



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



**Université Abbes Laghrou – 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

**Caractérisation de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques d'un vinaigre traditionnellement produit à partir de la variété de pomme Charden cultivée dans la région de Bouhmama**

Présenté Par :

**Nasri Khaoula**

**Derouiche Somia**

Jury de soutenance :

<b>Présidente :</b>	<b>M<sup>me</sup> Dib D.</b>	<b>MCA</b>	<b>Université Abbes Laghrou Khenchela</b>
<b>Examinatrice :</b>	<b>M<sup>me</sup> Ouaness M.</b>	<b>MCB</b>	<b>Université Abbes Laghrou Khenchela</b>
<b>Encadrante:</b>	<b>M<sup>me</sup> Bensouici K.</b>	<b>MAA</b>	<b>Université Abbes Laghrou Khenchela</b>

**Année Universitaire : 2021/2022**



# 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 **M<sup>me</sup> Bensouici K**, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, 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<sup>me</sup> Dib D.** qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse*

*A notre examinatrice **M<sup>me</sup> Mezhoud A.** qui a eu l'amabilité d'examiner notre travail*

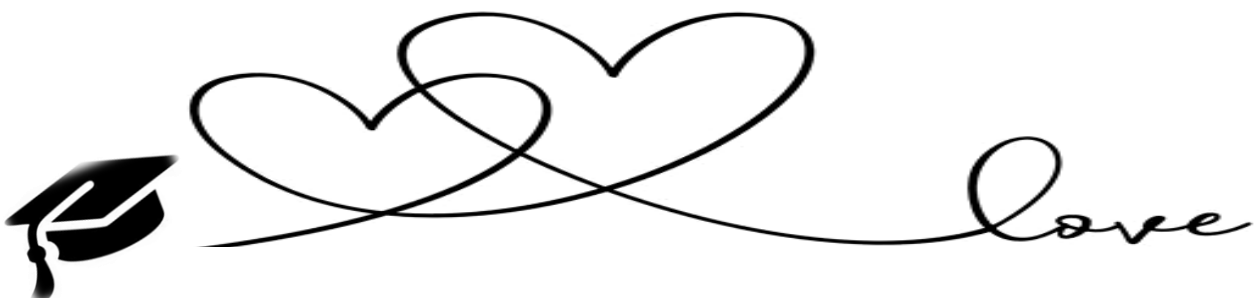
*Nous tenons également à adresser nos reconnaissances et nos sincères remerciements au laboratoire pédagogique El hamma, pour leurs conseils bénéfiques, en particulier **Mr Abdenour** qui nous a aidés au cours de la réalisation de la partie expérimentale.*

*Nous remercions aussi l'administration du Lycée Mohamed ben Ali Massoudi - Bouhmama- où nous travaillons pour leurs soutiens et compréhensions*

*Nous remercions tous nos amis et tous ceux qui nous ont soutenu avec une idée ou un conseil.*

*Nous remercions la Subdivision de l'agriculture Daïra de Bouhmama pour leurs aides et leurs informations bénéfiques.*

*Notre gratitude va enfin à nos parents pour leur soutien tout au long de nos études.*





# Dédicace

*C'est avec une profonde gratitude que je dédie ce modeste travail*

*À celui dont je tire ma force et ma continuité, qui je porte son nom avec fierté, que Dieu le garde et le protège,..... mon cher père.*

*À qui a souffert sans me laisser souffrir, qui m'accompagne dans ses prières, à la personne la plus précieuse dans mon cœur,.....ma chère mère.*

*À mes chères sœurs et à mon cher frère.*

*À ma petite Lodjeine.*

*À mon adorable binôme Somia.*

*À mon amie Randa et mon collègue Mr. Hassnaoui A.*

*À Mr. Abaidia Abd El Ghafour, je ne suis jamais oubliée ton soutien durant la période des inscriptions, merci de ta gentillesse.*

*À mes chers élèves de 2ème année secondaire 2AŞ1, lycée Messaoudi Bouhmama, je vous aime infiniment.*

*À moi-même, qui n'a jamais abandonné d'exceller et de relever un nouveau défi, à chaque fois.*

*À tous ceux que j'aurais oublié de citer mais qui existent au fond de mon cœur et de ma pensée.*



Khaoula Nasri





# Dédicace

Je dédie cet humble travail

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur soutien et leurs prières  
tout au long de mes études.

À mon cher frère Djalal, qui a toujours été mon soutien

À mes chères soeurs et amies proches

À la bonne femme de mon frère

À l'âme pure de ma grand-mère

À mon amie et collègue Khaoula

À mon fiancé qui m'a encouragé et soutenu

À tous ceux qui m'ont aidé et qui ont souhaité que je puisse arriver ici

J'espère que ce travail sera l'exaucement des souhaits des personnes qui me sont  
chères et le fruit de la confiance qu'elles m'ont toujours témoignée.

Et à la fin, je demande à ALLAH de faire ce travail uniquement pour Son Noble  
Visage et d'en faire profiter chaque étudiant de la connaissance

Derouiche Somia



## **Résumé**

Une valorisation des déchets de pommes pour la production de vinaigre a été réalisée dans cette étude. Ce travail est entrepris dans le cadre d'une stratégie de développement durable et de la préservation de l'environnement. Il concerne la mise au point d'un procédé traditionnel de fabrication du vinaigre à partir de déchets de pomme d'une variété cultivée dans la région de Bouhmama à Khenchela. Il s'agit de la variété Charden, qui est peu connu et n'a jamais été utilisée dans la production de vinaigre. Ce procédé repose sur une double fermentation qui dure 45 jours. Deux stratégies de production de vinaigres traditionnels ont été entreprises. Le premier vinaigre a été préparé avec addition de sucre aux déchets de pommes. Le second est conçu sans ajout de sucre. Plusieurs analyses physico-chimiques et microbiologiques, ont été réalisées sur le produit fini. Il s'agit du pH, des solides solubles (Brix), de l'extrait sec total, des cendres, de la densité, de la conductivité électrique, de l'alcool résiduel, de l'acidité, de l'acide citrique, de certains sels minéraux ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ), des sucres résiduels et enfin des germes totaux. Les résultats montrent que nos deux vinaigres comparativement avec des données sur des vinaigres traditionnels, sont de bonne qualité organoleptique, nutritionnelle et microbiologique et répondent aux normes nationales et européennes.

**Mots clés:** Valorisation, déchets, pomme, Charden, vinaigre traditionnel.

## **Abstract**

A valorization of apple waste for the production of vinegar was carried out in this study. This work is undertaken within the framework of a strategy of sustainable development and preservation of the environment. It concerns the development of a traditional process for making vinegar from apple waste of a variety grown in the Bouhmama region in Khenchela. This is the Charden variety, which is little known and has never been used in vinegar production. This process is based on a double fermentation that lasts 45 days. Two strategies for the production of traditional vinegars have been undertaken. The first vinegar was prepared with the addition of sugar to apple waste. The second is designed without adding sugar. Several physico-chemical and microbiological analyzes were carried out on the finished product. These are pH, Soluble Solids (Brix), Total Solids, Ash, Specific Gravity, Electrical Conductivity, Residual Alcohol, Acidity, Citric Acid, certain mineral salts ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ), residual sugars and finally total germs. The results show that our two vinegars, compared with data on traditional vinegars, are of good organoleptic, nutritional and microbiological quality and meet national and European standards.

**Keywords:** Valorization, waste, apple, Charden, traditional vinegar.

## ملخص

تم إجراء استرجاع لنفايات التفاح لإنتاج الخل في هذه الدراسة. يتم تنفيذ هذا العمل في إطار إستراتيجية التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة. يتعلق الأمر بتطوير عملية تقليدية لصنع الخل من نفايات التفاح من صنف يزرع في منطقة بوحمامة في خنشلة. هذا الصنف هو شاردن، وهو غير معروف ولم يتم استخدامه من قبل في إنتاج الخل. تعتمد هذه العملية على تخمير مزدوج يستمر لمدة 45 يوماً. تم تنفيذ إستراتيجيتين لإنتاج الخل التقليدي. تم إعداد الخل الأول بإضافة السكر إلى فضلات التفاح. والثاني تم إعداده دون إضافة السكر. تم إجراء العديد من التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية على المنتج النهائي. وهي الأس الهيدروجيني، المواد الصلبة الذائبة (بريكس)، المواد الصلبة الكلية، الرماد، الكثافة، التوصيل الكهربائي، الكحول المتبقي، الحموضة، حمض الستريك، بعض الأملاح المعدنية ( $K^+$ ،  $Ca^{2+}$ ،  $Na^+$ )، السكريات المتبقية، وأخيراً مجموع الجراثيم. تظهر النتائج أن الخليين اللذين نستخدمهما مقارنةً بالبيانات الخاصة بالخل التقليدي، يتمتعان بجودة حسية وغذائية وميكروبيولوجية جيدة ويتوافقان مع المعايير الوطنية والأوروبية.

**كلمات مفتاحية:** استرجاع، نفايات، تفاح، شاردن، خل تقليدي.

## Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

### **Partie 01 : Etude bibliographique**

#### **Chapitre 01 : Le pommier et la pomme**

1. Origine et histoire du pommier.....	3
2. Classification botanique du pommier.....	4
3. Caractères botaniques et aspects descriptif du pommier.....	5
4. Les exigences écologiques du pommier.....	6
4.1. Les exigences pédologiques.....	6
4.2. Les exigences climatiques.....	6
4.3. Les exigences hydriques.....	7
5. Production du pommier.....	7
5.1. Dans le monde.....	7
5.2. En Algérie.....	9
5.3. Dans la wilaya de Khenchela.....	10
6. La pomme.....	11
6.1. Description.....	11
6.2. Maturation.....	12
6.3. Variétés.....	12
6.4. Composition nutritionnelle.....	14
6.4.1. Les glucides.....	14

6.4.2. Les protéines.....	14
6.4.3. Les vitamines.....	15
6.4.4. Les Minéraux.....	15
6.4.5. Les composés phénoliques.....	15
6.5. Valeur médicinale.....	15
6.6. Transformation.....	16
6.7. Déchets de pommes.....	16
6.8. Valorisation des déchets de pommes.....	17
6.8.1. La farine de pomme.....	17
6.8.2. Aliments de bétail.....	17
6.8.3. Alcool.....	18
6.8.4. Vinaigre.....	18

<b>Chapitre 02 : Le vinaigre</b>
----------------------------------

1. Histoire du vinaigre.....	19
2. Définition et réglementation.....	19
3. Composition.....	20
4. Principe chimique de fabrication.....	20
4.1. Fermentation alcoolique.....	20
4.1.1. Ethanol.....	20
4.1.2. Polyalcools : glycérol.....	21
4.1.3. Acides organiques.....	21
4.2. Fermentation acétique.....	21
5. Différents types de vinaigres.....	22
5.1. Vinaigre de vin.....	22
5.2. Vinaigre de glucose.....	22
5.3. Vinaigre d'alcool ou blanc.....	23

5.4. Vinaigre balsamique.....	23
5.4.1. Vinaigre traditionnel balsamique.....	23
5.4.2. Vinaigre industriel balsamique.....	23
5.5. Vinaigre de malt.....	23
5.6. Vinaigre de betteraves.....	23
5.7. Vinaigre de riz.....	24
5.8. Vinaigre des jus de fruits.....	24
6. Le vinaigre de pomme.....	24
6.1. Composition du vinaigre de pomme.....	24
6.2. Utilisations du vinaigre de pomme.....	25
6.2.1. Vertus thérapeutiques.....	25
6.2.1. 1. Effet antibiotique.....	25
6.2.1. 2. Effet hypo lipidique (Réduction du cholestérol).....	26
6.2.1. 3. Effet hypoglycémiant.....	26
6.2.1. 4. Effet hypotenseur.....	26
6.2.1. 5. Effet antitumoral.....	26
6.2.1. 6. Effet digestif.....	27
6.2.1. 7. Effet neurologique.....	27
6.2.1. 8. Effet sur les troubles articulaires.....	27
6.2.1. 9. Effet sur l'absorption des éléments nutritifs.....	27
6.2.1. 10. Effet sur l'obésité.....	27
6.2.2. Utilisation en cuisine.....	28
6.2.3. Utilisation en l'industrie alimentaire.....	28
6.2.4. Usage domestique.....	28
6.2.5. Usage cosmétique.....	28
6.2.6. Usage agricole.....	29
6.2.7. Autres utilisations.....	29

6.2.8.Effets secondaires du vinaigre de pomme.....	29
--	----

## **Partie 02 : Etude expérimentale**

<h3><b>Chapitre 01 : Matériel et méthodes</b></h3>
--

1.Présentation de la région d'étude.....	30
2.La pomiculture à Bouhmama.....	31
3.Matériel et méthodes.....	34
3.1.Matériel végétal.....	34
3.2.Description et caractéristiques de la pomme Charden.....	35
3.3.Préparation du vinaigre traditionnel.....	35
3.3.1.Technique d'élaboration.....	35
3.3.2.Procédé de production.....	36
3.4.Techniques analytiques du vinaigre de pomme.....	37
3.4.1.Détermination des propriétés organoleptiques.....	37
3.4.2.Détermination des paramètres physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques.....	38
3.4.2.1.Détermination du pH.....	39
3.4.2.2.Détermination de la conductivité électrique (CE).....	39
3.4.2.3.Détermination de la densité.....	40
3.4.2.4.Détermination en extrait sec total.....	41
3.4.2.5.Mesure du degré Brix (%).....	42
3.4.2.6.Détermination des cendres.....	43
3.4.2.7.Dosage de l'alcool résiduel.....	44
3.4.2.8.Dosage de l'acidité totale.....	45
3.4.2.9.Détermination de la teneur en acidité fixe.....	47
3.4.2.10.Détermination de la teneur en acidité volatile.....	48
3.4.2.11.Dosage de l'acide citrique.....	49

3.4.2.12. Dosage des sels minéraux.....	49
3.4.2.13. Dosage des sucres.....	50
3.4.2.14. Analyses microbiologiques.....	52

## Chapitre 02 : Résultats et discussion

1. Matériel végétal.....	54
2. Production du vinaigre de pomme traditionnel.....	54
2.1. Technique d'élaboration et détermination des caractères organoleptiques .....	54
2.1.1. La fermentation alcoolique.....	55
2.1.2. La fermentation acétique.....	56
2.2. Détermination des paramètres physico-chimiques.....	57
2.2.1. Détermination du pH.....	58
2.2.2. Détermination de la conductivité électrique (CE).....	59
2.2.3. Détermination de la densité.....	60
2.2.4. Détermination en extrait sec total (matières sèches).....	61
2.2.5. Mesure du degré Brix (%).....	62
2.2.6. Détermination des cendres.....	63
2.2.7. Dosage de l'alcool résiduel.....	64
2.2.8. Détermination de la teneur en acidité totale.....	65
2.2.9. Détermination de la teneur en acidité fixe.....	65
2.2.10. Détermination de la teneur en acidité volatile.....	65
2.2.11. Dosage de l'acide citrique.....	66
2.2.12. Dosage des sucres.....	67
2.2.13. Dosage de quelques cations.....	68
2.2.14. Détermination des germes totaux.....	69

**Conclusion et perspectives**.....70

**Références bibliographiques** .....72

**Annexes**

## Listes des abreviations

<b>µs/cm</b>	MicroSiemens/centimètre
<b>AOAC</b>	Association of official analytical chemists
<b>APS</b>	Algérie Presse Service
<b>C°</b>	Degré Celsius
<b>Ca</b>	Calcium
<b>CE</b>	Conductivité électrique
<b>cm</b>	Centimètre
<b>Cu</b>	Cuivre
<b>DSA</b>	Direction des services agricoles
<b>E. coli</b>	Escherichia coli
<b>FAO</b>	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>Fe</b>	Fer
<b>fig</b>	Figure
<b>g</b>	Gramme
<b>Ha</b>	Hectare
<b>HCl</b>	L'acide chlorhydrique
<b>INRF</b>	L'Institut National de la Recherche Forestière.
<b>K</b>	Potassium
<b>Kcal</b>	Kilocalorie
<b>KMnO<sub>4</sub></b>	Permanganete de potassium
<b>LBEES</b>	Laboratoire Biotechnologie, Eau, Environnement et Santé
<b>m</b>	Masse
<b>m</b>	Mètre
<b><i>M. domestica</i></b>	<i>Malus domestica</i>

<b><i>M. sieversii</i></b>	<i>Malus sieversii</i>
<b>ml</b>	Millilitre
<b>mg</b>	Milligramme
<b>MS</b>	Matière Sèche
<b>Na</b>	Sodium
<b>pH</b>	Potentiel d'Hydrogène
<b>PNDA</b>	Programme national du développement agricole
<b>Qx</b>	Quintal
<b>SAB</b>	Subdivision de l'agriculture Daïra de Bouhmama
<b>T</b>	Tonne
<b>Tab</b>	Tableau
<b>TGEA</b>	Tryptone Glucose Extrat Agar
<b>UE</b>	Union européenne
<b>ufc</b>	Unité formant colonie
<b>VAS</b>	Vinaigre avec sucre
<b>Véq</b>	Volume équivalent
<b>VPH</b>	Papillomavirus
<b>VSS</b>	Vinaigre sans sucre

## Listes es tableaux

<b>Tableau 01</b>	Classification du pommier selon <b>Cronquist (1981)</b>	<b>4</b>
<b>Tableau 02</b>	Classifications du pommier selon <b>Lafon et al., (1996)</b>	<b>5</b>
<b>Tableau 03</b>	Evolution de la culture du pommier dans le monde (1997- 2007)	<b>8</b>
<b>Tableau 04</b>	Importance de la culture du pommier par zone de production	<b>9</b>
<b>Tableau 05</b>	L'évolution de la production du pommier en Algérie entre 2006 -2016	<b>10</b>
<b>Tableau 06</b>	Evolution de la culture du pommier dans la wilaya de Khenchela (1998-2011)	<b>11</b>
<b>Tableau 07</b>	Principales variétés de pommes	<b>13</b>
<b>Tableau 08</b>	Quantités de marc de pommes produites dans certains pays	<b>17</b>
<b>Tableau 09</b>	Composition global de vinaigre de cidre pour 100 ml	<b>25</b>
<b>Tableau 10</b>	Paramètres physico-chimiques et microbiologiques des vinaigres de pomme Charden	<b>38</b>
<b>Tableau 11</b>	Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des vinaigres de pomme	<b>58</b>
<b>Tableau 12</b>	Teneurs de l'alcool résiduel dans les deux échantillons de vinaigre	<b>64</b>
<b>Tableau 13</b>	Le nombre des germes totaux dans les deux échantillons de vinaigre	<b>69</b>

## Liste des figures

<b>Figure 01</b>	Les caractères botaniques du pommier	<b>6</b>
<b>Figure 02</b>	Coupe transversale de la pomme	<b>12</b>
<b>Figure 03</b>	Etapas de fabrication de vinaigre	<b>22</b>
<b>Figure04</b>	Situation géographique de la commune de Bouhmama (Khenchela) et localisation des champs de pommes	<b>30</b>
<b>Figure 05</b>	Evolution de la production de pomme dans la Daïra de Bouhmama	<b>32</b>
<b>Figure 06</b>	Rendement de la production de pomme dans la Daïra de Bouhmama	<b>33</b>
<b>Figure 07</b>	Pourcentages des superficies occupées par les variétés de pomme à Bouhmama	<b>34</b>
<b>Figure 08</b>	Rendements des variétés de pomme cultivées dans la région de Bouhmama	<b>34</b>
<b>Figure 09</b>	Variété de pomme de Bouhmama (Charden)	<b>35</b>
<b>Figure 10</b>	Détermination du pH du vinaigre de pomme	<b>39</b>
<b>Figure 11</b>	Mesure de la conductivité du vinaigre de pomme	<b>40</b>
<b>Figure 12</b>	Mesure de la densité de vinaigre de pomme	<b>41</b>
<b>Figure 13</b>	Processus de détermination de l'extrait total sec du vinaigre de pomme	<b>42</b>
<b>Figure 14</b>	Détermination du taux de solides solubles de vinaigre de pomme	<b>43</b>
<b>Figure 15</b>	Processus de détermination des cendres de vinaigre de pomme	<b>44</b>
<b>Figure 16</b>	Dosage de l'alcool résiduel dans le vinaigre de pomme	<b>45</b>
<b>Figure 17</b>	Dosage de l'acidité totale de vinaigre de pomme par NaOH (0.1 mol/l)	<b>47</b>
<b>Figure 18</b>	Processus du dosage de l'acidité fixe dans le vinaigre de pomme	<b>48</b>
<b>Figure 19</b>	Dosage de la teneur de l'acide citrique dans le vinaigre de pomme	<b>49</b>
<b>Figure 20</b>	Dosage des cations Na <sup>+</sup> , k <sup>+</sup> et Ca <sup>2+</sup> dans le vinaigre de pomme	<b>50</b>
<b>Figure 21</b>	Dosage des sucres réducteurs résiduels dans le vinaigre de pomme	<b>51</b>
<b>Figure 22</b>	Dosage des sucres totaux résiduels du vinaigre de pomme	<b>52</b>

<b>Figure 23</b>	Recherche et dénombrement des germes totaux dans le vinaigre de pomme	<b>53</b>
<b>Figure 24</b>	Pelures de pomme de la variété Charden	<b>54</b>
<b>Figure 25</b>	Les étapes de la production de vinaigre	<b>55</b>
<b>Figure 26</b>	Fermentation alcoolique des déchets de Charden	<b>56</b>
<b>Figure 27</b>	Fermentation acétique des déchets de Charden	<b>57</b>
<b>Figure 28</b>	Valeurs du pH des deux échantillons de vinaigre de pomme	<b>59</b>
<b>Figure 29</b>	Valeurs de la CE des deux échantillons de vinaigre	<b>60</b>
<b>Figure 30</b>	Densité des deux échantillons de vinaigre analysés	<b>61</b>
<b>Figure 31</b>	Teneur en matière sèche des deux échantillons de vinaigre analysés	<b>62</b>
<b>Figure 32</b>	Brix des deux échantillons de vinaigre	<b>63</b>
<b>Figure 33</b>	Taux des cendres dans les deux solutions de vinaigre	<b>64</b>
<b>Figure 34</b>	Teneurs en acidité totale, fixe et volatile des deux échantillons de vinaigre	<b>66</b>
<b>Figure 35</b>	Teneur en acide citrique dans les deux échantillons de vinaigre	<b>67</b>
<b>Figure 36</b>	Teneur en sucres dans les échantillons de vinaigre VAS et VSS	<b>68</b>
<b>Figure 37</b>	Teneurs minérales des échantillons de vinaigres analysés	<b>69</b>



Le pommier est l'arbre fruitier le plus anciennement cultivé dans le monde en zones tempérées. Il est également cultivé en Europe et en Asie depuis très longtemps (**Bretonneau, 1978; Chouinard et al., 2000**). Il a été ensuite répandu dans le monde entier (**FAO, 2008**). Grâce à sa valeur nutritive, sa composition variée en monosaccharides, minéraux, fibres alimentaires et de divers composés biologiquement actifs, tels que la vitamine C, et certains composés phénoliques (**Wu et al., 2006**) et son faible apport calorique (54 Kcal au 100 g), la pomme prend une place importante dans l'alimentation humaine.

En Algérie une stratégie est mise en place afin d'augmenter la production des pommes et mettre fin à l'importation. Elle est devenu le troisième pays producteur de pommier en Afrique après l'Égypte et le Maroc avec un rendement de 97,295.27 T /ha, avec une superficie des vergers qui a évolué de 70% qui correspond à une augmentation annuelle de 13% (**FAO, 2009**). Parmi les principales régions productrices de pommes en Algérie, la wilaya de Khenchela s'est positionnée à la première place à l'échelle nationale (**DSA, 2020**). La pomme est considérée comme une matière première dans l'industrie agro-alimentaire pour des jus, des confitures des compotes, des farines, sirop etc., et d'une large gamme de produits qui peuvent être récupérés et transformés en divers autres produits (**Anton et al., 2021**).

D'après **Moletta (2009)**, comme la plupart des produits agricoles les pommes subissent des pertes post-récoltes importantes, avoisinant 30%. Cela est dû à plusieurs raisons comme par exemple, les mauvaises techniques de récolte, les attaques de parasites et ravageurs, le manque d'un transport rapide du lieu de la cueillette jusque dans le commerce. Ces pertes peuvent engendrer des quantités de déchets tels qui peuvent nuire à l'environnement. Ces déchets, riches en matière organique constituent une matière première à faible coût pour la biotechnologie. Grâce aux procédés biotechnologiques, il est possible de valoriser ces déchets, ce qui permet de mettre sur le marché une nouvelle génération de produits à forte valeur ajoutée (**Launholt et al., 2020**).

Le vinaigre était connu par la plupart des anciennes civilisations. Il est utilisé comme condiment, comme agent de conservation, ou dilué dans l'eau comme boisson. Ce bioproduit est obtenu exclusivement par procédé biotechnologique d'une double fermentation de liquides ou d'autres substances agricoles. La préparation du vinaigre à partir de pomme, passe par deux fermentations successives, la première est alcoolique, elle se fait en anaérobiose et durant laquelle les sucres naturels de la pomme (glucose, saccharose, fructose, etc.) sont transformés par la levure *Saccharomyces cerevisiae* en alcool éthylique (**Zamora, 2009**). La

deuxième durant laquelle l'alcool est transformé en acide acétique, par des bactéries acétiques en présence d'oxygène (Akin, 2008). Le procédé traditionnel confère à ce produit des avantages organoleptiques et thérapeutiques que l'on ne retrouve pas chez le vinaigre industriel (Ould El-Hadj, 2001). Cette bioconversion traditionnelle utilise des levures et des bactéries qui existent naturellement dans les pommes. Selon Launholt *et al.*, (2020), il existe plusieurs types de vinaigre selon la matière première utilisée. Ces vinaigres à multiples vertus de santé, font leur entrée sur le marché mondial.

Actuellement de nombreux pays s'intéressent aux industries de transformation des pommes en vinaigre traditionnel. Cette demande croissante se fait sentir suite à ses utilisations multiples en cuisine, en médecine traditionnelle, dans le traitement de plusieurs maladies tels que le diabète et l'excès de poids, l'hypertension artérielle, la constipation, les maux de tête et de gorge, les cancers, les brûlures...etc (Grelon, 2005). En Algérie malheureusement cette industrie est encore marginalisée. Selon plusieurs acteurs du secteur agro-alimentaire, le temps de prendre en considération la fabrication du vinaigre traditionnel de pomme est venu.

C'est dans ce cadre et dans la perspective de sauvegarder et de valoriser ce produit local très disponible dans notre pays et spécialement dans la région de Khenchela et par manque d'études sur le vinaigre traditionnel de pomme, nous proposons ce travail de mémoire. Il est question de produire par des méthodes traditionnelles, du vinaigre à faible coût et de bonne qualité à partir de coproduits de pomme. Nous avons choisi la pomme « Charden », cultivée dans la commune de Bouhmama à Khenchela, dont les travaux sur cette variété, sont presque inexistantes. Une panoplie d'analyses physico-chimiques, organoleptiques et microbiologiques est ensuite réalisée afin de déterminer la qualité du vinaigre produit.

Notre mémoire est structuré comme suit: La première partie est une synthèse bibliographique composée de deux chapitres. Le premier chapitre comprend des généralités sur le pommier, son fruit et la valorisation des déchets de pomme. Le deuxième chapitre décrit des généralités sur le vinaigre ainsi que ses différentes utilisations. La deuxième partie est une partie expérimentale présentant deux types de fermentations des déchets de pomme pour la production du vinaigre traditionnel. Plusieurs méthodes d'analyses sont également réalisées. Dans cette partie, les principaux résultats sont présentés et discutés. Enfin une conclusion générale résumant les différents résultats obtenus et des perspectives achèvent ce travail.





**Chapitre 01:**

**Le pommier et la  
pomme**

## 1 Origine et histoire du pommier

Le pommier est l'arbre fruitier le plus anciennement cultivé dans le monde en zones tempérées, il est cultivée en Europe et en Asie depuis les premiers temps (**Bretonneau, 1978; Chouinard et al., 2000**). Des études paléontologiques ont révélé la présence du genre *Malus* à l'ère tertiaire (empreinte de feuilles dans la roche quaternaire) (**Challice et Westwood, 1973**). Le berceau du pommier se situe très certainement dans le Caucase et sur les bords de la mer Caspienne. Sa culture s'est étendue à l'Europe orientale, à la Russie, puis à l'Europe occidentale et l'Afrique du nord (**Bretonneau, 1978**). Ensuite elle s'est répandue dans toutes les parties du monde. Ce n'est qu'avec **Knights (1759)** cité par **Brown (1975)**, que commence la création de nouvelles variétés grâce à l'hybridation contrôlée. Ceci a conduit **Korban et Skirvin (1984)** à dénommer le pommier cultivé; *Malus domestica Borkh.*

Le pommier cultivé est un complexe hybride interspécifique, que l'on dénomme *Malus x domestica Borkh.* (**Korban et Skirvin, 1984**) ou *Malus pumila Mill.* (**Mabberley et al., 2001**). *Malus domestica Borkh.* a été décrite par Borkhausen en 1803 comme un hybride dérivé de *Malus sieversii*, *Malus sylvestris Mill.*, *Malus dasycarpus Borkh.*, et *Malus praeco x Borkh.* (**Korban et Skirvin, 1984**). Selon **Vavilov (1930)**, le pommier cultivé serait originaire du Caucase et d'Asie Mineure et de la partie occidentale de l'Asie, au sud de la Mer Noire. Récemment, des études génétiques par marquage moléculaire (**Harris et al., 2002**) ont montré que *Malus sieversii Lebed. M. Roem* était une espèce clé dans l'origine du pommier cultivé (**Luby, 2003**). Cela signifie que le principal ancêtre du *M. domestica* est, le *M. sieversii*, qui est une espèce endémique de la région du Tian Shan, à la frontière sud-est du Kazakhstan avec la Chine et le Kirghizistan (**Hancock et al., 2008; Harris et al., 2002; Velasco et al., 2010**). Les forêts de cette région sont principalement constituées de pommiers, et le *M. sieversii* est largement répandu dans les monts Tian Shan, entre 1 200 et 1 800 m d'altitude (**Luby, 2003; Velasco et al., 2010**). Le *M. sieversii* est la seule espèce sauvage à posséder tous les caractères du *M. domestica*, sur le plan de la morphologie du fruit et de l'arbre. Ses fruits sont très variables et présentent toute la gamme de couleurs, de formes et de saveurs que l'on retrouve chez les pommiers cultivés dans le monde entier.

Selon les paléobotanistes, les ancêtres du pommier ont migré d'Amérique du Nord jusqu'en Asie entre la fin du Crétacé et l'Ere Tertiaire, il y a plus de 50 millions d'années. Ces arbres présentant de petits fruits ont ensuite été disséminés depuis la Chine vers le Tian Shan

vraisemblablement grâce aux oiseaux (la pie bleue (*Cyanopica cyanus*)). C'est dans cette région montagneuse relativement isolée que des herbivores, comme l'ours brun du Tian Shan (*Ursus arctos*), ont réalisé une sélection des pommiers présentant les fruits les plus gros et les plus sucrés. Ainsi, lorsque cette région fut occupée par l'homme au Néolithique, l'évolution précoce du pommier sauvage était probablement déjà accomplie. L'homme a petit à petit propagé ces variétés sauvages grâce aux échanges commerciaux, le Tian Shan faisant partie des régions traversées par les routes de la soie (**Juniper et Mabberley, 2006**).

## 2 Classification botanique du pommier

Pendant longtemps, les botanistes ont considéré que le pommier constituait le sous genre *Malus* au sein du genre *Pyrus*. L'appellation du pommier était alors *Pyrus malus*. Le pommier est actuellement classé dans le genre *Malus* qui selon **Chevreau et Morisot (1985)** distinct du genre *Pyrus*. D'après **Redher (1956)**, le genre *Malus* comprend 25 à 30 espèces et plusieurs sous-espèces. Les classifications du pommier sont illustrées dans **les tableaux ci-dessous**:

**Tableau 01:** Classification du pommier selon **Cronquist (1981)**

<b>Règne</b>	Piantae
<b>Sous Règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliopinta
<b>Classe</b>	Magnoliopsid
<b>Sous classe</b>	Rosidae
<b>Ordre</b>	Rosaies
<b>Famille</b>	Rosaceae
<b>Sous famille</b>	Maloideae
<b>Genre</b>	Malus

**Tableau 02:** Classifications du pommier selon **Lafon et al., (1996)**

<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Sous Embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous Classe</b>	Dialypétales
<b>Famille</b>	Rosacées
<b>Sous Famille</b>	Maloïdeae
<b>Genre</b>	Malus
<b>Espèce</b>	Malus domestica (BORKH)
	Malus pumila (LAMARCK)
	Malus communis (MILL)

### 3 Caractères botaniques et aspects descriptif du pommier

Le pommier est un arbre à aspect plus ou moins de taille petite à moyenne. Il possède un tronc unique et un houppier largement étalé. Les pommiers sauvages peuvent atteindre 10 à 15 m de hauteur, alors que les pommiers cultivés mesurent généralement 2 à 5 m de hauteur. Ses feuilles sont caduques, alternes, simples, entières et dentées sur les bords; elles mesurent 4 à 13 cm de longueur et 3 à 7 cm de largeur. Elles sont velues dans leurs jeunes âges et possèdent des pétioles plus courts que chez les poiriers. Leur inflorescence présente des corymbes comprenant 8 à 11 fleurs hermaphrodites; mesurent habituellement 3 à 4 cm de diamètre; à symétrie radiaire disposant chacune de 05 pétales dont la couleur varie de blanc à rose foncé, un calice composé de cinq sépales, environ 20 étamines à anthère jaune et un pistil se divisant en cinq styles unis à la base; L'ovaire comprend 5 carpelles infères soudés renfermant chacun 2 ovules; ces dernières sont portées par un pédicelle (**Eaton, 2002**).

Le *M. Pumila Mill* possède deux types de racine: des racines permanentes, épaisses et étalées, formant une couche horizontale à moins de 50 cm de la surface, d'où partent de nombreuses racines verticales qui descendent jusqu'à la couche imperméable ou à la nappe phréatique (**Jason et al., 2002**).

Le cycle annuel de croissance du pommier se caractérise par une période active de croissance qui s'étale du débourrement jusqu'à la chute des feuilles et le repos hivernal (CABI, 2012; Rieger, 2006).

La floraison est préférentiellement croisée. Le principal agent pollinisateur est l'abeille domestique. Il fleurit en mai (fleurs roses) et donne des fruits acides (pommes à cidre) ou sucrés (pommes à couteau ou de table). Il peut vivre plus de 100 ans mais les arbres cultivés en verger sur des porte-greffes nains sont généralement remplacés tous les 15 ans.



**Figure 01:** Les caractères botaniques du pommier

## 4 Les exigences écologiques du pommier

### 4.1 Les exigences pédologiques

Le pommier est capable de croître et produire des fruits dans une gamme de sols aux caractéristiques physiques et chimiques très variables. Il préfère toutefois les sols de limon profond, fertiles et suffisamment bien drainés. Les sols argilo limoneux et argilo-sableux lui conviennent également des lors que le drainage est suffisant. Le pommier peut s'adapter aux régions de 500 à 800 mètres d'altitude, est assez tolérant aux pH élevé (8 à 8.5) et au calcaire actif, pourvu qu'il ne soit pas en situation d'asphyxie. Sous notre climat, il est sensible au manque d'eau pendant l'été. L'irrigation est pratiquement indispensable si l'on veut obtenir des récoltes satisfaisantes en quantité et en qualité (Trillot *et al.*, 2002).

### 4.2 Les exigences climatiques

Le pommier est une espèce des zones tempérées, il nécessite une longue période de repos végétatif pour satisfaire ses besoins en froid qui sont de l'ordre de 800 à 1600 heures inférieures à 7,2° C. Les zones les plus favorables à la culture sont celles qui présentent des

hivers froids et des étés modérément chauds et relativement humides. Des températures de 21 à 26°C sont les plus favorables à l'activité des abeilles au cours de la pollinisation. Des nuits fraîches et une luminosité intense durant la maturité sont très favorables à la bonne coloration des fruits par contre, des journées brumeuses accompagnées de précipitations ou de rosées matinales déprécient la couleur des fruits (**Trillot et al., 2002**).

### **4.3 Les exigences hydriques**

La quantité d'eau nécessaire au pommier pour sa croissance et sa production varie de 700 à 900 mm/an. Les besoins en eau du pommier en période de végétation (Mars à Septembre) seraient de 600 mm. Les besoins les plus forts se manifestent en Juillet-Août (**Trillot et al., 2002**).

## **5 Production du pommier**

### **5.1 Dans le monde**

Les pommes font partie des fruits les plus consommés au monde. Après la Chine, l'Union européenne est l'un des plus grands producteurs de pommes. Au sein de l'UE, les plus gros producteurs sont la Pologne, l'Italie, la France, et l'Allemagne (**Jakobek et al., 2020**). D'après **Guerin et Malagie (1994)** cités par **RAT- Morris (1994)**; le principal cultivar produit dans le monde est "*Golden delicious*". Selon les estimations de la **FAO (2008)**, la production mondiale de la pomme est en accroissement (**Tab 03**).

**Tableau 03:** Evolution de la culture du pommier dans le monde (1997- 2007) (FAO, 2008).

Années	Superficie (Ha)	Production (T)	Rendement (T/Ha)
1997	6083451	57349972	12,38
1998	5767416	56651712	9,82
1999	5587710	57904585	10,36
2000	5386836	59054808	10,96
2001	5138881	57584159	11,20
2002	4878245	55952172	11,46
2003	4781818	58377086	12,20
2004	4761005	62775656	13,18
2005	4802133	62123069	12,93
2006	4785720	63875324	13,34
2007	4921117	64248520	13,11

Selon les estimations de **FAO (2008)**, la production mondiale fluctue d'une année à l'autre. Elle est passée de 57349972 tonnes en 1997 à 64248520 tonnes en 2007. En Afrique, l'Afrique du Sud occupe la première place avec 35,5 %; la quatrième place après l'Egypte et le Maroc revient à l'Algérie avec un tonnage représentant 9,9 % de la production africaine. L'Asie fournit le plus gros tonnage de la production mondiale avec 35929400 tonnes correspondant à une superficie de 3044600 ha. La Chine est devenue le premier producteur de pommes avec environ 27 millions de tonnes, viennent ensuite les Etats Unies avec 4,2 millions, l'Iran avec 2,6 millions, la Turquie et la Russie avec 2,2 millions de tonnes pour chacune, l'Italie et l'Inde avec 2 millions pour chaque pays et la France avec 1,8 millions de tonnes (**Tab 04**).

**Tableau 04:** Importance de la culture du pommier par zone de production (FAO, 2008).

		<b>Superficie(Ha)</b>	<b>Production(T)</b>	<b>Rendement T/ha</b>
<b>Afrique</b>	<b>Algérie</b>	40,585.00	397,529.00	97,295.27
	<b>Maroc</b>	31,651.00	485,642.00	153,436.54
	<b>Egypte</b>	21,145.00	541,239.00	255,965.48
<b>Asie</b>	<b>Chine</b>	2,060.000	37,000.000	179,611.65
	<b>Japon</b>	37,400.00	793,800.00	212, 245,99
	<b>Inde</b>	321,900.00	2,203.400	68,449.83
<b>Europe</b>	<b>Pologne</b>	194,680.00	2877,336	147,798.23
	<b>France</b>	41,051.00	1,382.901	336,873.89
	<b>Italie</b>	54,684.00	1,991.312	364,148.93
<b>Amérique</b>	<b>Canada</b>	15,489.00	269,837.00	174,212.02
	<b>Chili</b>	36,500.00	1,625.000	445,205.48
	<b>Brésil</b>	38,457.00	1,335.478	374,265.26

## 5.2 En Algérie

L'Algérie c'est le troisième producteur de pommier en Afrique après l'Egypte et le Maroc avec un rendement de 97,295.27 T /ha. Si la culture de la pomme et de la poire, sont prédominantes dans les pays à climat tempéré, l'Algérie et depuis l'indépendance déploie de grands efforts pour mettre fin à l'importation de ces deux fruits par la bonne conduite du verger, l'amélioration de la production et l'élévation des rendements (Gautier, 1987).

En 2007, les vergers de pommier couvraient 21 200 ha (Tab 05) (FAO, 2016). Ces vergers sont essentiellement localisés à Médéa, Ain Defla, Batna, Tiaret, Blida et Khenchela.

**Tableau 05:** L'évolution de la production du pommier en Algérie entre 2006 -2016 (FAO, 2016)

Année	Superficie (ha)	Production(t)
2006	28658	283242
2007	31904	190010
2008	33206	260967
2009	36616	267469
2010	52419	378637
2011	51080	404105
2012	48828	397529
2013	48064	455937
2014	40418	462815
2015	41011	451472
2016	40553	503303

### 5.3 Dans la wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est parmi les principales régions productrices de pommes en Algérie, la production concerne de nombreuses zones (communes) de la wilaya. Les vergers de pommier sont localisés principalement à Bouhmama, Kais, Checher, El-Hamma et Babar. A la fin de la campagne 1998/1999 la superficie occupée par la culture du pommier était 821 ha et la production durant cette campagne est de 38,377 Quintaux. Depuis le lancement du programme National du Développement Agricole (**PNDA**), les superficies plantées en pommier dans la wilaya de Khenchela ont connu une augmentation considérable, elles sont passées de 2598 ha en 2002 à 5810 ha en 2008, mais le rendement reste toujours faible et irrégulier (90 Qx / Ha en 2007) (**Tab 06**) (**DSA, 2013**).

**Tableau 06:** Evolution de la culture du pommier dans la wilaya de Khenchela (1998- 2011)  
(DSA, 2013)

Années	Superficie (Ha)		Production en (Qx)	Rendement (Qx/ Ha)
	Totale	En rapport		
1998 -1999	811	480	38 377	78
1999 - 2000	1 022	521	35 974	69,04
2000 - 2001	1 518	563	56 137	99,71
2001 - 2002	2 087	730	56 847	78
2002 - 2003	2 598	793	90 375	114
2003 - 2004	4 304	990	94 420	95,4
2004 - 2005	5 352	1 349	132 280	98,1
2005 - 2006	5 660	1 584	225 329	142,3
2006 - 2007	5 605	1 992	177 877	89,3
2007 - 2008	5 810	2 452	220 680	90
2008 - 2009	6072	2900	241400	83
2009 - 2010	6071	3680	257600	70
2010 - 2011	6146	3954	263100	66

## 6 La pomme

### 6.1 Description

La pomme est le fruit le plus cultivé dans le monde qui pousse naturellement dans les pays à climat tempéré (Gillard, 2009). La pomme est considérée généralement comme une baie contenant des pépins (Bondou, 1992). C'est un fruit arrondi, de forme quasi sphérique, de 10 à 15 cm de diamètre, de couleur différente selon les variétés et les conditions de végétation. A maturité, ce fruit est constitué extérieurement de trois zones: la peau, la chair et le cœur. La chair et la peau correspondent aux parties consommées du fruit tandis que le cœur contient les carpelles et les pépins (fig 02) (Gillard, 2009). Les cellules de ce fruit sont constituées de plastes, de pigments assimilateurs (chlorophylle, caroténoïdes) et d'une

vacuole, qui occupe 80 à 90 % du volume cellulaire. Les vacuoles concentrent la majorité des composés phénoliques du fruit. Les cellules sont par ailleurs entourées d'une paroi végétale qui est la source de la fibre (Micard, 1996).



**Figure 02:** Coupe transversale de la pomme

## 6.2 Maturation

La pomme est cueillie lorsqu'elle atteint le stade de maturité dans lequel elle entame sa production d'éthylène. Cette hormone de maturation dont la synthèse s'accroît rapidement, va progressivement conduire le fruit vers la sénescence. Les différents indicateurs de maturation qui permettent de surveiller efficacement la progression de la maturité en verger sont:

\* La couleur de fond: c'est un bon indicateur de maturité car elle passe par diverses nuances facilement repérables et reflétant l'état du fruit.

\* La régression de l'amidon: les substances de réserve stockées sous forme d'amidon, se dégradent lentement à l'approche de la maturité pour se transformer en sucres soluble.

\* La coloration des pépins: en général, les pépins d'un fruit immature sont blanc laiteux, ceux d'un fruit totalement mûr sont bruns ou noirs sur toute leur surface (Trillot, 2002).

\* Les sucres et l'acidité: l'augmentation de la respiration à la maturation conduit à l'oxydation des acides organiques du fruit et donc à une diminution de son acidité (Ackermann *et al.*, 1992).

## 6.3 Variétés

Il existe plus de 1000 variétés de pommes à la texture et aux goûts variés. Selon la période de maturation, on peut distinguer trois groupes de pommes (les pommes précoces, les pommes de mi-saison, les pommes tardives ou de de conservation (Isabelle, 2021).

Tableau 07: Principales variétés de pommes (Taun *et al.*, 2012)

	Variétés	Temps de Maturité	Description
Les pommes précoces	Jaune Transparent	Fin juillet à début août	Populaire, relativement résistante aux maladies, pomme d'été, saveur sucrée. Utile dans les régions plus froides d'Utah et ne se conserve pas bien.
	Lodi	Août à tôt Septembre	Fruit d'été populaire. Utile frais ou en tartes, sauces et cidre. Il ne se conserve pas bien.
	Zestar	Milieu à la fin Août	Pomme d'été populaire. Utile frais ou en tartes, sauces et cidre. Elle ne se conserve pas bien, mûrit tôt et est plus croustillante que les autres pommes d'été. Elle peut être consommée fraîche ou utilisée pour cuisiner. Peut être stocké jusqu'à 2 mois. Mieux adaptés aux climats froids.
	Gala	Septembre	Plusieurs souches de pomme Gala sont disponibles, y compris les types d'éperons. Gala est l'un des plus pommes populaires aux États-Unis.
Les pommes de mi- saison	Prima	Mi-septembre	Pomme relativement précoce qui peut être utile où le feu bactérien est un problème constant. Les fruits ne se conservent pas bien.
	Crimson Crisp	Mi-septembre	Se conserve bien et a une saveur modérément acidulée. Résistante aux maladies. Utile comme jus de pomme.
	Autumn Crisp	Mi-septembre	Bien parfumé avec une texture similaire à Croustillant au miel. Ne brunit pas et les fruits ont moins tendance à tomber.
Les pommes tardives	Délicieux rouge	Octobre	A été populaire mais sa popularité a diminué parce que la saveur a été sacrifiée pour améliorer la couleur rouge dans les souches modernes.
	Beauté romaine	Octobre	Une pomme populaire, surtout pour la cuisson, en raison à sa saveur légèrement acidulée, mais aussi

			savoureuse mangé frais. Envisagez d'utiliser cette pomme où Granny Smith ne mûrira pas.
	Granny Smith	Fin octobre à Novembre	Saveur acidulée, et excellent pour la cuisson. Malheureusement, le fruit mûrit tard, même en zones plus chaudes.

#### 6.4 Composition nutritionnelle

La composition chimique (nutritionnelle) des pommes varie selon le cultivar, le lieu de culture, le climat, la maturité, les pratiques culturales (**Lee, 2012**). En règle générale, les pommes à maturité se composent de:

##### 6.4.1 Les glucides

Les glucides représentent la principale valeur nutritive des pommes. Ce sont les amidons, les sucres, la pectine, la cellulose et l'hémicellulose. Les pommes immatures contiennent une quantité relativement importante d'amidon (3 à 4 %), mais à mesure que le fruit mûrit, l'amidon est converti en sucres, laissant peu de ou pas d'amidon. Les pommes fraîches mûries contiennent environ 15 % de glucides totaux et 10 à 13 % de sucres totaux. Les sucres les plus courants sont le fructose (5-7%), le saccharose (3-5%) et le glucose (1-2%) (**Lee et al., 1970**).

Les pommes sont généralement considérées comme une bonne source de fibres. Les pommes avec peau contiennent 0,77% de fibres, qui est supérieur à celui des oranges (0,34 - 0,50%), des bananes (0,50%), des abricots (0,60 %), pamplemousse (0,20 %) ou pêches (0,64 %) (**Gebhardt et al., 1982**).

##### 6.4.2 Les protéines

Les pommes contiennent une quantité un peu plus petite de protéines (moins de 0,3 %) que beaucoup d'autres fruits; 1,40% dans les abricots, 1,03% dans les bananes, 1,00% dans cerises, 0,63% dans les pamplemousses, 0,63% dans les raisins, 0,94% dans les oranges, 0,70% dans pêches, 0,39 % dans les poires et 0,39 % dans les ananas. La teneur en acides aminés individuels est également faible: les acides aspartique et glutamique sont les acides aminés prédominants dans les pommes fraîches et la pomme produits, suivis de la lysine et de la leucine (**Gebhardt et al., 1982**).

### 6.4.3 Les vitamines

La teneur en vitamines des pommes fraîches avec et sans peau présente certaines variations. La teneur moyenne en vitamine C (acide ascorbique) est environ 5 mg/100g de pommes. Cette teneur est inférieure que celle trouvée dans l'orange (45-50 mg/100g), le pamplemousse (34-38 mg/100g), abricots (10 mg/100g) ou bananes (9.1mg/100g). La teneur en autres vitamines est également insignifiante par rapport à l'apport quotidien recommandé (**Gebhardt et al., 1982**).

### 6.4.4 Les Minéraux

Bien que les pommes ne puissent pas être considérées comme une source importante de minéraux, ils sont comparables à d'autres fruits à cet égard. La teneur en minéraux dans les pommes est faible, y compris le fer, le magnésium, le manganèse, le zinc et cuivre. Le potassium constitue la majeure partie du total la teneur en minéraux des pommes et le phosphore et le calcium sont ensuite les minéraux les plus répandus (**Lee, 2012**).

### 6.4.5 Les composés phénoliques

Les polyphénols de la pomme sont classés en deux grandes catégories: les acides phénols et les flavonoïdes. Les polyphénols présentent des propriétés multiples dans les produits dérivés de la pomme. Ils jouent sur la couleur, le goût ou l'arôme (**Guyot et al., 1998**). Les polyphénols des pommes sont également des composés aisément oxydables, ils représentent un potentiel antioxydant bien supérieur aux vitamines C et E qui sont pourtant considérées comme des antioxydants de référence (**Lee et al., 2003**).

## 6.5 Valeur médicinale

La pomme est reconnue depuis très longtemps pour ses effets bénéfiques sur la santé. Comme l'indique le vieil adage "Une pomme par jour éloigne le médecin pour toujours".

\* Elle diminue le taux de cholestérol grâce à la pectine qui empêche les graisses de s'agglutiner dans les artères (**Hansen et al., 2009**).

\* Elle réduit les risques du diabète de type II grâce aux fibres qui freinent la pénétration des sucres dans le sang et stabilisent ainsi le taux de glycémie (**Boyer et Liu, 2004**).

\*Elle favorise la perte de poids, améliore les fonctions cognitives et diminue les risques de souffrir d'Alzheimer (**Hyson, 2011**).

\* Elle diminue le risque de maladies associées au stress oxydatif et à l'inflammation grâce à ses composants (**Chris et al., 2018**).

\* Elle participe au bon fonctionnement intestinal et régule la flore intestinale et procure une forte sensation de satiété (**Leontowicz et al., 2007**).

## 6.6 Transformation

La consommation mondiale de la pomme fraîche représente 70 % à 75 % tandis que le reste (25 % à 30 %) de la production totale du monde est transformé en divers produits à valeur ajoutée, notamment des jus, du vin, des confitures, des produits séchés, du vinaigre, du cidre, des compotes et des marmelades. C'est un fruit indispensable pour la consommation directe, la conserve, ainsi qu'en cuisine et en confiserie (**Sotirov et al., 2021**).

## 6.7 Déchets de pommes

Généralement, près de 75 % du poids frais des pommes est censé être extrait sous forme de jus lors de la production de jus, et les restes sont collectés en tant que déchets alimentaires, ce que l'on appelle marc. Ces marcs de pomme sont constitués par la pulpe du fruit plus ou moins privée de son jus, par les peaux, les queues, les pépins, les membranes (**Vendruscolo et al., 2008**).

Compte tenu de la production de masse mondiale de jus, un total de plusieurs millions de tonnes de marc est généré chaque année (**Kammerer et al., 2014**). La quantité approximative de la production de marc de pomme dans certains pays est indiquée au **tableau 08**, qui devrait connaître une nouvelle augmentation à l'avenir. La méthode d'élimination la plus courante pour ce sous-produit est de le jeter directement dans le sol dans une décharge, ce qui est suggéré pour causer de graves problèmes environnementaux associés à la pollution (**Shashi et al., 2008 ; Shalini et Gupta, 2010 ; Perussello et al., 2017 ; Singha et Muthukumarappan, 2018**). Ceci est principalement dû à la richesse de l'eau (>70%) et la forte charge organique biodégradable (demande chimique et biochimique en oxygène) de marc de pomme. Le premier conduit à une grande susceptibilité à la décomposition microbienne, résultant en fermentation imprévisible alors que cette dernière contribue à la pollution environnementale et même publique risques pour la santé (**Shashi et al., 2008**).

**Tableau 08** : Quantités de marc de pommes produites dans certains pays (Lyu *et al.*, 2020)

Pays	Quantités de marc de pommes (tonnes)
<b>Brésil</b>	800,000
<b>Chine</b>	1,000,000
<b>Allemagne</b>	250,000
<b>Inde</b>	1,000,000
<b>Iran</b>	97,000
<b>Japan</b>	160,000
<b>Etats unis</b>	27,000

## 6.8 Valorisation des déchets de pommes

Le marc de pomme peut être déshydraté et utilisé pour obtenir différents produits comme la farine de pomme, des aliments pour le bétail, des engrais, de l'alcool ou du vinaigre (Heuzé *et al.*, 2020).

### 6.8.1 La farine de pomme

Le marc de pomme est utilisé comme substitut de la farine de blé. Elle a une saveur et une odeur de pommes caractéristiques, une teneur élevée en fibres alimentaires, et en antioxydants, ainsi que des capacités élevées de rétention d'eau et de rétention d'huile. La farine de pomme est utilisée comme ingrédient dans des produits sans gluten ou fonctionnels qui sont exempts ou ont un pourcentage inférieur en allergènes pour des individus intolérants au gluten. Elle est également utilisée comme préparation diététique, elle a un effet positif sur la régulation du métabolisme du glucose et des lipides (Zlatanovic *et al.*, 2020).

### 6.8.2 Aliments de bétail

Les rebuts et les pépins de pommes constituent des sous-produits intéressants pour l'alimentation du bétail. La farine des pépins de pommes peut être incorporée avec un taux de 10 % dans l'alimentation des bétails sans influencer négativement leurs performances (Givens et Barber, 1987). Malgré que le marc de pommes soit riche en matières azotées totales, il ne contient pas de matières azotées digestibles. Donc toute alimentation basée sur du marc de pomme, destinée à la production intensive de lait et de viande exige l'emploi d'aliments complémentaires riches en matières azotées et matières minérales (Alibes *et al.*, 1984).

### **6.8.3 Alcool**

Il est possible d'obtenir de l'alcool (éthanol) qui est une substance énergétique stratégique et base de nombreuses industries à partir de la pomme, par fermentation, suivie éventuellement d'une ou plusieurs distillations successives. La fermentation alcoolique consiste à transformer les sucres fermentescibles de la pomme en anaérobiose par des levures en alcool et gaz carbonique avec dégagement de calories. Cet alcool peut remplacer avantageusement celui obtenu par voie chimique à partir des produits pétroliers. L'alcool produit est utilisé dans certains pays dans le domaine médical (**Besancenot *et al.*, 2000**).

### **6.8.4 Vinaigre**

Les pommes peuvent être utilisées pour l'élaboration de nombreux produits alimentaires parmi lesquels le vinaigre. Ce dernier est produit par une double fermentation alcoolique puis acétique par *Saccharomyces uvarum* ou *saccharomyces cerevisiae* suivi d'une acétification par *Acétobacter aceti*.



**Chapitre 02:  
Vinaigre**

## 1 Histoire du vinaigre

La découverte du vinaigre est intimement liée à la fabrication de vin dont il tire son nom. Il y a plus de 5000 ans, les Babyloniens l'ont fabriqué par hasard du vin de palme à partir d'une jarre de boisson alcoolisée mal fermée. En effet, le vin exposé à l'air pendant une certaine période se transformera naturellement en un liquide au goût acide: c'est la naissance du vinaigre ou du « vin-aigre ». En 1822, le botaniste Persoon, reprennent les idées de Fabroni et de Chaptal, attribue la production de vinaigre au voile qui se transforme à la surface du vin laissé à l'air libre. Croyant être en présence d'un champignon, il lui donne le nom de *Mycoderma Acéti*. Cependant, il faudra attendre Pasteur et son célèbre mémoire sur la fermentation acétique, publié en 1864, pour comprendre enfin les véritables mécanismes de son élaboration. Le vinaigre est simplement le produit de l'oxydation de l'alcool par l'oxygène de l'air sous l'action des microorganismes, à qui il proposa le nom de *Mycoderma aceti*. Par la suite, Hansen a démontré en 1879 la présence de plusieurs espèces bactériennes. Beijerinck proposa en 1899 le nom du genre Acétobacter (**Bourgeois et Larpent, 1996**). Louis Pasteur identifie scientifiquement les trois critères indispensables à la production du vinaigre:

- Présence d'Alcool: celui contenu dans le vin, le cidre ou autre boisson alcoolisée.
- Présence d'oxygène: celui de l'air convient parfaitement l'affaire.
- Présence d'un ferment: *Mycoderma acéti*, en fait une bactérie qu'on renommera *Acétobacter acéti* (**Tesfaye et al., 2002**).

## 2 Définition et réglementation

Le vinaigre, étymologiquement dérive de vin et aigre. C'est un vin rendu aigre par le développement de bactéries acétiques. Par extension, on a appelé vinaigre tout produit obtenu par la fermentation acétique de boissons ou de dilutions alcooliques (**Bourgeois et Larpent, 1996**).

Selon le journal national de la république algérienne (1998) (**annexe**), le vinaigre est un liquide préparé exclusivement à partir d'une matière approprié contenant de l'amidon et/ou des sucres. Il est obtenu selon le processus de double fermentation, alcoolique et acétique. Les vinaigres sont préparés à partir des matières premières suivantes:

- Produits d'origine agricole contenant de l'amidon, des sucres ou de l'amidon et des sucres.

- Vin de raisin, de fruits ou de petits fruits etcidre
- Alcool de distillation d'origine agricole ou sylvicole.

### 3 Composition

Selon **Delcourt (2019)**, le vinaigre présente toujours à peu près la même composition, quelle que soit son origine (vinaigre d'alcool, de cidre, de vin...):

\* 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.

\* Un peu d'alcool, sous forme de traces.

\* Divers éléments, dont la teneur varie en fonction des vinaigres.

Par exemple, le vinaigre de vin contient l'acide L-tartrique, le vinaigre de pomme contient l'acide L-maltique, le vinaigre de petit lait (lactosérum) contient l'acide D- et L-lactique et le vinaigre de citron contient l'acide citrique (**Matheis et al., 1995**).

### 4 Principe chimique de fabrication

La fabrication de vinaigre repose sur une double fermentation: une fermentation alcoolique et une fermentation acétique (**fig 03**).

#### 4.1 Fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique est assurée par des levures du genre *saccharomyces* à la température ambiante pendant quelques jours en milieu anaérobie. Elle est principalement basée sur la transformation des sucres, essentiellement le glucose et le fructose, qui pénètrent dans la cellule de la levure par diffusion facilitée et subissent une phosphorylation aboutissant à la fin de la fermentation à l'alcool éthylique, mais aussi sur la production de différents composés qui accompagnent cette production d'alcool et jouant un rôle organoleptique majeur sur la qualité du produit (**Bourgeois et Larpent, 1996; Larpent, 1991**).

##### 4.1.1 Ethanol

L'éthanol communément appelé alcool, est le composé majoritaire produit par les levures *Saccharomyces cerevisiae* à partir des sucres simples au cours de la fermentation alcoolique. La glycolyse suivie de la décarboxylation de l'acide pyruvique et de la réduction

de l'éthanal entraîne sa production. Le rendement éthanol-sucre est d'environ 16,5 g /1ml d'alcool (**Zamora, 2009**).

#### **4.1.2 Polyalcools : glycérol**

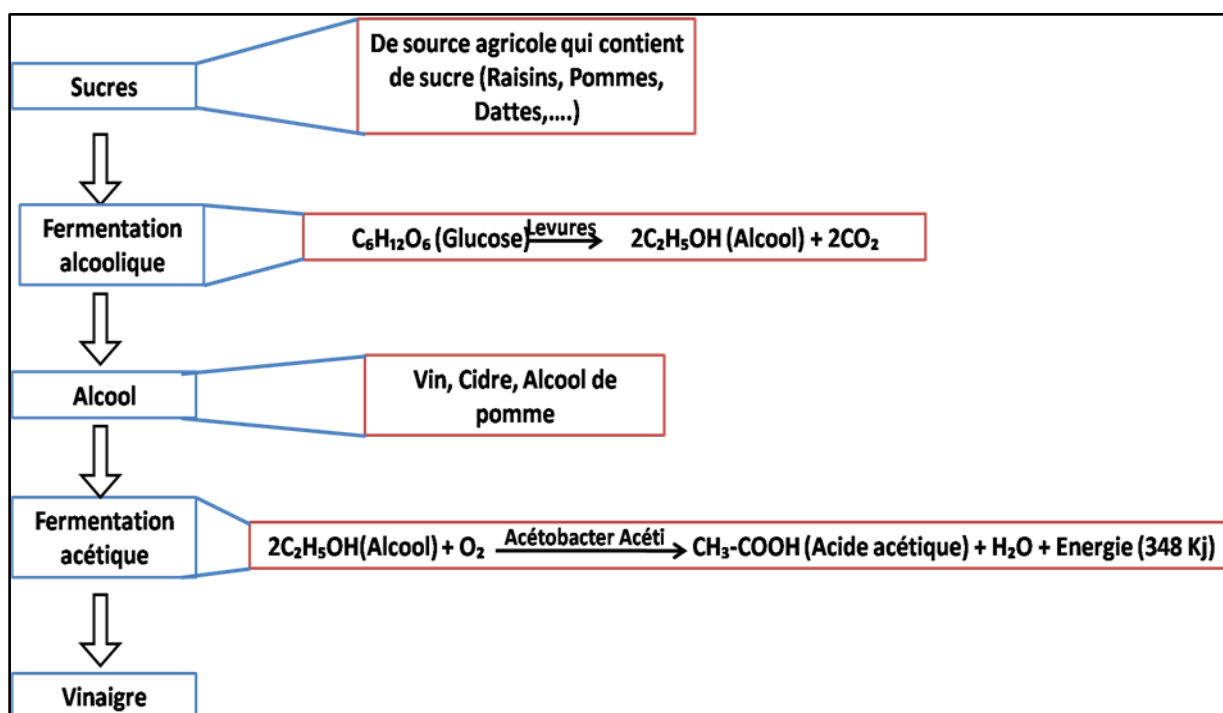
Après l'eau et l'alcool, le glycérol est le constituant du vin le plus abondant. Il est formé au début de la fermentation alcoolique du moût: les premiers 50 g/l de sucre fermenté donnent plus de la moitié de la teneur en glycérol du vin. Sa formation dépend de la quantité initiale de sucre, de la nature des levures et des conditions de fermentation: température, acidité, aération, sulfatation...etc. D'autres polyalcools sont présents dans le vin mais à des niveaux de concentration très faibles; citons par exemple: l'inositol, le mannitol, le butanediol (**Serrano et Delafuente, 1974**).

#### **4.1.3 Acides organiques**

Au cours de la fermentation, la consommation du sucre par la levure (glycolyse) conduit à la formation d'acides organiques typiques de la fermentation. Les plus importants sont: l'acide succinique, l'acide lactique, l'acide acétique (**Serrano et Delafuente, 1974**).

#### **4.2 Fermentation acétique**

La fermentation acétique intervient dans la fabrication du vinaigre, elle est assurée par les acétobacters qui oxydent l'éthanol en acide acétique en présence d'oxygène (**Lafourcade, 1978**). L'optimum de température pour l'aération se situe entre 30 et 32°C, au-delà de 33°C il y a une suroxydation de l'acide acétique en gaz carbonique et en eau (**Mariorella, 1985**). Les acétobacters sont des bactéries aérobies strictes ou facultatives, donc l'oxygène est nécessaire pour oxyder l'éthanol en acide acétique, et elles tolèrent un pH de 3 à 4. Le degré d'alcool est compris entre 7° et 12°, car au-delà de 12°, l'éthanol se transforme en gaz carbonique et en eau pour la fermentation acétique (**Guiraud et Galzy, 1988**).



**Figure 03:** Etapes de fabrication de vinaigre (Guiraud et Galzy, 1988).

## 5 Différents types de vinaigres

Le vinaigre soit un produit mondial, ses variétés diffèrent selon les régions. De nos jours, les variétés traditionnelles du vinaigre, particulières à des marchés régionaux, font leur entrée sur le marché mondial en tant que produits nouveaux et novateurs dont on commercialise les bienfaits pour la santé et les utilisations multiples (Grelon, 2005).

### 5.1 Vinaigre de vin

Dans les pays producteurs de vin (France, Espagne, Portugal, Italie, etc.), c'est généralement les vins de table de faible degré. Sa couleur dépend de son origine, il peut être de couleur blanchâtre, jaunâtre ou rouge. Il est d'une odeur agréable qui est d'autant plus développée lorsque le vinaigre est conservé longtemps en fût avant d'être livré à la consommation. Sa saveur est franchement acide et ne produit pas de sensation désagréable à la langue (Callejón *et al.*, 2009).

### 5.2 Vinaigre de glucose

Il est obtenu par l'acétification du liquide alcoolique provenant de la fermentation d'une solution de glucose commerciale. Ces vinaigres ont une acidité de 42 à 60 g/l (Delcourt, 2019).

### 5.3 Vinaigre d'alcool ou blanc

Le vinaigre d'alcool, aussi appelé vinaigre blanc ou cristal est habituellement fabriqué à partir d'alcool de betterave. Il est produit en plus grande quantité par fermentation acétique, en utilisant comme matière première l'alcool pur dilué, Il présente une couleur rappelant celle du vinaigre de vin. Son odeur est celle de l'acide acétique sans aucune trace de «bouquet». Ce manque d'arôme est du à son mode de fabrication rapide qui empêche le développement de l'odeur caractéristique. Sa saveur est fortement acide (**Kimet *et al.*, 2012**).

### 5.4 Vinaigre balsamique

Le vinaigre balsamique est préparé à partir de raisins issus de cépages particuliers, cultivés dans la région de Modène, en Italie. Il 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 (**Caligiani *et al.*, 2007**). Il existe plusieurs types de vinaigre balsamique:

#### 5.4.1 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.

#### 5.4.2 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.

### 5.5 Vinaigre de malt

Le vinaigre de malt est très populaire dans les pays anglo-saxons. Il est fabriqué à partir d'orge malté avec addition de céréales fermentées et aromatisé avec des bois tels que le hêtre ou le bouleau. Il a une saveur consistante et est souvent servi avec du poisson et des frites (**Delcourt, 2019**).

### 5.6 Vinaigre de betteraves

Le vinaigre de betteraves est obtenu en soumettant du jus de betterave à l'acétification. Il est habituellement mélangé d'un égal volume de vinaigre d'alcool (**Delcourt, 2019**).

### 5.7 Vinaigre de riz

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 %. 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...etc (Delcourt, 2019).

### 5.8 Vinaigre des jus de fruits

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

## 6 Le vinaigre de pomme

Le vinaigre de pomme est produit à partir de la pomme ou du cidre de pomme ou même à partir des déchets de pomme.

- Le vinaigre de pomme est obtenu par un procédé biotechnologique de double fermentation, alcoolique et acétique de la pomme.

- Le vinaigre de cidre est d'abord obtenu par écrasement de la pomme pour en faire du cidre. Le vinaigre 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.

- Le vinaigre de déchets de pomme est fabriqué à partir d'un mélange de restes de pommes, et d'eau qui sont laissés en fermentation pendant plusieurs jours. Le produit final peut être utilisé de la même manière que le vinaigre de cidre de pomme (Del Campo *et al.*, 2006).

### 6.1 Composition du vinaigre de pomme

Le vinaigre de pomme contient plus d'une trentaine de substances nutritives, des minéraux, des vitamines (A, B1, B2, C et P) et des acides essentiels, plusieurs enzymes et une bonne dose de pectine. Il est particulièrement riche en potassium et en d'autres oligo-éléments tels que le phosphore, le calcium, le magnésium, le soufre, le fer, le fluor, le silicium, le bore (Tab 09) (El Idrissi, 2014).

**Tableau 09:** Composition global de vinaigre de cidre pour 100 ml

Composants	Valeur moyenne
Valeur énergétique	7 kj
Protéine	0,02g
Acidité	5g
Carbohydrate	0,24g
Fibre	0g
Matières grasses	0g
Sodium	15,4mg
Calcium	4mg
Magnésium	2,4mg
Potassium	67,2mg
Fer	0,3mg
Zinc	0,2mg
Alcool	0,1g
Eau	85g

## 6.2 Utilisations du vinaigre de pomme

### 6.2.1 Vertus thérapeutiques

Le vinaigre de pomme est un aliment naturel qui a plusieurs avantages thérapeutiques potentiels. Les composants bénéfiques pour la santé qui contribuent aux bienfaits du vinaigre pour la santé pourraient être l'acide acétique et d'autres composés bioactifs.

#### 1.1.1.1 Effet antibiotique

Au Moyen Age, comme dans l'antiquité; le vinaigre de pomme a été le premier antibiotique connu par l'homme. Il a été utilisé pour traiter certaines maladies internes telles que la lèpre, la peste et les morsures de serpents, comme il a été utilisé pendant la première guerre mondiale pour limiter la propagation du scorbut (**Grelon, 2005**). Le vinaigre de

pomme a également montré un effet antibactérien sur plusieurs types de bactéries notamment *E. coli*, salmonella. Il a également été démontré que l'acide acétique avait des propriétés antivirales. Par exemple, les sages-femmes en Afrique et en Amérique du Sud utilisent du vinaigre pour protéger les femmes enceintes contre le papillomavirus (VPH). Le vinaigre est également efficace pour aider à guérir les plaies en raison de ses fortes propriétés antimicrobiennes (Winarsih *et al.*, 2007).

#### **1.1.1.2 Effet hypo lipidique (Réduction du cholestérol)**

Le vinaigre de pomme possède un effet hypo lipidique grâce à sa richesse en flavonoïdes (Beheshti *et al.*, 2012). Ces derniers, considérés comme des antioxydants réduisent les effets nocifs du cholestérol (Liaudanskas *et al.*, 2015) et protègent contre l'athérosclérose. Des études ont indiqué que les flavonoïdes interfèrent avec l'activité des hépatocytes dans la synthèse et la sécrétion de lipoprotéines contenant des triglycérides (Bárdos et Bender, 2012). La pectine est une fibre alimentaire soluble, présente dans le vinaigre de pomme, elle absorbe les gras et le cholestérol et les élimine du corps (Chen *et al.*, 2021).

#### **1.1.1.3 Effet hypoglycémiant**

L'acide acétique possède des propriétés anti-glycémiques. Il diminue d'une façon significative la glycémie chez les personnes atteintes de diabète et de pré-diabète et améliore leur glycémie ainsi que leur réponse insulinaire (Hlebowicz *et al.*, 2007). Dans une étude récente il a été montré que le vinaigre de cidre 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).

#### **1.1.1.4 Effet hypotenseur**

Le potassium contenu dans le vinaigre de pomme permet de lutter contre l'hypertension. Une étude chez le rat a révélé que le vinaigre de pomme pourrait abaisser la pression artérielle. Une autre étude a également constaté que les personnes qui mangeaient le vinaigre dans les salades cinq à six fois par semaine avaient un taux plus faible de maladies cardiaques que les personnes qui n'en prennent pas, grâce à l'acide acétique qui détend les veines et autres vaisseaux sanguins et les rend moins étroits (Xu *et al.*, 2007).

#### **1.1.1.5 Effet antitumoral**

L'effet antitumoral du vinaigre est démontré par la capacité du vinaigre à induire l'apoptose dans les cellules leucémiques humaines ainsi qu'à inhiber la prolifération des

cellules cancéreuses (**Johnston, 2009**). Le vinaigre de pomme contient également du bêta-carotène, un puissant antioxydant, et des composés photochimiques tels que les flavonoïdes et poly phénols qui protègent également contre la formation de cancers. De plus il contient la pectine, qui est une fibre soluble et qui lie certains composés cancérigènes dans le côlon et accélère leur élimination à partir du corps (**Ceymann et al., 2012**).

#### **1.1.1.6 Effet digestif**

Le vinaigre de pomme est un excellent tampon de l'acidité gastrique. Il aide notre organisme à devenir plus alcalin, c'est à dire à redonner un pH plus équilibré, aux environs de 7. Une étude préliminaire faite au Japon démontre que prendre une faible solution de vinaigre peut protéger à 95% contre les ulcères d'estomac dus à l'alcool. Quand il est pris pendant le repas, il combat les intoxications alimentaires, les flatulences, les spasmes. Alors que s'il est pris avant les repas, il stimule la digestion. Au coucher, il lutte contre la constipation et régénère la flore intestinale (**Hlebowicz et al., 2007**).

#### **1.1.1.7 Effet neurologique**

Une étude réalisée sur les complications neurologiques, a indiqué que le vinaigre de cidre de pomme, en tant que boisson alimentaire dans un régime alimentaire régulier, pourrait être prometteur et efficace contre certaines maladies neurologiques comme la maladie d'Alzheimer (**Tripathi et al., 2020**).

#### **1.1.1.8 Effet sur les troubles articulaires**

Le vinaigre de pomme aide à soulager les problèmes d'arthrite, de tendinite et d'arthrose. Il élimine les dépôts calcaires des articulations, contribue à maintenir la masse osseuse et lutte contre l'ostéoporose puisqu'il contient des minéraux importants comme le potassium, le magnésium, le phosphore, et le calcium (**Oszmianski et al., 2008**).

#### **1.1.1.9 Effet sur l'absorption des éléments nutritifs**

L'acide acétique fonctionne comme des enzymes. Il décompose facilement les nutriments qui sont mieux absorbés et traités par l'organisme. Il est certain que les personnes ayant un faible taux d'acides gastriques (HCl), comme c'est souvent le cas chez les personnes âgées, en bénéficient (**Wojdylo et al., 2008**).

#### **1.1.1.10 Effet sur l'obésité**

Le vinaigre de pomme est utilisé comme agent thérapeutique pour atténuer l'obésité depuis la fin du 18ème siècle. Ainsi, les scientifiques ont étudié l'efficacité du vinaigre

comme médecine alternative pour l'obésité. L'acide acétique est un composé bioactif présent dans le vinaigre qui présente diverses valeurs thérapeutiques. De plus, les composés phénoliques (acide chlorogénique, acide gallique et acide caféique) du vinaigre pourraient améliorer le métabolisme des lipides et avoir un effet anti-obésité chez les personnes obèses (**Samad et al., 2016**)

### **6.2.2 Utilisation en cuisine**

Le vinaigre de cidre est un ingrédient utilisé en cuisine pour la réalisation de vinaigrette, de marinade, de soupe et de sauce. A la fois sucré et acidulé, il peut rendre n'importe quelle recette plus intéressante et plus audacieuse. Les plats salés se marient bien avec l'acidité et la douceur du vinaigre (**Bourgeois et Larpent, 1996**).

### **6.2.3 Utilisation en l'industrie alimentaire**

Dans l'industrie alimentaire, le vinaigre est principalement utilisé comme acidulant et pour aromatiser les aliments, il est utilisé pour la conservation de la viande, de poissons, des légumes, des fruits de saison, de gâteaux, des épices. On en trouve également dans des centaines de produits transformés, notamment des vinaigrettes, de la mayonnaise, la moutarde, du ketchup, du pain et des produits de boulangerie, des conserves, des marinades (**Lafourcade, 1978**).

### **6.2.4 Usage domestique**

Grace à ses propriétés antibactériennes, le vinaigre de pomme est considéré comme un antiseptique qui s'utilise dans le nettoyage du sol, des vitres et des glaces. Il peut remplacer de nombreux produits d'entretien sans porter atteinte l'environnement. 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**).

### **6.2.5 Usage cosmétique**

#### **6.2.5.1 Traitement des imperfections de la peau**

Le vinaigre de pomme possède des propriétés antiseptiques et antibactériennes qui peuvent aider à assainir votre peau. Il est facilement absorbé par la peau pour éliminer les bactéries, l'huile et la poussière déposées profondément dans les pores. De plus, le vinaigre de pomme fonctionne comme un toner naturel pour la peau qui peut resserrer vos pores pour les empêcher de se boucher à l'avenir (**Yagnik et al., 2018**), soigner l'acné et autres irritations cutanées, prévenir et à guérir les inflammations de la peau (**Antol, 2000**).

### **6.2.5.2. Traitement des infections du cuir chevelu**

En plus de faire briller, le vinaigre de pomme fonctionne comme un agent antifongique naturel qui peut freiner la croissance du champignon qui prolifère sur le cuir chevelu pour prévenir ou réduire les pellicules (**Zaid et al., 2017**).

### **6.2.6 Usage agricole**

Le vinaigre est utilisé comme fongicide pour protéger les plantes de blé et d'orge ou des semences de légumes (carottes, tomates ...). D'autres applications ont été tentées, mais les premiers essais ont révélé une phytotoxicité importante, généralement à partir de 5% en masse. Ceci qui n'est pas étonnant puisque le composé actif, l'acide acétique, est inscrit à la Directive CE 91/414 en tant qu'herbicide (**Marchand et Coulombel, 2012**).

### **6.2.7 Autres utilisations**

Le vinaigre de pomme est également un excellent répulsif à puces pour votre chien ou votre chat. Les puces ne supportent pas l'odeur du vinaigre, alors vaporiser votre animal avec un mélange moitié eau moitié vinaigre aidera à éloigner les puces. Il permet également de tuer toute autre bactérie nuisibles à votre animal (**Delcourt, 2019**).

### **6.2.8 Effets secondaires du vinaigre de pomme**

L'utilisation du vinaigre de cidre à long terme, ou en plus grandes quantités pourraient présenter des risques. Il peut provoquer une faible densité osseuse ou encore endommager l'émail des dents et la muqueuse buccale et œsophagienne s'il n'est pas dilué avec de l'eau ou du jus. Il pourrait théoriquement interagir avec les diurétiques, laxatifs, et les médicaments cardiaques (**Colin, 2008**).



**Partie 02 :  
Étude expérimentale**

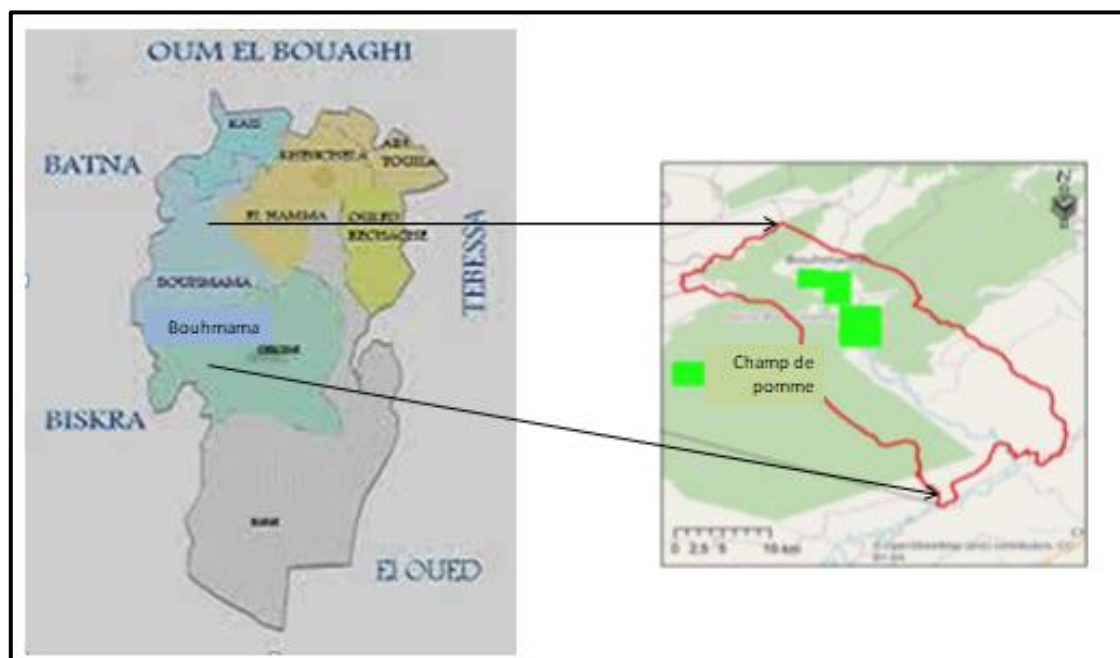


**Chapitre 01:**  
**Matériel et méthodes**

### 1. Présentation de la région de récolte de la variété de pomme étudiée

La commune de Bouhamama est rattachée régionalement à la wilaya de Khenchela, elle se situe au Nord-ouest de la wilaya entre 39°06'25", 39°30'25" latitude Nord et entre 4°86'10", 5°1'75" longitude Est. Elle est limitée au Nord par Kais, Rmeila et Tauziant, au Sud par Al Walaja et Khairan, à l'Est par la commune de Tamza, et à l'Ouest par la wilaya de Batna (**fig 04**). Elle est aussi siège de Daïra qui comprend les communes de: Bouhamama, Chelia, M'sara et Yabous. Selon **INRF, (2010)** (Institut National de la Recherche Forestière), la commune de Bouhamama occupe une superficie de 409Km<sup>2</sup> soit 4.20% du territoire de la wilaya de khenchela.

Notre région de récolte est une région caractérisée par un climat continental semi-aride, la moyenne des températures minimales enregistrées sur 10 ans est inférieure à 1°C durant les mois de Janvier et Février, alors que la moyenne des maxima dépasse le 32°C en Juillet et Août. La moyenne des précipitations annuelles sur 10 ans est de 380 mm. Mensuellement, elle varie entre 17,58 mm en Juillet et 40,6 mm en Novembre (**SAB, 2021**). Bouhmama est une région en majorité enclavée, difficile du point de vue relief, avec des potentialités agricoles très faibles et de grandes potentialités forestières et pastorales (**INRF, 2010**).



**Figure 04:** Situation géographique de la commune de Bouhmama (Khenchela) et localisation des champs de pommes (**DSA, 2020**)

## 2 La pomiculture à Bouhmama

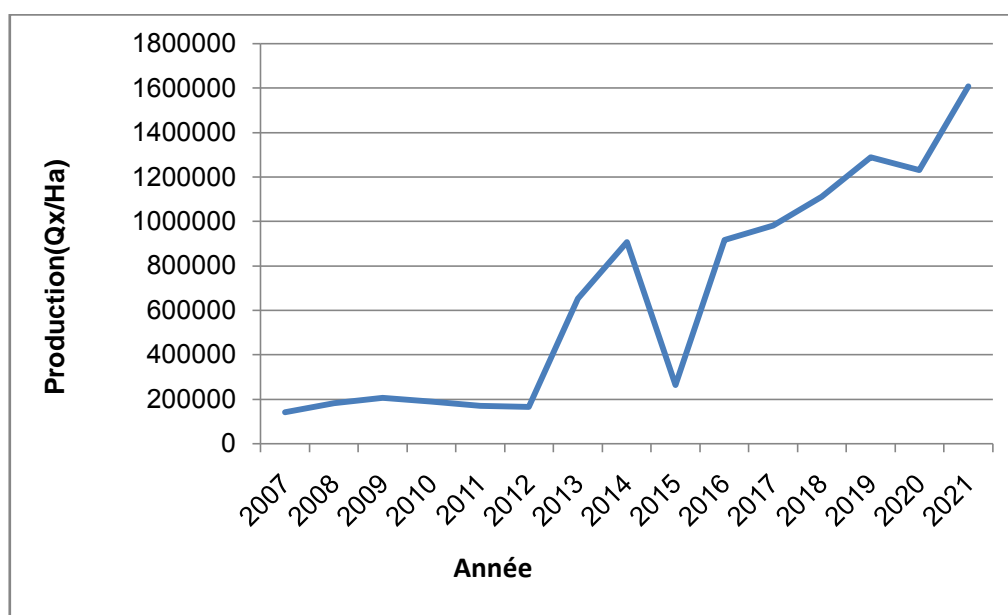
La superficie des terres agricoles dans la wilaya de Khenchela est estimée à 19 597 hectares. L'arboriculture fruitière occupe 6897 ha de cette superficie dont 4112 ha réservés à la pomiculture. 3465 hectares de ces terres sont productifs (**SAB, 2021**). La wilaya de Khenchela s'est hissée "au rang de pôle d'excellence" en matière de production de pommes qui a représenté l'équivalent de 86% de la production globale des fruits dans cette wilaya réputée par la culture de ce fruit dans les régions montagneuses de Bouhamama, Yabous, Chelia et M'sara 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 (**APS, 2019**). D'après le chef du bureau des statistiques au près de la direction locale des services agricoles **DSA (2020)**, Khenchela a réalisé au cours de la campagne agricole 2019-2020 une production de pommes de 1,3 million de quintaux, occupant ainsi la première place à l'échelle nationale pour la troisième année consécutive.

Selon la subdivision de l'agriculture de la Daïra de Bouhmama **SAB (2021)**, la Daïra de Bouhmama est un pionnier de la production de pommes au niveau régional et national grâce aux démarches entreprises par les services concernés de la wilaya et qui ont contribué de manière significative à augmenter le rendement des pommiers dans cette Daïra:

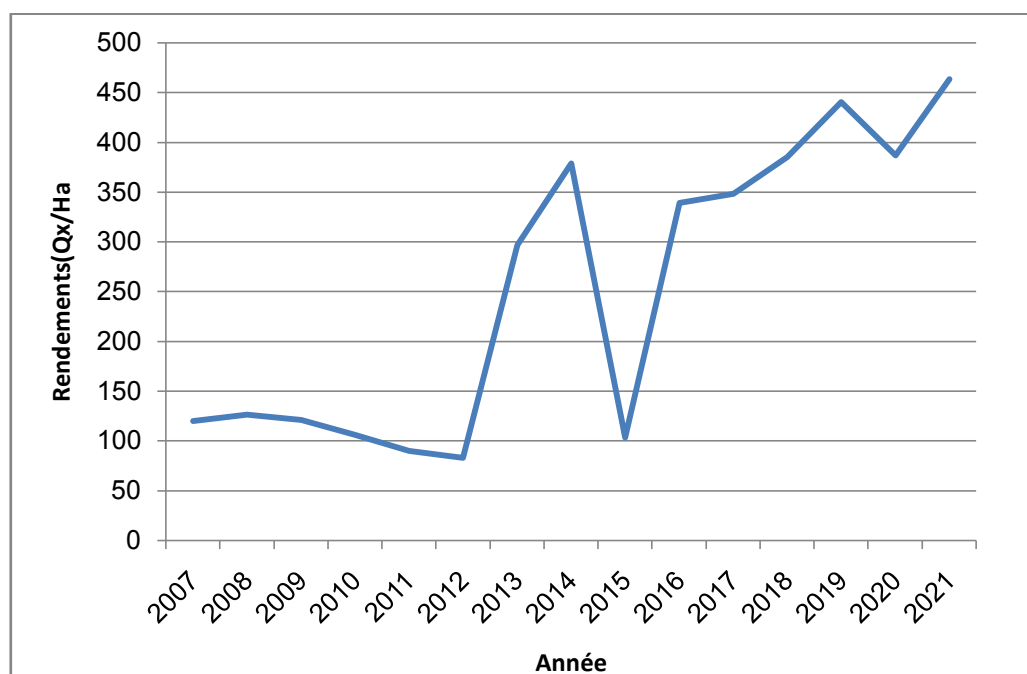
- Le soutien agricole offert par l'état à travers divers fonds: le Fond National de Contrôle Rural et de développement, le Fond national de développement et d'investissement agricole et le Fond national de développement rural.
- Entrée en production de nouvelles plantations (320 ha) avec une densité dépassant 600 plants/ha au niveau de la Daïra de Bouhmama.
- Effectuer les travaux d'entretien de la meilleure façon possible (tels que la fertilisation, l'irrigation, l'élagage et le traitement en temps opportun).
- Améliorer les capacités techniques des agriculteurs, en particulier dans les zones les plus productives telles que Bouhamama et Tamza.
- Elévation de la production, en particulier dans les investissements subventionnés pour les facteurs climatiques appropriés: (absence de froid ; glace printanière...) qui affectent négativement la production.

- Utilisation de filets anti grêle couvrant plus de 50 ha pour protéger les arbres contre les aléas climatiques.
- Conservation des pommes par stockage dans les chambres froides (13 chambres avec une capacité de 6700 m<sup>3</sup>).

Les statistiques fournies par la **SAB** indiquent que la superficie de pommiers productifs durant les dix dernières années, étaient de 1175 hectares avec un rendement moyen de 120 Quintaux par hectare, alors qu'elle est de 3465 hectares actuellement et un rendement moyen est de 450 Quintaux par hectare. Cette augmentation a contribué à couvrir une grande partie des besoins du marché en pommes. Ces statistiques montrent également une croissance considérable dans la pomiculture au cours de ces dernières années, dans la région de Bouhmama avec plus de 1,600 million de quintaux enregistrés durant la saison agricole 2021 (**fig 05**), et un rendement de 450 Qx/ha (**fig 06**).

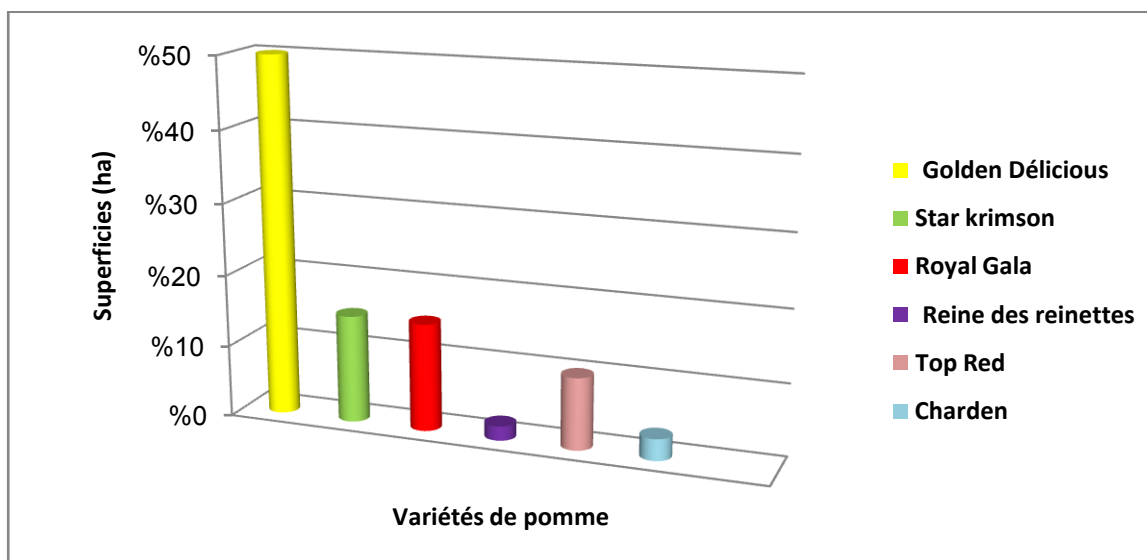


**Figure 05:** Evolution de la production de pomme dans la Daïra de Bouhmama (**SAB, 2021**)

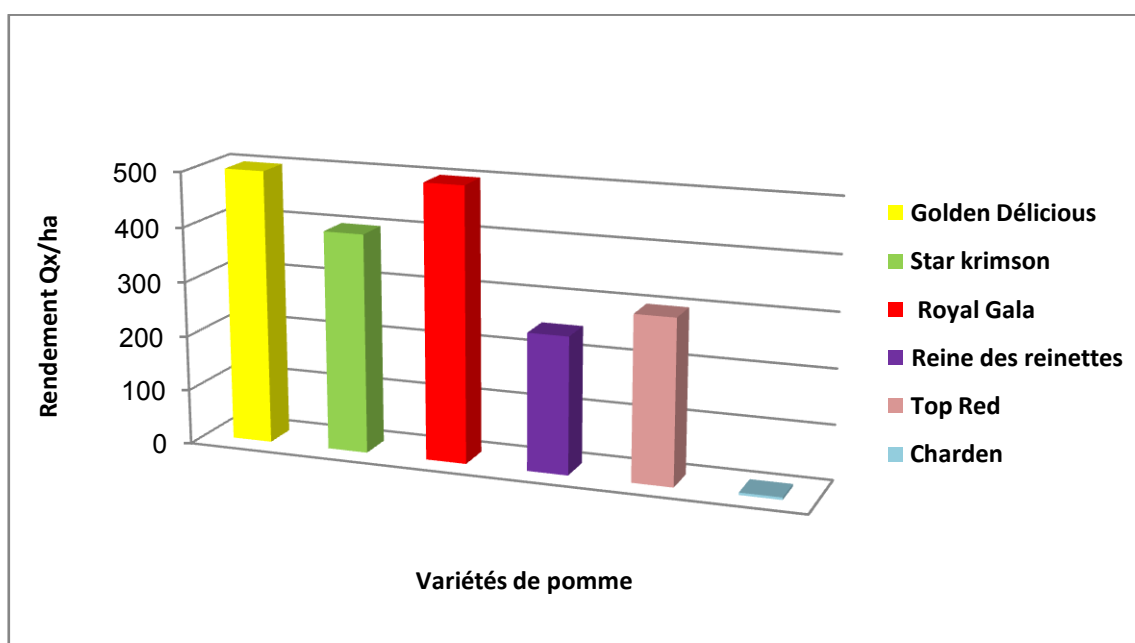


**Figure 06:** Rendement de la production de pomme dans la Daïra de Bouhmama (SAB, 2021)

La pomme de Bouhmama est comparable à celles des anciens pays dans ce domaine avec son abondance et sa qualité très appréciées sur les grandes places de commerce de gros de fruit et légumes du pays. Plusieurs variétés sont cultivées à Bouhmama: La Golden Délicious vient en tête des variétés cultivées, occupant 50% de la superficie des pommiers et un rendement de 500 Qx/ha, suivie par la Star Krimson et Royal Gala avec une surface de 15% et un rendement respectif de 400 Qx/ha et 500Qx/ha. Charden et reine des Reinettes représentent les variétés qui occupent les plus petites superficies respectivement 2.5 % et 1% de la totalité des surfaces cultivées et avec un très faible rendement pour Charden (**fig 07 et 08**).



**Figure 07:** Pourcentages des superficies occupées par les variétés de pomme à Bouhmama



**Figure 08:** Rendements des variétés de pomme cultivées dans la région de Bouhmama

### 3 Matériel et méthodes

#### 3.1 Matériel végétal

Les déchets d'une variété de pomme cultivée dans la région de Bouhmama ont été utilisés pour la production d'un vinaigre traditionnel. Il s'agit de la variété Charden. Cette variété a été choisie car elle est peu connue et n'a jamais été utilisée auparavant dans la production de vinaigre.



**Figure 09:** Variété de pomme de Bouhmama (Charden)

### 3.2 Description et caractéristiques de la pomme Charden

Charden est développé en 1959 à l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Angers (France) en croisant Golden Delicious avec du pollen de Reinette Clochard. Elle est sortie en 1971. Ce fruit est de taille moyenne, rond à rond-conique. La couleur de base est jaune verdâtre sur laquelle s'étend une teinte rose pâle, marquée de petites lenticelles roussâtres. Le calice est petit et fermé, situé dans une cuvette peu profonde et étroite. La tige est courte, élancée, insérée dans une cavité profonde et étroite de couleur roussâtre. La chair est jaune et ferme, l'épiderme est cireux et indemne de rugosité (**Oukabli et al., 2001**). Charden est un fruit juteux, sucré vif et miellé qui se caractérise par des récoltes abondantes et une longue durée de conservation (6 mois et plus). Il est également considéré comme l'un des types résistants aux maladies fongiques. La récolte est réalisée à la 4<sup>ème</sup> semaine de Septembre (**SAB, 2021**).

### 3.3 Préparation du vinaigre traditionnel

#### 3.3.1 Technique d'élaboration

La préparation du vinaigre de pomme passe par deux fermentations successives, la première est alcoolique, elle se fait en anaérobiose et durant laquelle les sucres naturels de la pomme (glucose, saccharose, fructose, etc.) sont transformés par *Saccharomyces cerevisiae* en alcool éthylique (**Serrano et Delafuente, 1974 ; Zamora, 2009**), et la deuxième durant laquelle l'alcool est transformé en acide acétique, par des bactéries acétiques en présence d'oxygène (**Guiraud, 1998 ; Akin, 2008**). Cette bioconversion traditionnelle utilise des levures et des bactéries locales qui existent naturellement sur les pommes.

### 3.3.2 Procédé de production

\* Des bocaux en verre sont bien lavés, stérilisés et séchés à l'air libre.



\* Les pommes sont bien lavées puis pelées.





\* Les  $\frac{2}{3}$  de chaque bocal sont remplis avec les pelures, les trognons et les morceaux non utilisés des pommes.

\* Les déchets de pommes sont entièrement couverts avec de l'eau.

\* Une cuillère à soupe de sucre est ajoutée au mélange de certains bocaux. Le tout est bien remué jusqu'à dissolution complète du sucre.

\* Les bocaux sont couverts avec un morceau de tissu ou de filtre à café tenu avec un élastique.



<p>* Les bocaux sont conservés dans un endroit sombre et à température ambiante pendant environ deux semaines.</p> <p>* Le mélange est remué tous les 3 à 4 jours. Si de l'écume brunâtre / grisâtre se développe sur le dessus, il suffit tout simplement de l'enlever.</p>	
<p>* Au bout de vingt jours, le mélange est filtré, et les restes de pommes sont enlevés.</p>	
<p>* Le liquide filtré est mis à côté pendant 2 à 4 semaines en remuant tous les quelques jours. Lorsque le liquide a atteint une acidité convenable, le vinaigre de pomme traditionnel est prêt, il ne reste plus qu'à l'utiliser. Les bocaux sont donc fermés par des couvercles.</p>	

### 3.4 Techniques analytiques du vinaigre de pomme

#### 3.4.1 Détermination des propriétés organoleptiques

On qualifie d'organoleptique tous ce qui est susceptible d'exciter un récepteur sensoriel: la vue, l'odorat, le goût, le touché ou l'ouïe. Ainsi, les propriétés organoleptiques ou sensorielles d'un aliment ou une boisson correspondent à l'appréciation de leur qualité par les sens. 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 (**Peynaud et Blouin, 2013**). Nos vinaigres de pomme sont évalués pour une gamme de propriétés organoleptiques: l'aspect, la couleur, l'odeur et le goût.

### 3.4.2 Détermination des paramètres physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques

Afin de vérifier l'efficacité de la méthode de fabrication de nos vinaigres issus des déchets de pomme, nous avons effectué plusieurs analyses physicochimiques et biochimiques dans le Laboratoire Biotechnologie, Eau, Environnement et Santé (LBEES) Université de Abbes Laghrour - Khenchela. Les différentes analyses s'effectuent pour chaque échantillon de vinaigre en trois essais. Les différentes méthodes d'analyses effectuées sont résumées dans le **tableau ci- dessous**

**Tableau 10:** Paramètres physico-chimiques et microbiologiques des vinaigres de pomme Charden

Paramètres analysés	Méthodes utilisées	Références
<b>pH</b>	Potentiométrie (pH-mètre)	<b>AOAC, 1995</b>
<b>Solides solubles (Brix)</b>	Réfractomètre	<b>Audigie et al., 1984</b>
<b>Extrait sec total</b>	Gravimétrie	<b>AOAC, 1990</b>
<b>Cendres</b>	Gravimétrie	<b>AOAC, 1995</b>
<b>Densité</b>	Densitométrie	<b>Motsara et Roy, 2008</b>
<b>Conductivité électrique</b>	Conductimétrie	<b>Audigie et al., 1984</b>
<b>Alcool résiduel</b>	alcoomètre gradué	<b>Albornoz, 2012</b>
<b>Acidité totale</b>	Titrimétrie	<b>AOAC, 1995</b>
<b>Acidité fixe</b>	Titrimétrie	<b>Hitos et al., 2000</b>
<b>Acidité volatile</b>	Titrimétrie	<b>Hitos et al., 2000</b>
<b>Acide citrique</b>	Titrimétrie	<b>Audigie et al., 1984</b>
<b>Potassium</b>	Photométrie de flamme	<b>Rodier, 1984</b>
<b>Sodium</b>	Photométrie de flamme	<b>Rodier, 1984</b>
<b>Calcium</b>	Photométrie de flamme	<b>Rodier, 1984</b>
<b>Sucres totaux</b>	Méthode de Bertrand	<b>Audigie et al., 1984</b>
<b>Sucres réducteurs</b>	Méthode de Bertrand	<b>Audigie et al., 1984</b>

<b>Saccharose</b>	Méthode de Bertrand	<b>Audigie <i>et al.</i>, 1984</b>
<b>Germes totaux</b>	Dénombrement sur le milieu solide (TGEA)	<b>Rejsek, 2002</b>

### 3.4.2.1 Détermination du pH

Le terme pH est dérivé de «potentiel Hydrogène» et se réfère à la quantité d'ions d'hydrogènes présents dans une solution. Le pH du vinaigre est relié à la quantité d'acidité présente dans le vinaigre.

#### \* Mode opératoire

La mesure du pH a été déterminé selon la méthode de l'AOAC (1995), par l'introduction des électrodes préalablement étalonné par les solutions tampons du pH-mètre de type HANNA 211 dans un bicher de 50 ml d'échantillon de vinaigre produit. La valeur du pH qui s'est affichée directement sur l'écran pH-mètre a été relevée (fig 10).



**Figure 10:** Détermination du pH du vinaigre de pomme

### 3.4.2.2 Détermination de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est une indication de la teneur en sels solubles d'un produit; elle est mesurée par un conductimétrie. Les résultats sont exprimés en micro Siemens/cm (Petransxiène et Lapied, 1981).

### \* Mode opératoire

La détermination de la CE consiste à introduire dans un bêcher qui contient 50 ml du vinaigre, l'électrode d'un conductimètre sur table (**OHAUS STARTER 3100 C**) (**fig 11**) préalablement étalonné par le KCl (0,02 N) et à lire directement la valeur affichée sur un grand écran LCD rétro-éclairé de l'appareil (**Audigie et al., 1984**).



**Figure 11:** Mesure de la conductivité du vinaigre de pomme

### 3.4.2.3 Détermination de la densité

La densité ou masse par unité de volume d'une solution, renseigne sur l'état des produits par la mise en œuvre du taux de matière solide et de la viscosité. Elle est très importante dans la mesure où elle renseigne sur l'aptitude des microorganismes vis à vis de l'état physique du milieu. La densimétrie est effectuée à l'aide d'un densimètre à 20° C. (**Audigie et al., 1984**).

### \* Mode opératoire

La détermination de la densité se fait à une température de 20° C. Elle consiste à plonger dans une éprouvette contenant 100 ml de vinaigre, un densimètre portable de marque (**METTLER TOLEDO 30PX**) (**fig 12**). La valeur est obtenue par lecture directe (**Motsara et Roy, 2005**).



Figure 12: Mesure de la densité de vinaigre de pomme

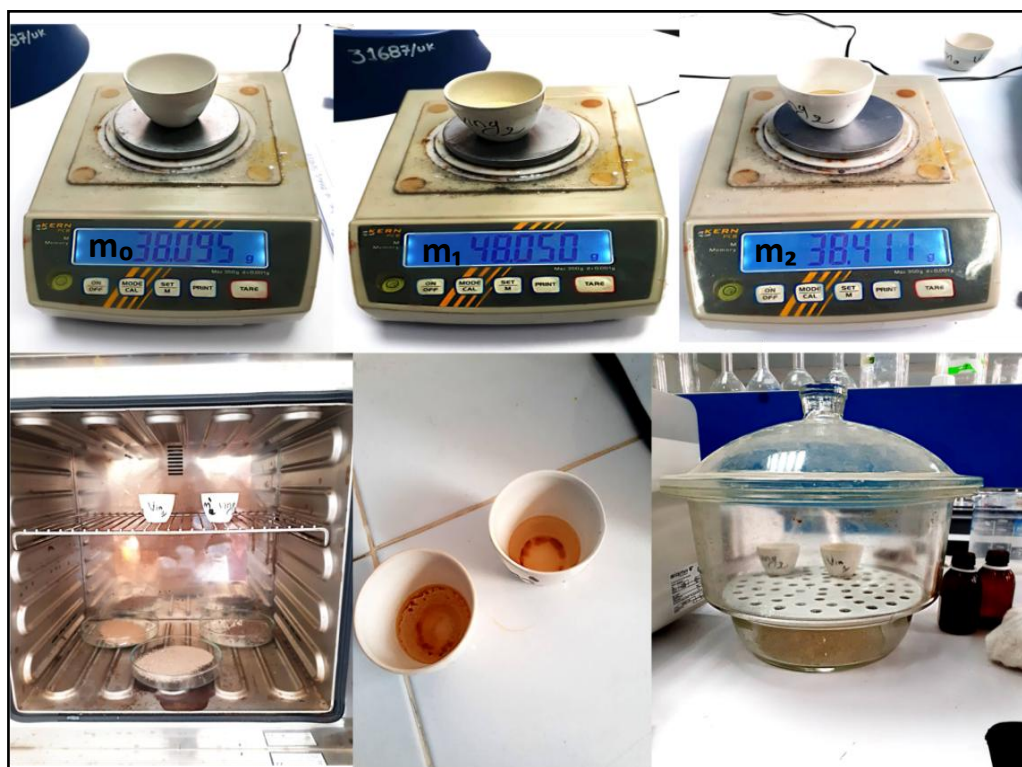
#### 3.4.2.4 Détermination en extrait sec total

On appelle extrait sec total (matière sèche), l'ensemble de toutes les substances qui, dans les conditions décrites, ne se volatilisent pas et ne subissent pas d'altérations (**Audigie et al., 1984**). Le principe est l'évaporation de l'échantillon, ensuite le séchage dans une étuve, puis le pesage (**AOAC, 1990**).

##### \* Mode opératoire

Avec une balance de précision (**KERN PCB**), peser la capsule en porcelaine vide ( $m_0$ ) et introduire 10 ml de l'échantillon de vinaigre ( $m_1$ ) puis évaporer au bain d'eau à 100 °C, pendant 30 min ensuite sécher dans une étuve (**Memmert UN 55**) réglée à 105°C pendant 2 h 30 min. Enfin, refroidir dans un dessiccateur et peser à nouveau la capsule ( $m_2$ ) (**fig 13**). La teneur en en extrait sec total est exprimée en pourcentage, elle est calculée selon la formule suivante:

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



**Figure 13:** Processus de détermination de l'extrait total sec du vinaigre de pomme

#### 3.4.2.5 Mesure du degré Brix (%)

Le Brix exprime le pourcentage de solides solubles contenus dans un échantillon (solution aqueuse). Le contenu en solides solubles représente le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, alcools, les sels, protéines, acides, etc. Dans le secteur de l'agroalimentaire le réfractomètre est couramment utilisé pour déterminer la teneur en sucre d'un milieu dit simple tel que les jus de fruits, le vin, confiture, etc. Dans le cas de notre échantillon, la mesure observée est considéré comme étant égal à la teneur en sucres dans le vinaigre, car pour ce type de milieu les minéraux et autres substances sont négligeables. Le pourcentage de solides solubles est obtenu par lecture directe de la valeur affichée sur le réfractomètre (Audigie *et al.*, 1984).

#### \* Mode opératoire

Le degré Brix est déterminé à l'aide d'un réfractomètre digital (Bellingham + Stanley OPTi), c'est un réfractomètre de poche de haute qualité, simple à utiliser, précis, offrant des mesures entre 0 et 95 Brix et plus de 40 autres échelles (fig 14). Une goutte de l'échantillon de vinaigre est déposée sur la lentille du réfractomètre, la teneur en solides solubles est obtenue par lecture directe sur l'écran LCD de l'appareil qui nous donne le pourcentage des sucres dans le vinaigre (Audigie *et al.*, 1984).



**Figure 14:** Détermination du taux de solides solubles de vinaigre de pomme

### 3.4.2.6 Détermination des cendres

Les cendres d'un vinaigre sont 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. Ils permettent de juger la richesse en éléments minéraux et la composition minérale du vinaigre. Le principe consiste en une incinération de l'extrait du vinaigre entre 500 °C et 550 °C jusqu'à la combustion complète du carbone (**Curvelo-Garcia, 1996**). Les cendres du vinaigre sont déterminées selon la méthode **AOAC (1995)**.

#### \* Mode opératoire

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 (**Naberthrem MORE THAN HEAT 30-3000°C B150**) à 550°C pendant environ 3 heures jusqu'à l'apparition d'une coloration blanche ou grise. Refroidir la capsule avec les cendres dans un dessiccateur pendant 30 min puis peser rapidement sur la balance de précision (**KERN PCB**)(**fig 15**). Le taux des cendres exprimé en gramme par litre (g/l), est calculé selon la formule suivante:

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

D' où:

**M<sub>0</sub>**: la masse de la capsule vide en gramme

$M_1$ : la masse de la capsule de résidu après dessiccation en (g)

V: Volume de la prise d'essai (l)



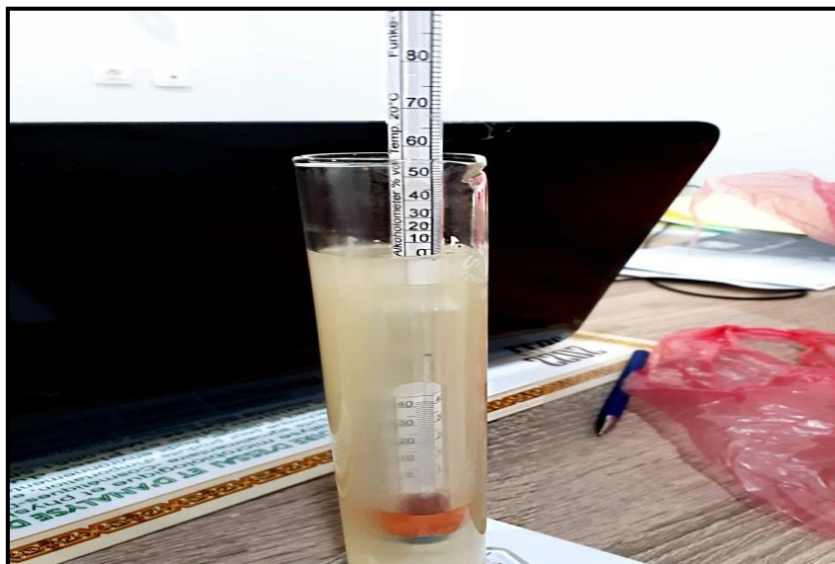
**Figure 15:** Processus de détermination des cendres de vinaigre de pomme

### 3.4.2.7 Dosage de l'alcool résiduel

L'éthanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), est le produit essentiel de la fermentation alcoolique des levures. La détermination de la teneur en alcool résiduel permet de connaître les proportions d'alcool non transformée en acide acétique. Le dosage de l'alcool résiduel s'effectue par un alcoomètre (Albornoz, 2012).

#### \* Mode opératoire

Remplir une éprouvette graduée avec la solution du vinaigre puis placer l'alcoomètre gradué. Lorsque ce dernier flotte, lire directement le degré d'alcool affiché sur l'alcoomètre (fig 16). Le résultat est obtenu dans une température  $20^\circ \text{C}$ . En cas de variation de température, il existe des tableaux de correction (Annexe 06)(Albornoz, 2012).



**Figure 16:** Dosage de l'alcool résiduel dans le vinaigre de pomme

### 3.4.2.8 Dosage de l'acidité totale

L'acidité totale d'un vinaigre détermine son degré d'acidité qui correspond à la masse d'acide acétique pur (acide éthanoïque), contenue dans 100 g de vinaigre. Le dosage de l'acidité d'un vinaigre calculé en acide acétique est dosé par titrimétrie en présence de phénophtaléine en solution alcoolique, comme indicateur. Le principe est la neutralisation des acides de l'échantillon par une solution alcaline (AOAC, 1995).

#### \* Mode opératoire

L'acidité carbonique n'est pas comprise dans l'acidité totale, il faut donc décarboniquer le vinaigre au préalable. Pour cela, on place moins de 50 ml de vinaigre dans un Erlenmeyer de 300 ml relié à une trompe à vide. On agite sous vide pendant deux ou trois minutes.

#### a. Préparation de la solution diluée de vinaigre (S1)

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

**b. Dosage de cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium fournie**

- Prélever à la pipette jaugée 10 ml de la solution de vinaigre.
- Les placer dans un bécher forme haute ou Erlenmeyer.
- Diluer avec un peu d'eau déminéralisée
- Ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré: la phénolphtaléine.
- Vérifier que le robinet d'arrêt de la burette est fermé puis remplir la burette préalablement rincée, avec la solution d'hydroxyde de sodium fournie de concentration 0,1 mol/L.
- Vérifier l'absence de bulle d'air dans le bas de la burette et ajuster le niveau du liquide au niveau zéro en faisant écouler l'excédent de solution d'hydroxyde.
- Placer Erlenmeyer sous la burette et mettre dans le un barreau aimanté, agiter doucement la solution à l'aide de l'agitateur magnétique (**SCIOLOGEX MS7-H550-Pro**).
- Procéder au dosage en faisant d'abord un dosage rapide par ajout de la solution de soude millilitre par millilitre jusqu'à virage de l'indicateur coloré (**fig 17**) pour déterminer l'encadrement du volume équivalent (encadrer la zone d'équivalence).
- Procéder ensuite au dosage précis de la solution dit dosage à la goutte où on recommence à nouveau le dosage depuis le début, par le versage rapidement de la solution de soude jusqu'à 5 ml ou 6 ml de la zone d'équivalence, puis goutte à goutte pour déterminer le volume équivalent (V<sub>éq</sub>) à la goutte près.
- On fera deux essais dans les mêmes conditions. Si les résultats sont identiques au 0.1 ml près, on prendra la moyenne. Si non, on recommencera jusqu'à obtenir des résultats reproductibles.
- La teneur en acidité totale, exprimée en grammes d'acide acétique par litre de l'échantillon, est donnée par:

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

D'où:

$V_p$  = volume du vinaigre = 10.0 ml

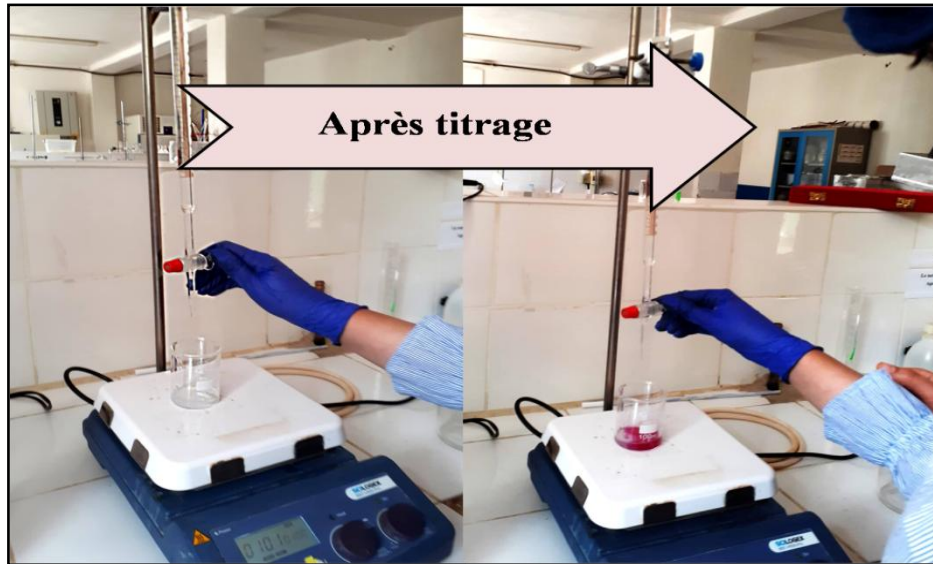
$F$  = facteur de dilution = 10

$C_B$  = concentration de NaOH = 0.1M

$M$  = la masse molaire du vinaigre  $CH_3COOH$  = 60.05 g/mol

$\rho_{\text{vinaigre}}$  = la masse volumique du vinaigre.

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



**Figure 17:** Dosage de l'acidité totale de vinaigre de pomme par NaOH (0.1 mol/l)

### 3.4.2.9 Détermination de la teneur en acidité fixe

L'acidité fixe d'un vinaigre est l'ensemble de ses acides fixes (non volatils), titrés en présence de phénolphthaléine en solution alcoolique comme indicateur. Le principe est basé sur élimination des substances volatiles du vinaigre, par évaporation, ensuite neutralisation des acides (non volatils) du résidu, en solution aqueuse, par une solution alcaline (NaOH) (**Hitos et al., 2000**).

#### \* Mode opératoire

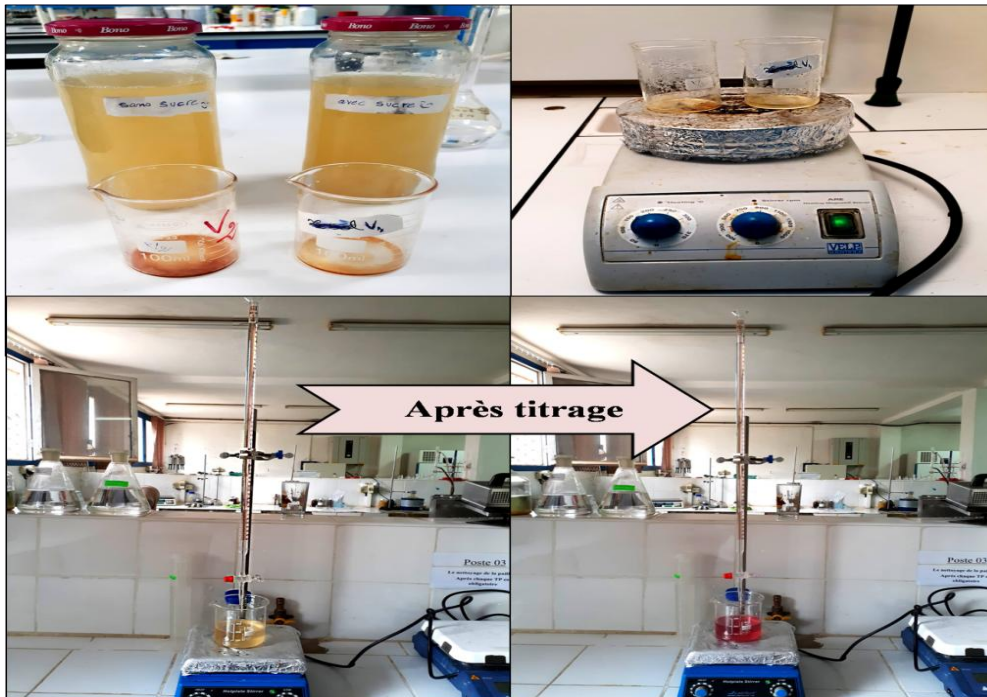
Dans une capsule de porcelaine de 200 ml, introduire 10 ml de vinaigre. Dans un bain d'eau (Memmert) à 100 °C évaporer à sec. Ajouter 5 à 10 ml d'eau distillée sur l'échantillon sec. Evaporer de nouveau à sec. Répéter cette opération cinq fois. Additionner 180 ml environ d'eau récemment bouillie et froide, ajouter quelques gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine à 1 g par 100 ml et titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium 0,1 M avec agitation jusqu'à coloration rose clair persistante (**fig 18**). Enregistrer le volume équivalent  $V_{NaOH}$ .

La teneur en acidité fixe, exprimée en grammes d'acide acétique par litre de l'échantillon, est donnée par l'équation suivante:

$$A_f = 0.6 V$$

D'où:

**V**: le volume, en ml, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée dans la titration.



**Figure 18:** Processus du dosage de l'acidité fixe dans le vinaigre de pomme

#### 3.4.2.10 Détermination de la teneur en acidité volatile

Par convention, on appelle acidité volatile d'un vinaigre la différence entre l'acidité totale et l'acidité fixe, elle est constituée par la partie des acides gras appartenant à la série acétique qui se trouvent dans le vinaigre (Hitos *et al.*, 2000). La teneur en acidité volatile, exprimée en grammes d'acide acétique par l de l'échantillon, est donnée par:

$$A_v = A_t - A_f$$

D'où:

**A<sub>t</sub>**: la teneur en acidité totale (exprimée en grammes d'acide acétique par l de l'échantillon)

**A<sub>f</sub>**: la teneur en acidité fixe (exprimée en grammes d'acide acétique par l de l'échantillon).

### 3.4.2.11 Dosage de l'acide citrique

L'acide citrique est produit par *Aspergillus Niger* en milieu aérobie. Vu que les conditions du milieu de culture sont favorables à la prolifération de cette moisissure, il y a possibilité de production d'une certaine quantité de cet acide d'où une nécessité de le doser. (Audigier *et al.*, 1984).

#### \* Mode opératoire

La méthode de dosage consiste à titrer l'acide citrique dans un échantillon de vinaigre par une base forte comme (NaOH 1N) en présence de phénophtaléine (**fig 19**). Sachant qu'un millilitre de NaOH à 1N correspond à 0,07 g d'acide citrique, on calcule la concentration en acide citrique selon la formule suivante:

$$\text{Acide citrique} = (\text{volume NaOH versé} \times 0,07 / \text{Prise d'essai}) \times 100$$



**Figure 19:** Dosage de la teneur de l'acide citrique dans le vinaigre de pomme

### 3.4.2.12 Dosage des sels minéraux

Les cations suivants  $\text{Na}^+$ ,  $\text{k}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , sont dosés par un photomètre de flamme basse température (JENWAY PFP7) (**fig 20**). Lorsque les atomes d'un élément sont existés par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrométrie (Rodier, 1984).



**Figure 20:** Dosage des cations  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  dans le vinaigre de pomme

### 3.4.2.13 Dosage des sucres

Les sucres résiduels sont dosés par la méthode de Bertrand. Le principe consiste à faire agir un excès de liqueur cupro-alcaline sur les sucres dans des conditions bien fixées. On sépare l'oxyde cuivreux et on le traite par une liqueur sulfurique de sulfate ferrique  $\text{Fe}^{3+}$ . On fait alors passer  $\text{Cu}^+$  à l'état de  $\text{Cu}^{2+}$  qui passe en solution tandis que  $\text{Fe}^{3+}$  réduit et ramené à l'état de  $\text{Fe}^{2+}$ . Le fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) est dosé par une liqueur titrée de  $\text{KMnO}_4$  (Audigie *et al.*, 1984).

#### \* Mode opératoire

##### a. Sucres réducteurs résiduels

- Dans un Erlenmeyer de 300 ml prélever: 20 ml de liqueur A, 20 ml de liqueur B, 20 ml du vinaigre.
- Porter à l'ébullition après 3 min d'ébullition exactement refroidis immédiatement sous un courant d'eau sans agiter. Puis laisser la fiole inclinée pour décanter (déposer) le précipité rouge. L'oxyde cuivreux se dépose filtrer la liqueur par le filtre d'amiante on activant la filtration par l'aspiration de la trompe à eau (fig 21.A).
- Laver à trois reprise l'oxyde cuivreux avec 20 ml d'eau bouillante froide.
- Rejeter le filtrat contenu dans la fiole à vide et la rincer à l'eau distillée.
- Remettre en place le filtre sur la fiole. Dissoudre l'oxyde cuivreux avec 30 ml de liqueur ferrique C. La solution devient verte (présence de  $\text{Fe}^{2+}$ ).

- Collecter la liqueur ferrique partiellement réduite dans la fiole à vide en s'aidant d'une aspiration modéré rincer le filtrat à cinq reprise avec 20 ml d'eau (**fig 21.B**).
- Titrer le filtrat contenant la solution ferrique partiellement réduite par la solution N/10 de  $\text{KMnO}_4$ .
- Le virage est obtenu quand le couleur passe du vert franc au rose persistant (**fig 21.C**).
- La quantité de sucre contenu dans la prise d'essai est donnée par le tableau de correspondance entre le volume de  $\text{KMnO}_4$  et la masse de sucre (Le tableau de Gabriel Bertrand) (**Annexe 09**).

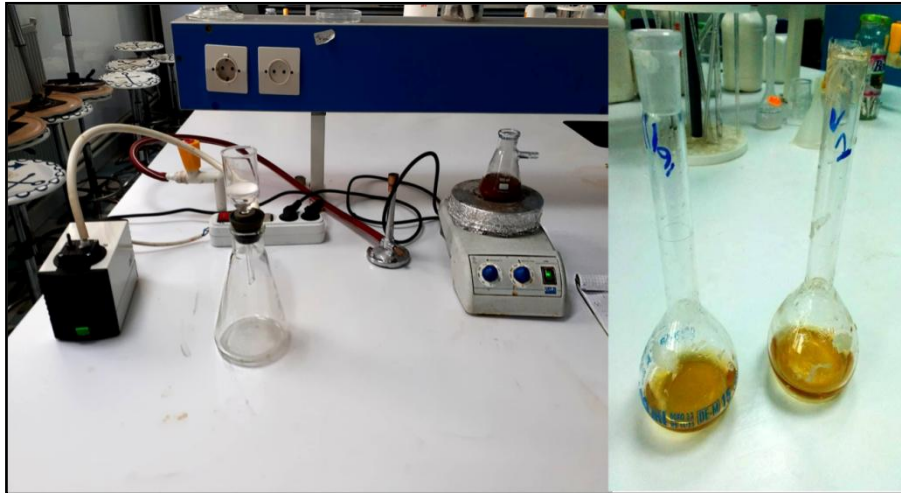


**Figure 21:** Dosage des sucres réducteurs résiduels dans le vinaigre de pomme

### b. Sucres totaux résiduels

- Dans une fiole de 100 ml introduire: 10 ml du filtrat, 10 ml d' $\text{HCl}$  (83g/l), porter au bain marie 30 min à  $70^\circ\text{C}$ .
- Après refroidissement ajouter quelques gouttes de phénolphaléine (1%).

- Neutraliser avec NaOH aqueuse (10N).
- Compléter à 100 ml avec eau distillée.
- Agiter et prélever: 20 ml de liqueur A, 20 ml de liqueur B, 20 ml du filtrat faire la même opération que pour les sucres réducteurs avant inversion (**fig 22**) (**Audigier et al., 1984**).



**Figure 22:** Dosage des sucres totaux résiduels du vinaigre de pomme

$$\text{Sucres réducteurs du produit résiduel (\%)} = \frac{X \times 200 \times 100}{E \times 20 \times 100}$$

Après inversion:

$$\text{Sucres totaux (invertis) (\%) de produit} = \frac{X \times 200 \times 100 \times 1000}{E \times 10 \times 20 \times 1000}$$

D' où:

X: la valeur des sucres lue sur le tableau de Bertrand (**Annexe 09**)

E: la prise d'essai

### c. Saccharose résiduel

$$\text{Saccharose (\%)} = (\text{sucres totaux} - \text{sucres réducteurs}) \times 0,95\text{g/kg}$$

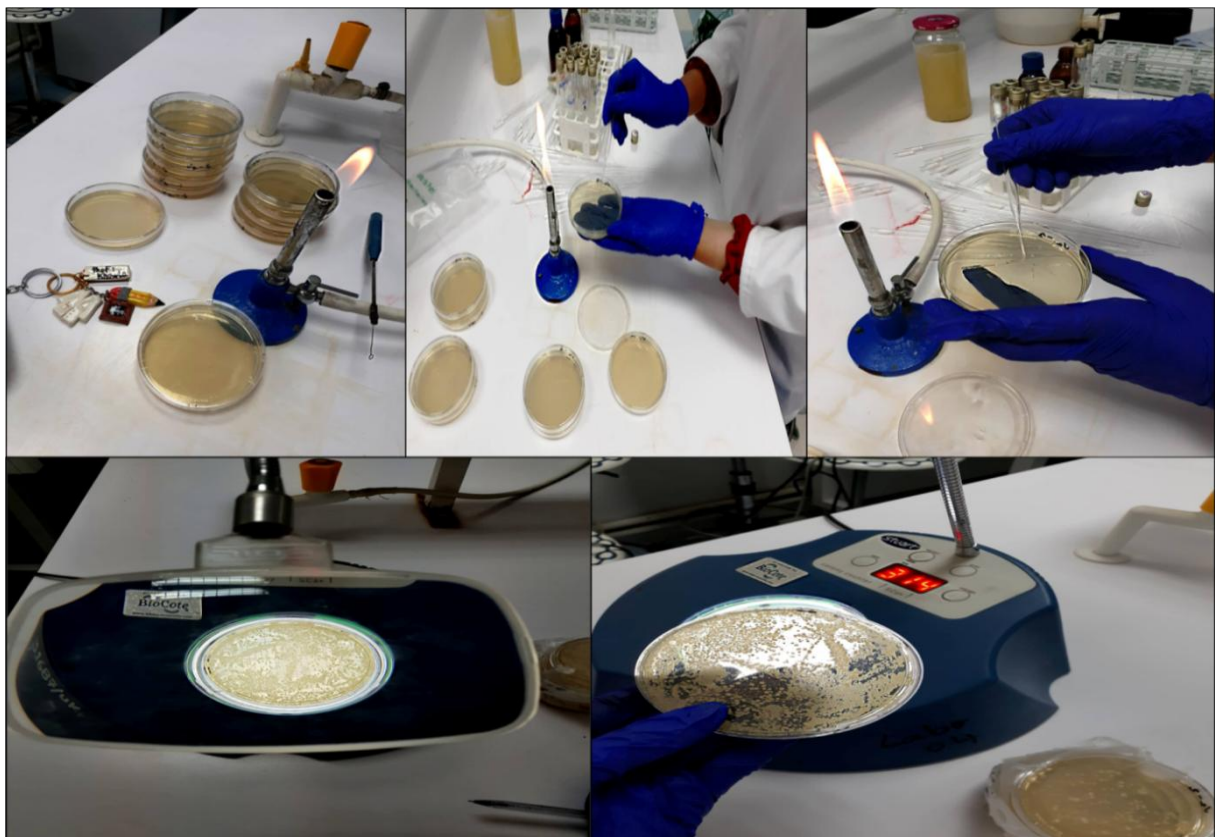
#### 3.4.2.14 Analyses microbiologiques

L'appréciation de la qualité hygiénique du vinaigre est basée sur la connaissance des germes totaux existant dans nos échantillons (**AOAC, 2005**). Le milieu de culture utilisé est la gélose Tryptone Glucose Extract Agar (TGEA). C'est un milieu développé pour la recherche

et le dénombrement des micro-organismes dans l'eau et d'autres liquides. Il est composé de: 1000 ml d'eau distillée ou déminéralisée, 5g de Tryptone, 3g d'Extrait de viande, 1g de Glucose, 15g d'Agar avec un pH final à 25°C de  $7,0 \pm 0,2$  (Rejsek, 2002).

### \* Mode opératoire

- A partir du vinaigre de pomme préparé (solution mère), des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-5}$  sont réalisées;
- 0.1 ml de chaque dilution ont été ensemencé en surface dans des boîtes de pétri contenant 20 ml du milieu (TGAE) (Annexe 10);
- Les boîtes ont été incubées dans une étuve réglée à 30°C pendant 48 à 73heures;
- Le dénombrement par un compteur de colonie (Stuart colony counter SC6<sup>+</sup>), a été effectué sur les boîtes contenant de 30 à 300 colonies (fig 23);
- En multipliant le nombre de germe dénombré sur la boîte par l'inverse de la dilution, on obtient le nombre de germes totaux dans le vinaigre de pomme.



**Figure 23:** Recherche et dénombrement des germes totaux dans le vinaigre de pomme



Chapitre 02 :  
Résultats et  
discussion

## 1 Matériel végétal

Les pelures de la pomme Charden sont la matière première utilisée pour la production de nos deux vinaigres traditionnels (**fig 24**).

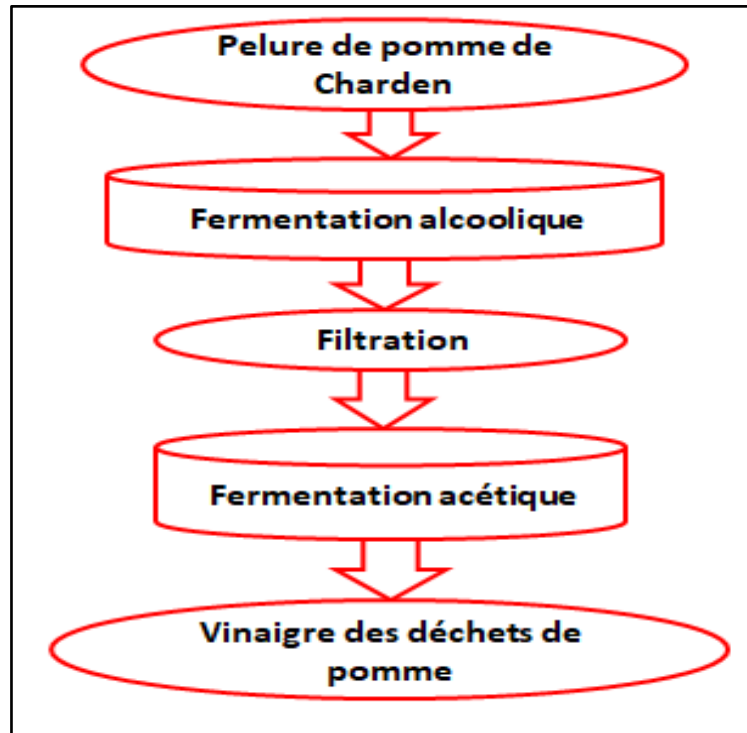


**Figure 24:** Pelures de la pomme de Charden

## 2 Production du vinaigre de pomme traditionnel

### 2.1 Technique d'élaboration et détermination des caractères organoleptiques

L'élaboration du vinaigre traditionnel à partir des déchets de la pomme Charden, passe par plusieurs étapes (**fig 25**).

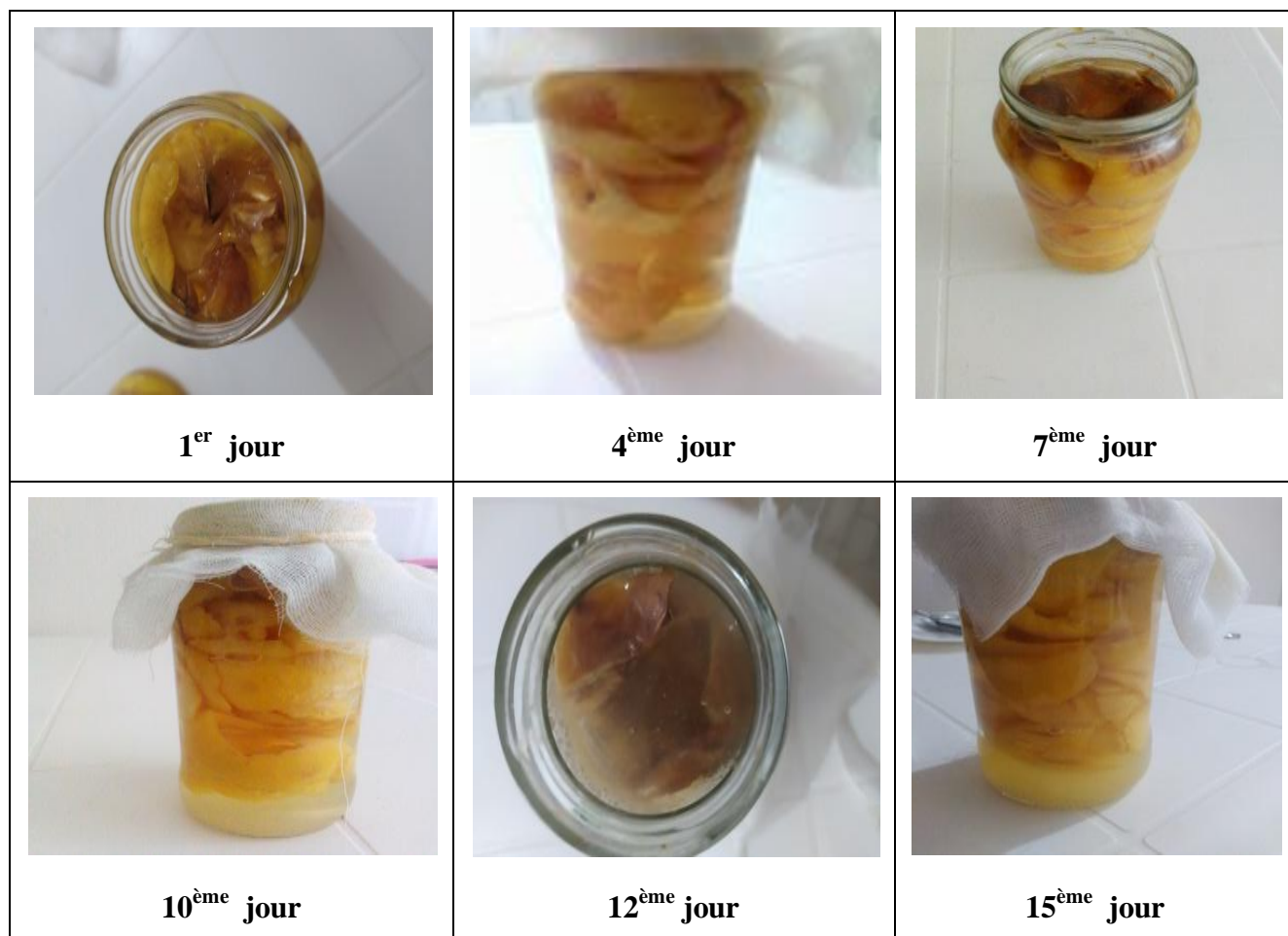


**Figure 25:** Les étapes de la production de vinaigre

### 2.1.1 La fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique des pelures de pomme est la première étape de fabrication du vinaigre dans laquelle les sucres sont transformés en alcool. Durant une période de 15 jours, plusieurs modifications sont observées sur nos deux échantillons de pommes (**fig 26**):

- \* Un dégagement de gaz carbonique.
- \* 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 micro-organismes de type *Saccharomyces cerevisiae* couvrent la surface des échantillons. Il s'agit de la mère du vinaigre.



**Figure 26** : Fermentation alcoolique des déchets de Charden

### 2.1.2 La fermentation acétique

Après filtration des mélanges, et sur une période de 30 jours, le filtrat subit plusieurs transformations. Il s'agit de la fermentation acétique dans laquelle l'alcool produit durant la première fermentation est transformé en acide acétique (vinaigre). Durant cette deuxième étape de la production de vinaigre 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 avec un goût un peu amer.
- \* Une diminution de température du milieu.
- \* L'apparition de la couche d'eau.
- \* Une stabilité de la couleur du milieu.

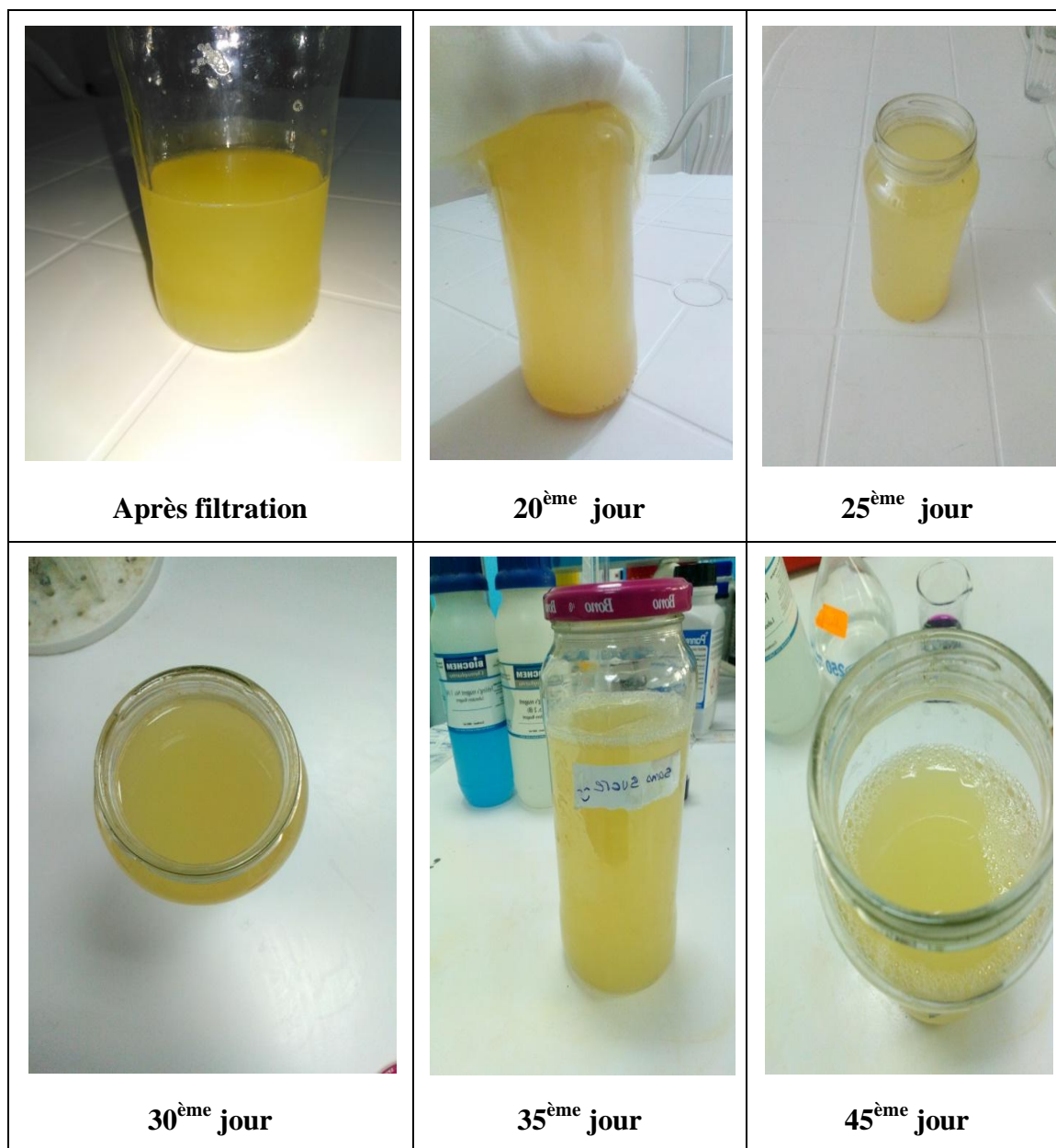


Figure 27 : Fermentation acétique des déchets de Charden

## 2.2 Détermination des paramètres physico-chimiques

Après 45 jours, les résultats des analyses des vinaigres issus de la fermentation des déchets de pomme avec ajout de sucre (vinaigre avec sucre: VAS) et fermentation sans sucre (vinaigre sans sucre: VSS) sont résumés dans **le tableau ci-dessous**:

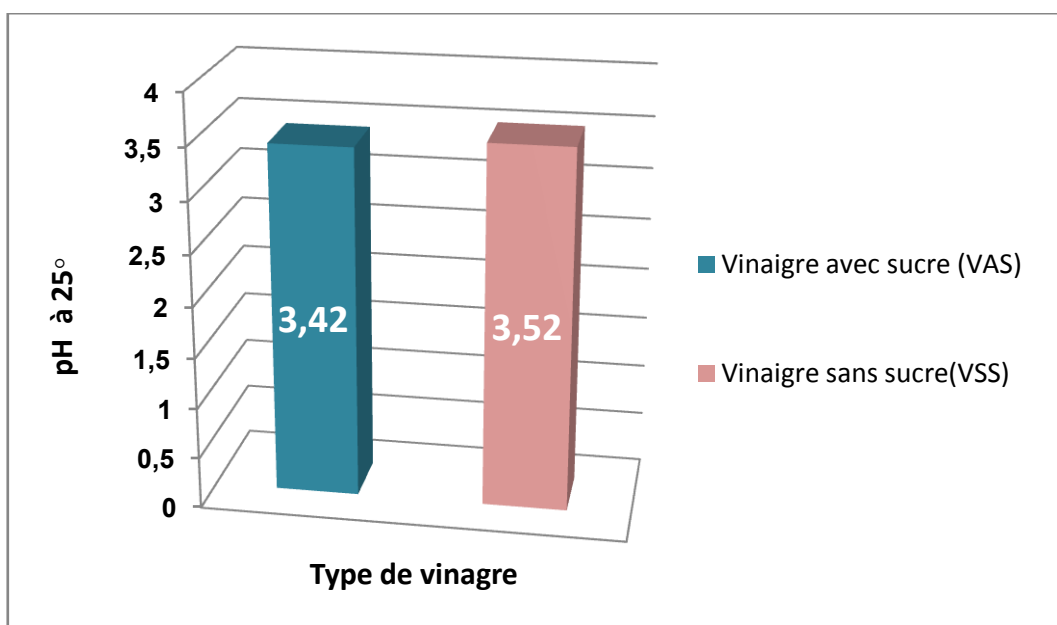
**Tableau 11:** Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des vinaigres de pomme

Paramètres	Vinaigre sans sucre (VSS)	Vinaigre avec sucre (VAS)
<b>pH</b>	3.52	3.42
<b>Densité</b>	0.999	1.001
<b>Extrait total sec (%)</b>	31.50	25.56
<b>Conductivité électrique (µs/cm)</b>	878	1047
<b>Solides solubles (°Brix)</b>	1.4	1.8
<b>Cendres (%)</b>	0.2	1.2
<b>Alcool résiduel (degré)</b>	0	0
<b>Acidité totale (acide acétique) (g/l)</b>	46.2	49.8
<b>Acidité fixe (g/l)</b>	6.6	7.8
<b>Acidité volatile (g/l)</b>	39.6	42
<b>Acide acétique (%)</b>	1.98	1.61
<b>Sodium (mg/l)</b>	3.17	6
<b>Potassium (mg/l)</b>	58.1	86.38
<b>Calcium (mg/l)</b>	16.07	13.37
<b>Germes totaux (ufc)</b>	1.28. 10 <sup>3</sup>	6.2. 10 <sup>3</sup>

### 2.2.1 Détermination du pH

Les mesures du potentiel d'hydrogène informent sur l'évolution de l'acidité du milieu, fonction du métabolisme des microorganismes acidophiles. Les valeurs dans les deux échantillons de vinaigre des déchets de pomme, se situent au-dessus de 3, mais inférieures à 4. A 25 C°, le VSS a un pH de 3.52, alors que le pH du VAS est égale à 3.42 (**fig 28**); cela indique que les deux vinaigres sont fortement acides. Les valeurs du pH des deux vinaigres sont comparables avec les résultats trouvés par **Matloob (2014)** pour le vinaigre de cidre de pomme. Le pH du vinaigre sans sucre est comparable à celui évoqué par d'autres auteurs sur le vinaigre des dattes (**Sebihi, 1996; Ould El Hadj et al., 2001**) ayant des valeurs de pH de l'ordre de 3,12 à 3,65.

Selon **Dowson et Aten (1963)**, l'abaissement de pH du milieu suite aux processus de fermentation est dû à l'activité des microorganismes acidophiles tels que les bactéries acétiques, lactiques, les moisissures et les levures présentes dans la matière première. Ce 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 et favorise une bonne conservation du produit (**Chang et Fang, 2007; Medina et al., 2007; Shah et al., 2013; Hindi, 2013**). La plupart des vinaigres commerciaux contiennent 5% d'acide acétique et ont un pH assez stable d'environ 2 à 4, c'est à dire que les résultats obtenus sont dans les normes, avec des différences négligeables.



**Figure 28 :** Valeurs du pH des deux échantillons de vinaigre de pomme

### 2.2.2 Détermination de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique des vinaigres traditionnels de la pomme Charden étudiée, montre à une température égale à 28.3° C des valeurs proches, valeurs allant de 878  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (VSS) à 1047  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (VAS) (**fig 29**). La conductivité électrique renseigne sur la minéralisation des différents vinaigres traditionnels. Les résultats obtenus lors de la présente étude sont trop élevés par rapport à ceux évoquées par (**Badis et Boumahdaf, 2021**) à savoir entre 1.9  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 2.07  $\mu\text{s}/\text{cm}$  respectivement pour le vinaigre traditionnel des pommes Golden Delicious et Royal Gala, et aussi par rapport à celles trouvées par **Matloob (2014)** pour le vinaigre de cidre de pomme.

Cette conductivité élevée est due à la richesse en minéraux de la pomme Charden à partir de laquelle le vinaigre a été extrait, à la nature de l'eau d'irrigation et à l'influence de la composition de l'eau utilisée pour la production du vinaigre, qui est une eau minérale caractérisée par une charge assez importante en sels dissous et très riche en oligoéléments (Sebihi, 1996).

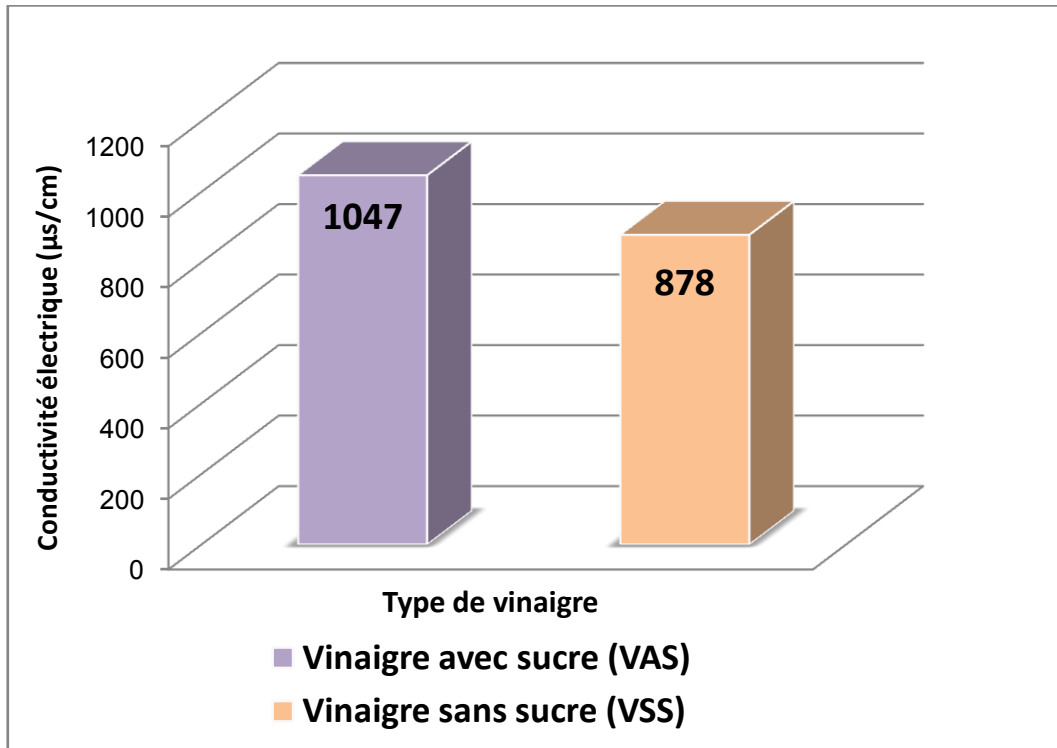
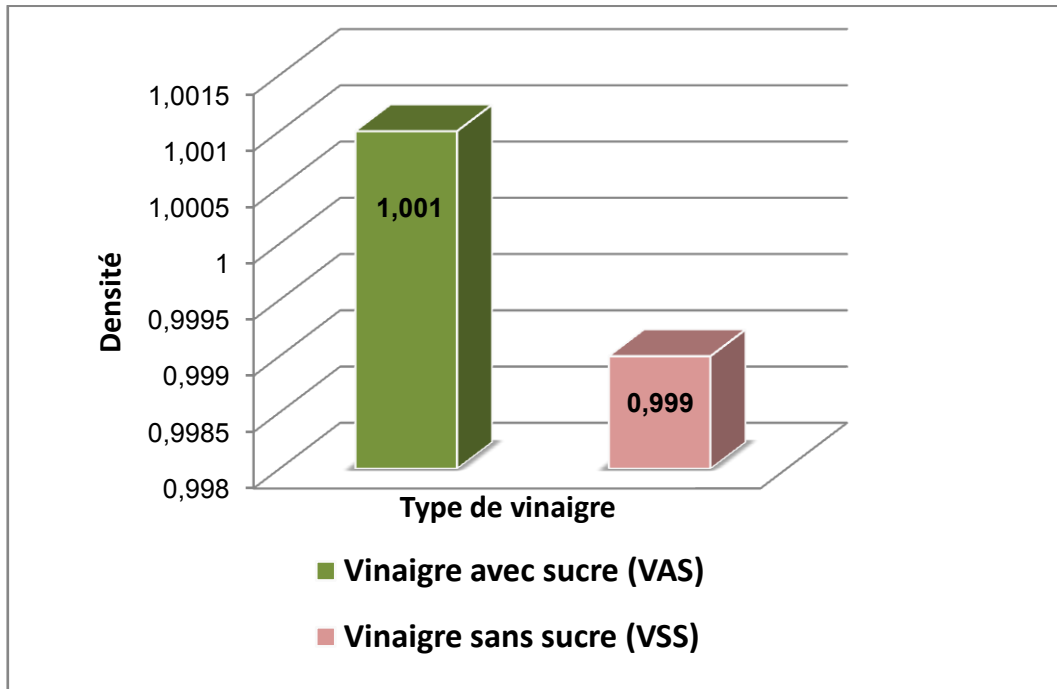


Figure 29 : Valeurs de la CE des deux échantillons de vinaigre

### 2.2.3 Détermination de la densité

On remarque que la densité est de 0.999 pour le vinaigre sans sucre (VSS) et 1.001 pour le vinaigre avec sucre (VAS). Ces résultats sont quasi identiques à ceux trouvés dans la littérature. La densité du vinaigre commercial de cidre est d'environ 1,001 (Ould El Hadj *et al.*, 2001), de même Dabija et Hatnean (2014) ont déterminé que la densité du vinaigre de cidre de pomme est de 1.08. Clavet (1912) in (Bouaziz, 2009) a également rapporté que la densité du vinaigre de cidre est de 1,010. Ces résultats indiquent l'absence de matière colloïdale en suspension responsables de l'aspect trouble des vinaigres (Ould El Hadj *et al.*, 2001) (fig 30).

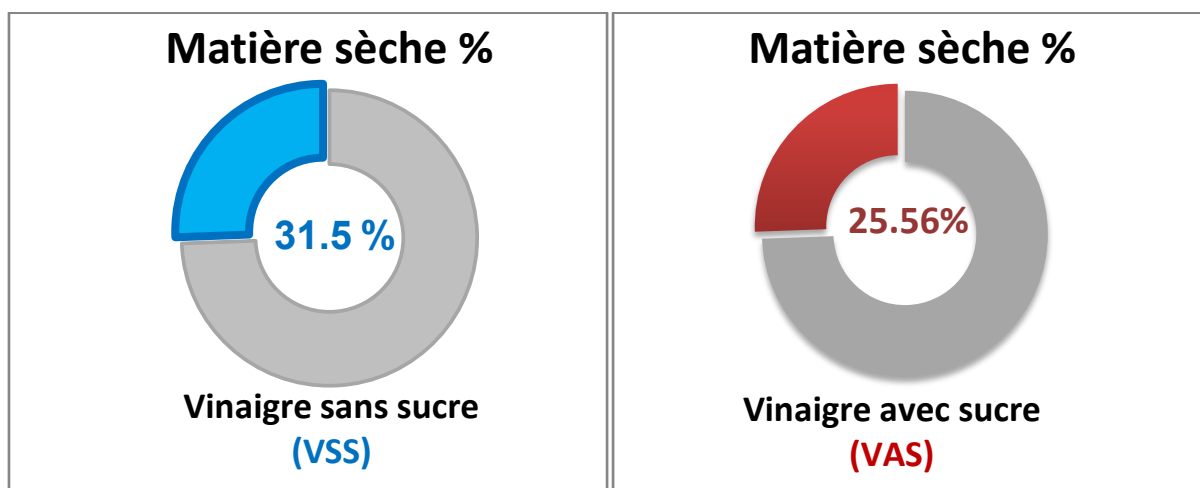


**Figure 30:** Densité des deux échantillons de vinaigre analysés

#### 2.2.4 Détermination en extrait sec total (matières sèches)

La teneur en matière sèche est de 25.56 % pour le vinaigre avec sucre, et de 31.50 % pour le vinaigre sans sucre (**fig 31**). Malgré que nos échantillons aient été filtrés, ils présentent comme même un taux très élevé en extrait total sec par rapport à ceux révélés dans la littérature. En effet, **Badis et Boumahadf (2021)**, ont obtenus des valeurs faibles en matière sèche dans les deux vinaigres traditionnels issus de Golden Delicious et Royal Gala à savoir 4,93% et 11%. Nos résultats sont également supérieurs à ceux trouvés par **Oussaïd et al., (2017)** sur les pommes.

Les teneurs élevées en matière sèche sont probablement liées à la texture du fruit 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 (**Oussaïd et al., 2017**). D'après nous, la production de vinaigre traditionnel nécessite méthode de filtrage plus efficace.



**Figure 31:** Teneur en matière sèche des deux échantillons de vinaigre analysés

### 2.2.5 Mesure du degré Brix (%)

Le Brix représente généralement les équivalents en sucre et autres matériaux solubles dans les échantillons qui existent dans la matière première selon la variété (**Ozturket al., 2015**). Sa valeur est étroitement liée à la fermentation car le taux de sucres diminue avec l'activité des microorganismes de fermentation (**Masino et al., 2008**). Le taux de solides solubles dans le vinaigre avec sucre est supérieur à celui du vinaigre sans sucre avec des pourcentages respectifs de 1.8 % et 1.4 % (**fig 32**). Il existe une corrélation étroite entre la densité et le taux de solides solubles. Le vinaigre ayant la densité la plus élevée a en effet, le TSS le plus élevé (**Ould El Hadj et al., 2001**). Les taux de Brix dans les solutions de vinaigres analysés sont inférieurs à ceux trouvés par **Golivari et al., (2015)** à savoir 3.8% pour le vinaigre de pomme.

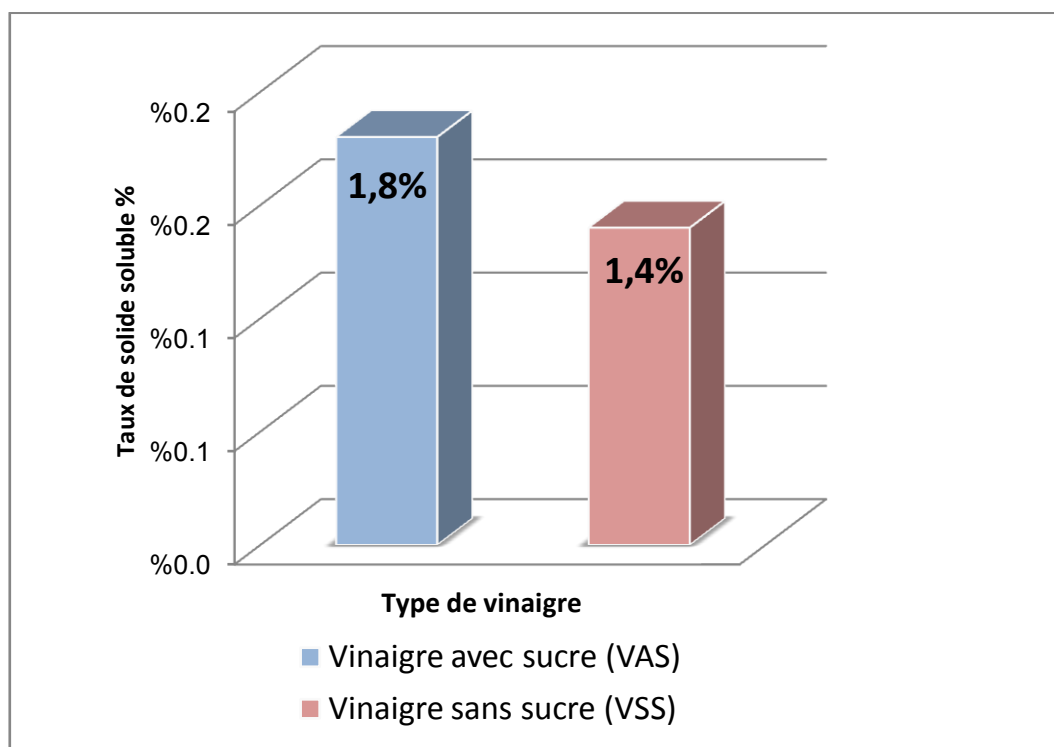
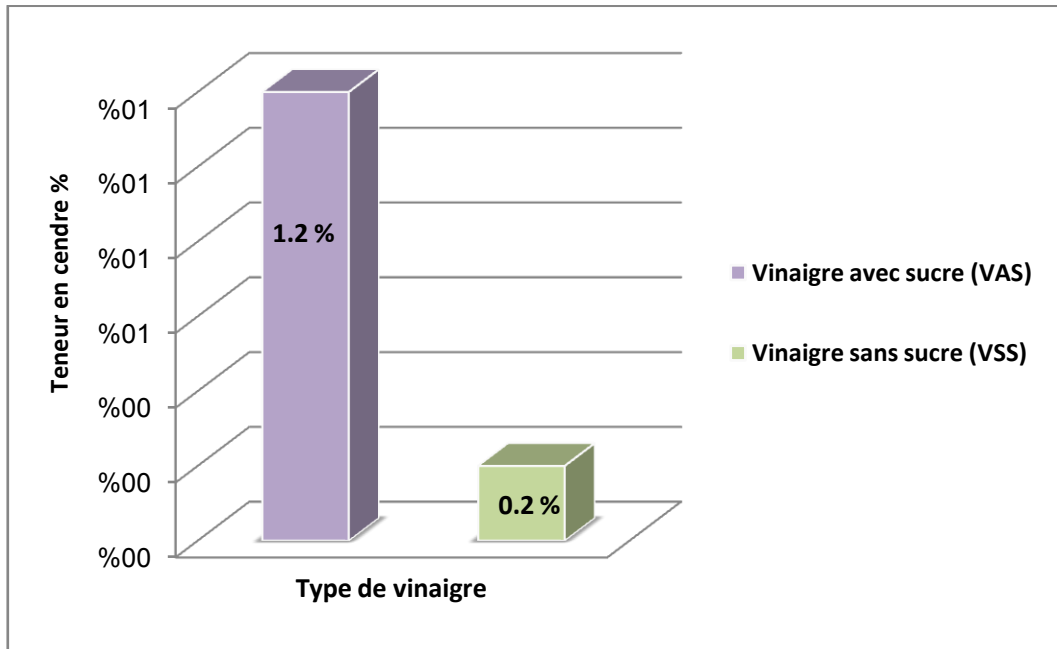


Figure 32 : Brix des deux échantillons de vinaigre

### 2.2.6 Détermination des cendres

La teneur en cendres nous renseigne sur la composition minérale de nos échantillons. D'après la **figure 33** nous constatons que la teneur en cendres du vinaigre avec sucre est plus élevée (1.2 %) que celle du vinaigre sans sucre (0.2 %). Cela montre que le VAS est plus riche en sels minéraux. Cette différence est certainement due à la quantité de sucre ajoutée dans l'échantillon en question. Nous remarquons que les teneurs en cendres de nos deux solutions de vinaigre semblent supérieures à celle du vinaigre commercial qui présente une teneur en cendre très faible de l'ordre de 0.02%. Par ailleurs, ces résultats sont proches de ceux du vinaigre issu de Golden Delicious (0,68%) et Royal Gala (0,57%) (**Badis et Boumahdaf, 2021**) et 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.

Cette faible teneur en cendres de nos deux vinaigres peut être expliquée par la carence du fruit en matière minérale, l'absence d'additifs dans nos échantillons ou à cause de la fertilité du sol (**Mbungu et al., 2016**).



**Figure 33 :** Taux des cendres dans les deux solutions de vinaigre

### 2.2.7 Dosage de l'alcool résiduel

Le **tableau 12** indique l'absence totale d'alcool dans les deux échantillons de vinaigre traditionnel issus de la pomme Charden. Ces résultats correspondent aux normes fixées par les législations algérienne et européenne qui imposent que la teneur en alcool ne doit pas dépasser 1° pour le vinaigre de vin et 0,5° pour les autres vinaigres.

L'absence d'alcool résiduel indique que ce dernier est complètement catabolisé en  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . C'est à dire l'oxydation de l'éthanol est complète, due à la quantité suffisante en oxygène du milieu qui considère un facteur responsable de la fermentation acétique. En plus les échantillons de vinaigre moins visqueux ne permet pas une anaérobiose stricte et n'assure pas un milieu favorable à la production d'alcool par les levures (**Mbungu et al., 2016**).

**Tableau 12 :** Teneurs de l'alcool résiduel dans les deux échantillons de vinaigre

Types de vinaigres	Teneur en alcool résiduel (degré)
VAS	0°
VSS	0°

### 2.2.8 Détermination de la teneur en acidité totale

D'après la **figure 34**, on constate que les concentrations en acidité totale sont de l'ordre de 49.8 g/l pour l'échantillon de vinaigre avec sucre soit 4.98° et 46.2 g/l pour l'échantillon avec sucre soit 4.62°. Le degré d'acidité totale nous renseigne sur la teneur en acides organiques contenus dans le vinaigre, principalement en acide acétique, en plus des petites quantités d'autres acides qui proviennent de matières premières générées par la fermentation **Sebihi (1996)**. La teneur en acidité totale de nos échantillons se rapproche de celle rapportée par **Clavet (1912)** qui est de 4° pour le vinaigre de cidre et de poire. Elle est par contre supérieure aux teneurs révélées par **Badis et Boumahdaf (2021)** et qui sont égales à 32.5 g/l pour le vinaigre de Golden Délicious et 34.3 g/l pour le vinaigre de Royal Gala. Par ailleurs la teneur totale en acide acétique de nos échantillons étudiés est assez proche à la norme Algérienne qui est au minimum de l'ordre de 50g/l et au maximum 60g/l.

L'acide acétique résulte en des quantités importantes grâce à l'oxydation d'éthanol en aérobie par les bactéries acétique (*Acétobacters*) à des pH acides. Il y a donc une relation inverse entre le degré d'acidité totale et la valeur du pH. Les vinaigres ayant une teneur élevée en acide présentent une valeur du pH plus faible **Sebihi (1996)**. Notre étude confirme cette relation, en effet le VAS présente 4.98° d'acidité avec un pH de 3.41, par contre le VSS possède un pH de 3.51 et 4.62° d'acidité.

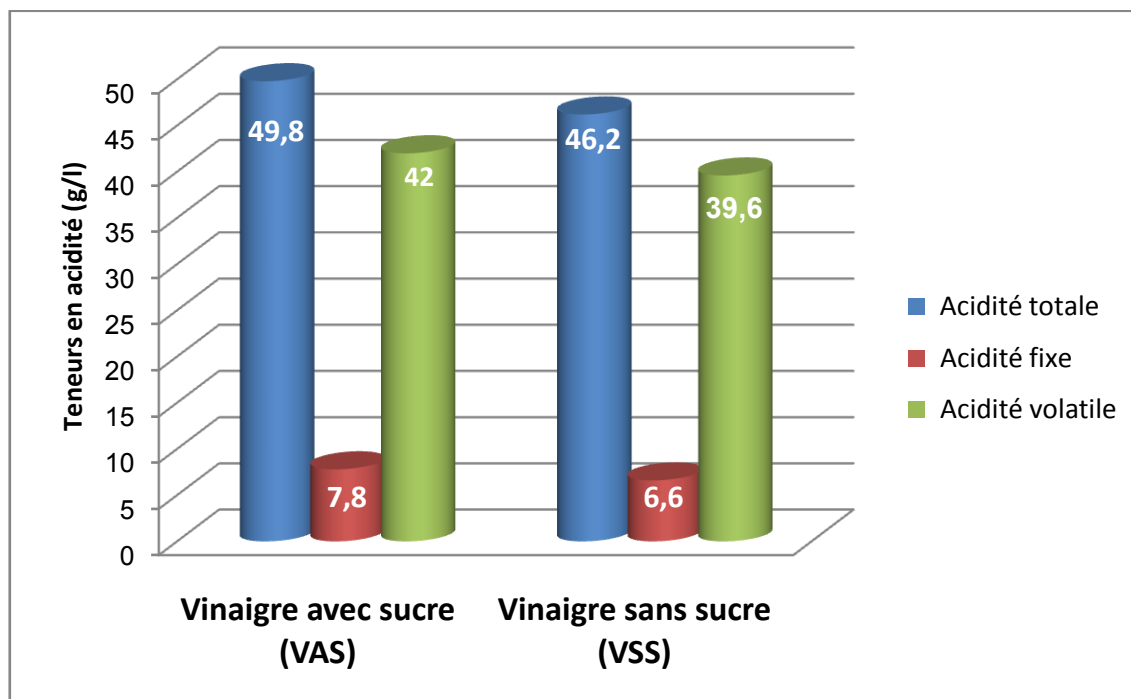
### 2.2.9 Détermination de la teneur en acidité fixe

L'acidité fixe représente les fonctions acides fixes libres, plus les fonctions acides volatiles salifiées, qui restent dans le résidu durant l'évaporation du vinaigre (**Ejemni et Mejri, 2006**). Dans cette étude, les concentrations obtenues en acidité fixe pour le VAS est de l'ordre de 7.8 g/l soit 0.78°, pour le VSS il présente un degré de 0.66° soit 6.6g/l (**fig 34**). Ces teneurs dans les deux échantillons analysés sont légèrement supérieures aux normes algériennes fixés à 0.12°.

### 2.2.10 Détermination de la teneur en acidité volatile

Le degré de l'acidité volatile de l'échantillon de vinaigre avec sucre est égal à 4.2° (42 g/l), et celle de l'échantillon sans sucre est égale à 3.96° (39.6 g/l) (**fig 34**). Ce type d'acidité fait partie intégrante de l'acidité totale, c'est la partie qui disparaît au cours de l'évaporation du vinaigre qui constituée des formes libres et salifiées des acides volatils, elle est considéré comme un paramètre physico-chimique largement utilisé dans tout suivi analytique d'un

vinaigre au cours de son élaboration (Ejemni et Mejri, 2006). La teneur en acidité volatile de nos deux vinaigres étudiés est acceptable et assez proche de la norme Algérienne 50°- 60°.

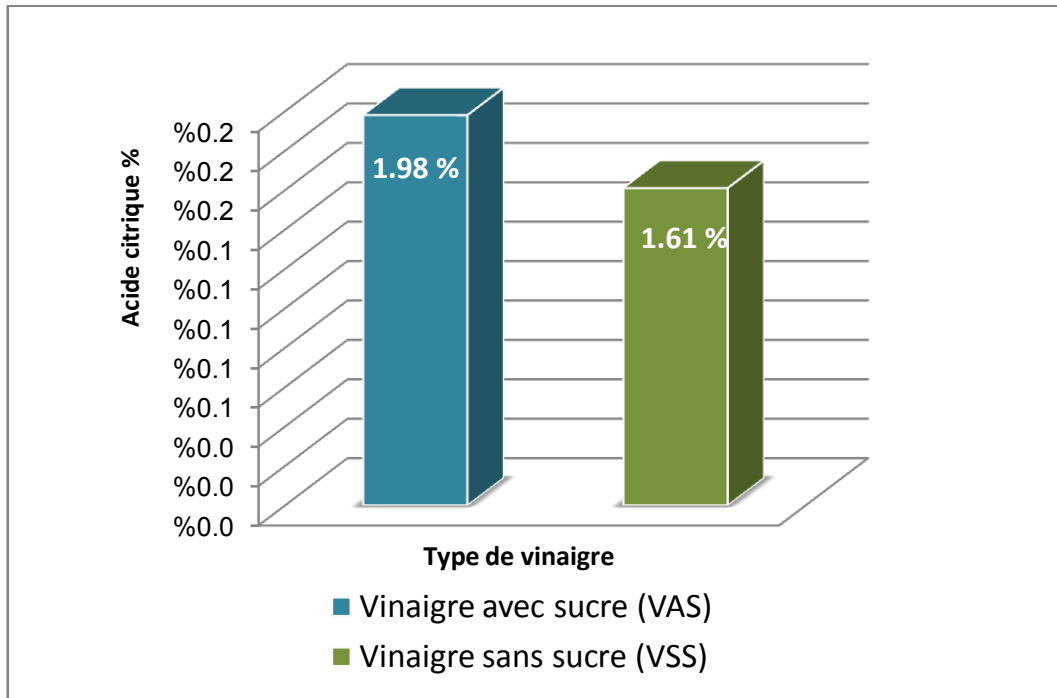


**Figure 34:** Teneurs en acidité totale, fixe et volatile des deux échantillons de vinaigre

### 2.2.11 Dosage de l'acide citrique

L'acide citrique est une substance naturelle contenue dans de nombreux fruits, mais il peut être également obtenu par voie biologique. Après analyse, les vinaigres titrent en acide citrique un maximum 1.98 % pour le vinaigre avec sucre et un minimum de 1.61 % pour le vinaigre sans sucre (**fig 35**). Nos résultats comparés aux contenus cellulaires des fruits acides qui se situent entre 6 % et 8 % d'acide citrique, nos échantillons sont moins riches en cet acide. Par ailleurs, ces valeurs sont proches de ceux du vinaigre vendu en épicerie dont la teneur en acide citrique oscille entre 0,7 à 2,45% et semblent être inférieures à ceux évoquées par (Sebihi, 1996) allant de 2,1 à 14,7% pour les vinaigres de dattes.

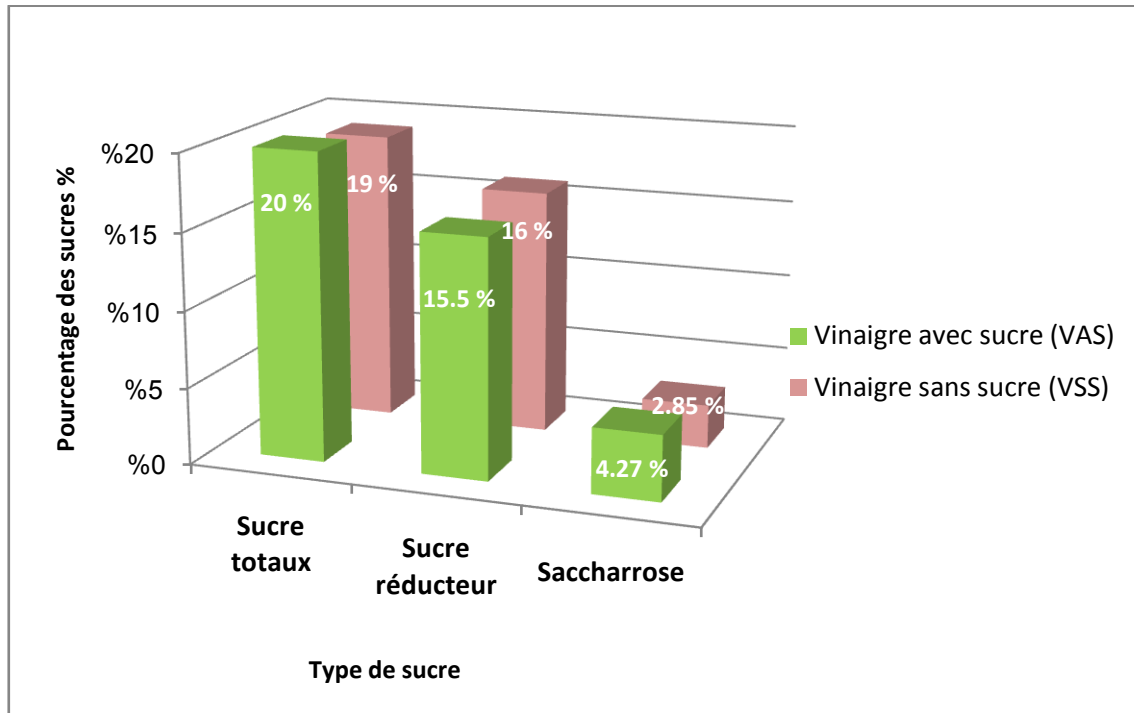
Les faibles valeurs en acide citrique obtenues des analyses des vinaigres traditionnels de pomme étudiés, peut être expliqué par les faibles teneurs en maltose et mannose dans les déchets de pomme Charden ou encore par la compétition entre les différents microorganismes présents dans le vinaigre, pour les sucres, sans oublier que le milieu est anaérobie et dans ces conditions, la synthèse de l'acide citrique est très faible (Arab et Guezoun, 2003).



**Figure 35:** Teneur en acide citrique dans les deux échantillons de vinaigre

#### 2.2.12 Dosage des sucres

Après fermentation, les analyses montrent que nos deux échantillons contiennent une quantité importante de sucres. Ceci montre que les sucres ne sont pas totalement dégradés et donnent aux produits obtenus un léger goût sucré. Selon la **figure 36**, on remarque que la teneur en sucres totaux dans le vinaigre avec sucre est légèrement supérieure à celle du vinaigre sans sucre. Elle avoisine 20 % pour le VAS et 18 % pour le VSS. Pour les sucres réducteurs, on observe que les pourcentages sont presque identiques avec 16% pour le VSS et 15.5% pour le VAS. Par ailleurs, la valeur la plus élevée du saccharose observée est de 4.27% pour le vinaigre avec sucre contre 2.85% pour le vinaigre sans sucre. Nos résultats de sucres totaux résiduels sont proches des vinaigres issus de variétés de dattes et révélés par **Bouaziz et Ouled El Hadj (2010)**.

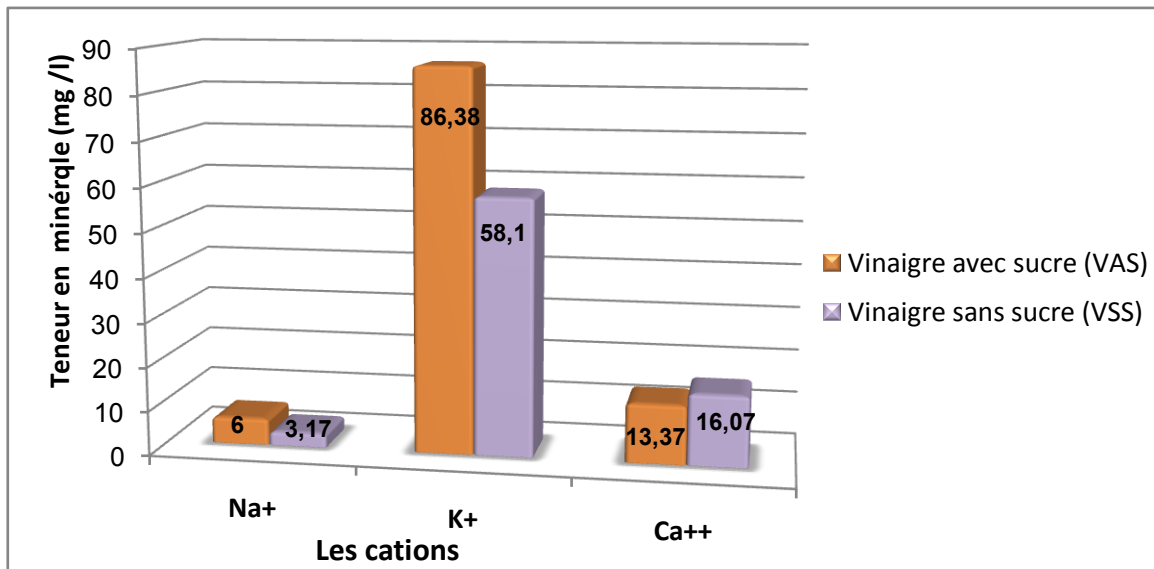


**Figure 36 :** Teneur en sucres dans les échantillons de vinaigre VAS et VSS

### 2.2.13 Dosage de quelques cations

La **figure ci-dessous** montre la teneur moyenne en potassium, sodium et calcium, analysés dans cette étude. La composition minérale des deux échantillons ne montre pas une différence significative. Les deux vinaigres se caractérisent par une richesse en potassium  $K^+$  avec une valeur maximale de 86.38mg/l pour le VAS. Les teneurs pour le calcium  $Ca^{2+}$  sont modérées. Le maximum est enregistré chez VSS avec 16.07 mg/l contre 13.37 mg/l chez VAS. Le sodium  $Na^+$  n'est pas très présent dans nos vinaigres, il affiche des valeurs très faibles, 6mg/l pour le VAS et 3.17mg/l pour le VSS.

Les teneurs en cations analysés ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ) des deux échantillons de vinaigre produit à partir de Charden, sont largement supérieures à ceux du vinaigre issu de Red Delicious, avec des valeurs respectives de (32.403 mg/l, 0.19mg/l, et 1.64mg/l). Cette richesse dans la composition minérale des vinaigres étudiés, est étroitement liée à la composition de la variété Charden qui est influencée par l'origine géographique et édaphique ainsi que les fertilisants utilisés et qui ont un impact direct sur la composition minérale des fruits récoltés (**Ousaïd et al., 2021**). La composition minérale élevée peut être due à l'eau utilisée pour de l'élaboration du vinaigre et qui contiennent des quantités importantes en sels dissous.



**Figure 37 :** Teneurs minérales des échantillons de vinaigres analysés

#### 2.2.14 Détermination des germes totaux

Les résultats de l'analyse microbiologique qui concernent le nombre des germes totaux sont représentés dans le **tableau 13**. Les résultats obtenus montrent une diversité quantitative des germes totaux dans les deux échantillons de vinaigres. Le nombre des germes totaux dans l'échantillon de vinaigre préparés avec sucre est de  $6,2 \cdot 10^3$  ufc, contre  $1,28 \cdot 10^3$  ufc pour l'échantillon de vinaigre préparés sans sucre. Ce résultat indique clairement que l'ajout du sucre favorise la multiplication des germes. D'après les travaux de **Ould El Hadj et al., (2001)**, ces nombres sont acceptables. Cependant, il est toujours préférable de cibler dans les analyses microbiologiques, les microorganismes présents dans l'échantillon de vinaigre. Dans ce genre de produit, les bactéries acétiques et *Saccharomyces cerevisiae*, sont généralement les germes recherchés. Ces analyses ne sont pas vraiment très nécessaires, car cette flore technologique est toujours présente dans les échantillons de vinaigre. Néanmoins, certains germes pathogènes sont couramment recherchés comme certains champignons et coliformes totaux.

**Tableau 13 :** le nombre des germes totaux dans les deux échantillons de vinaigre

Types de vinaigres	Le nombre des germes totaux
VAS	$6,2 \cdot 10^3$ ufc
VSS	$1,28 \cdot 10^3$ ufc



Conclusion et  
perspectives

La Wilaya de Khenchela est célèbre pour sa culture de pommes, notamment dans la commune de Bouhmama, où l'on trouve différentes variétés de pommes totalement différentes en termes de qualité. La variété Charden, cultivée dans cette région génère de nombreux déchets pouvant être utilisés dans la fabrication du vinaigre traditionnel. A travers ce travail, nous avons réalisé la production de vinaigre par des méthodes traditionnelles à partir de la variété de pomme Charden.

Les résultats indiquent que le vinaigre, produit par la pomme additionnée de sucre (VAS) présente un pH de 3.42, comparativement à celui sans sucre (VSS) qui est de 3.52. Ces deux vinaigres entrent dans la plage du pH des vinaigres de pommes qui est généralement de l'ordre de 3. Le taux des solides solubles du VAS sont de 1.8 % et celui de VSS sont de l'ordre de 1.4%. Nos deux vinaigres sont conformes aux normes nationales. Le pourcentage de la matière sèche est de 25.5 % pour le VAS et de 31.50 % pour le vinaigre VSS. Ils sont un peu élevés par rapport aux normes. Cela est probablement dû à la méthode de filtration, qui nécessite d'après nous, une amélioration de la technique adoptée dans notre protocole. L'analyse des cendres des deux vinaigres révèle des taux de 1.21 % pour le VAS et 0.2 % pour le VSS. Ce résultat élevé confirme aussi que la méthode de filtration n'est pas bien adaptée. Concernant la densimétrie, elle est de 1.001 pour le VAS et 0.999 pour le VSS. Ces deux valeurs presque équivalentes, sont identiques aux valeurs des vinaigres des pommes commercialisés et ceux trouvés dans la littérature. L'analyse de l'alcool résiduel des deux types de vinaigres traditionnels produits dans notre travail, est de 0°. Ce résultat est conforme aux normes Algériennes et mêmes Européennes. Les résultats de l'analyse de l'acidité totale sont très encourageants, En effet, ils sont de 49.8 g/l pour le VAS et 46.2 g/l pour le VSS. Ils sont très conformes aux normes Algériennes. Pour ce qui est de l'acidité fixe, on a trouvé des valeurs de 7.8 g/l pour le VAS et 6.6 g/l pour le VSS. Les teneurs de l'acidité volatile sont égales à 42 g/l pour le VAS et 39.6 g/l pour le VSS. La présence de l'acide citrique dans nos vinaigres est de 1.98 % pour le VAS et 1.61 % pour le VSS. Les teneurs en sels minéraux indiquent que le Na<sup>+</sup> est de 6 mg/l pour le VAS et 3.17 mg/l pour le VSS. Le K<sup>+</sup> est égale à 86.58 mg/l pour le VAS et 58.1 mg/l pour le VSS. Le Ca<sup>+2</sup> est égale à 13.37 mg/l pour le VAS et 16.07 mg/l pour le VSS. Le dosage des sucres résiduels, montre des valeurs de sucres totaux de 20 % pour le VAS et 19 % pour le VSS. Les sucres réducteurs sont presque équivalents. Elles sont de 15.5 % pour le VAS et 16% pour le VSS. Le pourcentage en saccharose est de 4.27 % pour le VAS et 2.85 % pour VSS. Concernant l'analyse microbiologique nous avons seulement déterminé le nombre des germes totaux. Les résultats

montrent que le nombre des germes totaux dans l'échantillon de vinaigre préparés avec sucre est de  $6,2.10^3$  ufc, contre  $1,28.10^3$  ufc pour le vinaigre sans sucre. Ce résultat indique clairement que l'ajout du sucre favorise la multiplication des germes. Ces nombres des germes totaux, restent acceptables.

Nous pouvons améliorer la qualité de ce vinaigre en améliorant les techniques traditionnelles, les conditions de fabrication (comme la température, l'éclairage, la filtration, le conditionnement et la conservation).

On peut dire que la variété de pomme testée dans cette étude, peut donner des vinaigres traditionnels de bonne qualité organoleptique, nutritionnelle et microbiologique. Elle peut trouver une application certaine, dans la fabrication de vinaigre traditionnel dans notre pays. La valorisation des déchets de pomme pour la production de vinaigre traditionnel est à visé économique et environnemental. Ce secteur est très prometteur en agriculture durable. Il est très souhaitable dans notre pays.



Références  
bibliographiques

-A-

**Ackermann J., Fischer M., et Amado R. (1992).** Changes in sugars, acids and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1131-1134. DOI: [10.1021/jf00019a008](https://doi.org/10.1021/jf00019a008).

**Akin H. (2008).** Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique modélisation et interprétation métabolique. Thèse doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, option: Génie des Procédés et Environnement: 121.URL: <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000699/>.

**Albornoz C.E.H. (2012).** Microbiological Analysis and Control of the Fruit Vinegar Production Process.Ph.D.Thesis, Universitat Rovira i Virgili, Catalonia, Spain. <http://hdl.handle.net/10803/96296..>

**Alibes X., F Munoz., et J Rodriguez. (1984).** “Feeding value of apple pomace silage for sheep”, *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 11(3), pp. 189-197. DOI : [10.1016/0377-8401\(84\)90062-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(84)90062-2).

**Alogaidi H. K. H. (1987).** Dates and microbial biotechnology.Regional project for palm and dates research center in the Near Est and Nord Africa. Al Watan printig press Co, Libana: 301-318.

**Antol M.N. (2000).** The Incredible Secrets of Vinegar: The Quintessential Guide to the History, Lore, Varieties, and Healthful Benefits of Vinegar, Paperback, 208 pages

**Anton S., Nikolay G., Dimitar S., Stanislava D., Nikola P., Viktor S., et Krasimir S.(2021).** Agro-ecological and technologicalquality of someapples.Vol 17. P56. DOI:[10.37394/232015.2021.17.6](https://doi.org/10.37394/232015.2021.17.6).

**AOAC.(2005).** Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.

**AOAC.(1990).** Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed. Methods 932.06, 925.09, 985.29, 923.03.Association of official analytical chemists. Arlington, VA, USA.

**AOAC.(1995).** Official methods of analysis 16th Ed. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA.

**Arab H., et Guezzoun K. (2003).** Contribution a l'étude des caractéristiques physicochimiques et Biochimiques du vinaigre traditionnel de dattes de cuvette d'Ouargla: vertu thérapeutiques. Mémoire DES. Univ d'Ouargla.

**Audigié C., Figarella J., et Zonszain F. (1984).** Manipulations d'analyses biochimiques; 1ère édition, Ed. Doin, Paris, 274 pages.

**-B-**

**Badis A.L., et Boumahdaf R.(2021).** La valorisation des déchets agroalimentaires : Essais de production de vinaigre traditionnel à partir de coproduits de pommes. Thèse de Master, Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie.Université Abbes Laghrour – Khenchela.

**Bárdos L., et Bender B. (2012).** Effect of apple cider vinegar on plasma lipids (Model experiment in mice).*Potravinarstvo*, vol. 6, 2012, no. 1, p. 1-4.DOI: <https://doi.org/10.5219/156>.

**Beheshti Z., Chan Y.H., Sharif N.H., Hajihosseini F., Nazari M. S., Taghi M., et Omran S. (2012).** Influence of apple cider vinegar on blood lipids.*Life Sci J*.9(4):2431-2440. (ISSN: 1097-8135).

**Besancenot J -M., Lemétayer J -M., Mérillot J -M., et collaborateurs. (2000).** Les coproduits d'origine végétale des industries agroalimentaires. Leur valorisation en alimentation animale et leur place dans les circuits courts industries-éleveurs. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Editions Ademe, p.75.

**Bondou P. (1992).** Maladies de conservation des fruits à pépins. Pommes et poires. Paris: INRA - Institut national de la recherche agronomique, 238 pages

**Bouaziz S., et Oulad el hadj M. (2010).** Contribution a l'etude des caracteristiques physico chimiques et biochimiques de quelques types de vinaigres traditionnels de dattes obtenues a partir de quelques varietes de la region de Ouargla. *Annals of Science and Technology*, Vol n°2(1).PP80-85. DOI: <https://journals.univ ouargla.dz/index.php/AST/article/view/1272>.

**Bourgeois C.M., et Larpent J.P. (1996).** Microbiologie Alimentaire: Aliments fermentés et fermentations alimentaires. Tome 2, 2<sup>ème</sup> Ed. Tec et Doc Lavoisier.

**Boyer J., et Liu R.H. (2004).** Apple Phytochemicals and Their Health Benefits. Nutrition Journal, 3, 1-15. DOI:[10.1186/1475-2891-3-5](https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5).

**Bretonneau J.(1978).** Atlas d'arboriculture fruitière: les arbres fruitiers à pépins (poiriers et pommiers) volume 2, édition:J.B. BAILLIERE et fils, Paris, 173 p.

**Brown A.G. (1975).** Apples in "Advances in fruit breeding", YANICK and MOORE (Eds), Purdue University press: 3- 38.

-C-

**CABI.(2012).** Crop protection compendium. CAB International, Wallingford, Royaume-Uni.

**Callejón R. M., Tesfaye W., TorijaM. 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*, 113(4), 1252:1259.

**Caligiani A., Acquotti D., Palla G., et Bocchi V. (2007).** Identification and quantification of the main organic components of vinegars by high resolution <sup>1</sup>H NMR. Spectroscopy. *AnalyticaChimicaActa*. Vol. 585, N° 1, p. 110-11. DOI:[10.1016/j.aca.2006.12.016](https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.12.016).

**Ceymann M., Arrigon E., Schärer H., Bozzi Nising A., et Hurrell R.F. (2012).** “Identification of apples rich in health-promoting flavan-3-ols and phenolic acids by measuring the polyphenol profile”, *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 26 (1-2):128-135. DOI: [10.1016/j.jfca.2011.12.002](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.12.002).

**Challice J. et Westwood M. N. (1973).** Numerical taxonomic studies of the genus *Pyrus* using both chemical and botanical characters, *Botanical Journal of the Linnean Society*, Volume 67, Issue 2, Pages 121–148. DOI: [10.1111/j.1095-8339.1973.tb01734.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1973.tb01734.x).

**ChangJ., et Fang TJ. (2007).** Survival of Escherichia coli O157: H7 and Salmonella enterica serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against E. coli O157:H7. *Food Microbiology* 24(7-8):745–51. DOI: [10.1016/j.fm.2007.03.005](https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.03.005).

**Chen M., Falourd X., et Lahaye M. (2021).** Sequential natural deep eutectic solvent pretreatments of apple pomace : A novel way to promote water extraction of pectin and to tailor its main structural domains. *Carbohydrate Polymers*, 266, 118113. DOI:[10.1016/j.carbpol.2021.118113](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118113).

**Chevreau E., et Morisot D. (1985).** Variabilité génétique d'une collection d'espèces des genres Malus et Pyrus, Analyse botanique et enzymatique. D.E.A. INRA. Station d'arboriculture fruitière 1- 8.

**Chouinard G., Firlej A., VanoosthuyseF., et Vincent C. (2000).** Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels. Conseil des Productions végétales du Québec, Québec, Qc, 69 p.

**Chris S.R., Joseph C.G., Kang-Mo K., et Janet C.T. (2018).** A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. *Nutr Rev.* 76(12):893-909. DOI: [10.1093/nutrit/nuy033](https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy033).

**Clavet L. (1912).** Alcool méthylique. Vinaigre. Ed, Béranger, Paris et liège: p 47-64.

**Clément J M. (1978).** Dictionnaires des industries alimentaires. Ed. Masson, Paris: 108-261.

**Colin H. M. (2008).** De la pomme à la pomme transformée .Impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel: caractérisation physique et sensorielle des produitstransformés,Thèsede Doctorat, Sciences Agronomiques.Université D'Angers.<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00351179>.

**Cronquist A. (1981).** An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York, 248-250.

**-D-**

**Dabija A. et Hatnean C. A. (2014).**Study concerning the quality of apple vinegar obtained through classical method. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20(4), 304-310.

**Dahmani S. et Rebbouh I. (2009).** Etude comparative des caractéristiques physicochimique de différents types de vinaigres: le vinaigre traditionnel de dattes (Deglet Nour, Degle Beida, Tacherwit), Vinaigre de pommes et vinaigre vendu en épicerie. Thèse de licence, Faculté des sciences biologiques. Univzesité Kasdi Merbah- Ourgla.

**Del Campo G., Berregi I., Iturriza N., et Santos J. I. (2006).** Ripening changes in chemical composition of seven cider apple varieties, *Food Science and Technology International*, Vol.12 (6). pp. 477-487. DOI:[10.1177/1082013206073009](https://doi.org/10.1177/1082013206073009).

**Delcourt A.L. (2019).** Le grande livre des secrets du vinaigre. Paris-France. Ed. Leduc. 224 pages.

**Dowson V. H. W., et Aten A. (1963).** Récolte et conditionnement de dattes; Collection F.A.O. Rome, cahier n°72, 397 p.

**-E-**

**Eaton J. (2002).** Review of *The Botany of Desire: A Plant's-Eye View of the World*, by Michael Pollan. Whole Earth, Spring: 81.

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

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

**-F-**

**FAO. (2008).** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture: Production agricole, cultures primaires, Banque de données statistiques. Disponible en ligne: <http://www.fao.org/statistics/fr/>.

**FAO. (2009).** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture: *Food security and agricultural mitigation in developing countries: options for capturing synergies*. Rome. Agriculture indices (FAOSTAT) [.http://faostat.fao](http://faostat.fao).

**FAO. (2016).** *The agriculture sectors in the Intended Nationally Determined Contributions: Summary*. Rome.

**-G-**

**Gautier M. (1987).** La culture fruitière: L'arbre fruitier. Ed: J. B. Baillière. Paris Vol.1, 492p.

**Gebhardt S.E., Cutrufelli R., et Matthews R.H. (1982).** Composition of foods. Agric. Handbook. 8-9. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

**Gillard S. (2009).** Les dihydrochalcones de la pomme. Extraction, Séparation, et intérêt médical, Université de Strasbourg, Mémoire de diplôme d'état de docteur en pharmacie.

**Gilvari H., Niazmand R., et Shahidi M. (2015).** Comparing Physicochemical Properties of Three Types Iranian Vinegars. *American Journal of Food Science and Nutrition*. vol.2.No.4, pp.49-54.

**Givens D. I., et Barber W.P. (1987).** Nutritive value of apple pomace for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 16, Issue 4, Pages 311-315. DOI: [10.1016/0377-8401\(87\)90020-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(87)90020-4).

**Grelon B. (2005).** Les bienfaits du vinaigre. Paris: De Vecchi, 127pages.

**Guiraud J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Edition DUNOD, Paris: p 615.

**Guiraud J.P., et Galzy P. (1988).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaire, Ed: l'usine nouvelle, pp: 70-72.

**Guyot S., Marnet N., Laraba D., Sanoner P., et Drilleau J. F. (1998).** Reversed-phase HPLC following thiolysis for quantitative estimation and characterization of the four main classes of phenolic compounds in different tissue zones of a french cider apple variety (*Malus domestica* var. Kermerrien). *J. Agric. Food Chem*, 46; 1698-1705. DOI: [10.1021/jf970832p](https://doi.org/10.1021/jf970832p).

-H-

**Hancock J. F., Luby J. J., Brown S. K., et Lobos G. A. (2008).** Apples, Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics. Springer Science +Business Media B.V., New York (NY), pp 1-38.

**Hansen L., Vehof H., Dragsted L.O., Olsen A., Christensen J., Overvad K., et Tjønneland A. (2009).** Fruit and vegetable intake and serum cholesterol levels: a cross sectional study in the diet, cancer and health cohort. *Journal of Horticultural science and biotechnology*; Vol 84, Issue 6. p 42-46. DOI: [10.1080/14620316.2009.11512593](https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512593).

**Harris S. A., Robinson J. P., et Juniper B. E. (2002).** Genetic clues to the origin of the apple. *Trends in Genetics*, 18(8), 426-430. DOI: [10.1016/S0168-9525\(02\)02689-6](https://doi.org/10.1016/S0168-9525(02)02689-6).

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

**Heuzé V., Tran G., Hassoun P., et Lebas F. (2020).** Apple pomace and culled apples. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/20703>.

**Hindi KhazalKadhim N. (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 Vol 1, No 1. 2321 – 2748.

**Hitos P., Pons A., Martin de la Hinojosa I., Gomez R., Hernandez A., et Muñoz J. (2000).** Validation des méthodes d'analyse pour l'acidité totale, fixe et volatile, les substances réductrices non volatiles, le cuivre et le zinc dans les vinaigres de vin, *Feuille Vert de l'OIV n° 1115*.

**Hlebowicz J., Darwiche G., Bjorgell O., et Almer L.O. (2007).** Effect of apple cider vinegar on delayed gastric emptying in patients with type 1 diabetes mellitus: a pilot study. BMC Gastroenterol. 7(1):46. DOI: [10.1186/1471-230X-7-46](https://doi.org/10.1186/1471-230X-7-46).

**Hyson D.A. (2011).** A Comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. Adv Nutr. 2(5):408–420. DOI: [10.3945/an.111.000513](https://doi.org/10.3945/an.111.000513).

-I-

**Isabelle C. (2021).** Saisons de récolte et de maturité des différentes variétés de pommes.

-J-

**Jakobek L., Ištuk J., Buljeta I., Voća S., Žlabur J. Š., et Babojelić M. S. (2020).** Traditional, Indigenous Apple Varieties, a Fruit with Potential for Beneficial Effects : Their Quality Traits and Bioactive Polyphenol Contents. *Foods*, 9(1), 52. DOI: [10.3390/foods9010052](https://doi.org/10.3390/foods9010052).

**Jason W. J., Errol W. H., et Maarten L. A. T. M. H. (2002).** Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: A review, New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 30:3, 145-160. DOI: [10.1080/01140671.2002.9514210](https://doi.org/10.1080/01140671.2002.9514210).

**Johnston C. S. (2009).** Chapter 22—Medicinal Uses of Vinegar11This paper is an update of a previous review “Vinegar : Medicinal uses and antiglycemic effect” published online at Med Gen Med 2006 May 30, 8 (2), 61. In R. R. Watson (Éd.), *Complementary and Alternative Therapies and the Aging Population* (p. 433:443).Academic Press. Doi: [10.1016/B978-0-12-374228-5.00022-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374228-5.00022-6).

**Juniper B. E., et Maberley D. J. (2006).**The Story of the Apple .Timber Press, 219 p.

-K-

**Kammerer D.R., Kammerer J., Valet R., et Carle R. (2014).** Recovery of Polyphenols from the By-Products of Plant Food Processing and Application as Valuable Food Ingredients.*Food Res. Int*, 65, 2–12. DOI:[10.1016/j.foodres.2014.06.012](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.012).

**Kim S.H; Cho H.K; et Shin H.S. (2012).** Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Commercial Vinegar Drinks in Korea1 Food Sci. Biotechnol. 21(6): 1729-1734. DOI:[10.1007/s10068-012-0230-y](https://doi.org/10.1007/s10068-012-0230-y).

**Korban S.S., et Skirvin R.M . (1984).** Nomenclature of the cultivated apple [*Malus X domestica* Borkh].*HortScience*, V. 19 (2): 177-180.

-L-

**Lafon J. P., Tharaud- prayer C., et Levy G. (1996).** Biologie des plantes cultivées- 2eme édition.Tome I- organisation / physiologie de la nutrition. Ed. Lavoisier, Paris, 230 p.

**Lafourcade S. L. (1978).** Les origines microbiologiques de l'acidité volatile des vins. Microbiologie et industrie alimentaire. Ed. APRIA, Paris: 33-48.

**Larpent J. P. (1991).** Biotechnology des levures. Ed. MASSON, Paris: 335-336.

**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(6), p.2273–2289.DOI: [10.1007/s00394-020-02214-3](https://doi.org/10.1007/s00394-020-02214-3) .

**Lee C.Y. (2012).** Common Nutrients and Nutraceutical Quality of Apples.New York Fruit Quarterly.Volume 20. Number 3. 4-9.

**Lee C.Y., Shallenberger R.S., et Vittum M.T. (1970).** Free sugars in fruits and vegetables.N.Y. *Food Life Sci. Bull.* 1: 1-12.<https://hdl.handle.net/1813/4021>.

**Lee K. W., Kim Y. J., Kim D. O., Lee H. J.,et Lee C. Y.( 2003).** Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity.*Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(22):6516-6520.DOI:[10.1021/jf034475w](https://doi.org/10.1021/jf034475w).

**Leontowicz H., Leontowicz M., Gorinstein S., Martin-Belloso O., et Trakhtenberg S.(2007).** Apple peels and pulp as a source of bioactive compounds and their influence on digestibility and lipid profile in normal and atherogenic rats. *Medycyna Weterynaryjna* Vol.63 No.11 (Suppl.) pp.1434-1436.

**Liaudanskas M., Pranas V., Darius K., Raimondas R., et Valdimaras J.( 2015).** A comparative study of phenolic content in apple fruits, *International Journal of Food Properties*, 18(5):140822120417001. DOI: [10.1080/10942912.2014.911311](https://doi.org/10.1080/10942912.2014.911311).

**Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., et Randall R. J. (1951).** Protein measurement with Folin phenol reagent; *Journal of Biological Chemistry*: 193(1):256-275 DOI:[10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6).

**Luby J.J. (2003).**Taxonomic classification and brief history. In D. C. Ferree & I. J. Warrington (Éds.), *Apples: Botany, production and uses* (p. 1-14). CABI. DOI:[10.1079/9780851995922.0001](https://doi.org/10.1079/9780851995922.0001).

**Lyu F., Luiz S. F., Azeredo D. R. P., Cruz A. G., Ajlouni S., et Ranadheera C. S. (2020).** Apple Pomace as a Functional and Healthy Ingredient in Food Products: A Review. *Processes*, 8(3), 319. DOI: [10.3390/pr8030319](https://doi.org/10.3390/pr8030319).

-M-

**Mabberley D. J., Jarvis C. E., et Juniper B. E.(2001).**The name of the apple.*Telopea*.9(2). DOI:[10.7751/telopea20013014](https://doi.org/10.7751/telopea20013014).

**Maiorella B.L. (1985).**"Ethanol Comprehensive Biotechnology the Principal Applications and Regulation of Biotechnology in Industry Agriculture and Medicine". Ed Pergamon. Vol 3. P 861-900.

**Marchand P., et Coulombe A. (2012).** Le vinaigre efficacité antifongique et antibactérienne sur semences potagères et grandes cultures. Dans ALTER AGRI, N° 116 p. 30-31 (2).

**Masino F., Chinnici F., Bendini A., Montevecchi G., et Antonelli A. (2008).** A Study on Relationships among Chemical, Physical, and Qualitative Assessment in Traditional Balsamic Vinegar. *Rev.Food Chem.*, 106, 90–95. DOI:[10.1016/j.foodchem.2007.05.069](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.069).

**Matheis W., Bourgeois J., Caperos J., Feusi J., Girard J. M., Helbling J., et Hischenhuber C. (1995).** Vinaigre de fermentation. Manuel suisse des denrées alimentaires (MSDA).

**Matloob Hashim M. (2014).** Zahdi Date Vinaigre: Production and Characterization. *American Journal of Food Technology*, 9(5): 231-245. DOI: [10.3923/ajft.2014.231.245](https://doi.org/10.3923/ajft.2014.231.245).

**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, No 3, p 947-953.

**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*, 70(5):1194-9. DOI: [10.4315/0362-028X-70.5.1194](https://doi.org/10.4315/0362-028X-70.5.1194).

**Micard V. (1996).** Optimisation de la dégradation enzymatique des pulpes de betterave. Séparation et caractérisation des produits. Sciences du Vivant [q-bio]. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires; Université Paris Diderot - Paris 7; Université Paris Sud - Paris 11.

**Michel T. (2002).** Le pommier. Centre Technique Interprofessionnel Des Fruits Et Légumes – Ctifl. P 288.

**Moletta R. (2009).** Le traitement des déchets. Éd. Tec & doc Lavoisier. Paris. p 686.

**Motsara M., et Roy R.N. (2008).** Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis. vol.19 Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

-O-

**Oszmianski J., Wolniak M., Wojdylo A., et Wawer I. (2008).** Influence of apple puree preparation and storage on polyphenol contents and antioxidant activity, *Food chemistry*: 107(4):1473-1484. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.10.003](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.003).

**Oukabli A., Chahbar A., Laghezali M., Lahlou M., Amahrach M., et Quennou M. (2001).** Programme Arboriculture Fruitière. Evaluation de la qualité pomologique des fruits d'une collection de pommier. INRA Meknès. pp 40-45.

**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*, 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. DOI: [10.54246/1548-010-001-011](https://doi.org/10.54246/1548-010-001-011).

**Ozturk I., Caliskan O., Tornuk F., Ozcan N., Yalcin H., et Baslar M.; et Sagdic O. (2015).** Antioxidant, Antimicrobial, Mineral, Volatile, Physicochemical and Microbiological Characteristics of Traditional Home-Made Turkish Vinegars. *LWT Food Sci. Technol.* 63(1), 144–151. DOI: [10.1016/j.lwt.2015.03.003](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.003).

-P-

**Pech J.C., Bouzayen M., et Latché A. (2002).** Maturation des fruits. In: *Technologies de transformation des fruits. (Sciences et Techniques Agroalimentaires)*. Lavoisier, Paris, 79-102.

**Perussello C.A., Zhang Z., Marzocchella A., et Tiwari B.K. (2017).** Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable Compounds. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 16, 776–796. DOI: [10.1111/1541-4337.12290](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12290).

**Petransxiene D., et Lapied L. (1981).** Qualité bactériologique du lait et des produits laitiers, *Analyses et test*. -2e éd. -Paris: Tec et Doc. 228p.

**Peynaud É., et Blouin J. (2013).** Le goût du vin. Le grand livre de la dégustation. 5<sup>ème</sup> Ed. Dunod, p. 256.

-R-

**Rat-Morris E. (1994).** Analyse des relations entre *Dysaphis plantaginea* Passerini (Insecta, Auchenorrhyncha) et sa plante hôte *Malus x domestica* Borkh: étude de la résistance du cultivar Florina. Thèse de doctorat, Sciences biologiques et fondamentales appliqués. Université de Tours, France, 150 p.

**Rehder A. (1956).** Manual of cultivated trees and shrubs; Rehder edition- 2nd, ed. New-York the Macmillan Company, 996 p.

**Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. Sciences et techniques de l'environnement. 360p.

**Rieger M. (2006).** Introduction to Fruit Crops. Food Products Press, an Imprint of the Haworth Press, Inc., New York - London – Oxford. 462 pp. ISBN 1-56022-259-0.

**Rodier J. (1984).** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer), 7<sup>ème</sup> ed., p. 1365 .Dunod, Edition, Paris, France.

-S-

**Samad A., Azlan A., et Ismail A. (2016).** Therapeutic effects of vinegar : A review. Current Opinion in Food Science, *Food*, 8, 56:61. DOI:[10.1016/j.cofs.2016.03.001](https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.03.001).

**Schvarcz E., Palmér M., Aman J., et Berne C. (1995).** Hypoglycemia increases the gastric emptying rate in healthy subjects. *Diabetes Care*, 18(5):674-676. DOI:[10.2337/diacare.18.5.674](https://doi.org/10.2337/diacare.18.5.674). PMID: 8586005.

**Shah Q.A., F. Bibi M., et Shah A.H. (2013).** Anti-Microbial Effects of Olive Oil and Vinegar against Salmonella and Escherichia coli. The Pacific Journal of Science and Technology, Volume 14. Number 2.

**Shalini R., et Gupta D.K. (2010).** Utilization of pomace from apple processing industries: A Review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*-47(4):365-71. DOI: [10.1007/s13197-010-0061-x](https://doi.org/10.1007/s13197-010-0061-x).

**Shashi B., Kalpana K., Madhu S., Bikram S., et Ahuja P.S. (2008).** Processing of Apple Pomace for Bioactive Molecules. *Crit. Rev. Biotechnol*, 28(4): 285–296. DOI: [10.1080/07388550802368895](https://doi.org/10.1080/07388550802368895).

**Sebihi A. (1996).** Contribution à l'étude de quelques paramètres de la qualité hygiénique et biochimique de vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette de Ouargla. Thèse ing., INFS/AS, Ouargla.

**Serrano R., et Delafuente G. (1974).** Regulatory properties of the constitutive hexose transport in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol Cell Biochem*, 20;5(3):161-71. DOI:[10.1007/BF01731379](https://doi.org/10.1007/BF01731379). PMID: 4614087.

**Singha P., et Muthukumarappan K. (2018).** Single Screw Extrusion of Apple Pomace-Enriched Blends: Extrudate Characteristics and Determination of Optimum Processing Conditions. *Food Sci Technol Int*, 24(5): 447–462. DOI: [10.1177/1082013218766981](https://doi.org/10.1177/1082013218766981).

**Sotirov A., Glavev N., Sotirov D., Dimitrova S., Pistalov N., Sotirov V., et Sotirov K. (2021).** Agro-ecological and Technological Quality of Some Apples. *WSEAS Transaction on Environment and Development*, 17: 56-65. DOI:[10.37394/232015.2021.17.6](https://doi.org/10.37394/232015.2021.17.6).

-T-

**Taun B., Mike P., Brent B., et Mark A. (2012).** Apple Production and Variety Recommendations for the Utah Home Garden, PP: 8-11.

**Tesfaye W., Morales M. L., García-Parrilla M. C., et Troncoso A. M. (2002).** Wine vinegar: Technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 13(1): 12-21. DOI:[10.1016/S0924-2244\(02\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00023-7).

**Trillot M., Masseron A., Mathieu V., Bergougnoux F., Hutin C., et Lespinasse Y. (2002).** Le pommier. Monographie. CTIFL, 287 p. Paris .France.

**Tripathi S., Kumari U., et Mitra Mazumder P. (2020).** Ameliorative effects of apple cider vinegar on neurological complications via regulation of oxidative stress markers. *Journal of Food Biochemistry*, 44(12), e13504. DOI:[10.1111/jfbc.13504](https://doi.org/10.1111/jfbc.13504).

-V-

**Vavilov N. I. (1930).** Wild Progenitors of the Fruit Trees of Turkestan and the Caucasus and the Problem of the Origin of Fruit Trees, Proceedings of the 9th International Horticultural Congress, London, pp. 271-286.

**Velasco R., Zharkikh A., Affourtit J., Dhingra A., Cestaro A., Kalyanaraman A., Fontana P., Bhatnagar S. K., Troggio M., Pruss D., et collaborateurs. (2010).** The genome of the domesticated apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Nature Genetics*, Vol.42 (10): 833-839. DOI: [10.1038/ng.654](https://doi.org/10.1038/ng.654).

**Vendruscolo F., Albuquerque P.M., Streit F., Esposito E., et Ninow J.L. (2008).** Apple Pomace: A Versatile Substrate for Biotechnological Applications. *Crit. Rev. Biotechnol*, 28(1): 1–12. DOI: [10.1080/07388550801913840](https://doi.org/10.1080/07388550801913840).

-W-

**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*, 1:15.

**Wojdylo A., Oszmiański J., et Laskowski P. (2008).** Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 56(15), pp. 6520-6530. DOI: [10.1021/jf800510j](https://doi.org/10.1021/jf800510j).

**Wu J., Gao H., Zhao L., Liao X., Chen F., Wang Z., et Hu X. (2006).** Compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*, 103(1): 88-93. doi: [10.1016/j.foodchem.2006.07.030](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.030).

-X-

**Xu Q., Tao W., et Ao Z. (2007).** Antioxidant activity of vinegar melanoidins. *Food Chemistry*, 102(3), 841:849. DOI: [10.1016/j.foodchem.2006.06.013](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.013).

-Y-

**Yagnik D., Serafin V., et J Shah A. (2018).** Antimicrobial activity of apple cider vinegar against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*; downregulating cytokine and microbial protein expression. *Scientific reports*, 8(1), 1732. DOI:[10.1038/s41598-017-18618-x](https://doi.org/10.1038/s41598-017-18618-x).

-Z-

**Zaid A. N., Jaradat N. A., Eid A. M., Al Zabadi H., Alkaiyat A., et Darwish S. A. (2017).** Ethnopharmacological survey of home remedies used for treatment of hair and scalp and their methods of preparation in the West Bank-Palestine. *BMC complementary and alternative medicine*, 17(1), 355. DOI: [10.1186/s12906-017-1858-1](https://doi.org/10.1186/s12906-017-1858-1).

**Zamora F. (2009).** Biochemistry of alcoholic fermentation, in *Wine Chemistry and Biochemistry*, eds Moreno-Arribas M. V., Polo M. C. (New York: Springer; ), 3–26. DOI:[10.1007/978-0-387-74118-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5_1).

**Zlatanovic S., Gorjanovic S., Ostojic S., Micic D., Pastor F., Kalusevic A., et Lalicic-Petronijevic J.( 2020).** *Procédé De Production De Farine Sans Gluten À Partir De Marc De Pomme*. <https://patentscope.wipo.int/search/fr/detail.jsf?docId=WO2020027683>.



Annexes

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

Fermentation alcoolique

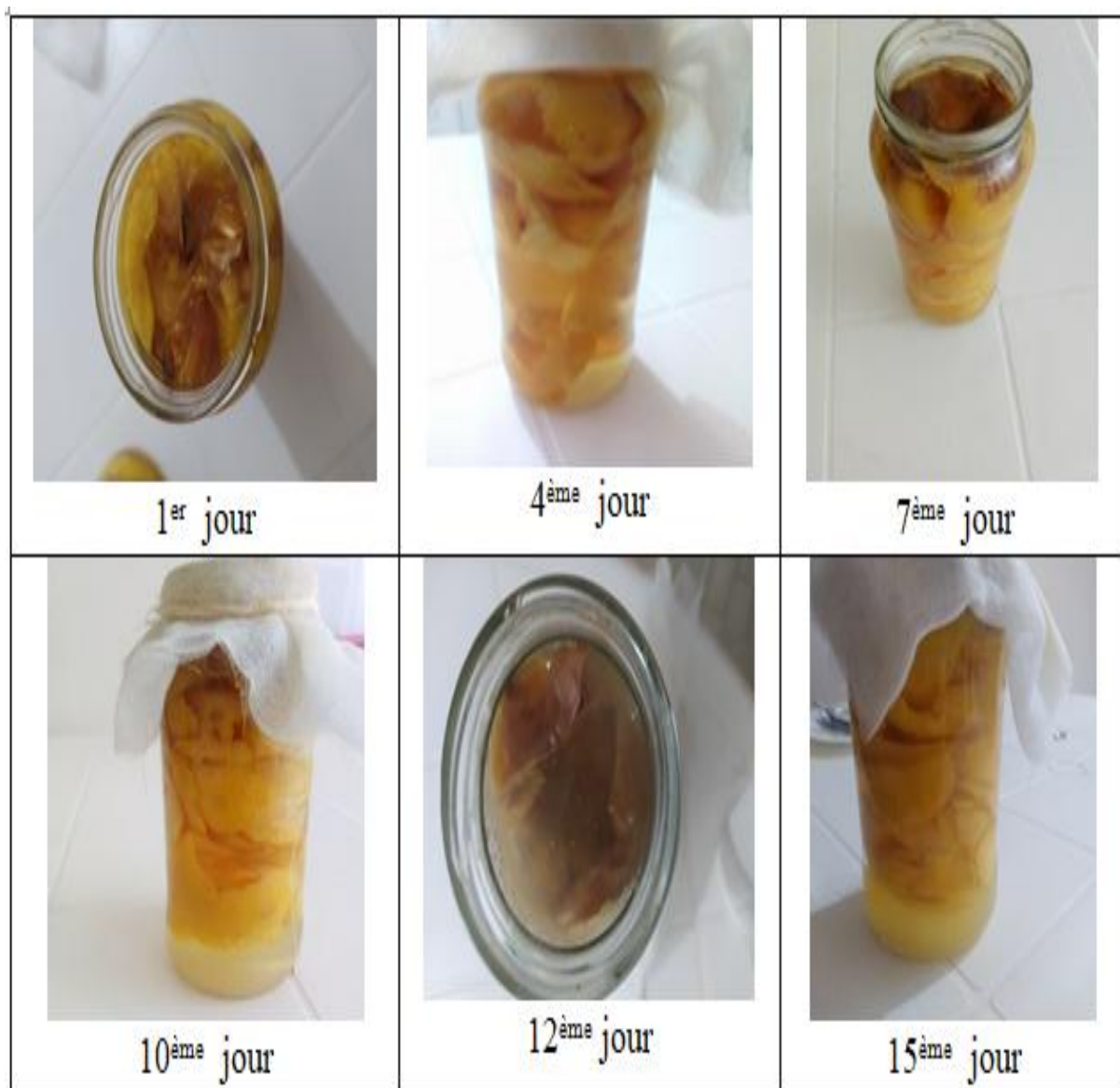


Figure 01: Fermentation alcoolique des déchets de Charden

Fermentation acétique

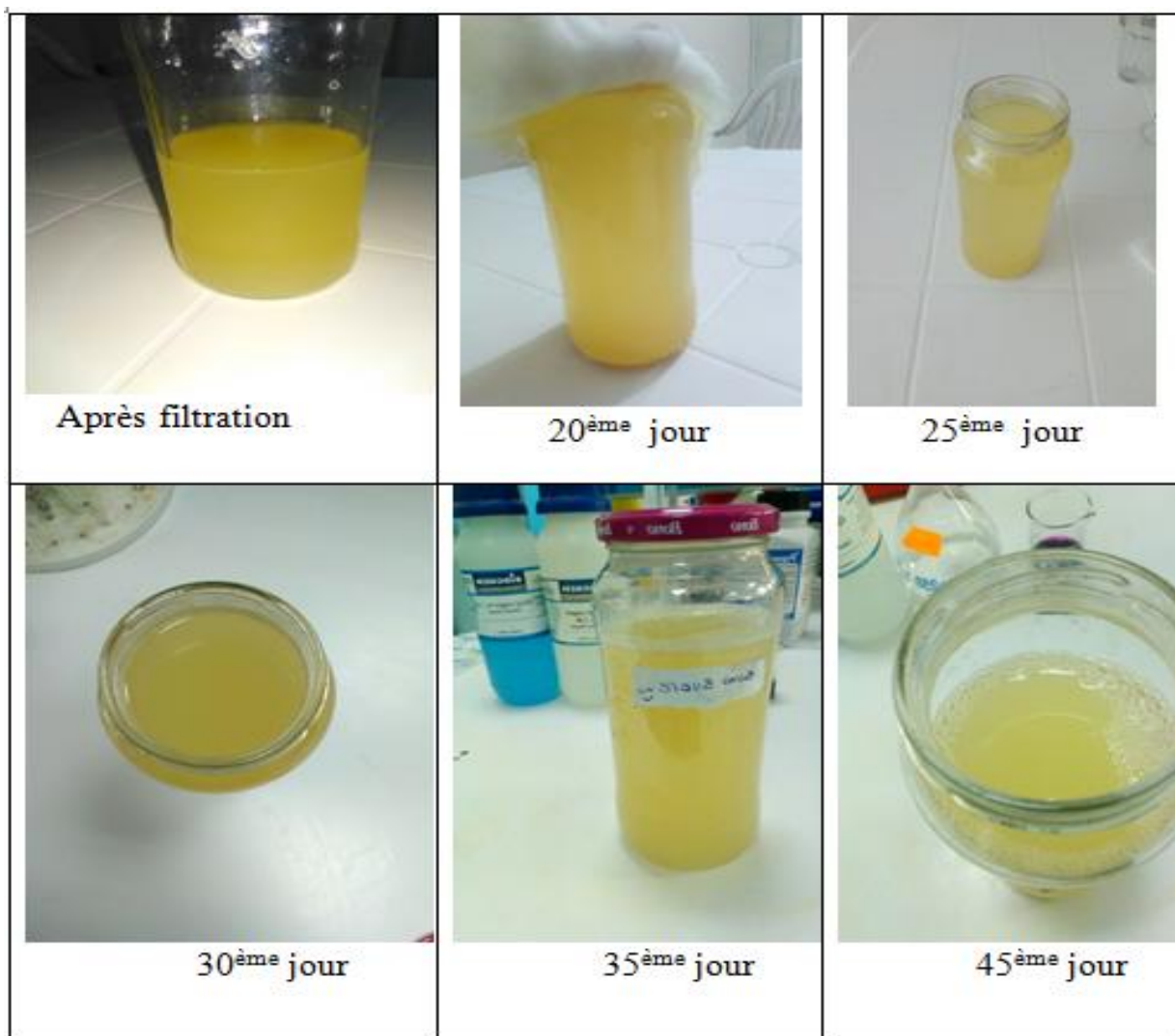
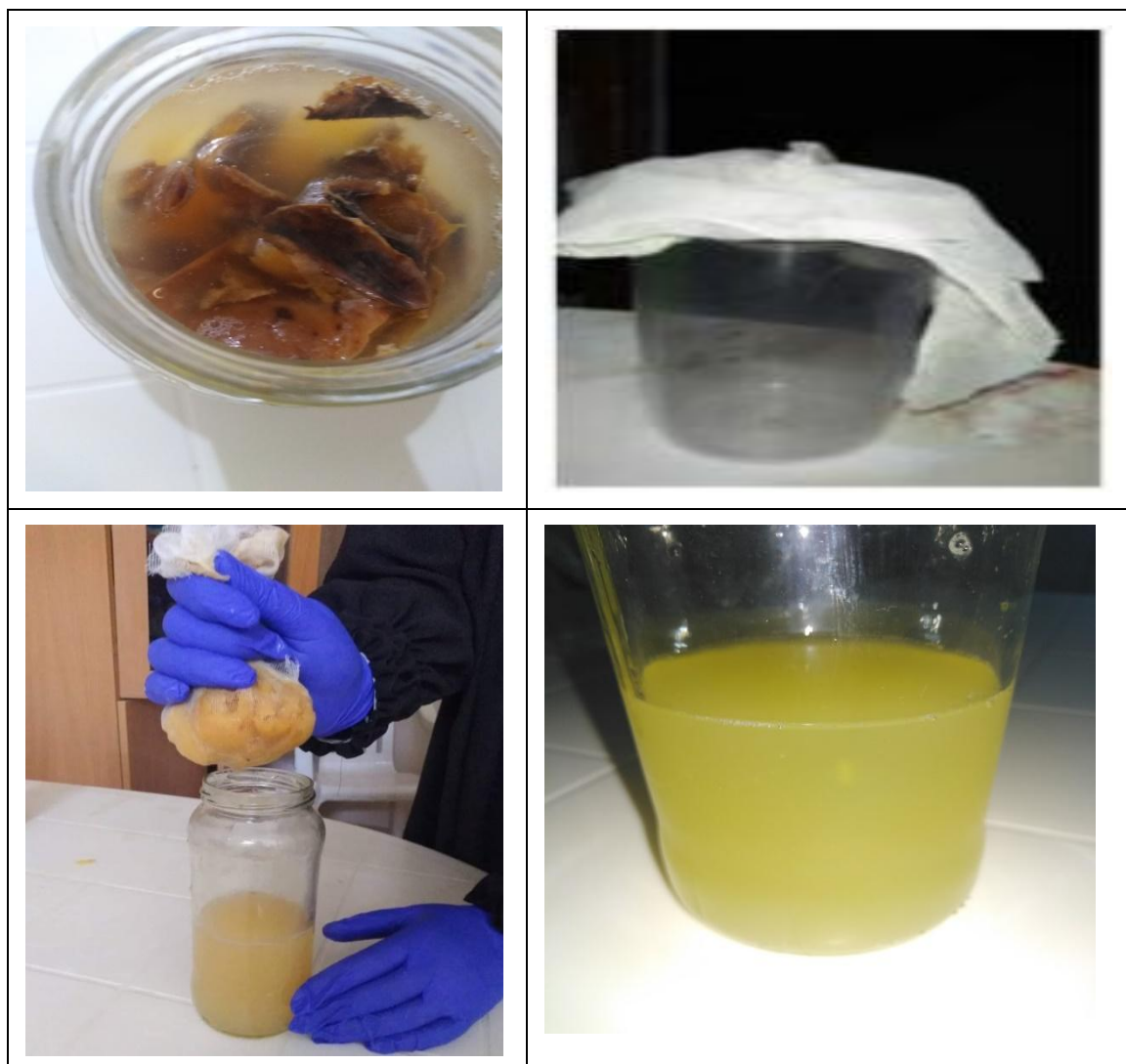


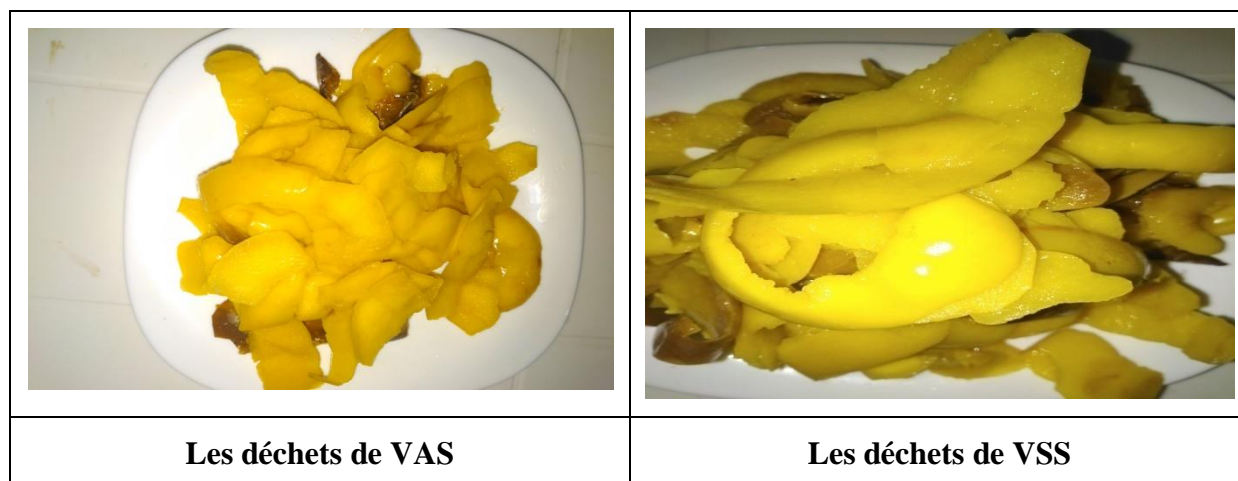
Figure 02: La fermentation acétique des déchets de Charden

**Annexe 02:** Les étapes de filtration du vinaigre



**Figure 02:** filtration du vinaigre de Charden

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



**Figure 03 :** les déchets obtenus après la filtration du vinaigre

**Annexe04 :** Matière sèche

<b>Matière sèche</b>		
<b>Type de vinaigre</b>	<b>VAS (Vinaigre avec sucre)</b>	<b>VSS (Vinaigre sans sucre)</b>
<b>m<sub>0</sub> (g)</b>	37.881	38.095
<b>m<sub>1</sub> (g)</b>	47.756	48.050
<b>m<sub>2</sub> (g)</b>	38.200	38.411
<b>MS %</b>	25.56 %	31.50 %

## Annexe 05 : Cendres

Cendres			الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية
Type de vinaigre	VAS (Vinaigre avec sucre)	VSS (Vinaigre sans sucre)	
M <sub>0</sub> (g)	36.624	37.932	
M <sub>1</sub> (g)	36.636	37.934	
Cendres %	1.2 %	0.2 %	≤0.22%

## Annexe 06 : Tableau de Correction de la Température de l'Alcool

Température (de la solution) °C	Concentration d'Alcool indiquée par l'alcoomètre gradué à 20 °C. (Additionne ou soustraire la valeur appropriée)				
	8.0-10.0%	10.1-14.5%	14.6-17.9%	18.0-21.5%	21.6-25%
18	+0.30	+0.40	+0.50	+0.60	+0.70
18.5	+0.25	+0.30	+0.40	+0.45	+0.50
19	+0.20	+0.20	+0.30	+0.30	+0.35
19.5	+0.10	+0.10	+0.10	+0.15	+0.20
20	00	00	00	00	00
20.5	-0.10	-0.10	-0.10	-0.15	-0.20
21	-0.20	-0.20	-0.20	-0.30	-0.40
21.5	-0.30	-0.30	-0.40	-0.40	-0.50
22	-0.40	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70

## Annexe 06 : Acidité totale

Acidité totale					الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية	
Type de vinaigre	VAS (Vinaigre avec sucre)		VSS (Vinaigre sans sucre)			
Véq <sub>NaOH</sub> (ml)	8.3		7.7			
AT	degré	g/l	degré	g/l	degré	g/l
	4.98°	49.8	4.62°	46.2	5°-6°	50-60

## Annexe 07 : Acidité fixe

Acidité fixe					الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية	
Type de vinaigre	VAS (Vinaigre avec sucre)		VSS (Vinaigre sans sucre)			
Véq <sub>NaOH</sub> (ml)	1.3		1.1			
AF	degré	g/l	degré	g/l	≤0.12%	
	0.78°	7.8	0.66°	6.6		





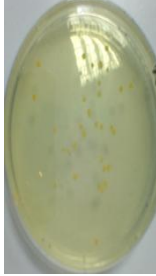

## Annexe 08 : Acidité volatile

Acidité volatile					الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية	
Type de vinaigre	VAS (Vinaigre avec sucre)		VSS (Vinaigre sans sucre)			
AT	degré	g/l	degré	g/l		
	4.98°	49.8	4.62°	46.2		
AF	0.78°	7.8	0.66°	6.6	degré	g/l
AV	4.2°	42	3.96°	39.6	5°-6°	60-50

## Annexe 09 : Les valeurs des sucres d'après le tableau de Gabriel Bertrand

Sucre en mg	Cuivre en mg	Sucre en mg	Cuivre en mg
10	20,6	56	105,7
11	22,6	57	107,4
12	24,6	58	109,2
13	26,5	59	110,9
14	28,5	60	112,6
15	30,5	61	114,3
16	32,5	62	115,9
17	34,5	63	117 ,6
18	36,4	64	119,2
19	38,4	65	120,9
20	40,4	66	122
21	42,3	67	124,2
22	44,2	68	125,9
23	46,1	69	127,5
24	48,0	70	129,2
25	49,8	71	130,8
26	51,7	72	132,4
27	53,6	73	134,0
28	55,5	74	135,6
29	57,4	75	137,2
30	59,3	76	138,9
31	61 ,1	77	140,5
32	63,0	78	142,1
33	64,8	79	143,7
34	66,7	80	145,3
35	68,5	81	146,9
36	70,3	82	148,5
37	72,2	83	150,0
38	74,0	84	151 ,6
39	75,9	85	153,2
40	77,7	86	154,8
41	79,5	87	156,4
42	81 ,2	88	157,9
43	83,0	89	159,5
44	84,8	90	161,1
45	86,5	91	162,6
46	88,3	92	164,2
47	90, 1	93	165,7
48	91,9	94	167,3
49	93,6	95	168,8
50	95,4	96	170,3
51	97,1	97	171,9
52	98,8	98	173,4
53	100,6	99	175,0
54	102,3	100	176,5
55	104,0		

**Annexe 10:** Le nombre des germes totaux dans chaque dilution de VAS

	<b>Solution mère</b>	<b>Dilutions <math>10^{-1}</math></b>	<b>Dilution <math>10^{-2}</math></b>	<b>Dilution <math>10^{-3}</math></b>	<b>Dilution <math>10^{-4}</math></b>	<b>Dilution <math>10^{-5}</math></b>
<b>1<sup>ère</sup> répétition</b>						
<b>2<sup>ème</sup> répétition</b>	