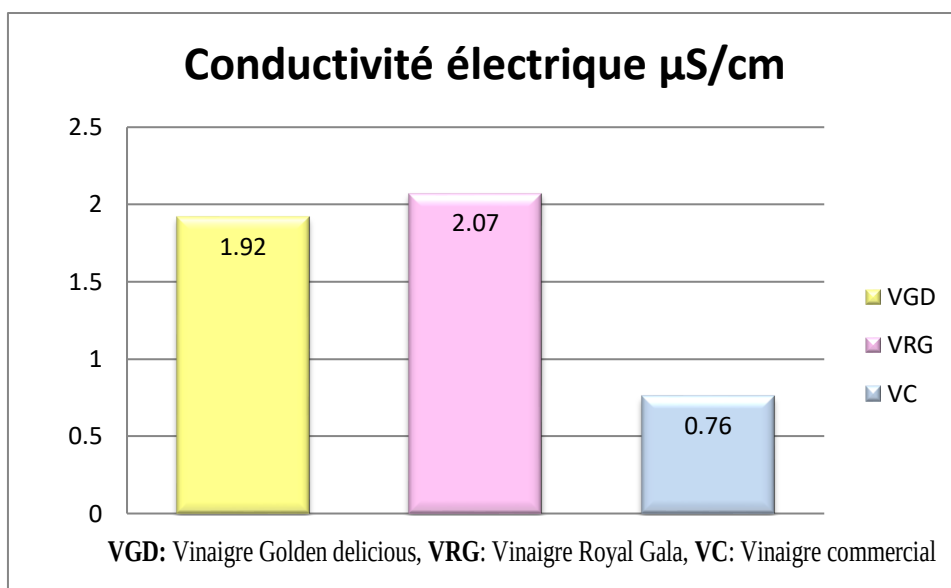


Figure 23 : Valeurs de la conductivité électrique (CE) des trois vinaigres

3.6. Dosage de l'alcool résiduel et de l'acidité volatile

Les valeurs de la teneur en alcool de nos échantillons ainsi que les degrés d'acidité sont enregistrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 01: Teneur en alcool et acidité volatile des vinaigres analysés

Echantillon	Teneur en alcool	Acidité volatile	
	%	g/l	degré
Vinaigre de Golden Délicieux	0°	32.5	3.25
Vinaigre de Royal Gala	0.2°	34.3	3.43
Témoin	0°	34.3	3.43

Le degré d'alcool des trois variétés est proche de 0 pour les deux types de vinaigre traditionnel et de 0,2° pour le témoin (**tab.02**). Nos résultats correspondent aux normes fixées par la législation Européenne qui impose que la teneur en alcool ne doit pas dépasser 1° pour le vinaigre de vin et 0,5° pour les autres vinaigres. Ces valeurs peuvent être expliquées par l'oxydation complète de l'éthanol due à la quantité suffisante en oxygène du milieu et qui représente un facteur responsable de la fermentation acétique (**Mbungu et al., 2016**).

On constate que les teneurs en acide acétique qui représente l'acidité volatile, sont égales à 32.5 g/l pour le vinaigre de Golden Délicious et 34.3 g/l pour le vinaigre de Royal Gala et le vinaigre commerciale. Ces valeurs sont faibles par rapport à celles citées par **Sebihi (1996)**, 60 à 90 g/l d'acide acétique pour le vinaigre de vin, le vinaigre de cidre et de poiré 40 g/l. Le vinaigre de vin blanc contient de 56,10 g/l à 79,35 g/l. Quant au vinaigre de dattes, il contient 42g d'acide acétique/l proche de nos résultats (**Ejemni et Mejri, 2006**).



Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

La pomme en Algérie est produite dans plusieurs régions. Dans la commune de Bouhmama dans la wilaya de Khenchela, deux variétés sont largement cultivées. Il s'agit de la Golden Délicious et la Royal Gala. Ces deux types de pomme génèrent de multiples déchets. Ce sont principalement les épluchures qui sont les plus utilisés dans la préparation dans la production du vinaigre traditionnel. Cependant il faut savoir que les pommes de mauvaise qualité peuvent également être utilisées dans cette fabrication.

Dans ce sens, nous avons entrepris l'étude de l'élaboration du vinaigre découlant de méthodes traditionnelles à partir de ces deux variétés de pomme. Des caractérisations physico-chimiques et biochimiques de ces deux variétés de vinaigres sont réalisées afin d'évaluer leurs qualités. Ces deux vinaigres ont été ensuite comparés avec un vinaigre commercial témoin.

La comparaison de nos deux échantillons avec le vinaigre témoins, montre que pH du vinaigre de Royal Gala (VRG) est de 3.85, celui du Golden Délicious (VGD) est égal à 3.47 et le vinaigre commercial (VC) est très acide avec une valeur 2.53. Ces trois vinaigres entrent dans la plage du pH des vinaigres de pomme qui est généralement de l'ordre de 3, avec un minimum d'environ 2. La matière sèche est de 9.34% pour le VGD et de 4.55% pour le vinaigre VRG. Cependant celle du VC est presque inexistante avec une valeur de 0.07%. Nos deux vinaigres nécessitent d'après nous une filtration plus poussée. La teneur en cendres du VRG est de (0,68%) et celle du VGD est de 0,57%. Le VC présente cependant, une teneur en cendre très faible de l'ordre de 0.02%. Cela confirme que le système de filtration utilisé dans nos travaux est inadapté. Les trois vinaigres ont des valeurs de densité proche à savoir 1,017 pour le VGD et 1,015 pour VRG, la densité du vinaigre commercial de cidre est d'environ 1,01. L'analyse de la conductivité électrique des différents types de vinaigres traditionnels de pommes, montre des valeurs très proches avec 2.07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le VRG et 1.92 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour VGD. Ces valeurs sont supérieures de la conductivité du vinaigre témoin commercial qui est de 0.76 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le degré d'alcool des deux variétés est de 0° pour le VGD et 0.2° pour le VRG, celui du commerce est de 0°. Nos résultats correspondent aux normes européennes. Les teneurs en acide acétique qui représente l'acidité volatile, sont égales

à 32.5 g/l pour le vinaigre de Golden Délicious et 34.3 g/l pour le vinaigre de Royal Gala et le vinaigre commerciale.

Les résultats obtenus durant cette investigation, ont montré que les deux variétés de vinaigres présentent un pH acide, avec une bonne densité et conductivité électrique. La teneur en acidité volatile et alcool résiduel reste faible et répond aux normes. Malgré que les teneurs en matières sèches et en cendres soient légèrement élevées, nos vinaigres sont qualifiés de bonne qualité. Nous pouvons dire que les variétés ayant fait l'objet de cette étude sont bien adaptées à la production de vinaigre traditionnel. Ils répondent aux normes nationales et européennes.

L'optimisation des paramètres de fabrication du vinaigre par ces deux variétés est à prévoir afin d'améliorer cette production. Il s'agit principalement de contrôler la température et la lumière d'incubation, afin d'augmenter la production. Il serait également nécessaire d'évaluer la qualité microbiologique du produit fini.

La valorisation de ce déchet s'inscrit dans une stratégie économique et environnementale très avantageuse qui rentre dans le cadre du développement durable, qui offre non seulement un produit énergétique très important de tout point de vue, mais aussi pour la protection de l'environnement.



Références bibliographiques

A

- Abd-Alla M., et Elsadek El-Enany A. (2012).** Production of acetone-butanol-ethanol from spoilage date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits by mixed culture of *Clostridium acetobutylicum* and *Bacillus subtilis*. *Biomass And Bioenergy*. Vol.42, p.172-178.
- Addou A. (2009).** Traitement des déchets : valorisation, élimination. Paris. Ellipses.
- Ademe, (2000).** Les coproduits d'origine végétale des industries agroalimentaires. Leur valorisation en alimentation animale et leur place dans les circuits courts industries-éleveurs. Ademe Editions, p.76.
- Adrian J., Bourlier G., et Sabel A. (1980).** Composition minérale du lactosérum. Influence des facteurs technologiques, saisonniers et géographiques. *Le Lait*. Vol.60, N° 598, p.447-457.
- Albertsen V. E., Benoit R., Blom T., Croft, Phyllis G., et Dolman C. E. (1958).** L'hygiène des viandes. Organisation mondiale de la Santé. Série de monographies, N° 33, p.561.
- Aloueimine S. (2006).** Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : Contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques. Université de Limoges.
- APRIA, (1973).** Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris, P.3-132.
- Aprifel, (2008).** Site internet de l'agence des fruits et des légumes frais. Fiches nutritionnelles par produits : la pomme.
- Aprikian O., Levrat-Verny M., Besson C., Busserolles J., Rémésy C., et Demigné C., (2001).** Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol-fed rats. *Food Chemistry*. Vol.75, N° 4, p.445-452.
- Arab H., et Ghuezzoun K. (2003).** Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques et biochimiques du vinaigre traditionnel de dattes de la cuvette Ouargla : vertu thérapeutique. Mémoire de licence en biologie, Université de KasdiMerbeh, Ouargla.
- Archimède H., Xande X., Gourdine J.-L., Fanchone A., Alexandre G., Boval M., Coppry O., Arquet R., Fleury J., Regnier C., et Renaudeau D. (2011).** La canne à sucre et

ses coproduits dans l'alimentation animale, *Innovations Agronomiques*. Vol.16, p.165-179.

Audigie C., Fegarella J., et Zonszain F., (1984). 'Manipulation d'Analyse Biochimique', Ed. Tech. & Doc., Paris, p.270.

B

Balat M., Balat H.,etÖz C. (2008). Progress in bioethanol processing.Progress in Energy and Combustion Science.Vol. 34, N° 5, p.551-573.

Bárdos L., Bender B. (2012). Effect of apple cider vineager on plasma lipids (model experiment in mice).*Potravinarstvo*.Vol. 6, N° 01, p.1-4.

Bardy S., Bentz M., Bussière T., Chatras J., Fontaine L., Gaugler M., Lechat A., Leugronne O., et Fick M. (2016). Valorisation du lactosérum. Rapport de projet. Université de lorraine, ENSAIA, Vandœuvre-lès-Nancy, France. Lait, p. 447-457.

Barkhatov V., et Elisseev V. (1979). Guide des travaux pratiques du contrôle technico-chimique de la production des conserves, INIL, Boumerdes, Algérie, p.23-41.

Bidault J. (1984). Pour la protection des carabus provençaux.

Bouali H., et Berkane W., (2015). Contribution a l'étude hydrochimique ces eaux souterraines de la plein de malgou, Bouhmama N-W khenchela, p.82.

Bouaziz S. (2009). Caractérisation physico-chimique et biochimique de quelques vinaigres traditionnels des dattes issus de cultivars de la région d'Ouargla. Mémoire Magister en Biologie, Université KasdiMerbah-Ouargla.

Bouaziz S. (2010). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de quelques types de vinaigres traditionnels de dates obtenues à partir de quelques variétés de la région d'Ouargla. *Annales des Sciences et Technologie*. Vol. 2, N° 1, p.81 -80.

Boucherba N. (2014). Valorisation des résidus agro-industriels. Polycopie de cours Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Bejaia.

Boulal A., Benali B., Moulai M., et Touzi A. (2010). Transformation des déchets de dattes de la région d'Adrar en bioéthanol. *Journal of Renewable Energies*. Vol.13.

Bourgeois C.M., et Larpent T.P. (1996). Microbiologie alimentaire. Aliments fermentés et fermentation alimentaires. Tome 2, 2^{ème} Ed. Tec et Doc Lavoisier, p.522.

C

- Caligiani A., Acquotti D., Palla G., et Bocchi, V. (2007).** Identification and quantification of the main organic components of vinegars by high resolution ^1H NMR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*. Vol. 585, N° 1, p.110-119.
- Callejón R. M., Tesfaye W., Torija M. J., Mas A., Troncoso A. M., et Morales M. L. (2009).** Volatile compounds in red wine vinegars obtained by submerged and surface acetification in different woods. *Food Chemistry*. Vol.113, N° 4, p.1252-1259.
- Campbell G. (1989).** Platt and P.P. Cook, J. Appl. Bact. Symp., Supplément, p. 117-131.
- Chaira N., Ferchichi A., Mrabet A. et Sghairoun M. (2007).** Characterisation of Date Juices Extracted from the Rest of Sorting of DegletNour Variety. *Biotechnology (Faisalabad)*. Vol.6, N° 2, p.251-256.
- Chang J, et Fang T.J. (2007).** Survival of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella entericaserovarstypimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against E. coli O157:H7. *Food Microbiol*. Vol. 24, p.745–51.
- Chenost M., Kayouli C. (1997).** Roughage Utilization in Warm Climates. FAO Animal and Health Paper, N° 135. Rome.
- Clavet L. (1992).** Alcool méthylique. Vinaigre. Ed, Béranger, Paris et liège, p 47-64.
- CTCS. (2005).** Valorisation de la Bagasse. Document interne Centre technique de la canne et du sucre de Martinique.
- Curtin L.V. (1983).** Molasse -General Considerations. In: Animal Nutrition. National. FeedIngredients. Association West Des Moines, Iowa.
- Curvelo-Garcia A.S., (1996).** Vinaigres de Vin. Méthodes d'Analyse (2ème partie), Feuillet Vert de l'OIV, N° 1033.

D

- Dailloux S., Djelveh G., Peyron A., et Oulion C. (2002).** Rheological behavior of blood plasmas concentrated by ultrafiltration and by evaporation in relation to liquid-gel transition temperature. *Journal of Food Engineering*. Vol. 55, N° 1, p.35-39.
- Dehaumont P. (1982).** Les problèmes posés par la valorisation du sang d'abattoirs d'animaux de boucherie. *R.T.V.A.* vol. 21, N° 183, p.23-32.

Delcourt A.L. (2019). LE grand livre du vinaigre. Paris – France. Leduc Pratique. P.213.

Divies C. (1989). Le vinaigre, microbiologie alimentaire. Les fermentations alimentaires. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, Vol .2, p.121-147.

Dixon, J., et Hewett, E. W.(2000). Factors affecting apple aroma/flavour volatile concentration: A Review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. Vol.28, N° 3, p. 155-73.

Dowson V. H. Z., et Aten A. (1963). Récolte et conditionnement de dattes ; Ed. FAO, Rome, p. 11-44.

DSA, (2020). La direction locale des services agricoles.

Duchêne-Massias A. (2015). *Valorisation fonctionnelle et antioxydante des épidermes de pommes Golden Delicious*. Thèse De Doctorat, Université de Bordeaux, p 9.

E

Ejemni M., et Mejri S. (2006). Valorisation des écarts de triage de dattes. Cas d'application : production biologique du vinaigre. Actes des 13emes Journées Scientifiques sur les Résultats de la Recherche Agricoles – Hammamet.

El Idrissi K. (2014). Vinaigre de cidre de pomme : Effet thérapeutique. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Mohammed V, Soussi, Rabat.

Estanove P. (1990). Note technique : Valorisation de la datte. In: Dollé V. (ed.), Toutain G. (Ed.). Les systèmes agricoles oasiens. Montpellier, CIHEAM, p. 301-318.

Evans K.M., Patocchi A., Rezzonico F., Mathis F., Durel CE., Fernández-Fernández F., Boudichevskaia A., et al. (2011). Genotyping of Pedigreed Apple Breeding Material with a Genome-Covering Set of SSRs: Trueness-to-Type of Cultivars and Their Parentages. *Molecular Breeding*: Vol.28, N°4, p. 535-47.

F

FAO, (2019). Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.

Ferraro V., et INRAE Q. (2020). Valorisation des sous-produits de la filière viande (et poisson). *Viandes & Produits Carnés*, p.1-7.

- Février C., et Willequet F. (2009).** Valorisation par l'alimentation animale. In : Moletta, R. Le traitement des déchets, Ed : Lavoisier Tech & Doc, p. 686.
- Follman H. (1988).** « Acetic-acid » Vol 5. Chap 3. p.383- 407.
- FranceAgriMer, (2013).** Étude sur la valorisation du 5e quartier des filières bovine, ovine et porcine en France. Synthèse. Ed. FranceAgriMer.
- France-Faurie C., Ferra C., Medori P., Dereaux J., et Hemptinne J. (2006).** *Ecologie : Approche scientifique et pratique*. 5ème édition. Ed. Tec & Doc (Lavoisier), p.343-356.

G

- Gana S., etTouzi A. (2001).** Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue. Rev. Energ. Ren : Production et Valorisation – Biomasse, p.51-58.
- Garcia G.W., Neckles F.A. et Lallo C.H.O. (1990).** Sugar cane Forage based diets for beef production. Cuban Journal of Agricultural Science. Vol.24, N° 1, p. 15.
- Gayon P.R., Dubourdieu D., Donèche B., et Lonvaud A. (1998).** Traité d'œnologie. Vol. 1 : Microbiologie du vin, Vinifications. Ed : Dunod.
- Gouilliard S., et Legendre A. (2003).** *Déchetsménagers*. Paris : Economica.
- Grelon B. (2005).** *Les Bienfaits Du Vinaigre*. Paris. Vecchi.
- Grigoraş C. G. (2012).** *Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs* (Doctoral dissertation, Université d'Orléans).
- Guiraud J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. 2^{ème} Edition. Paris. DUNOD, p.615.

H

- Harrak H., et Boujnah M. (2012).** Valorisation technologique des dattes au Maroc. INRA Edition, p.157.
- HashimMatloob M. (2014).** Zahdi date Vinaigre : Production et caractérisation. American Journal of Food Technology. Vol.9, N° 5, p.231.

Heller R., Esnault R., et Lance C. (2000). *Physiologie végétale*. 2-Développement.Paris. Dunod, p.220-239.

Hidalgo Albornoz C. E. (2012). Microbiological analysis and control of the fruit vinegar production process.Thèse de doctorat , Université Rovira I Virgili.

Hindi N. K. (2013). In vitro Antibacterial Activity of Aquatic Garlic Extract, Apple Vinegar and Apple Vinegar - Garlic Extract combination. American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics ISSN, p.2321 – 2748.

Hoareau W. (2005). Valorisation de la bagasse de la canne à sucre. Chimie, photochimie et élaboration de panneaux et composites. Thèse de doctorat, Université de la réunion.

I

Iglesias I., Echeverría G., Soria Y. (2008).Differences in Fruit Colour. Development, Anthocyanin Content, Fruit Quality and Consumer Acceptability of Eight ‘Gala’ Apple Strains. *Scientia Horticulturae*. Vol.119, N° 1, p. 32-40.

Itelima J., Onwuliri F., Onwuliri E., Onyimba I., et Oforji S., (2013).Bio-Ethanol production from banana, plantain and pineapple peels by simultaneous saccharification and fermentation process, International Journal of Environmental Science and Development Vol. 4, p.213-216.

J

Jouan P. (2002). *Lactoprotéines et lactopeptides*. Paris : Institut National de la Recherche Agronomique, p.127.

Journal Officiel de la République Algérienne, N°26 ; Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril (2006). Définissant les valeurs limites des rejets d’effluents liquides industriels.

K

Khan J.A., Abulnaja K.O., Kumosani T.A., Abou-Zeid A.A. (1995). Utilization of Saudi date sugars in production of baker's yeast. *BioresourceTechnology*. Vol.53, N° 1, p. 63-66.

L

- Lang O. (1990).** Valorisation non alimentaire du cinquième quartier des abattoirs *Industries alimentaires et agricoles*. Vol. 111, N° 10, p.951-957.
- Langlois K., et Garriguet D. (2011).** Consommation de sucre chez la candiens de tous ages, Rapport sur la santé. Vol.22, N° 3.
- Launholt T.L., Kristiansen C.B., et Hjorth, P. (2020).** Safety and side effects of apple vinegar intake and its effect on metabolic parameters and body weight: A systematic review. *Eur. J. Nutr.* Vol.59, p.2273–2289.
- Leghlimi H. (2004).** Optimisation de la production de la cellulase d'*Aspergillus niger* ATCC 16 404 cultivé sur un milieu à base de lactosérum : étude comparative entre *Aspergillus niger* ATCC 16 404 et *Aspergillus niger* O.Z isolée localement. Thèse de Magistère. Université Mentouri. Constantine.
- Linder M. (1996).** Optimisation d'un procédé de valorisation de coproduits d'abattage par hydrolyse enzymatique : propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des hydrolysats. Thèse De Doctorat, institut national polytechnique de Lorraine, p. 18-19.
- Liu Y., Che F., Wang L., Meng R., Zhang X., Zhao Z. (2013).** Fruit Coloration and Anthocyanin Biosynthesis after Bag Removal in Non-Red and Red Apples (*Malus Domestica* Borkh.). *Molecules (Basel, Switzerland)*. Vol.18, N°2, p. 1549-63.
- Luby J.J. (2003).** Taxonomic Classification and Brief History, in Apples Botany production and uses, CABI Publishing.
- Lupton S. (2011).** Economie des déchets, une approche institutionnaliste, Bruxelles .De Boeck, Coll, Ouvertures économiques, p.267.
- Luquet F. M., et Boudier J. F. (1990).** Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. 2ème Ed, Lavoisier, Paris.

M

- Maatallah S. (1970).** Contribution à la valorisation des dattes. Thèse d'ingénieur. INA-El-harrach, Algérie.

- Mahjoub A., et Jraidi Z. (1992).** Elaboration d'une boisson gazeuse et d'une confiture aromatisée à partir de deux variétés de dattes. *Institut National Agronomique de Tunisie*. Vol. 7, p.37–44.
- Marouani L., Bouallagui H., Ben C. R., et Hamdi M. (2002).** Biomethanation of green wastes of wholesale market of Tunis. *Revue Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management*. P. 318-323
- Maystre L.Y. (1994).** *Déchets urbains : nature et caractérisation*, Lausanne. Presses polytechniques et universitaires Romandes, p.219.
- Mbungu C., Tshimenga K., Nsambu P, Tshibadi C. M., Muwawa J., et Kanyinda, J. N. M. (2016).** Microbiological Quality, Biochemical and Physical-Chemical characteristics of artisanal vinegar-based piers mangoes. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol.17, N° 3, p 948-949.
- Medina E., Romero C., Brenes M., et De Castro A. (2007).** “Antimicrobial Activity of Olive Oil, Vinegar, and Various Beverages against Foodborne Pathogens”. *Journal of Food Protection*. Vol.70, N° 5, p.1194 – 1199.
- Mehinagic E., Charles M., Vigneau E., Symoneaux R., et Maitre I. (2012).** Segmentation des consommateurs de pommes selon des critères gustatifs. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*. Vol.44, N° 6, p. 360-6.
- Moletta R. (2002).** Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires. Ed. Tech et Doc. Paris, p.600.
- Moletta R. (2009).** Le traitement des déchets. Éd. Tec & doc Lavoisier. Paris.
- Mortimer R., et Polsinelli M. (1999).** On the origins of wine yeast. *Research In Microbiology*. Vol. 150, N° 3, p. 199-204.
- Munier P. (1973).** Le palmier dattier. Techniques agricoles et production tropicale. Ed : Paris : Maisonneuve & Larose, p. 221.

N

- Nelson K. B., et Ellenberg J. H. (1978).** Prognosis in children with febrile seizures. *Pediatrics*, 61(5), 720-727.
- Nieuwenhuizen N.J., Green S.A., Chen X., Bailleul E.J., Matich A.J., Wang M.Y., et Atkinson R.G. (2013).** Functional Genomics Reveals That a Compact Terpene

Synthase Gene Family Can Account for Terpene Volatile Production in Apple1[W]. *Plant Physiology*. Vol.161, N° 2, p.787-804.

Noordman T. R., Ketelaar T. H., Donkers F., et Wesselingh J. A. (2002). Concentration and desalination of proteins solutions by ultrafiltration. *Chemical Engineering Science*. Vol. 57, N° 4, p.693-703.

O

Ostman E., Granfeldt Y., Persson L., et Björck I. (2005). Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *European journal of clinical nutrition*. Vol.59, N° 9, p.983-988.

Oszmianski J., Wolniak M., Wojdylo A., et Wawer I. (2008). Influence of apple puree preparation and storage on polyphenol contents and antioxydant activity. *Food chemistry*. Vol.107, N° 04, p. 1473-1484.

Ouhejjou B. (2010). Diagnostic des programmes préalables et évaluation de la qualité de la confiture de dattes produite par la coopérative Zrigat à Errachidia. Mémoire, IAV Hassan II, Rabat, Maroc, p.142

Oukabli A. (2004). Le pommier : une culture de terroir en zones d'altitude. Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture. Vol. 115, N° 4.

Ould El Hadj M.D., Sebihi A.H., et Siboukeur O. (2001). Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette de Ouargla ; Revue des énergies renouvelables, NS, Biomasse, CDER, Alger, p.87-92.

Ousaaïd D., Mansouri I., Rochdi M., Lyoussi B., et El Arabi I. (2017). Etude des paramètres physico-chimiques et de l'activité antioxydante de trois vinaigres de cidre traditionnels issus de trois variétés de pomme de la région de Midelt au Maroc
Résumé-Study of physico-chemical parameters and antioxidant activity of thr. Rev. El Wahat pour les Recherches et les Etudes. Vol.10, N°1, p. 37-50.

P

Paiva J. M., et Frollini E. (2002). Sugarcane bagasse reinforced phenolic and lignophenolic composites. *Journal of applied polymer science*. vol.83, N° 4, p.880-888.

- Paquier B. (1974).** Possibilités de création d'industries exportatrices dans les Etats Africains et Malgache Associes. Viandes, cuirs et peaux, chaussures, et articles en cuir. Vol. 1 : Rapport général, p. 99-142.
- Patel R. M., et Desai A. J. (2003).** Biosurfactant production by *Pseudomonasaeruginosa* GS3 from molasses, *Letters in AppliedMicrobiology*. Vol. 25, N° 2 p. 91–94.
- Peynaud É., et Blouin J. (2013).** Le goût du vin. Le grand livre de la dégustation. 5^{ème}Ed. Dunod, p.237.

R

- Reed J. D., Capper B. S., et Neate, P. J. (1987).** Plant breeding and the nutritive value of crop residues. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.
- Renault P., Miot-Sertier C., Marullo P., Hernández-Orte P., Lagarrigue L., Lonvaud-FunelA., et Bely M. (2009).** Genetic characterization and phenotypic variability in *Torulasporadelbrueckii* species: Potential applications in the wine industry. *International journal of foodmicrobiology*. Vol. 134, N° 3, p. 201-210.

S

- Sanogo O. (2005).** Procédé et technologie mature pour la production d'énergie à partir de la biomasse. Atelier de formation BEPITA. Kamboinse.
- Schvarcz E., Palmér M., Lman J., et Berne C. (1995).** Hypoglycemia Increases the Gastric Emptying Rate in Healthy Subjects. *Diabetes Care*. Vol.18 N° 05, p.674-676.
- Sebihi A.H. (1996).** Contribution à l'étude de quelques paramètres de la qualité hygiénique et biochimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette d'Ouargla. Thèse d'ingéniorat. INFS/AS, Université KasdiMerbah, Ouargla.
- Selmane D. (2010).** Etude de l'extraction des protéines de coproduits d'abattage et de leur valorisation comme ingrédients fonctionnels. Thèse De Doctorat, Université BLAISE PASCAL, p. 8.
- Shah Q. A., Bibi F., & Shah A. H. (2013).** Anti-Microbial Effects of Olive Oil and Vinegar against *Salmonella* and *Escherichia coli*. *The Pacific Journal of Science and Technology*. Vol.14, N° 2, p. 479-486.

Siboukeur O., Ould El Hadj M.D., et Zargat F. (2001). Contribution à l'Etude de la Production d'Acide Citrique par *Aspergillus niger* Cultivée sur Moût de Dattes de la Variété Ghars. Rev. Energ. Ren. Production et Valorisation – Biomasse, p.93-96.

Solieri L., et Giudici P. (2009). Vinegars of the World; Springer Science and Business Media LLC: Berlin/Heidelberg, Germany, p. 1–16.

Sottiez P. (1990). Produits dérivés des fabrications fromagères in : lait et produits laités ; vache, brebis, chèvre. Edition Lavoisier, Paris, p.633.

Subdivision agricole de Bouhmama , (2015).

T

Tesfay W., Morales M.L., Garcia-Parrilla M.C., et Troncoso A.M. (2002). Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. Journal of Trends in Food Science & Technology, Vol. 13, N°1, p. 12-2.

Ting V.J.L., Soukoulis C., Silcock P., Cappellin L., Romano A., Aprea E., Bremer P.J., Märk T.D., Gasperi F., et Biasioli F. (2012). In Vitro and In Vivo Flavor Release from Intact and Fresh-Cut Apple in Relation with Genetic, Textural, and Physicochemical Parameters. *Journal of Food Science*. Vol.77, N° 11, p. C1226-33.

Touzi A. (1997), Valorisation des produits et sous-produits de la datte par les procédés biotechnologiques. Rapport de synthèse de l'atelier "Technologie et qualité de la datte", CIHEAM - Options Méditerranéennes, p. 214.

V

Vasserot Y. (1996). La fermentation alcoolique chez *Saccharomyces cerevisiae* : aspects biochimiques et physiologiques. Française d'oenologie, N°159, P.13-16.

Villatoro C., Altisent R., Echeverría G., Graell J., López M.L., et Lara I. (2008). Changes in Biosynthesis of Aroma Volatile Compounds during On-Tree Maturation of 'Pink Lady®' Apples. *Postharvest Biology and Technology*. Vol.47, N° 3, p. 286-95.

Visser P. et Frederiks B. (2006). Etude de développement de la filière « Ethanol/GEL.fluel » comme énergie de cuisson dans l'espace "UEMOA". Rapport provisoire, p.6.

Vojnovic V., Ritz M., et Vahcic N. (1993). Sensory evolution of whey-based fruit beverages. *Food/Nahrung*. Vol.37, N° 3, p.285-304.

Vrignaud Y. (1983). Valorisation du lactosérum, une longue histoire. *Revue laitière Française*, N° 422, p.41-46.

W

Weiss T. J. (1983). Bakery shortenings and frying shortenings. In food oils and their uses. Connecticut: The AVI Publishing Company, Inc, p.153–165.

Winarsih S., Hidayati N., et Subramaniam T. (2009). The Antibacterial Effect of Apple Cider Vinegar on The Growth of Escherichia Coli (Faeces Isolates) In Vitro. *Laboratorium Mikrobiologi Universitas Brawijaya*.

Y

Yang S. Y., Jones J. H., Olsen F. J., et Paterson J. J. (1980). Soil as a medium for dairy liquid waste disposal. *Journal of Environmental Quality*. Vol.9, N° 3, p.370-372.



Annexes

Annexe 01 : Technique d'élaboration et détermination des caractères organoleptiques

Fermentation alcoolique

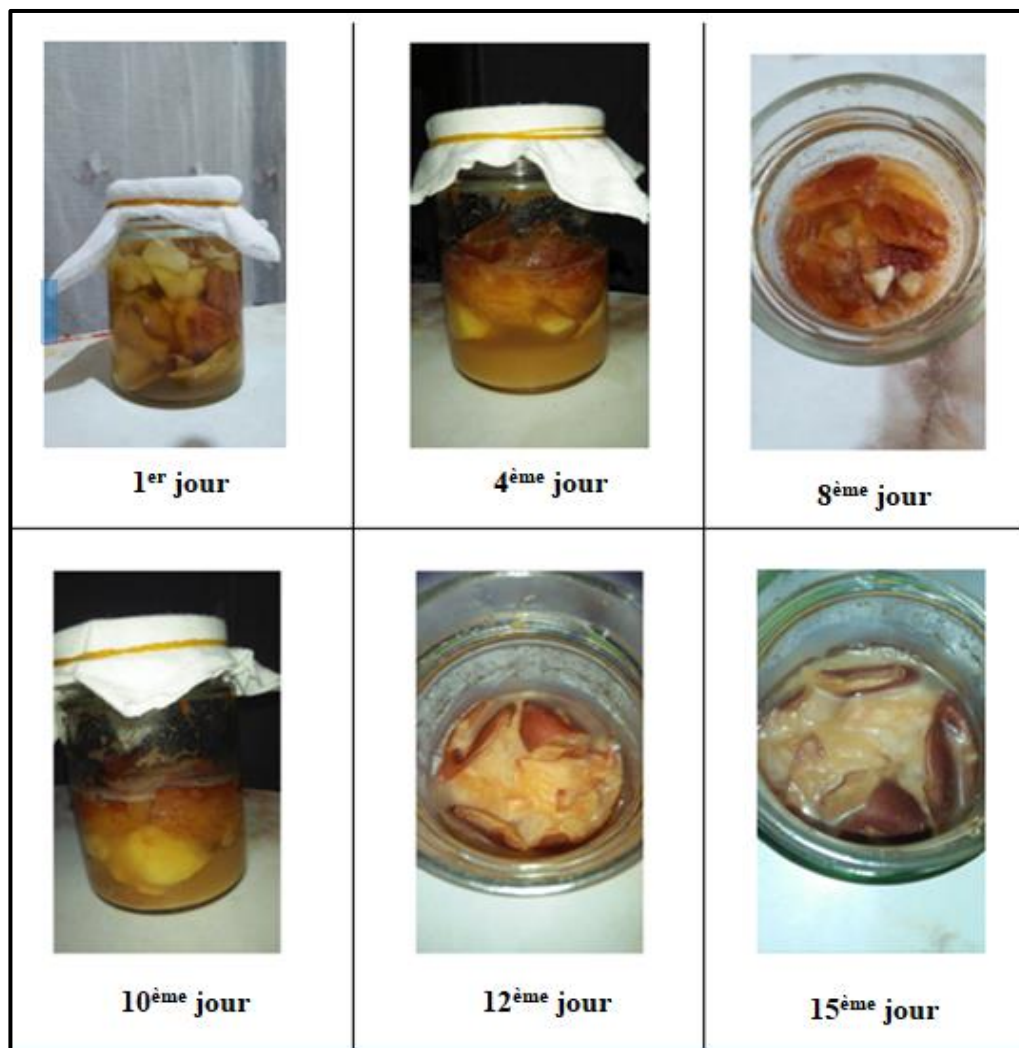


Figure 01 : Fermentation alcoolique des déchets de la Royal Gala

Fermentation acétique

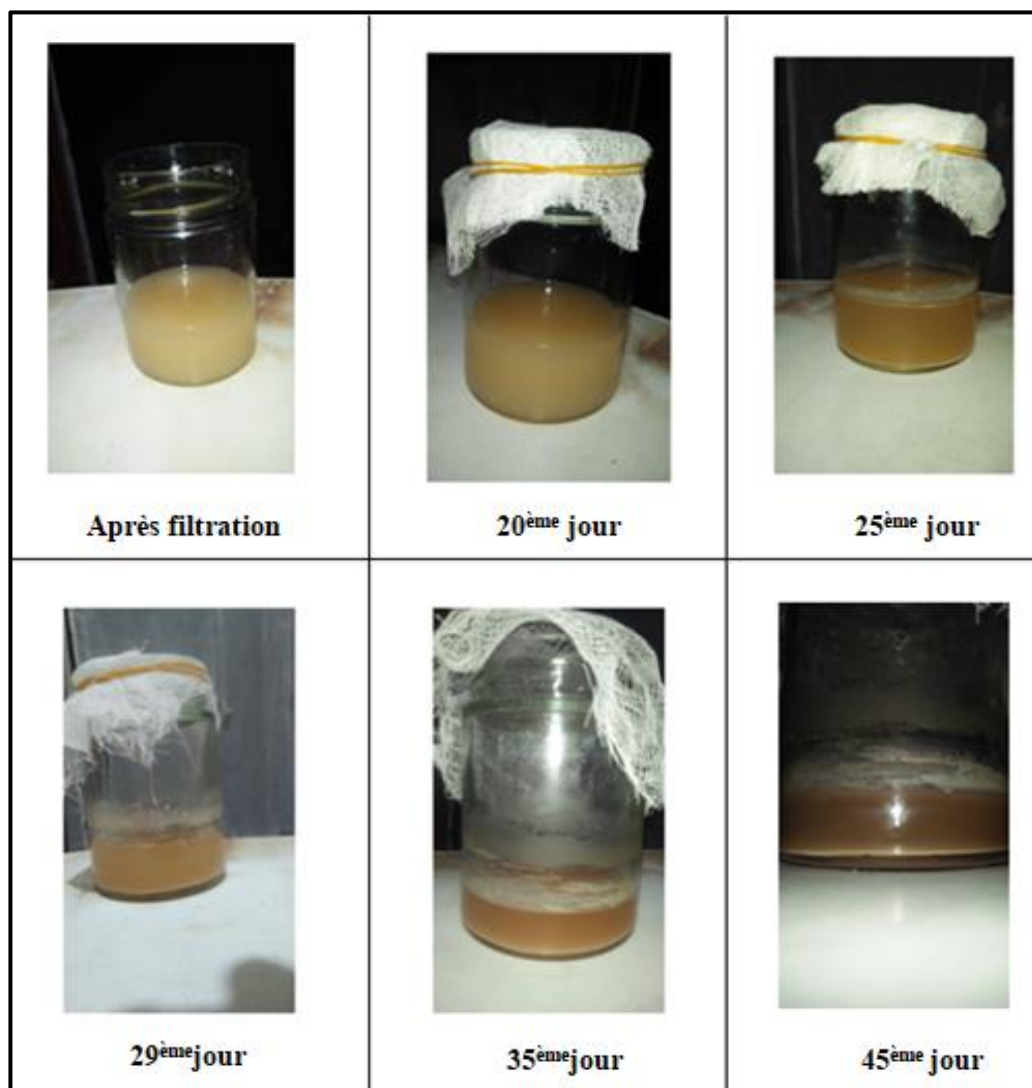


Figure 02: La fermentation acétique de la Royal Gala

Annexe 02: Les étapes de filtration du vinaigre



Figure 4: vinaigre de Golden Délicious



Figure 3: vinaigre de la Royal Gala

Annexe 03 : Les déchets obtenus après la filtration du vinaigre. Ces déchets peuvent être utilisés dans le compostage.

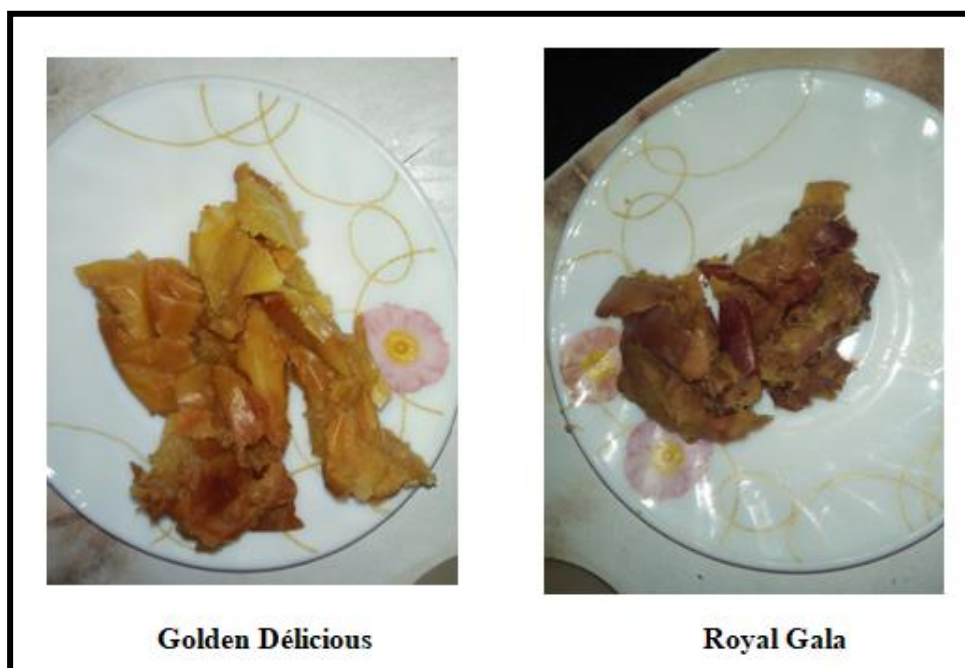


Figure 04 : Les déchets obtenus après la filtration du vinaigre

Annexe 04: le vinaigre commercial utilisé comme témoin



Figure05 : Le vinaigre commercial utilisé