



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Biologique

Spécialité : Toxicologie fondamentale

Thème

Caractérisation physicochimique, biochimique et microbiologique du vinaigre traditionnel de dattes de la variété *Tanteboucht* de la région de Djamaa

Présentés par :

Mlle. HAMLAOUI Amel

Mlle. GHETTAS Afaf

Mlle. LABED Chahd

Devant le jury composé de :

Président : Mme Maouane Aicha MCA université d'Eloued

Examinatrice : Mme Bouras Bya MCB université d'Eloued

Promotrice : Mme Nadji Nassima MAA université d'Eloued

Année universitaire : 2025/2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
{وَهْزِي إِلَيْكَ بِجِذْعِ النَّخْلَةِ تُسَاقِطُ عَلَيْكَ
رُطَبًا جَنِيًّا فَكُلِي وَاشْرَبِي وَقَرِّي عَيْنًا}

مريم: [25-26]



Remerciements

Avant tout, Nous remercions **ALLAH tout puissant** de nous avoir accordé la force, le courage, la volonté et la patience nécessaires pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur, **Mme NADJI Nassima**, pour son accompagnement, ses précieux conseils, sa disponibilité et son soutien tout au long de cette étude. Qu'elle trouve ici l'expression de notre sincère reconnaissance et de notre profond respect.

Nous exprimons notre gratitude aux membres du jury qui ont bien voulu accepter d'évaluer ce travail et de participer à sa soutenance.

Nous adressons également nos sincères remerciements à **Mme MASBAHI Houria**, technicienne au laboratoire de contrôle de la qualité et de lutte contre la fraude de la Direction du Commerce d'El Oued, pour son aide précieuse et sa contribution à la réalisation des analyses nécessaires à cette étude.

Nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.





Dédicaces

À travers ces quelques pages, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

À **moi-même**...pour la patience, la persévérance et le fait d'avoir continué malgré toutes les difficultés.

À **mon cher père Abdelouahab**...mon soutien dans la vie, ma force, qui m'a toujours aidée et m'a donné de précieux conseils.

À **ma chère mère Wafa**...mon cœur, ma réussite, dont les prières m'ont accompagnée à chaque étape de mon parcours.

À **mes chers frères Ziad et Akram**...mes compagnons de route et mon soutien après Dieu, merci d'avoir toujours été là pour moi.

À **mon fiancé Hamza**...merci pour ton soutien, ta patience et tes mots encourageants qui m'ont toujours poussée à avancer.

À **mes binômes** dans ce travail, **Afaf et Chahd**...merci pour votre aide, votre sérieux et tous les efforts qu'on a partagés ensemble.

À **mes chères amies**...pour leur présence, leur soutien et tous les beaux moments qui ont rendu ce parcours plus facile.

À **ma famille Hamlaoui et Badjadi** ...source de fierté et d'honneur, merci pour votre amour, votre patience et votre soutien. Vous êtes ma plus grande force. Et à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à mon soutien...

Je vous dédie le fruit de mon travail.

AMEL





Dédicaces

Au nom de Dieu, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

« Et quiconque se confie en Dieu, Il lui suffit. »

À ce long chemin rempli de fatigue et d'espoir... me voici aujourd'hui arrivée.

Je dédie ma réussite à tous ceux qui m'ont soutenue par leurs prières et leur présence.

À mes chers parents, Ghetas Soliman et Khadija, mon plus grand soutien et ma plus belle force dans la vie.

À mon père, qui m'a appris la patience, la persévérance et la valeur du travail, et qui a toujours été pour moi un exemple par sa sagesse et son calme.

Et à **ma mère**, mon refuge et ma lumière, qui m'a entourée d'amour, de prières et de courage à chaque étape de ma vie.

À vous deux, je dédie cette réussite... elle est aussi la vôtre ♡

À mes frères et sœurs : Saïda, Asma, Ibtissam, Yacine, Yazid, Nadjib Mohammed Anis, vous êtes le soutien qui ne se brise jamais et la force qui ne faiblit pas.

À la femme de mon frère, merci pour ta gentillesse et ton soutien, tu resteras toujours une belle présence dans notre famille ♡

À mes petits trésors, les fils et filles de ma sœur et de mon frère, vous êtes la joie de notre famille et la lumière de nos jours.

De la part de votre petite tante aimante ♡

À mes amis et à tous ceux qui m'ont soutenue par un mot sincère ou une prière, merci d'avoir fait partie de cette belle réussite.

À la famille Ghetas, mes racines et ma fierté ♡

Et à tous ceux qui ont cru en moi et partagé ma joie, toute ma gratitude et mon amour.

Louange à Dieu, aujourd'hui et toujours, pour l'accomplissement de cette réussite.

Et enfin... bienvenue au rêve devenu réalité ♡

Afaf





Dédicaces

Aujourd'hui, je me tiens au seuil de la remise des diplômes pour présenter les fruits de mon travail et ce que j'ai accompli grâce à la grâce et à la guidance de Dieu.

À **mon moi ambitieux**, qui a commencé par l'ambition et s'est terminé par le succès.
Après **Dieu**, mon soutien, celui qui m'a appris que la volonté peut accomplir des miracles,
celui qui a insufflé en moi l'amour du savoir, **mon cher père Labed Abdallah**.

À mon paradis, et grâce aux prières de qui j'ai connu le succès, que Dieu te protège et te
préserve, **ma chère mère Bouhafs Naoual**.

À ces étoiles qui éclairent mon chemin, **mes frères et mes sœurs Belkacem, Hiba,**
Abderrahmane, Layane, que Dieu vous garde comme un pilier inébranlable.

À **toute ma famille, ma grand-mère, mes tantes Razika, Masouda, Habiba, Rachida et**
Houria, mes oncles Houcin, Sayeh et Al-chafei), tous **mes cousins, les épouses de mes**
oncles Masouda et Saliha.

À **mes binômes Hamlaoui Amel et Ghattase Afaf**.

À **mes amis, Fatima, Manar, Hanine, Manar, Abir, Badr-elbodour**

À la première personne qui m'a appris à lire et à écrire, **mon professeur Labed Djamel**.
Je dédie ce cadeau, en témoignage d'amour, à tous ceux qui ont partagé ce voyage avec moi,
proches ou lointains.

Merci à tous

Chahd



Résumé

Le présent travail porte sur la valorisation biotechnologique des dattes de faible valeur marchande de la variété *Tantboucht* par leur transformation en vinaigre traditionnel obtenu à partir d'une double fermentation alcoolique puis acétique. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'influence de différents types d'eaux (eau basique, eau distillée, eau minérale, eau acide et eau de robinet), ainsi que de deux concentrations en sucres (10 % et 20 % Brix°) sur la qualité du vinaigre produit. Les vinaigres obtenus ont été soumis à des analyses physico-chimique, biochimique et microbiologique afin d'évaluer leur qualité. Les résultats obtenus montrent que les différents échantillons présentent un pH compris entre 3,39 et 3,71, une conductivité électrique variant de 4,01 à 8,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$, une densité comprise entre 1,01 et 1,046 ainsi qu'un degré Brix° final variant de 3,7 à 11 %. Les teneurs en acide acétique varient entre 3,96 et 15,66 g/L, tandis que les concentrations en acide citrique se situent entre 0,128 et 1,73 g/l. L'analyse microbiologique a révélé l'absence totale de levures et de moisissures dans l'ensemble des échantillons étudiés, confirmant ainsi la bonne qualité hygiénique et sanitaire du vinaigre obtenu. Les résultats obtenus indiquent que l'utilisation de l'eau acide associée à une concentration de 10% Brix° a permis d'obtenir le vinaigre de meilleure qualité, caractérisé par une teneur élevée en acide acétique et une bonne stabilité microbiologique.

Mots clés : Vinaigre, Tantboucht, fermentation, Acide acétique, dattes.

ملخص

تتناول هذه الدراسة التثمين البيوتكنولوجي للتمور ذات القيمة التجارية الضعيفة من صنف «طنبوشت» من خلال تحويلها إلى خل تقليدي اعتماداً على التخمير المزدوج الكحولي والخلّي. وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير أنواع مختلفة من المياه (الماء القاعدي، والماء المقطر، والمياه المعدنية، والماء الحمضي، وماء الصنبور)، بالإضافة إلى تركيزين من السكر (10% و20% بريكس)، على جودة الخل المُنتَج. خضعت أنواع الخل المُستخلصة لتحليلات فيزيائية وكيميائية حيوية وميكروبيولوجية لتقييم جودتها. تُظهر النتائج أن العينات المختلفة أظهرت درجة حموضة تتراوح بين 3.39 و3.71، وموصلية كهربائية تتراوح بين 4.01 و8.01 ميكروسيمنز/سم، وكثافة تتراوح بين 1.01 و1.046، وتركيز بريكس نهائي يتراوح بين 3.7 و11%. تراوحت مستويات حمض الخليك بين 3.96 و15.66 غ/لتر، بينما تراوحت تركيزات حمض الستريك بين 0.128 و1.73 غ/لتر. وكشف التحليل الميكروبيولوجي عن غياب تام للخمائر والفطريات في جميع العينات المدروسة، مما يؤكد الجودة الصحية العالية للخل المُنتَج. وتشير النتائج إلى أن استخدام الماء الحمضي بتركيز 10% بريكس يُنتج خلّاً عالي الجودة، يتميز بمحتوى عالٍ من حمض الخليك وثبات ميكروبيولوجي جيد.

الكلمات المفتاحية: خل ، طنطبوشت، التخمير ، حمض الخليك، التمور.

Abstract

This work focuses on the biotechnological valorization of low-commercial-value Tantbought dates through their transformation into traditional vinegar obtained via a double fermentation process: alcoholic followed by acetic fermentation. The study aims to evaluate the influence of different types of water (alkaline water, distilled water, mineral water, acidic water, and tap water), as well as two sugar concentrations (10°Brix and 20°Brix), on the quality of the vinegar produced. The vinegars obtained underwent physicochemical, biochemical, and microbiological analyses to assess their quality. The results show that the different samples had a pH ranging from 3.39 to 3.71, an electrical conductivity varying from 4.01 to 8.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a density between 1.01 and 1.046, and a final Brix level between 3.7°Brix and 11°Brix. Acetic acid levels ranged from 3.96 to 15.66 g/L, while citric acid concentrations ranged from 0.128 to 1.73 g/L. Microbiological analysis revealed the complete absence of yeasts and molds in all samples tested, thus confirming the high hygienic and sanitary quality of the vinegar produced. The results indicate that the use of water acidified to 10°Brix yielded a superior quality vinegar, characterized by a high acetic acid content and good microbiological stability.

Keywords : Vinegar, Tantbought, fermentation, acetic acid, dates.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de datte et son noyau.....	8
Figure 2 : Stades de développement et maturation des dattes.....	10
Figure 3 : Schéma de la transformation de la datte.....	15
Figure 4 : Diagramme de Fabrication de vinaigre.....	23
Figure 5 : Variété de datte <i>Tantboucht</i>	27
Figure 6 : Dispositif de la fermentation alcoolique.....	29
Figure 7: Dispositif de la fermentation acétique.....	30
Figure 8 : Lavage de dattes.....	32
Figure 9: Dénoyautage de dattes.....	32
Figure 10 : Découpage de dattes.....	32
Figure11 : Bouillante de dattes	32
Figure 12 : Filtration de mélange.....	33
Figure 13 : Rebut (Valorisable).....	33
Figure 14: PH mètre.....	34
Figure 15 : Conductimètre.....	35
Figure 16 : Densimètre.....	35
Figure 17 : Mesure de la densité en densimètre en laboratoire.....	36
Figure 18 : Réfractomètre.....	36
Figure 19 : Titrage volumétrique (NaOH 01N).....	37
Figure 20 : Titrage volumétrique.....	38
Figure 21: Valeurs du pH de différents types de vinaigre traditionnel de dattes de la variété <i>Tantboucht</i>	41
Figure 22: Conductivité électrique des différents vinaigres traditionnel de dattes de la variété <i>Tantboucht</i>	42

Liste des figures

Figure 23: Densité des différents vinaigres traditionnel de dattes de la variété *Tantboucht*.....44

Figure 24: Valeurs Brix pour différents types de vinaigre traditionnel de dattes de la variété *Tantboucht*.....46

Figure 25 : Concentration en acide acétique des différents vinaigres de dattes de la variété *Tantboucht*.....48

Figure 26: Concentration en acide citrique des différents vinaigres de dattes de la variété *Tantboucht*.....49

Liste des tableaux

Tableau 1: Position systémique de palmier dattier.	6
Tableau 2: Classification des dattes selon la texture.....	9
Tableau 3: Composition moyenne de la datte (pour 100 g).	10
Tableau 4: Principaux pays producteurs de datte.....	11
Tableau 5: Principales régions productrices des dattes en Algérie.....	11
Tableau 6 : Résultats de la recherche des levures et des moisissures.....	51

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ADN	Acide Désoxyribonucléique
ATCC	American Type Culture Collection
Brix°	Pourcentage de solides solubles
CO ₂	Dioxyde de carbone
DMSO	Diméthylsulfoxyde
ED	Édition
FAO	Food and Agriculture Organization
FAOSTAT	Base de données statistiques de la FAO
g/L	Gramme par litre
INA	Institut National Agronomique
ITDAS	Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne
Kg	Kilogramme
L	Litre
min	Minute
ml	Millilitre
NaOH	Hydroxyde de sodium
p.	Page
pH	Potentiel Hydrogène
T°C	Température en degré Celsius
UFC	Unité Formant Colonie
µs/cm	Microsiemens par centimètre

Liste des symboles

Symbole	Signification
%	Pourcentage
°C	Degré Celsius
α	Alpha
+	Addition / combinaison
$\rightarrow$	Transformation / réaction chimique
$C_6H_{12}O_6$	Glucose
CH_3CH_2OH	Éthanol
CH_3COOH	Acide acétique
CO_2	Dioxyde de carbone
H_2O	Eau
O_2	Dioxygène
μ	Micro
$\leq$	Inférieur ou égal
$\geq$	Supérieur ou égal

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Résumés

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations et des symboles

Introduction générale1

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I: Palmier dattier et la datte

1.1.	Palmier dattier	6
1.1.1.	Généralités sur le palmier dattier	6
1.1.2.	Répartition géographique du palmier dattier	7
1.1.2.1.	Dans le monde	7
1.1.2.2.	En Algérie	7
1.1.3.	Importance socio-économique du palmier dattier dans les régions sahariennes	7
1.2.	Datte	8
1.2.1.	Description de la datte	8
1.2.2.	Classification des dattes	8
1.2.3.	Stades de développement et de maturation de la datte	9
1.2.4.	Composition biochimique de la datte	10
1.2.5.	Production des dattes	11
1.2.5.1.	Production mondiale	11
1.2.5.2.	Production en Algérie	11
1.2.6.	Valorisation des dattes	12
a.	Valorisation technologique	12
b.	Valorisation biotechnologique	13

Chapitre II : Caractéristiques du Vinaigre de datte

II.1. Historique	17
II.2. Définitions de vinaigre	17
II.3. Composition du vinaigre	18
II.4. Différents types de vinaigre	19
II.4.1 vinaigre obtenu par fermentation acétique	19
a. Vinaigre de vin	19
b. Vinaigre d'alcool	19
c. Vinaigre blasmatique	19
d. Vinaigre de céréales.....	19
e. Vinaigre de glucose	20
f. Vinaigre de cidre et de Poiret	20
g. Vinaigre de betterave	20
h. Vinaigre de petit lait	20
II.4.2 Vinaigre provenant de la distillation du bois ou vinaigre de bois d'acide acétique	20
II.5. Méthodes de fabrication du vinaigre.....	20
II.5.1. Procédé d'Orléans	20
II.5.2. Procédé de Schutzenbach	21
II.5.3. Procédé en culture submergée	21
II.6. Vinaigre traditionnel de datte	21
II.6.1. Définition.....	21
II.6.2. Cultivars utilisés pour la production du vinaigre traditionnel	21
II.6.3. Technologie du vinaigre :.....	22
a. Fermentation alcoolique :.....	22
b. Fermentation acétique :.....	22
II.6.4. Utilisation de vinaigre	23
a. Vertus thérapeutiques de vinaigre.....	23

b. Utilisation domestique	24
c. Utilisation cuisine	24

Partie expérimentale

Chapitre I: Matériel et méthodes

I.1. Matériel végétal.....	27
I.1.1. Choix de variété	27
I.1.2. Obtention et conservation des échantillons.....	28
I.2. Appareils et réactifs utilisés	28
I.2.1. Dispositif de fermentation.....	28
I.2.2. Matériel technique d'étude au laboratoire	30
I.3. Méthodologie	31
I.3.1. Elaboration du vinaigre de datte.....	31
I.3.1.1. Préparation des lots.....	31
I.3.1.2. Extraction du jus de dattes	31
I.3.1.3. Élaboration du vinaigre à partir de jus de dattes	33
I.3.2. Analyses physico-chimiques du vinaigre de datte	34
I.3.2.1. Détermination de pH.....	34
I.3.2.2. Détermination de conductivité électrique	34
I.3.2.3. Détermination de la densité.....	35
I.3.2.4. Détermination du taux de solides solubles (Degré Brix)	36
I.3.3. Analyses biochimiques	37
I.3.3.1. Détermination de taux d'acide acétique	37
I.3.3.2. Détermination de taux d'acide citrique	38
I.3.4. Analyse microbiologique du vinaigre de dattes de la variété Tantboucht.....	38
I.3.4.1. Recherche des levures et des moisissures.....	38

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Résultat d'analyse physico-chimique et biochimique du vinaigre de datte	41
II.1.1. Analyses physico-chimiques	41
II.1.1.1. Potentiel d'hydrogène pH	41
II.1.1.2. Détermination de la conductivité électrique	42
II.1.1.3. Détermination de la densité	44
II.1.1.4. Détermination du taux de solide soluble TSS " °Brix "	45
II. 1. 2. Analyses biochimiques	47
II. 1.2.1. Détermination de la concentration en acide acétique	47
II. 1.2.2. Détermination de la concentration en acide citrique	49
II. 2. Résultats d'analyse microbiologique du vinaigre de dattes de la variété <i>Tantboucht</i>	51
Références bibliographiques	56
Annexes	

Introduction générale

Introduction générale

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) constitue l'un des piliers biologiques, économiques et culturels des régions sahariennes. Cultivé depuis plusieurs millénaires dans les zones arides et semi-arides, il joue un rôle stratégique dans la sécurité alimentaire, la stabilité socio-économique des populations oasiennes et la lutte contre la désertification. Grâce à sa forte adaptation aux conditions climatiques extrêmes, cette espèce représente l'élément central des systèmes agricoles oasiens. L'Algérie figure parmi les principaux producteurs mondiaux de dattes, la phoeniciculture occupe une place importante dans l'économie agricole nationale et contribue de manière significative au développement des régions sahariennes **(El-Hadrami et Al-Khayri, 2012 ; Benyagoub, 2023; FAOSTAT, 2023)**.

La datte, fruit du palmier dattier, se caractérise par une forte valeur énergétique et nutritionnelle. Elle est particulièrement riche en sucres fermentescibles, notamment le glucose, le fructose et le saccharose, ainsi qu'en fibres alimentaires, minéraux essentiels et composés bioactifs tels que les polyphénols et les caroténoïdes. Cette richesse biochimique confère à la datte un intérêt nutritionnel important, tout en lui offrant un potentiel technologique considérable dans le domaine de la transformation agroalimentaire. Ainsi, au-delà de sa consommation à l'état frais, la datte peut être transformée en une large gamme de produits dérivés tels que la pâte de dattes, le sirop, le miel de dattes, les confitures, les boissons fermentées, les acides organiques ou encore le vinaigre **(Siddiq et al., 2018 ; Hassan et al., 2023)**.

Parmi les produits issus de la transformation des dattes ; le vinaigre de dattes, ce dernier occupe une place particulière en raison de ses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles. Il est obtenu par une double fermentation biologique comprenant une fermentation alcoolique réalisée par des levures, principalement *Saccharomyces cerevisiae*, qui transforment les sucres fermentescibles en éthanol, suivie d'une fermentation acétique assurée par des bactéries acétiques du genre *Acetobacter*, responsables de l'oxydation de l'éthanol en acide acétique. Le vinaigre ainsi contient généralement entre 4 et 6 % d'acide acétique et possède des propriétés organoleptiques, antimicrobiennes et conservatrices largement reconnues. De ce fait, il est utilisé à la fois comme condiment alimentaire et comme agent naturel de conservation dans l'industrie agroalimentaire **(Solieri et Giudici, 2017 ; Chen et al., 2022)**.

Malgré l'importante de la diversité variétale du patrimoine phoenicicole algérien, qui est estimée à plus de 900 cultivars, la valorisation industrielle reste dominée par quelques variétés commerciales, notamment la variété *Deglet Nour*, cette variété largement destinée à l'exportation. À l'inverse, de nombreuses variétés locales ou secondaires demeurent insuffisamment exploitées, bien qu'elles possèdent des caractéristiques physico-chimiques favorables à la transformation agroalimentaire. (Zaid et Wet, 2019; Benyagoub, 2023).

Parmi les variétés locales de datte, la variété *Tanteboucht* est largement cultivée dans les oasis du sud-est algérien, notamment dans la région d'El-Oued. Cette variété présente un potentiel technologique intéressant pour la transformation en produits dérivés, en raison de sa richesse en sucres fermentescibles et de ses caractéristiques physico-chimiques adaptées aux processus de fermentation. Dans un contexte de diversification économique et de valorisation durable des ressources agricoles locales, l'utilisation de dattes de faible valeur marchande pour la production de produits transformés constitue une alternative prometteuse. Cette approche permet non seulement de réduire les pertes post-récolte, mais également de valoriser les variétés locales et d'améliorer la compétitivité du secteur phoenicicole (Allag et Saoudi, 2020 ; Mimouni, 2021).

Dans ce cadre, la production du vinaigre de datte par la méthode traditionnelle représente une voie de transformation accessible, cette méthode repose sur des fermentations naturelles successives, impliquant des microorganismes indigènes, et permet d'obtenir un produit.

Ainsi, le présent travail a pour objectif de valoriser la variété *Tanteboucht* à travers la production artisanale de vinaigre de dattes. Plus spécifiquement, il vise à caractériser le vinaigre obtenu sur les plans physico-chimique, biochimique et microbiologiques afin d'évaluer sa qualité et sa conformité aux exigences technologiques et alimentaires. Ce travail s'inscrit dans une perspective de valorisation des produits locaux, de diversification des dérivés de la datte et de promotion du développement durable dans les systèmes agricoles oasiens.

Ce travail est constitué en trois parties d'investigations complémentaires :

La première partie est consacrée à une étude bibliographique comprenant deux chapitres : la première porte sur les Généralités relatives aux palmiers dattiers et aux dattes, tandis que le second présente une vue sur le vinaigre. La deuxième partie expérimentale présentant : le matériel utilisé ainsi que les méthodes nécessaires pour l'extraction du jus de

Introduction générale

datte et l'élaboration du vinaigre, et les résultats obtenus suivis de leur analyse et de leur discussion. Enfin, une conclusion générale résume ce travail en synthétisant les principaux résultats.

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Palmier dattier et la datte

1.1. Palmier dattier

1.1.1. Généralités sur le palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une plante monocotylédone pérenne appartenant à la famille des *Arecaceae*. Cultivé depuis plus de 6000 ans dans la région du croissant fertile, notamment en Mésopotamie et dans la péninsule Arabique, il constitue l'une des plus anciennes espèces fruitières domestiquées. Grâce à sa grande adaptation aux conditions arides et semi-arides, notamment sa tolérance aux fortes températures, à la sécheresse et à la salinité des sols, le palmier dattier joue un rôle essentiel dans les écosystèmes oasiens. Il contribue à la création d'un microclimat favorable aux cultures associées et participe à la protection des sols contre l'érosion ainsi qu'à la lutte contre l'avancée des dunes désertiques (El-Hadrami et Al-Khayri, 2012 ; Zaid et Wet, 2019 ; Dhaouadi, L et *al.*, 2021; Rahman, H et *al.*, 2022)

Tableau 1: Position systématique de palmier dattier. (Zaid et Wet, 2019)

Groupe	Spadiciflores
Ordre	Palmale
Famille	Palmacées
Sous famille	Coryphoidées
Tribu	Phoenicées
Genre	Phoenix
Espèce	<i>Phoenix dactylifera</i> L.

Le genre *Phœnix* comprend au moins douze espèces, dont la plus connue est *Phœnix dactylifera*, dont les fruits, appelés «dattes», font l'objet d'un commerce international important. (Hassan, M et *al.*, 2023)

La culture du palmier dattier a une valeur socio-économique significative, en particulier dans les pays du Maghreb, du Moyen-Orient et de l'Asie de l'Est. Dans les régions désertiques du Moyen-Orient, les dattes constituent un élément essentiel de l'alimentation des populations

locales. En outre, ce fruit prend une signification religieuse particulière pour les musulmans durant le mois sacré du Ramadan. **(Rehouma, 2016)**

1.1.2. Répartition géographique du palmier dattier

1.1.2.1. Dans le monde

Le palmier dattier est principalement cultivé dans les régions chaudes et arides du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord. Selon les données de la FAO, la production mondiale de dattes a fortement augmenté au cours des dernières décennies, passant d'environ 3,4 millions de tonnes en 1990 à plus de 9,6 millions de tonnes en 2021 **(Hassan et al., 2023)**.

1.1.2.2. En Algérie

L'Algérie fait partie des principaux producteurs mondiaux de dattes et occupe une place importante dans l'économie agricole nationale. Selon les données du ministère de l'agriculture et du développement rural, la production nationale a dépassé 1,3 million de tonnes en 2023, plaçant l'Algérie parmi les trois premiers producteurs mondiaux **(Madr, 2023)**.

Le patrimoine *phoenicicole* national est estimé à plus de 20 millions de palmiers, répartis principalement dans les régions sahariennes et présahariennes **(Benyagoub, 2023)**

1.1.3. Importance socio-économique du palmier dattier dans les régions sahariennes

Depuis les temps anciens, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) constitue l'élément central de l'économie rurale dans les régions arides et particulièrement au Bas Sahara algérien. Par la production de ses fruits, les dattes, qui représentent une ressource alimentaire stratégique et une source majeure de revenus pour les populations locales. En plus de sa valeur économique, il joue un rôle écologique fondamental en créant un microclimat favorable au développement d'un système agricole stratifié typique des oasis. **(FAO, 2022 ; Benyagoub, 2023)**

Le palmier dattier contribue largement à la stabilité socio-économique du Sahara algérien, qui couvre près des quatre cinquièmes du territoire national. Les principaux bassins phoenicicoles, notamment les Ziban, le Souf, l'Oued Righ et Ouargla, concentrent une part importante du potentiel productif national. **(FAOSTAT, 2024 ; Benyagoub, 2023)**

1.2. Datte

1.2.1. Description de la datte

La datte, provenant du palmier dattier, est un fruit qui se présente sous une forme allongée, oblongue ou arrondie. Elle se compose d'un noyau, qui a une consistance dure, entouré de chair. La chair ou pulpe, qui est comestible, se compose de :

- Un péricarpe ou une enveloppe cellulosique fine appelée peau.
- Un mésocarpe généralement charnu, dont la consistance change en fonction de sa teneur en sucre et qui présente une couleur prononcée.
- Un endocarpe de couleur plus claire et de consistance fibreuse, parfois réduit à une enveloppe semblable au parchemin entourant le noyau. **(Dhaouadi, L et al., 2021)**

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés.

Sa coloration demeure variable même à maturité, allant du jaune doré au rouge sombre, voire presque noir **(FAO, 2022)**. De même, son goût, sa morphologie, sa consistance et son aspect présentent une grande variabilité selon les conditions géographiques et le cultivar. **(FAO, 2022; Hassan et al., 2023)**

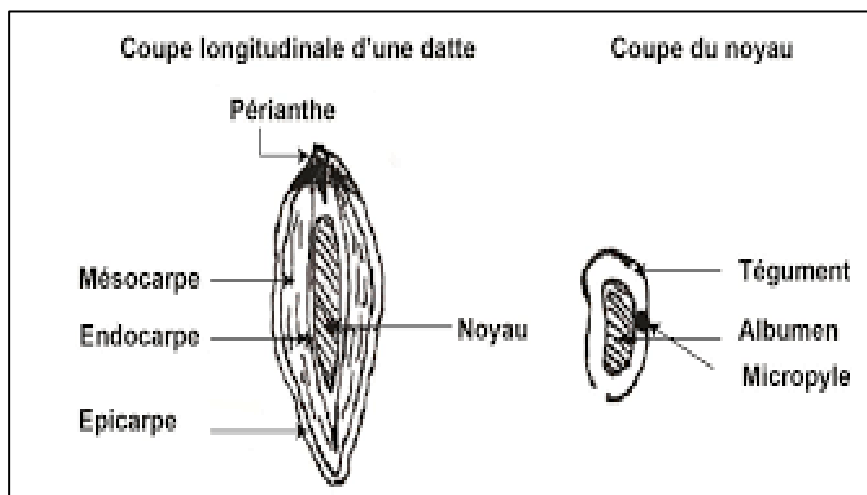


Figure 1: Schéma de datte et son noyau. (Hassan et al., 2023)

1.2.2. Classification des dattes

La texture des dattes diffère en fonction des variétés cultivées. D'après ce critère, les dattes sont divisées en trois groupes dans le tableau 2.

Tableau 2: Classification des dattes selon la texture. (Hafidi, 2015)

Texture	Humidité	Caractéristiques	Exemples
Molle	Plus de 30%,	Riches en glucose et fructose	<i>Ghars, Hamraia et Litima</i>
Demi-molle	20 à 30% d'humidité.	Bonne aptitude à la conservation	<i>Deglet-Nour</i>
Sèche	Moins de 20% d'humidité.	Riches en saccharose	<i>Mech-Degla et Degla-Beïda</i>

Les dattes demi-molles, notamment la variété *Deglet Nour*, sont les plus appréciées dans le commerce international en raison de leur texture souple et de leur bonne aptitude à la conservation (Hassan et al., 2023).

1.2.3. Stades de développement et de maturation de la datte

En Algérie, la période de floraison du palmier dattier s'étend de la mi-mars à la mi-avril et dure entre 30 et 50 jours. Le processus de fructification du palmier dattier commence lors de la nouaison et se termine lors de la maturation des dattes. La durée peut varier en fonction des variétés cultivées et des conditions météorologiques locales.

- **Stade I (Loulou):** ce stade éclaté juste après la fécondation et dure abord cinq semaines. A ce stade, le fruit est absolument recouvert par le périgone et s'accuse par une croissance lente. (Zaid et Wet, 2019)
- **Stade II (Khalal):** ce stade dure sept semaines environ et s'accuse par augmentation élevé en poids et en volume des dattes. Les dattes ont une couleur verte vive et un goût abrupt. (Hassan et al., 2023)
- **Stade III (Bser):** les sucres absolus atteignant son hut en fin du stade. La couleur verte vire au jaune, au rouge et au brun, cheminée suivant les calques. La datte abouti son poids optimal au début de ce stade. Il dure en équilibre quatre semaines. (Hassan et al., 2023)
- **Stade IV (Martouba):** la couleur jaune ou rouge du stade khalal altéré au foncé ou au noir. Cette phase se définit par l'abondance de la turgescence de la datte suite à l'affaiblissement de la composition en eau, l'insolubilisation des tanins qui se fixent sur l'épicarpe du datte et l'accélération de la teneur des monosaccharides qui attribuent un goût sucré aux dattes. Ce stade acariâtre de deux à quatre semaines. (Hassan et al., 2023)

- **Stade V (*Tmar*):** c'est la phase dernière de la maturation de la datte. La datte perd énormément d'eau, ce qui donne une relation sucre/eau élevé. (FAO, 2022)

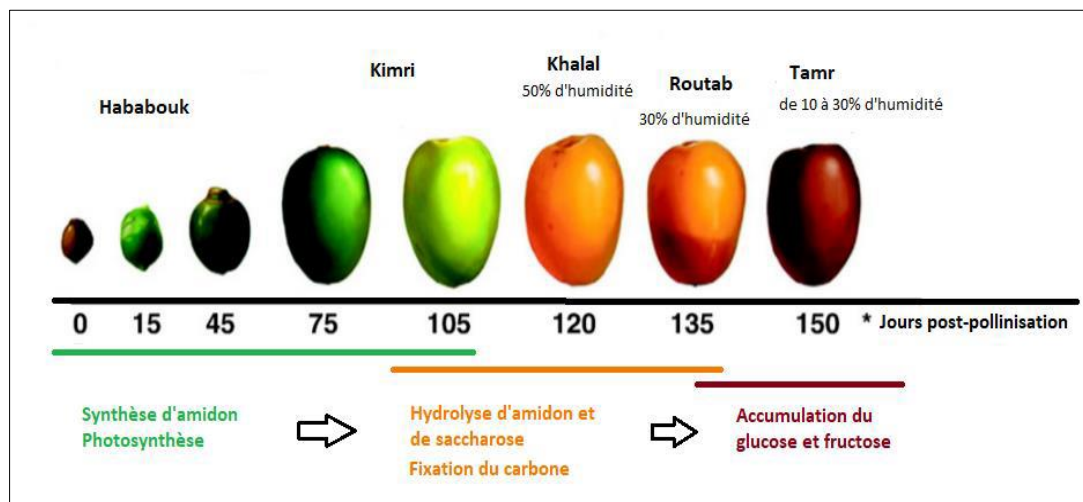


Figure 2: Stades de développement et maturation des dattes (Al-Mssallem et *al.*, 2013).

1.2.4. Composition biochimique de la datte

Les dattes sont considérées comme un aliment énergétique riche en nutriments, contenant principalement des glucides, des fibres, des minéraux et des composés bioactifs (Hassan et *al.*, 2023).

Les constituants majeurs sont :

- Les sucres représentent 65 à 80 % du poids sec du fruit, principalement sous forme de glucose, fructose et saccharose (Hassan et *al.*, 2023).
- La teneur en eau varie entre 10 et 30 % selon les variétés et le stade de maturation (FAO, 2022).
- Les fibres alimentaires sont également abondantes et contribuent aux effets bénéfiques des dattes sur la digestion (Al-Farsi et Lee, 2008).

Tableau 3: Composition moyenne de la datte (pour 100 g). (Hassan et *al.*, 2023)

Composition	Teneur (g/100g)
Eau	10 – 30 g
Sucres totaux	65 – 80 g
Minéraux	17,6-41,4
Lipides	0.2 – 0.5 g
Protéines	1 – 3 g
Fibres	6 – 12 g

1.2.5. Production des dattes

1.2.5.1. Production mondiale

Les principaux pays producteurs sont l'Égypte, l'Arabie Saoudite, l'Algérie, l'Iran et l'Irak, qui représentent ensemble plus de 60 % de la production mondiale (FAOSTAT, 2024).

Tableau 4: Principaux pays producteurs de datte. (FAOSTAT, 2024).

	Pays	Production (tonnes)
1	Arabie Saoudite	1 927 556
2	Égypte	1 750 302
3	Algérie	1 337 301
4	Iran	1 182 144
5	Pakistan	604 243
6	Irak	587 190
7	Soudan	443 134
8	Oman	400 655
9	Tunisie	400 219
10	Émirats Arabes Unis	140 000

La majorité de la production mondiale se concentre dans les zones arides et semi-arides, où les conditions climatiques favorisent la croissance du palmier dattier (Dhaouadi, L et al., 2021)

1.2.5.2. Production en Algérie

Tableau 5: Principales régions productrices des dattes en Algérie (Madr, 2023).

	Willaya	% de production
1	Biskra	23 %
2	Adrar	23 %
3	El-Oued	21 %
4	Ouargla	15 %
5	Autres willaya	19 %

La variété *Deglet Nour*, connue comme la « reine des dattes », constitue la principale variété cultivée en Algérie et représente environ 50 à 60 % de la production nationale (**Rahman, H et al., 2022**).

1.2.6. Valorisation des dattes

Les dattes représentent une matière première essentielle pour la valorisation et la transformation en divers produits agroalimentaires. Selon **Allag et Saoudi (2020)**, il est possible de distinguer deux principaux types de valorisation des dattes :

a. Valorisation technologique

a.1. Pâte des dattes

La pâte de dattes, élaborée depuis longtemps dans les pays producteurs, est aussi ancienne que la culture du palmier dattier dans ces régions. Sa préparation est réalisée à partir de variétés telles que *Deglet Nour*, *Ghars* et d'autres dattes à texture molle adaptées à la transformation. (**ITDAS, s.d**)

a.2. Farine ou poudre des dattes

La farine de dattes est obtenue à partir de dattes séchées telles que *Degla Baidha*, *Mech Degla* et autres cultivars à faible teneur en humidité (environ 5 %). Une légère torréfaction des dattes avant le concassage permet d'obtenir une farine caractérisée par un arôme biscuité (**ITDAS, s.d**).

a.3. Confiture des dattes

La fabrication de la confiture de dattes repose principalement sur l'utilisation de dattes de qualité secondaire, non destinées à la consommation à l'état frais. (**Allag et Saoudi, 2020**).

a.4. Gelée de dattes

Ce produit est obtenu par gélification du sirop de dattes. Il se distingue par une valeur énergétique élevée et peut être utilisé à diverses fins. (**Hassan, M et al., 2023**).

a.5. Sirop de dattes

Il s'agit d'un produit sirupeux, concentré, de couleur jaune à brun, présentant une richesse élevée en sucres. Il peut être obtenu à partir de déchets de dattes et des écarts de tri, mais la meilleure qualité est produite à partir de dattes immatures au stade bser. (**Allag et Saoudi, 2020**).

a.6. Jus de dattes

Le jus de datte constitue l'un des aliments les plus riches en composés neutres tels que les monosaccharides, les disaccharides, les sels minéraux et les vitamines. Il peut servir de

substrat pour la production de levures, d'acides organiques et d'autres métabolites microbiens (Slimani et al., 2018).

a.7. Boissons gazeuses

Ces produits peuvent être élaborés à partir du jus ou du sirop de dattes (ITDAS, s.d).

a.8. Le miel de dattes

Pour la préparation de ce miel de datte, il convient de sélectionner des variétés à chair molle ou susceptibles de le devenir après trempage, telles que *Deglet Nour*, *Ahmar*, *Tantbouchet* et *Ghars*. Pour sa valorisation, il peut être aromatisé avec du miel d'abeille. (Hassan, M et al., 2023)

a.9. Caramel des dattes

La production de caramel peut être réalisée à partir de dattes, de pâte ou de sirop de datte. La méthode de cuisson influence de manière significative la qualité du produit final. (Allag et Saoudi, 2020).

a.10. Yaourt de datte

La préparation des yaourts à base de dattes suit le schéma de fabrication d'un yaourt classique, avec la seule modification consistant à substituer le sucre blanc par de la poudre de dattes (Slimani et al., 2018). L'incorporation de la poudre de dattes comme substitut du sucre cristallisé permet d'obtenir des yaourts enrichis en minéraux, en protéines, en lipides et en matières solides totales (Hassan et al., 2023).

a.11. Margarine

La margarine est élaborée à partir d'eau pasteurisée et d'extrait de dattes. L'acidification de la phase aqueuse est réalisée à l'aide de quelques gouttes de jus de citron fraîchement pressé (Slimani et al., 2018 ; Hassan et al., 2023).

b. Valorisation biotechnologique

b.1. Production de bio polymère

- **Gomme xanthane** : produite à partir du jus de dattes, c'est l'un des polymères industriels les plus commercialement exploités (Freitas et al., 2020 ; Hassan et al., 2023).
- **Curdlan** : Le curdlan est un polysaccharide neutre, insoluble dans l'eau, employé comme additif dans divers produits alimentaires. (Zhu et al., 2021 ; Hassan et al., 2023).
- **Caroténoïdes et PHB** : le sirop de dattes peut être valorisé par la production de caroténoïdes (Yadav et al., 2022 ; Hassan et al., 2023) et de polyhydroxybutyrate (PHB).

- **Cellulose bactérienne** : ce biopolymère, exo-polysaccharide produit par différentes espèces bactériennes, peut être obtenu à partir de jus de dattes de faible qualité commerciale. (Reiniati et al., 2021 ; Lee et al., 2023)

b.2. Production d'antibiotiques

- **Oxytétracycline** : antibiotique à large spectre produit par différentes souches de *Streptomyces*. Les constituants de la datte ont été utilisés comme milieu nutritif pour sa production. (Bibb et al., 2021 ; El-Sharouny et al., 2022 ; Singh & Kumar, 2024)
- **Bléomycine** : antibiotique de type glycopeptidique. Le jus de datte a été employé comme source de carbone additionnelle pour sa production (Bibb et al., 2021; El-Naggar et al., 2022; Sharma & Singh, 2024).

b.3. Production de levure

- **Levure boulangère** : elle est obtenue par fermentation du moût de dattes. L'utilisation de jus de dattes comme substrat de fermentation permet d'obtenir une levure performante provenant de *Saccharomyces cerevisiae* (Mouffok, 2017).
- **Levure alimentaire** : produite par fermentation discontinue du moût de dattes, les dattes servent ici de source de carbone pour la production de biomasse microbienne riche en protéines (Alam et al., 2022 ; Zhang et al., 2022 ; Rani et al., 2024).

b.4. Production d'acides aminés

- **Glutamate** : principalement utilisé comme agent aromatisant. Selon Shimizu et Hirasawa, la production annuelle de glutamate dépasse 1,5 million de tonnes. Plusieurs études visent à améliorer le processus de fermentation en adoptant des alternatives plus économiques (Allag & Saoudi, 2020).

b.5. Production d'acides organiques

- **Acide citrique** : largement utilisé dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et chimique en raison de sa faible toxicité. (Radwan et al., 2010 ; Mouffok, 2017).
- **Acide lactique** : produit chimique industriel utilisé comme conservateur alimentaire et dans les boissons (Yadav et al., 2011 ; Mouffok, 2017).
- **Acide acétique** : important en industrie alimentaire et pharmaceutique.

b.6. Production de vitamines

- **Vitamine B12** : le jus de dattes peut servir de source de carbone pour la production de vitamine B12 par *Streptomyces albidoflavus* et *Streptomyces antibioticus*, avec des rendements comparables à ceux obtenus à partir d'autres substrats comme les mélasses (Yadav et al., 2021 ; Hassan et al., 2023).

b.7. Production de biocarburants

Divers biofuels peuvent être produits à partir des sous-produits de dattes, les plus courants étant l'acétone, l'éthanol (Zhang et al., 2021 ; Kumar et al., 2023 ; Hassan et al., 2024).

b.8. Production d'enzymes

Les dattes constituent un substrat favorable pour la production d'enzymes telles que la pectinase, l'endopectinase et l' α -amylase (Singh et al., 2022 ; El-Sharouny et al., 2023).

b.9. Production de vinaigre

Les dattes peuvent être utilisées comme matière première pour la production de vinaigre, obtenue par une double fermentation :

- Fermentation alcoolique en milieu anaérobie.
- Fermentation acétique par *Acetobacter aceti* en milieu strictement aérobie.

Il est possible d'obtenir 2 à 2,5 litres de vinaigre titrant 8,5° par kilogramme de dattes. (Solieri & Giudici, 2017 ; Chen et al., 2022 ; Ali et al., 2024)

b.10. Production de produits alcooliques

Les dattes servent de source de carbone pour la fabrication de produits alcooliques tels que l'éthanol et l'alcool (Hashemi et al., 2021 ; Zhang et al., 2022; Kumar et al., 2023).

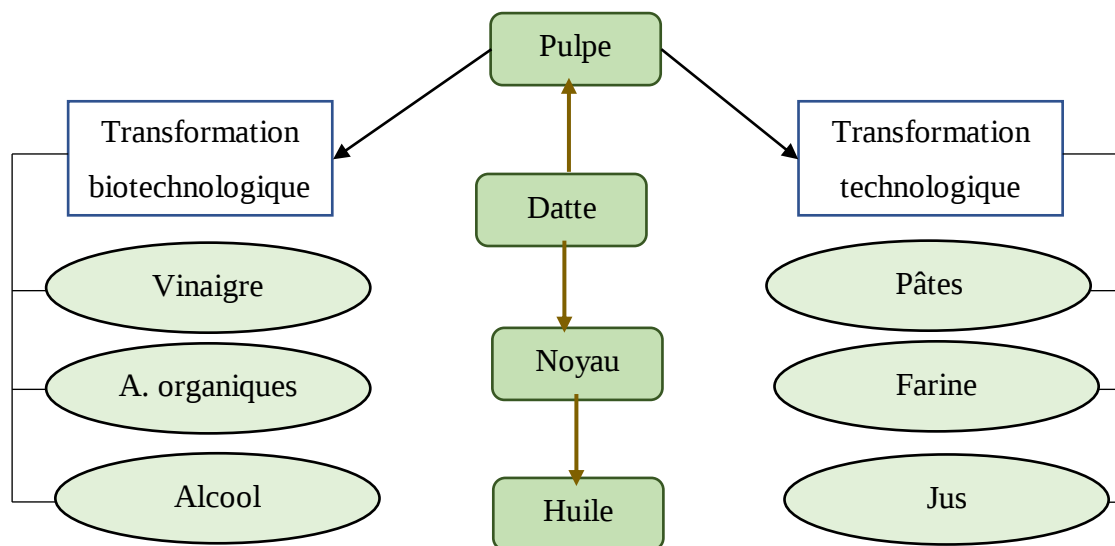


Figure 3: Schéma de la transformation de la datte (Noui, 2017).

Chapitre II

Caractéristiques du Vinaigre de datte

II.1. Historique

Le vinaigre possède une histoire ancienne qui remonte à plus de 10 000 ans. Les Babyloniens (anciens Égyptiens) ont été les premiers à produire du vinaigre à partir de vin de palmier il y a environ 5 000 ans avant J.-C. La civilisation ancienne l'a employé comme assaisonnement, agent de conservation et même à des fins thérapeutiques (**Solieri & Giudici, 2021 ; Chen et al., 2022**).

Sur le plan scientifique, la compréhension du processus de formation du vinaigre s'est progressivement développée grâce aux avancées de la microbiologie. Les recherches modernes ont confirmé que la formation du vinaigre résulte de l'oxydation de l'éthanol en acide acétique sous l'action de bactéries acétiques appartenant principalement aux genres *Acetobacter* et *Komagataeibacter*, en présence d'oxygène (**Chen et al., 2022 ; Lyu et al., 2023**).

Les études actuelles considèrent que le biofilm formé à la surface des milieux fermentés correspond à une communauté microbienne acétique responsable de la bioconversion de l'alcool en acide acétique, et non à un simple champignon comme cela avait été supposé dans les premières observations historiques (**Solieri & Giudici, 2021**).

Les travaux récents en microbiologie alimentaire ont également permis de définir les critères de qualité du vinaigre, qui incluent : une acidité stable, une fermentation complète, l'absence de micro-organismes pathogènes, ainsi que des caractéristiques organoleptiques optimales telles que la limpidité, l'arôme et l'équilibre gustatif (**Giudici & Gullo, 2020 ; Chen et al., 2022**).

II.2. Définitions de vinaigre

Provenant étymologiquement du mot vin et aigre, il s'agit de vin devenu aigre suite à la prolifération de bactéries. On nomme vinaigre tout produit issu de la fermentation acétique de boissons ou de substances à dilution alcoolique. La majorité des vinaigres sont produits en combinant différents types d'alcools avec de l'eau (**Solieri & Giudici, 2021; Chen et al., 2022**). Selon **Giudici et Gullo (2020)**, le vinaigre est un liquide élaboré à partir d'une substance adéquate riche en amidon ou en sucres, selon le processus biologique de la double fermentation alcoolique et acétique.

II.3. Composition du vinaigre

La composition d'un vinaigre est étroitement dépendante de la matière première utilisée. L'acide acétique, qui représente la majorité de sa composition, présente généralement des concentrations supérieures à 45 g/L. En fonction du type de vinaigre, les composants spécifiques se manifestent en diverses quantités. Parmi les critères de distinction, on trouve les concentrations en extrait sans sucre, sorbitol, acétoïne, acide lactique, acide tartrique ou lactose (Solieri & Giudici, 2021 ; Chen et al., 2022).

- L'acide L-tartrique est présent dans le vinaigre de vin.
- L'acide L-malique se trouve dans le vinaigre de pomme.
- Le vinaigre de lactosérum (petit lait) contient de l'acide D- et L-lactique.
- Le vinaigre de citron, quant à lui, est riche en acide citrique.

Il est néanmoins essentiel de noter la génération de nouveaux composés durant le processus d'acétification (produit issu de la fermentation) ou découlant de l'interaction entre les différents composants : Selon Solieri et Giudici (2021), l'acétaldéhyde participe à la saveur du vinaigre, tandis que les « mélanoidines » de poids moléculaire élevé donnent au vinaigre sa couleur brune. Ces polymères possèdent une capacité antioxydante notable qui a été l'objet de nombreuses études (Zhang et al., 2021 ; Chen et al., 2022). Pour différencier le vinaigre de fermentation du vinaigre synthétique (produit par simple dilution d'acide acétique), on peut identifier trois critères :

- Contenu total d'esters éthyliques : le vinaigre de fermentation contient approximativement 0.008 à 0.022 g pour 100 ml, alors que le vinaigre synthétique n'en contient pas.
- Indice de permanganate d'oxydabilité des substances volatiles : cet indice est insignifiant pour les vinaigres synthétiques, et il ne baisse généralement pas en dessous de 3 pour les vinaigres de fermentation.
- Test quantitatif à l'iode : les vinaigres de fermentation retiennent plus de dix fois la quantité par rapport aux vinaigres artificiels.

II.4. Différents types de vinaigre

II.4.1 vinaigre obtenu par fermentation acétique

a. Vinaigre de vin

On désigne généralement le vinaigre dérivé du raisin comme étant « vinaigre de vin » ou « vinaigre de raisin ». On peut le réaliser à partir de vin blanc, rouge ou rosé. Il devrait comporter au minimum un gramme de substance solide de raisin, 0,13 gramme de résidus de raisin et 4 grammes d'acide acétique pour chaque 100 ml à une température de 20°C. Selon **Chen et al., 2022**. C'est l'un des vinaigres les plus couramment employés en cuisine, particulièrement en France. Comme son appellation le suggère, il est fabriqué à partir de vin rouge ou blanc. La méthode de vinification la plus répandue est celle orléanaise qui consiste à laisser le vin fermenter de manière naturelle dans des tonneaux de chêne, sans incorporer d'autres éléments. Au bout de trois semaines, la moitié du contenu du fût est déplacée vers un fût plus petit, et le fût initial est réapprovisionné. Quelques-uns de ces vinaigres « à l'ancienne » sont vieillis pendant une année, ce qui les transforme en produits de luxe avec des saveurs inégalées, mais qui sont proposés à un coût élevé. (**Solieri & Giudici, 2020**).

b. Vinaigre d'alcool

Produit à partir d'éthanol distillé. La provenance de l'éthanol peut être soit la fermentation, soit la synthèse chimique (**Sharma & Singh, 2023 ; El-Naggar et al., 2024**).

c. Vinaigre blasmatique

Il vient de Modène, une ville située au nord de l'Italie. Il est élaboré à partir de marc de raisins sucrés du cépage. Récolté en retard, ce qui lui confère une teneur plus élevée en sucre et un goût sans pareil. Il présente une teinte brune profonde, avec un arôme riche et sucré. (**Giudici & Solieri, 2020 ; García-Parrilla et al., 2022**).

d. Vinaigre de céréales

Il s'agit d'un vinaigre produit sans passer par une distillation intermédiaire à partir de n'importe quelle céréale dont l'amidon a été converti en sucre par des agents autres que les diastases de l'orge maltée (**Chen et al., 2021 ; Codex Alimentarius, 2022**).

e. Vinaigre de glucose

Ce vinaigre est produit à partir de l'acétification d'un liquide contenant de l'alcool issu de la fermentation d'une solution commerciale de glucose, présentant une acidité variante entre 42 et 60,5 % (Chen et al., 2022 ; Sharma & Singh, 2024).

f. Vinaigre de cidre et de Poiret

Il est issu de l'acétification du cidre et du poiré, présentant une teinte jaunâtre. Ce vinaigre contient une grande quantité de pectine, et a un goût fortement acide. (García-Parrilla et al., 2021 ; El-Naggar et al., 2023).

g. Vinaigre de betterave

Le vinaigre de betterave est produit en soumettant du jus de betterave à un processus d'acétification. Traditionnellement, on le mélange avec une quantité équivalente de vinaigre d'alcool (Bibb et al., 2021 ; Chen et al., 2022)

h. Vinaigre de petit lait

Fabriqué à partir de sérum de lait enrichi avec la quantité requise de sucre pour produire un vinaigre à acidité standard. Il s'agit d'un fluide délicatement coloré en jaune ambré qui possède un goût plaisant (El-Naggar et al., 2022 ; Sharma & Singh, 2023).

I.4.2 Vinaigre provenant de la distillation du bois ou vinaigre de bois d'acide acétique

Ce vinaigre est produit par la dilution d'acide acétique de haute pureté, sous la forme d'essence de vinaigre, à environ 80% d'acide acétique, avec une quantité appropriée d'eau pour réduire sa concentration à environ 8° (Solieri & Giudici, 2020 ; Chen et al., 2021).

II.5. Méthodes de fabrication du vinaigre

D'après Sharma & Singh (2024), les méthodes principales de production incluent :

II.5.1. Procédé d'Orléans

Le vin est oxydé dans des fûts en contact avec l'air. Une pellicule de bactéries acétiques se forme. Le vinaigre est prélevé et le vin ajouté par le bas du conteneur.

II.5.2. Procédé de Schutzenbach

Le vin s'écoule dans des colonnes remplies de copeaux de chêne qui retiennent les bactéries acétiques. (Solieri & Giudici, 2020; Chen *et al.*, 2021)

II.5.3. Procédé en culture submergée

Réalisée à l'aide de fermenteurs équipés d'un système d'aération forcée (acetator, cavitator). Toutes les méthodes de fabrication de vinaigre font appel à des flores mixtes d'acétateur. (El-Naggar *et al.*, 2023 ; Sharma & Singh, 2024)

II.6. Vinaigre traditionnel de datte

II.6.1. Définition

Le vinaigre traditionnel est un produit biologique obtenu par la fermentation d'une portion de dattes avec deux portions d'eau, agrémenté de quelques ingrédients tels que : le blé, l'orge, harmel, coriandre, piment, sel de table, clou de fer. Cette bioconversion s'effectue grâce à l'utilisation de levures et de bactéries acétiques qui se trouvent naturellement dans la datte (Bibb *et al.*, 2021; El-Naggar *et al.*, 2022).

II.6.2. Cultivars utilisés pour la production du vinaigre traditionnel

Dans la vinaigrerie traditionnelle, le choix des types de dattes est déterminé par leur disponibilité, leur profusion et leur goût pour la production de vinaigre traditionnel. Malgré leur distribution entre les trois catégories de dattes, ces variétés sont classifiées comme dérivés du palmier dattier en raison de leur valeur commerciale. Ces dernières sont principalement destinées à l'alimentation du bétail et servent également de complément nutritionnel lors des périodes de pénurie alimentaire. Les types de dattes mentionnés ci-dessous sont ceux qui sont généralement les plus utilisés. Cependant, la Deglet-Nour et la Ghars sont particulièrement prisées et se retrouvent fréquemment dans la production traditionnelle de vinaigre (Solieri & Giudici, 2020 ; García-Parrilla *et al.*, 2022).

- **Harchaya** : Également connue sous le nom de 'Dkel Akerded'.

- **Assabri** : Cette petite datte sèche de couleur brune.
- **Hamraya** : Il s'agit d'une variété douce de teinte rouge sombre également appelée 'Tazagart'.
- **El Horra** : C'est une variété sèche qui a une forme ovoïde. Elle se distingue par sa couleur ombragée, comportant une subtile nuance de blanc.

II .6.3. Technologie du vinaigre :

Technologie du vinaigre est une procédure facile qui s'appuie sur la double fermentation en deux phases :

a. Fermentation alcoolique :

Le processus biologique de fermentation alcoolique consiste à convertir des sucres en alcool éthylique (éthanol) et en dioxyde de carbone (CO₂) grâce à l'action de micro-organismes, principalement des levures. Cette levure est le saccharomyce à température ambiante pendant plusieurs jours. Ce processus a lieu sans la présence d'oxygène, dans un environnement anaérobie. Le glucose et le fructose sont les sucres essentiels à la transformation qui pénètrent dans les cellules de levure via une diffusion facilitée. Ils subissent ensuite une phosphorylation qui mène à la fin de la fermentation, donnant lieu à la production d'alcool éthylique (**Sharma & Singh, 2024**). Près de 30 à 35% du carbone est converti en biomasse cellulaire, alors que 50% des glucides se transforment en éthanol. Le surplus de sucre est employé dans la production d'énergie. (**El-Naggar et al., 2023**)

L'équation bilan de la fermentation alcoolique :

C₆H₁₂O₆ (glucose) se transforme en 2 CH₃CH₂OH (éthanol) et 2 CO₂ (dioxyde de carbone).

b. Fermentation acétique :

La fermentation acétique désigne un mécanisme biologique au cours duquel l'éthanol (alcool éthylique) est converti en acide acétique (vinaigre) grâce à des bactéries acétiques appelées acétobacters. Ce processus a lieu en présence d'oxygène (**Chen et al., 2022**). Selon **Solieri & Giudici (2020)**, la plage idéale de température pour la fermentation acétique se trouve entre 20 et 32 °C. Et ceci est réalisé en utilisant une réaction acide à un pH optimal se situant

entre 4 et 6. Le processus d'acétification continue jusqu'à l'épuisement total du milieu alcoolisé. Les additifs permis comprennent uniquement : le sel, le sucre, le miel, les épices et les arômes naturels.

L'équation de bilan pour la fermentation acétique :

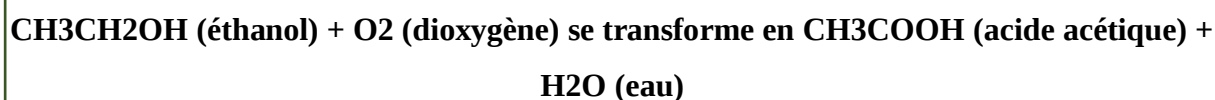


Figure 4 : Diagramme de Fabrication de vinaigre (Addad rawida& Ouahiani soumia).

II.6.4. Utilisation de vinaigre

a. Les vertus thérapeutiques de vinaigre

Les médecins arabes de l'époque ont évoqué les effets bénéfiques et néfastes du vinaigre sur la santé. Ils affirmaient qu'il apaisait les douleurs d'estomac, était bénéfique pour la rate, soignait la jaunisse, facilitait la digestion, stimulait l'appétit, calmait les brûlures et que sa consommation excessive rongerait les nerfs et altérerait le teint du visage tout en favorisant l'apparition des tumeurs (Solieri & Giudici, 2020; Chen et al., 2022).

Au-delà de son emploi comme assaisonnement, antioxydant et agent de conservation alimentaire, il est également utilisé pour traiter diverses affections et infections telles que les céphalées et les maux de gorge, la constipation, les pellicules, les toux, les piqûres d'insectes, les brûlures... etc. (El-Naggar et al., 2023)

b. Utilisation domestique

Le vinaigre est perçu comme un agent de nettoyage pour le sol, les fenêtres, les miroirs, les robinets, etc. Il sert de désodorisant pour neutraliser les odeurs dans divers espaces tels que les réfrigérateurs, les armoires, les moquettes, les chaussures, etc. Aussi est un produit de détartrage qui agit efficacement pour supprimer le tartre et les accumulations minérales. On peut s'en servir pour le nettoyage des bouilloires, cafetières, têtes de douche, robinets...ect (Sharma & Singh, 2024).

c. Utilisation cuisine

Le vinaigre sert d'assaisonnement pour sublimer le goût des mets. On l'utilise fréquemment dans les vinaigrettes à salade, les marinades pour viandes et légumes, ainsi que dans les sauces (García-Parrilla et al., 2022). C'est également un très bon agent de conservation alimentaire qui aide à étendre la durée de vie de la viande, des poissons, des légumes, des fruits, ...etc. (Chen et al., 2021). On l'utilise aussi pour déglacer viandes et légumes.

Partie expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

I.1. Matériel végétal

I.1.1. Choix de variété

La variété *Tantboucht* a été choisie dans cette étude en raison de son abondance, notamment dans les oasis du sud-est Algérien, et de son faible coût comparé à d'autres variétés commerciales. Cette variété présente également une teneur en sucres, minéraux et vitamines, cela en fait une matière première idéale pour la fermentation alcoolique et acétique en vue de la production de vinaigre. De plus, cette variété a une faible consommation à l'état frais, ce qui en fait un bon choix pour la transformation industrielle et la conversion en produits à valeur nutritionnelle, tels que le vinaigre.



Figure 5 : Variété de dattes Tantboucht (Originale, 2026).

Cette variété est caractérisée par :

- **Distribution géographique :** On le trouve principalement dans la région d'Oued Righ, et en plus petites quantités dans les zones voisines.
- **Date de maturité :** Octobre.
- **Commercialisation :** Activité commerciale moyenne à bonne. Forte demande locale, mais moins connue à l'internationale.
- **Forme de fruit :** Circulaire.
- **Taille de fruit :** Petite à moyenne.

- **Poids de fruit (g) :** 8 à 12 g.
- **Couleur au stade Tmar :** Marron foncé ou noire.
- **Consistance :** Molle à demi-molle.
- **Plasticité :** Tendre ou élastique.
- **Texture :** Douce.
- **Goût :** Très doux avec une saveur forte et distinctive. (Hannachi et *al.*, 1998).

I.1.2. Obtention et conservation des échantillons

Les dattes utilisées dans la présente étude ont été récoltées au début de novembre 2025 dans une palmeraie située au niveau de la commune de Sidi Amrane, relevant administrativement de la daïra de Djamaa, wilaya d'El Meghaier.

Après leur prélèvement, les échantillons ont été transportés dans des conditions appropriées afin d'éviter tout dommage ou contamination. Les échantillons ont été nettoyés à l'eau pour éliminer toute impureté résiduelle, puis séchés à température ambiante. Ils ont ensuite été conservés dans des récipients propres et hermétiques, dans un endroit frais et sec ou à température de 4 °C, afin de préserver leurs propriétés physico-chimiques jusqu'à leur utilisation en laboratoire.

I.2. Appareils et réactifs utilisés

I.2.1. Dispositif de fermentation

Le montage expérimental comprend deux unités distinctes : la première est destinée à la fermentation alcoolique, tandis que la seconde est consacrée à la fermentation acétique.

Unité 01 : Le dispositif de fermentation repose sur le principe de la conversion des sucres présents dans le jus de datte en alcool éthylique et en dioxyde de carbone, dans un environnement anaérobie.

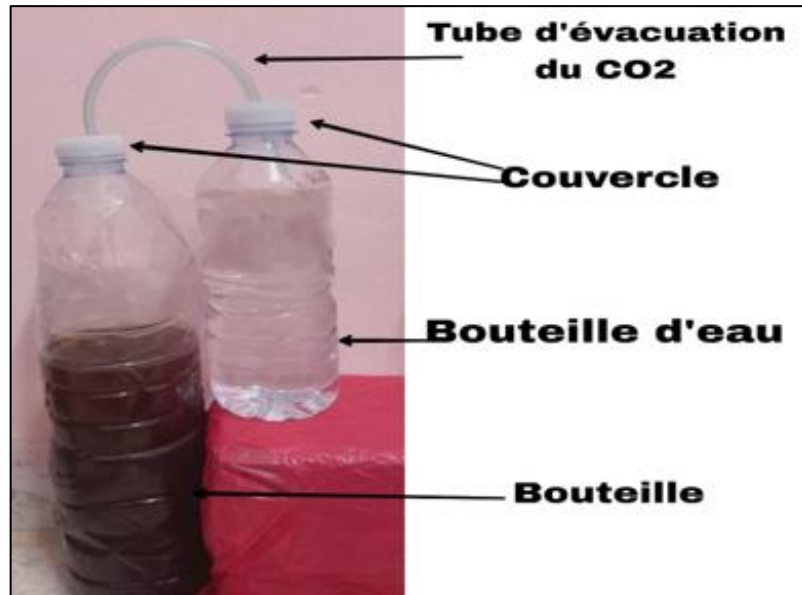
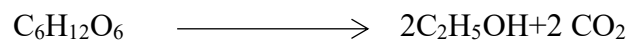


Figure 6: Dispositif de la fermentation alcoolique (Originale, 2026).

La réaction globale de la fermentation alcoolique peut être représentée comme suit :



Unité 02 : Le dispositif de fermentation acétique fonctionne en transformant l'alcool (éthanol) en vinaigre (acide acétique) en présence d'oxygène. Une fois la fermentation alcoolique terminée, la bouteille en plastique est ouverte et son ouverture est couverte d'un morceau de tissu (qui permet à l'oxygène d'entrer dans la bouteille tout en empêchant les insectes et les contaminants).



Figure 7: Dispositif de la fermentation acétique (Originale 2026).

Les bactéries acétiques (acétobacter) utilisent l'oxygène pour transformer l'éthanol en acide acétique, un processus appelé acétofermentation. Au fil du temps, l'acidité du milieu augmente et du vinaigre se forme.

Ce processus se déroule généralement à une température modérée (environ 25 à 30 °C) et nécessite une bonne ventilation pour une conversion optimale.

I.2.2. Matériel technique d'étude au laboratoire

Dans cette étude nous avons utilisé les appareils suivants :

- PH-mètre.
- Conductimètre.
- Refractomètre Brix.
- Verreries de laboratoire.

I.3. Méthodologie

I.3.1. Elaboration du vinaigre de datte

I.3.1.1. Préparation des lots

Dans cette étude, nous avons utilisé cinq lots du vinaigre :

Tableau 6 : Comparaison des caractéristiques organoleptiques des différents vinaigres de dattes.

	Lot N°1	Lot N°2	Lot N°3	Lot N°4	Lot N°5
Nature de l'eau	Eau de robinet	Eau minérale	Eau distillée	Eau acide	Eau basique
Concentration du Brix	20% ; 10%	20% ; 10%	20% ; 10%	20% ; 10%	20% ; 10%
pH d'eau	7.62	7.2	7	4,85 par l'ajoute de jus de citron	10,36 par l'ajoute de NaOH
Conductivité	/	787 $\mu\text{s/cm}$	1,89 $\mu\text{s/cm}$	/	/

I.3.1.2. Extraction du jus de dattes

L'extraction de jus de datte a été réalisé selon la méthode de Acouréne *et al.*, 2001, le processus d'extraction s'effectue en plusieurs phases :

1. Les dattes sont triées, lavées et égouttées.
2. Une portion de 4 kg est découpée en petits morceaux afin d'augmenter la surface exposée à l'eau et d'obtenir une extraction maximale de jus.
3. On joute 8 litres d'eau.

4. Le mélange est ensuite chauffé à une température de 80 °C pendant 90 minutes afin de ramollir les parois cellulaires, avant d'être mixé jusqu'à obtention d'une texture homogène.
5. La pulpe est séparée du jus grâce à un processus de filtration utilisant un tissu textile



Figure 8 : Lavage de dattes (Original, 2026).



Figure 9: Dénoyautage de dattes.



Figure 10 : Découpage de dattes (Originale, 2026)



Figure11 : Bouillante de dattes (Originale, 2026).



Figure 12 : Filtration de mélange
(Originale, 2026)



Figure 13 : Rebut (Valorisable)
(Originale, 2026).

I.3.1.3. Élaboration du vinaigre à partir de jus de dattes

Pour obtenir du vinaigre à partir du jus de datte, nous suivons ces étapes :

1. Le jus de dattes est laissé à fermenter pendant 45 jours à température ambiante pour permettre la fermentation alcoolique.
2. Après cette période, le haut de la bouteille est coupé pour laisser passer l'air et la bouteille est couverte d'un tissu pour la protéger des insectes.
3. Le mélange est ensuite laissé à une température de 30 °C pendant un mois supplémentaire.
4. À la fin de cette période, le tissu est retiré et le produit est filtré pour obtenir le vinaigre de dattes. Afin d'améliorer sa qualité hygiénique, le vinaigre est stérilisé par ébullition, puis conservé dans de petites bouteilles bien fermées.

I.3.2. Analyses physico-chimiques du vinaigre de datte

Les analyses s'effectuent au niveau de laboratoire de la Faculté des sciences naturelles et de la vie de l'Université d'Eloued.

I.3.2.1. Détermination de pH

Surveiller le pH est crucial pour la régulation de la fermentation microbienne. Son changement indique l'activité métabolique de la microflore. La mesure du pH se fait par une lecture directe sur un pH mètre qui a été préalablement calibré.

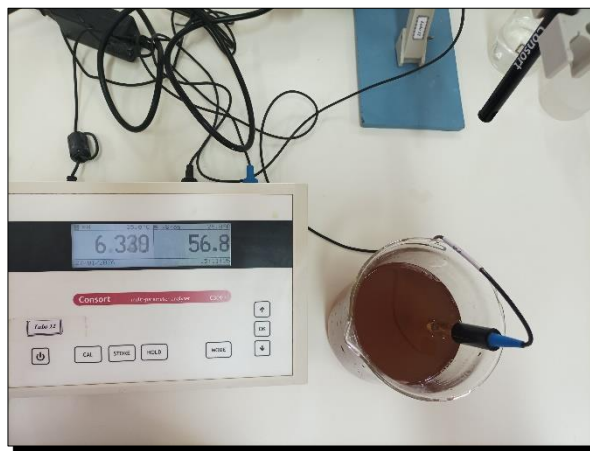


Figure 14 : pH mètre (Originale, 2026).

I.3.2.2. Détermination de conductivité électrique

La conductivité nous donne des informations sur la concentration en sels solubles dans le produit. On l'évalue à l'aide d'un conductimètre. Les résultats sont exprimés en ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

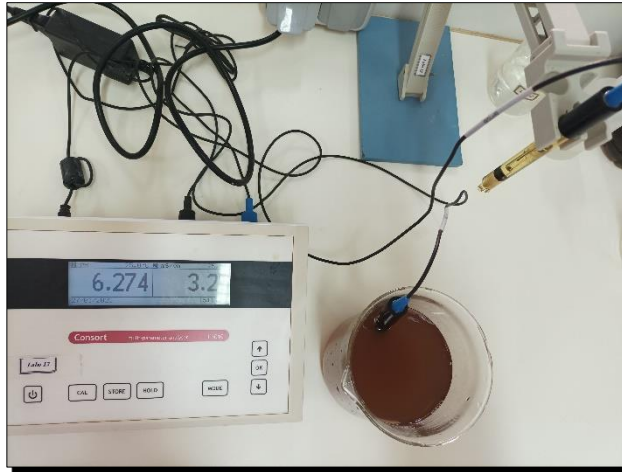


Figure 15 : Conductimètre (Originale, 2026)

I.3.2.3. Détermination de la densité

La densité reflète l'état physique du milieu (voyance, concentration du matériau), ce qui affecte l'activité des micro-organismes pendant la fermentation (**Guiraud, 1998**).

Cette technique consiste à immerger un densimètre dans l'échantillon contenu dans une éprouvette graduée de 100 millimètres, ce qui permet d'obtenir une mesure directe de la densité. Ces mesures sont effectuées à une température constante de 20°C.



Figure 16 : Densimètre (Originale, 2026).



Figure 17 : Mesure de la densité en densimètre en laboratoire (Originale, 2026).

I.3.2.4. Détermination du taux de solides solubles (Degré Brix°)

Le degré Brix° correspond au pourcentage de solides solubles (Saccharose) dans une solution pure. L'appareil réfractomètre permet d'estimer la teneur en sucre du produit.



Figure 18 : Réfractomètre (Originale, 2026)

I.3.3. Analyses biochimiques

I.3.3.1. Détermination de taux d'acide acétique

Un titrage volumétrique a été réalisé à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N, la phénolphtaléine étant utilisée comme indicateur de couleur.



Figure 19 : Titrage volumétrique (NaOH 0.1N) (Originale, 2026).

La concentration en acide acétique est exprimée en g/l par la formule suivante (Clavet, 1992) :

$$C(\text{g/l}) = \frac{F \cdot V}{10} \times 60$$

Avec :

C : Concentration de l'acide acétique en g/l.

F : Facteur correspondant à la normalité de soude 0.1N.

V : Volume de la soude en ml.

60 : la masse molaire de l'acide acétique.

I.3.3.2. Détermination de taux d'acide citrique

L'acide citrique a été mesuré avec une base forte de (NaOH 1N) en présence de phénolphthaléine. Calcule la concentration d'acide citrique par :

$$\text{Acide citrique} = (\text{Volume NaOH versé} \times 0.07 / \text{prise d'essai}) \times 100$$



Figure 20 : Titrage volumétrique (NaOH 1N). (Originale, 2026)

I.3.4. Analyse microbiologique du vinaigre de dattes de la variété Tantboucht

I.3.4.1. Recherche de levures et des moisissures

La technique comprend trois étapes consécutives :

- Préparation de série des dilutions.
- Ensemencement et incubation.
- Dénombrement des colonies et interprétation des résultats

a. Préparation de série des dilutions

La plupart des études ont préparé leur solution mère selon la méthode de ISO, par homogénéisation de 20 à 25 g d'échantillon avec 225 ml d'eau peptones tamponné soi par un mixeur ou manuellement. En suit, incubé l'homogénat à 37 c° pendant 24 h pour

l'enrichissement ou utilisé directement pour la préparation des dilutions décimales en série (10^{-1} _ 10^{-6}) ont été préparé par la même eau peptones stérile et utilisé pour les analyses microbiologiques des échantillons

b. Ensemencement et incubation

Le milieu utilisé pour la recherche de ces germes est l'oxytétracycline-glucose-agar (OGA) ou La gélose Décolorant Rose Bengale Chloramphénicol (DRBC). On prélève 1ml de la dernière dilution préparée. Elle sera ensemencée puis étalée avec un milieu stérile. L'incubation s'effectuera à 25°C pendant 5 jours. **Messaid et *al.*, (2008)**

Chapitre II

Résultats et discussion

II.1. Résultats d'analyse physico-chimique et biochimique du vinaigre de datte

Dans cette partie, les différents vinaigres élaborés à partir du jus de dattes ont été analysés afin d'évaluer leurs caractéristiques physico-chimiques et biochimiques. Les paramètres étudiés sont : la concentration en acide acétique, la concentration en acide citrique, la densité, le pH, la conductivité électrique et le degré Brix°.

II.1.1. Analyses physico-chimiques

II.1.1.1. Potentiel d'hydrogène pH

La figure (21), indique les valeurs de pH pour l'ensemble des vinaigres traditionnels élaborés.

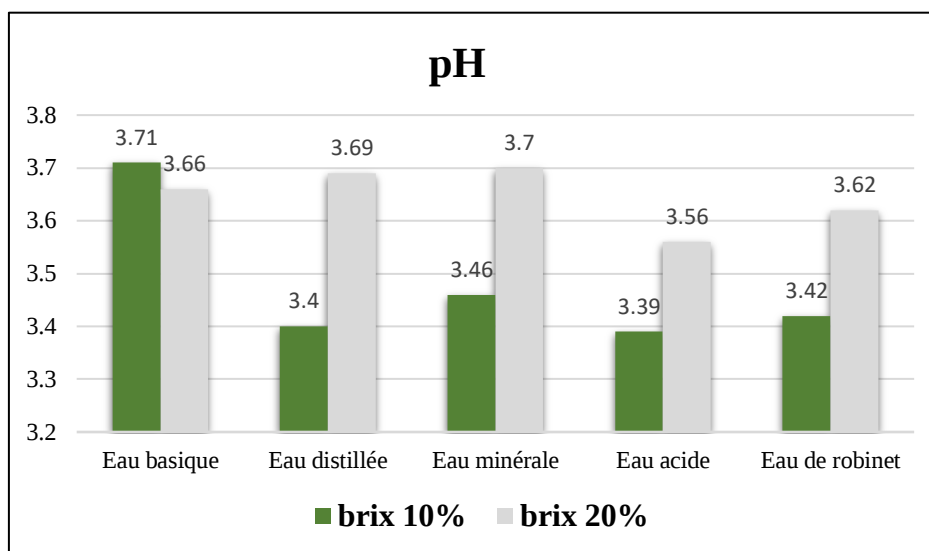


Figure 21 : Valeurs du pH de différents types de vinaigre traditionnel de dattes de la variété *Tantboucht*.

Le pH du vinaigre préparé dans cette étude variait de 3,39 à 3,71, selon le type d'eau utilisé et le degré Brix. Le pH le plus bas (3,39) a été enregistré pour le vinaigre préparé avec de l'eau acide à 10 % Brix, tandis que le pH le plus élevé (3,71) a été enregistré pour le vinaigre préparé avec de l'eau alcaline à 10 % Brix. Ces résultats confirment l'acidité des produits préparés et sont conformes aux caractéristiques générales du vinaigre alimentaire vendu.

Ces valeurs restent proches de celles rapportées par **Solieri et Giudici (2021)** ainsi que **Chen et al. (2022)**, qui ont indiqué que le pH des vinaigres commerciaux et traditionnels se situe généralement entre 2,8 et 3,8 en fonction du substrat utilisé et des conditions de

fermentation. D'après Dahmani et al. 2008, le pH des échantillons de vinaigre de dattes est compris entre $3,27 \pm 0,07$ chez la variété Degla Beida, $3,62 \pm 0,07$ chez la variété Deglet Nour et $3,45 \pm 0,01$ chez le vinaigre de la variété Tacherwit.

La légère variation de pH entre les échantillons s'explique par la concentration d'acides organiques, notamment d'acide acétique, formés lors de la fermentation. Chen et al. (2022) indiquent que l'intensité de l'acidité dépend directement de l'activité des bactéries acétiques et des conditions de fermentation (aération, substrat et concentration en sucres). Un pH bas est un indicateur important de la qualité microbiologique du produit. L'acidité contribue à inhiber la croissance des micro-organismes indésirables et améliore la stabilité du vinaigre pendant le stockage. Selon Solieri et Giudici (2021), l'acidité est un facteur clé pour garantir la sécurité et la conservation des vinaigres, qu'ils soient artisanaux ou industriels.

II.1.1.2. Détermination de la conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique obtenues varient entre 4,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 8,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ selon les différents échantillons analysés (Fig 22).

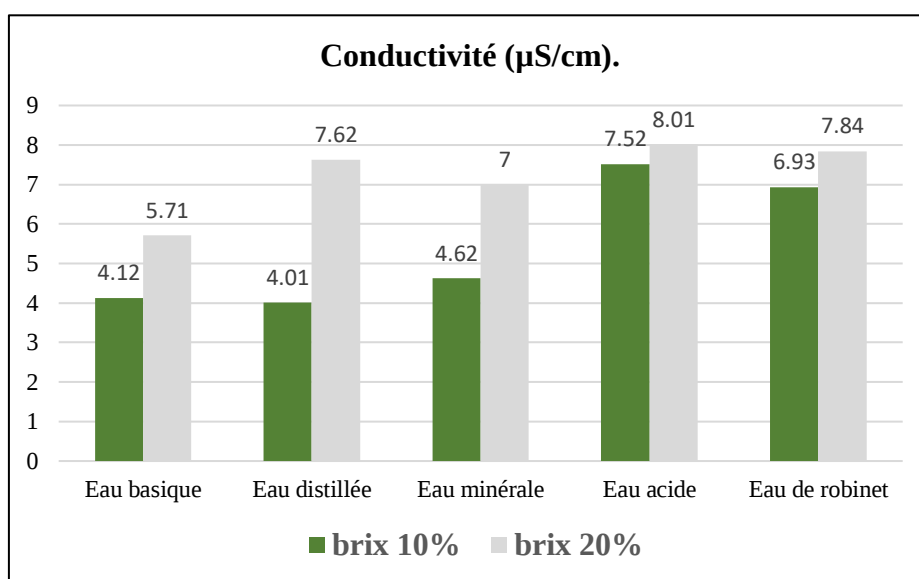


Figure 22 : Conductivité électrique de différents types de vinaigre de dattes traditionnel de la variété *Tantboucht*.

La conductivité électrique du vinaigre préparé dans cette étude variait de 4,01 à 8,01 $\mu\text{S/cm}$, selon le type d'eau utilisé et le degré Brix. La valeur la plus élevée a été enregistrée pour le vinaigre préparé avec l'eau acide à 20 % Brix (8,01 $\mu\text{S/cm}$), suivie de celle du vinaigre préparé avec l'eau du robinet à 20 % Brix (7,84 $\mu\text{S/cm}$), puis de celle du vinaigre préparé avec de l'eau distillée à 20 % Brix (7,62 $\mu\text{S/cm}$). À l'inverse, la valeur la plus faible a été observée pour le vinaigre préparé avec l'eau distillée à 10 % Brix (4,01 $\mu\text{S/cm}$).

L'augmentation de la conductivité électrique à 20 % Brix par rapport à 10 % peut s'expliquer par l'enrichissement du milieu en substances dissoutes (ions minéraux, acides organiques et sels issus de la fermentation). Ce résultat concorde avec les observations récentes de **Chen et al. (2022)**, qui ont montré que la conductivité du vinaigre fermenté augmente avec la concentration du sucre primaire, en raison de la production progressive d'acide acétique et d'autres composés ioniques.

Les valeurs obtenues dans cette étude (4,01–8,01 $\mu\text{S/cm}$) sont similaires à celles rapportées par **Ali et al. (2024)** pour le vinaigre de dattes traditionnel, où la conductivité variait de 5,2 à 9,3 $\mu\text{S/cm}$ selon les conditions de fermentation. De même, **Solieri et Giudici (2021)** ont rapporté une conductivité comprise entre 6,0 et 10,5 $\mu\text{S/cm}$ dans différents types de vinaigres de fruits, confirmant que les produits riches en acides organiques et en minéraux présentent des valeurs plus élevées.

Selon le travail de **Dahmani et al. 2008**, la conductivité électrique du vinaigre traditionnel de dattes est comprise entre $4,95 \pm 0,05 \mu\text{S/cm}$ pour le vinaigre de la variété *Deglet nour* et $6,29 \pm 0,07 \mu\text{S/cm}$ pour la variété *Tantboucht* et $6,15 \pm 0,06 \mu\text{S/cm}$ pour le vinaigre de la variété *Degla Beida*.

Le type d'eau utilisé est également un facteur crucial. Le vinaigre préparé avec l'eau acide et l'eau du robinet présente une conductivité électrique plus élevée, en raison de sa teneur en ions dissous (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^-), qui contribuent à la charge ionique totale. En revanche, l'utilisation d'eau distillée, dépourvue de minéraux, donne des valeurs plus faibles, comme l'ont noté **El-Hajj et Didi (2023)**, qui ont montré qu'un vinaigre préparé avec l'eau pauvre en minéraux présente une conductivité électrique inférieure à 5 $\mu\text{S/cm}$.

Ces résultats confirment que la conductivité électrique constitue un indicateur indirect de l'intensité de la fermentation et de la richesse minérale du vinaigre, comme l'ont également souligné **Chen et al. (2022)** dans leurs travaux récents sur les caractéristiques physico-chimiques des vinaigres fermentés.

II.1.1.3. Détermination de la densité

La figure (23) indique les densités de différents types de vinaigre traditionnel élaborés par la variété *Tantboucht*.

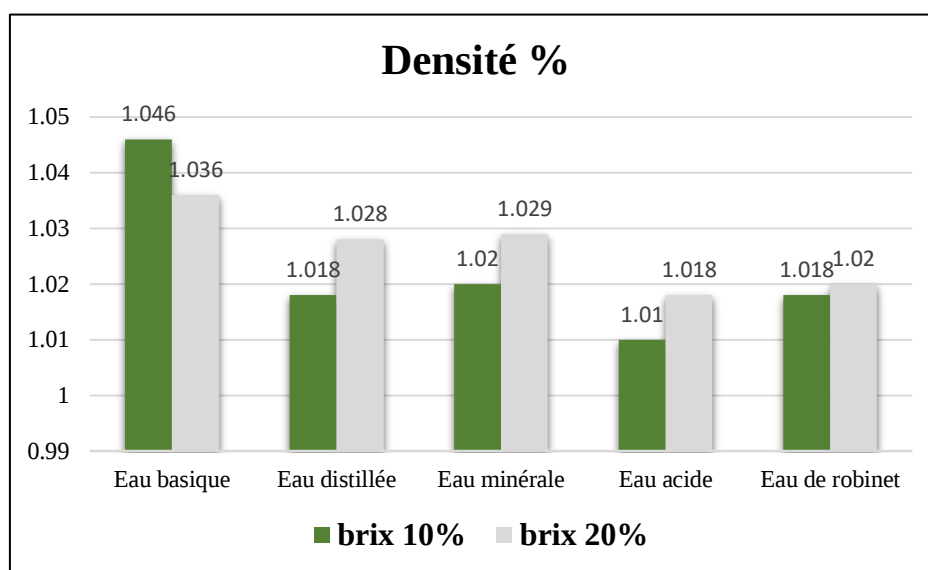


Figure 23 : Densité de différents types de vinaigres de dattes traditionnel de la variété *Tantboucht*.

Les valeurs de densité mesurées varient entre 1,010 % et 1,046 % selon les différents échantillons analysés. La densité la plus élevée a été enregistrée pour le vinaigre préparé avec l'eau basique à 10 % Brix° (1,046), tandis que la valeur la plus faible a été observée pour le vinaigre élaboré avec l'eau acide à 10 % Brix° (1,010). Les différences entre les échantillons restent relativement faibles, ce qui indique une certaine homogénéité des produits obtenus.

L'augmentation de la densité peut être attribuée à une teneur plus importante en matières dissoutes, notamment les sucres résiduels incomplètement fermentés, les acides organiques et les composés minéraux issus du processus de fermentation. Les échantillons préparés à 20 % Brix° présentent généralement des densités légèrement plus élevées que ceux à 10 %, ce qui s'explique par une concentration initiale plus importante en solides solubles.

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par **Chen et al. (2022)**, qui ont constaté une densité comprise entre 1,012 et 1,050 dans différents types de vinaigres artisanaux des dattes chinoise de la variété Jujube. De même, **Solieri et Giudici (2021)** indiquent que la densité des vinaigres de fruits se situe généralement entre 1,010 et 1,055, avec des valeurs plus élevées dans les produits présentant une fermentation partielle ou une teneur élevée en composés solubles **Ali et al. (2024)** ont observé des densités comprises entre 1,015 et 1,048 selon la variété et les conditions de fermentation, ces valeurs très proches de celles obtenues dans la présente étude. Ces auteurs ont également montré que les vinaigres issus de matières premières riches en sucres présentent une densité plus élevée en raison de la persistance de sucres résiduels et de composés non volatils.

Les échantillons préparés avec l'eau basique et l'eau de robinet présentent des densités plus élevées, ce qui peut être lié à leur contenu en sels minéraux et en ions dissous, contribuant ainsi à une densité accrue. À l'inverse, l'utilisation d'eau acide ou distillée donne des valeurs plus faibles en raison de sa plus faible concentration initiale en solutés. **Hajj et Didi (2023)** ont également confirmé l'influence de la composition du milieu sur la densité du vinaigre, observant une diminution progressive de celle-ci au cours de la fermentation.

D'après **Chen et al. (2022)**, les vinaigres bien fermentés présentent des densités proches de l'eau mais légèrement supérieures en raison de la présence d'acides organiques et de minéraux

II.1.1.4. Détermination du taux de solide soluble TSS " °Brix "

La figure 24, présente les valeurs Brix° mesurées pour différents types de vinaigre préparés à partir de dattes Tentboucht.

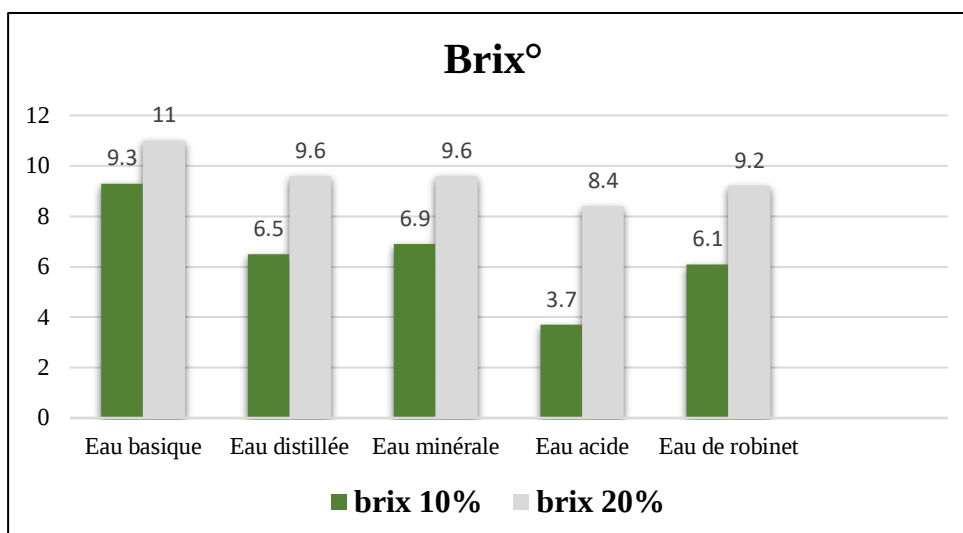


Figure 24 : Valeurs Brix pour différents types de vinaigre traditionnel de dattes de la variété *Tantboucht*.

Le TSS des vinaigres traditionnels de dattes est variable entre 3,7 et 11° Brix, selon le type d'eau utilisé et le degré Brix° initial. La valeur la plus élevée a été enregistrée dans le vinaigre préparé avec l'eau basique à 20 % de Brix (11° Brix), tandis que la valeur la plus faible a été observée dans le vinaigre préparé avec l'eau acide à 10 % de Brix (3,7° Brix). Ces résultats reflètent directement la teneur en sucres solubles ainsi que leur évolution au cours des différentes phases de fermentation.

Le degré Brix constitue un indicateur clé de la concentration en sucres fermentescibles, lesquels sont progressivement transformés en éthanol lors de la fermentation alcoolique, puis en acide acétique durant la fermentation acétique. Cette diminution progressive des sucres traduit l'activité métabolique des levures et des bactéries acétiques. **Chen et al. (2022)** confirment que la réduction du degré Brix est fortement corrélée à l'intensité de la fermentation ainsi qu'à l'efficacité de la conversion des sucres en composés organiques acides dans les vinaigres de dattes.

Les valeurs obtenues dans cette étude (3,7–11° Brix) sont comparables à celles rapportées par **Ali et al. (2024)**, qui ont enregistrés des valeurs finales comprises entre 3,0 et 9,5° Brix dans des vinaigres de dattes traditionnels des variétés Khalas et Sukkari. De même, **Solieri et Giudici (2021)** indiquent qu'un vinaigre de fruits bien fermenté présente généralement des valeurs inférieures à 10 °Brix, tandis que des valeurs plus élevées peuvent indiquer une fermentation incomplète ou la présence de sucres résiduels.

Tesfaye et *al.* (2021) ont également observé une diminution significative du degré Brix, passant de valeurs initiales supérieures à 15 °Brix à des valeurs finales proches de 4 à 9 °Brix après fermentation complète. Ceci confirme les résultats obtenus dans cette étude, indiquant que les sucres ont été transformés au cours de la fermentation.

Les échantillons préparés avec l'eau basique et l'eau de robinet ont présenté des valeurs légèrement supérieures, ce qui s'explique par une plus grande disponibilité initiale de composés minéraux, favorisant une fermentation progressive et une rétention partielle des sucres résiduels. En revanche, l'utilisation d'eau acide ou distillée a entraîné des valeurs inférieures en raison de conditions moins favorables à la stabilisation des sucres. Hajj et Didi (2023) ont également montré le rôle des conditions de fermentation sur l'évolution de l'indice Brix, démontrant que ce dernier diminue plus rapidement dans les milieux pauvres en nutriments. Nos résultats confirment que la diminution du degré Brix constitue un indicateur fiable de la progression de la fermentation et de l'efficacité des microorganismes fermentaires.

II. 1. 2. Analyses biochimiques

II. 1.2.1. Détermination de la concentration en acide acétique

L'acide acétique résulte de l'oxydation de l'éthanol en aérobie par les bactéries acétiques (Acétobacters). Les résultats obtenus (Fig. 25) montrent que la concentration en acide acétique varie entre 3,96 g/l et 15,66 g/l selon le type d'eau et le degré Brix° utilisé.

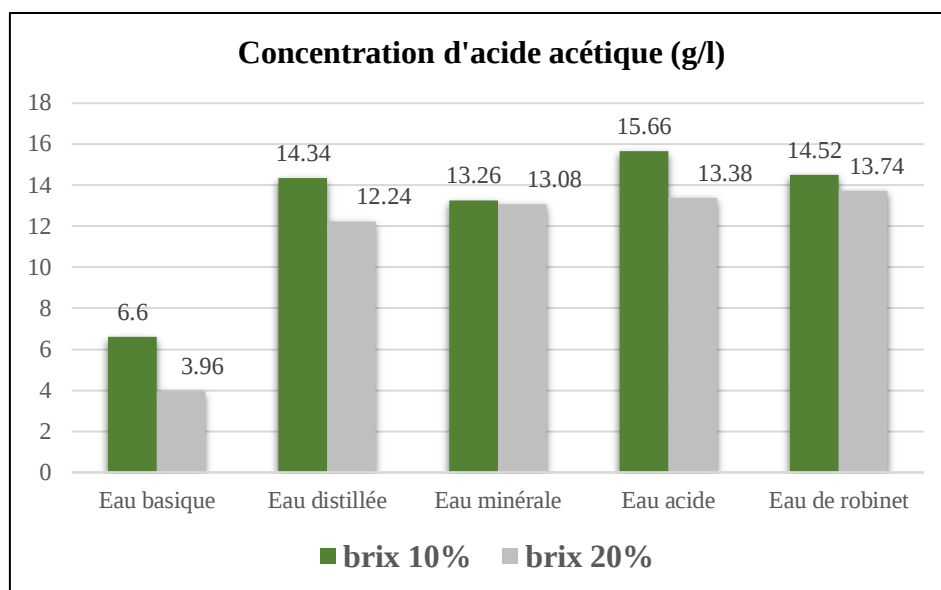


Figure 25 : Concentration en acide acétique des différents vinaigres de dattes de la variété *Tantboucht*.

Dans cette étude, les concentrations maximales de l'acide acétique sont enregistrées pour les vinaigres élaborés par l'eau acide, l'eau de robinet et l'eau distillée à Brix°10% avec 15,66 g/l ; 14,52g/l et 14,34 g/l respectivement. Les autres concentrations sont comprises entre 13,74 et 3,96 g/l, quel que soit l'eau ou le degré Brix° utilisés. **Ali et al. (2024)** ont trouvé des concentrations en acide acétique comprises entre 8,5 et 16,2 g/L dans des vinaigres de dattes traditionnelles chez les variétés *Khalas* et *Sukkari*. De même, **Solieri et Giudici (2021)**, les vinaigres artisanaux de raisin et de pomme présentent généralement des teneurs comprises entre 4 et 18 g/L. Nos résultats montrent que l'eau acide favorise la production d'acide acétique, suivie de l'eau de robinet puis de l'eau distillée, tandis que l'eau basique présente les valeurs les plus faibles. Cette différence peut être liée au pH initial du milieu et de l'activité des bactéries acétiques dans le milieu légèrement acide. Ces observations confirmées par le travail de **Chen et al. (2022)**, sur la datte chinoise de la variété Jujube, qui indique que la phase d'acétification est fortement dépendante du pH et des conditions d'aération.

Dahmani et al. 2008, notent qu'il y a une relation inverse entre la teneur en acide acétique et la valeur du pH. Les vinaigres ayant un teneur élevé en acide présentent une valeur du pH plus faible tel que le vinaigre de pomme de 4,44% d'acide acétique et pH de 2,76.

D'après le travail de **Tesfaye et al. (2021)** sur la fermentation acétique des fruits, les concentrations en acide acétique augmentent progressivement jusqu'à un optimum situé entre 12 et 17 g/L, avant de se stabiliser ou de diminuer en cas de conditions défavorables.

II. 1.2.2. Détermination de la concentration en acide citrique

D'après la figure (26), les concentrations en acide citrique obtenues varient entre 0,128 g/L et 1,73 g/L selon les échantillons analysés.

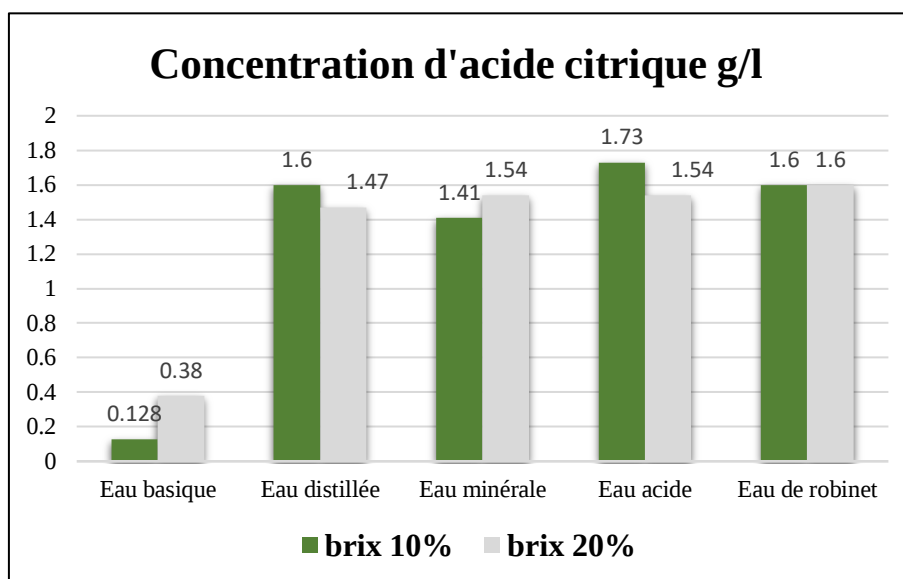


Figure 26 : Concentration en acide citrique des différents vinaigres de dattes de la variété *Tantboucht*.

La concentration en acide citrique des vinaigres élaborés dans cette étude varie entre 0,128 g/L et 1,73 g/L selon le type d'eau utilisé et la concentration en Brix. La valeur la plus élevée a été enregistrée dans le vinaigre préparé avec l'eau acide à 10 % de Brix (1,73 g/L), tandis que la valeur la plus faible a été observée dans le vinaigre élaboré avec l'eau basique à 10 % de Brix (0,128 g/L). Cette différence s'explique principalement par l'ajout de jus de citron dans le traitement à eau acide, ce qui contribue directement à l'enrichissement du milieu en acide citrique.

Ali et al. (2024) ont observé des concentrations en acide citrique comprises entre 0,4 et 1,9 g/L dans des vinaigres de dattes. De même, **Solieri et Giudici (2021)** rapportent que les vinaigres artisanaux peuvent présenter des teneurs en acide citrique variant entre 0,2 et 2,0 g/L, ce qui confirme la cohérence des résultats obtenus dans la présente étude.

D'après le travail de **Dahmani et al. 2008**, la teneur en acide citrique des échantillons de vinaigre traditionnel de dattes est comprise entre 1,05% et 3,15% celle du vinaigre de Deglet Nour est égale à 1,75%. Le vinaigre de pommes présentes une teneur de 4,83 proche de celle de Degla Beida (3,15),.

Les échantillons préparés avec l'eau distillée, minérale et de robinet présentent des valeurs intermédiaires relativement proches, ce qui suggère que la composition minérale de l'eau a un effet modéré sur la teneur finale en acide citrique, comparativement à l'effet direct des additifs acides. Une étude de **Chen et al. (2022)** montre que la composition du milieu de fermentation influence significativement la composition en acides organiques, notamment dans les produits à base de fruits fermentés.

Tesfaye et al. (2021), ont également mis en évidence l'influence du milieu de fermentation, indiquant que la concentration en acides organiques, notamment en acide citrique, varie en fonction de la disponibilité des nutriments et de la nature du substrat, avec une augmentation marquée dans les milieux riches en composés organiques. Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle l'ajout de sources d'acides naturels peut modifier significativement la composition organique finale du vinaigre.

La production d'acide citrique met en œuvre l'espèce *Aspergillus Niger* qui existe naturellement dans la datte et qui fermente les sucres et les transforme en acide citrique (**Arab et Guezzoun, 2003**).

D'après nos résultats, l'acide citrique, bien qu'en faible proportion par rapport à l'acide acétique, joue un rôle important dans les caractéristiques sensorielles du vinaigre. Selon **Chen et al. (2022)**, l'acide citrique contribue à l'équilibre gustatif, à l'acidité globale et à la stabilité organoleptique des produits fermentés, en agissant comme un modulateur de la perception acide.

II. 1.3. Résultat d'analyse microbiologique du vinaigre de dattes de la variété *Tantboucht*

Tableau 7. Résultats de la recherche des levures et des moisissures.

Auteur	Variété de datte utilisée	Résultats
Cette étude	Tantboucht	Résultat négatif pour les levures et les moisissures
Ould El Hadj et <i>al.</i> , (2001)	Hchef de Deglet Nour Harchaya Hamraya	La présence de moisissures en faible nombre pour tous les types de vinaigres
Ejim-Eze et <i>al.</i> , (2019)	/	Levures isolées apparaissent sous forme de colonies circulaires, blanches, régulières / microorganisme identifié est un <i>saccharomyce cerevisiae</i> .
Bouaziz (2009)	Datte	Résultat est négatif pour des levures et des moisissures
Benahmed-Djilali et <i>al.</i> , (2012)	<i>Deglet Beida</i> <i>Mech-Deglet</i>	Les deux variétés des dattes contiennent naturellement des levures et des moisissures
Mbungu et <i>al.</i> , (2016)	Mangues	N'est pas des levures et des moisissures dans les résultats

Conclusion

Conclusion

Le vinaigre traditionnel de dattes est connu depuis longtemps chez les populations sahariennes. Dans le cadre de ce travail, une étude comparative a été menée afin d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques de différents vinaigres élaborés à partir des dattes de la variété Tantboucht.

L'objectif principal de cette étude est la valorisation biotechnologique des dattes locale de faible valeur marchande de la variété Tantboucht par leur transformation en vinaigre biologique selon une méthode traditionnelle. L'étude a également porté sur l'influence de différents types d'eaux ainsi que de deux concentrations en sucres (10 % et 20 % Brix°) sur la qualité du produit final.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer l'effet des conditions de fermentation sur les paramètres de qualité du vinaigre produit. Les analyses réalisées ont montré que les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques varient en fonction des conditions de préparation.

Les mesures de pH ont révélé des valeurs comprises entre 3,39 et 3,71, confirmant l'acidité du vinaigre produit. Les valeurs les plus basses ont été enregistrées pour les lots préparés avec de l'eau acide, reflétant l'acidité accrue du milieu de fermentation. Les mesures de conductivité électrique ont également démontré l'influence de la composition minérale de l'eau utilisée sur les propriétés finales du vinaigre.

Les vinaigres préparés avec l'eau acide, l'eau distillée et l'eau du robinet ont présenté les concentrations en acide acétique les plus élevées, atteignant respectivement 15,66 g/L, 14,34 g/L et 14,52 g/L dans des lots à 10 % Brix°. Ces résultats indiquent une activité fermentaire plus importante et d'une conversion plus efficace de l'éthanol en acide acétique. À l'inverse, les vinaigres préparés avec l'eau basique ont affiché les concentrations les plus faibles, ce qui indique un effet inhibiteur du milieu alcalin sur les bactéries acétiques.

Les analyses biochimiques ont révélé la présence d'acide citrique dans tous les échantillons, avec des concentrations plus élevées dans le vinaigre élaboré à partir d'eau acide et d'eau du robinet. De plus, les mesures du degré Brix° final ont confirmé une diminution des sucres au cours de la fermentation, indiquant leur consommation par les levures et les bactéries acétiques.

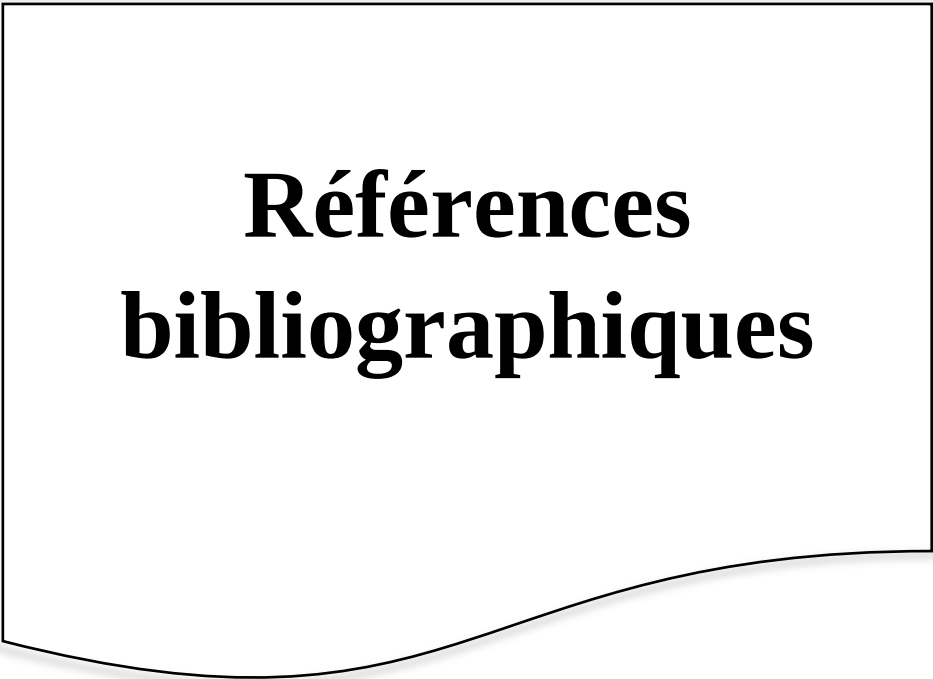
Conclusion

. L'analyse microbiologique a révélé l'absence totale des levures et des moisissures dans l'ensemble des échantillons étudiés, confirmant ainsi la bonne qualité hygiénique et sanitaire du vinaigre obtenu.

Non résultats indiquent que l'utilisation de l'eau acide associée à une concentration de 10% Brix° a permis d'obtenir le vinaigre de meilleure qualité, caractérisé par une teneur élevée en acide acétique et une bonne stabilité microbiologique. Cette étude montre que les dattes à faible valeur commerciale constituent une matière première précieuse pour la production de vinaigre naturel de haute qualité. Cet investissement contribue à réduire les pertes agricoles et ouvre des perspectives économiques prometteuses dans les régions productrices de dattes du sud algérien.

À partir des résultats obtenus, plusieurs perspectives peuvent être envisagées :

- Étudier d'autres variétés de dattes algériennes afin de comparer leurs aptitudes technologiques à la production de vinaigre.
- Optimiser les conditions de fermentation (température, durée, inoculum, aération) pour améliorer le rendement en acide acétique.
- Réaliser des analyses microbiologiques plus approfondies portant sur les bactéries acétiques impliquées dans la fermentation.
- Étudier la composition nutritionnelle détaillée du vinaigre produit (polyphénols, composés antioxydants, minéraux et vitamines).
- Évaluer les propriétés thérapeutiques et antioxydantes du vinaigre de dattes.
- Développer une production semi-industrielle ou industrielle du vinaigre de dattes afin de promouvoir la valorisation des sous-produits phoénicoles en Algérie.
- Étudier la stabilité du vinaigre au cours du stockage et déterminer sa durée de conservation optimale.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abd-Alla, M. H., & El-Enany, A. E. (2012). Production of acetone–butanol–ethanol from spoilage date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits by mixed culture of *Clostridium acetobutylicum* and *Bacillus subtilis*. *Biomass and Bioenergy*, 42, 172–178.
2. Abou-Zeid, A. Z. A., Baeshin, N. A., & Baghlaf, A. O. (1991). The formation of oxytetracycline in a date-coat medium. *Bioresource Technology*, 37(2), 179–184.
3. Acourene, S. (2013). Valorisation biotechnologique des dattes de faible valeur marchande (Thèse de doctorat). Institut National Agronomique (INA), El Harrach, Alger, Algérie.
4. Acourene, S., Belguedj, M., & Taleb, B. (2001). Caractérisation et évaluation de la qualité de la dattte. *Recherche Agronomique*, 5(8), 19–39.
5. Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates. *Food Chemistry*, 108, 165–171.
6. Ali, A., Ben Ahmed, H., & El Ouaer, A. (2024). Physicochemical and sensory characterization of traditional date vinegar produced under different fermentation conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 48(2), 1–12.
7. Allag, A., & Saoudi, I. (2020). Valorisation biotechnologique des sous-produits de dattes (Mémoire de master). Université Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi, Algérie.
8. Allam, A., et al. (2021). Morphological and physicochemical characterization of date palm cultivars. *Journal of Applied Life Sciences and Environment*, 9(3).
9. Al-Mssallem, I. S., et al. (2013). Genome sequence of the date palm *Phoenix dactylifera* L. *Nature Communications*, 4, 1–9.
10. Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of date palm: Its possible use as food for the future. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54, 247–259.
11. Amellal, H. (2008). Aptitudes technologiques de quelques variétés de dattes (Thèse de doctorat). Université M'Hamed Bougara, Boumerdès, Algérie.
12. Ben Ahmed Djilali, A. (2007). Étude et optimisation de fabrication du vinaigre de dattes (Mémoire de magister). Université M'Hamed Bougara, Boumerdès, Algérie.

13. Benahmed-Djilali, A., Benrachedi, K., & Benamara, S. (2012). Possibilité de production d'un vinaigre biologique de dattes cultivées dans le sud algérien. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, (35),
14. Benaoun, N. (2007). Maladies traitées par le vinaigre traditionnel de dattes (Mémoire de DESS). Université Kasdi Merbeh, Ouargla, Algérie.
15. Benyagoub, B. (2023). La phoeniciculture en Algérie : enjeux et perspectives. *Revue des Régions Arides*, 51(2), 45–58.
16. Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E., & Attia, H. (2009). Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 114(1), 232–236.
17. Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E., & Attia, H. (2007). Valorisation des pulpes de dattes. *MHA : Maghreb, Industrie Agro-Alimentaire*, 18(52), 3–7.
18. Bhat, S. V., Akhtar, R., & Amin, T. (2014). Biological production of vinegar. *International Journal of Fermented Foods*, 3(2), 139–155. New Delhi Publishers.
19. Bouaziz S., 2009. Caractérisation physico-chimique et biochimique de quelques vinaigres traditionnels des dattes issus de cultivars de la région d'Ouargla. Magistère en biologie université d'Ouargla : 5-9.
20. Bourgeois, C. M., & Larpent, J. P. (1996). Microbiologie alimentaire: Aliments fermentés et fermentations industrielles (Vol. 2). Lavoisier Tec & Doc.
21. Canilha, L., et al. (2012). Bioethanol production from biomass. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*.
22. Chen, H., Chen, T., Giudici, P., & Solieri, L. (2022). Vinegar: fermentation, production processes and quality attributes. *Food Reviews International*, 38(5), 1–28.
23. Chniti, S. (2015). Production d'éthanol à partir de dattes. Thèse de doctorat, Rennes 1.
24. Codex Alimentarius. (2022). Norme régionale pour le vinaigre (Région : Proche-Orient) (CXS 260-2006, Révisée en 2022). FAO/OMS.
25. DAHMANI S., REBBOUH I (2008). Etude comparative des caractéristiques physicochimiques de différents types de vinaigres : Le vinaigre traditionnel de dattes (Deglet Nour, Degla Beida, Tacherwit), vinaigre de pommes et vinaigre vendu en

- épicerie. Mémoire de fin d'Etude supérieures en Biologie. Université Kasdi Merbeh Ouargla, P 50.
26. Dakhia, N., et *al.* (2013). Diversité variétale du palmier dattier. *Journal Algérien des Régions Arides*.
27. Dakhia, N., Guezlane, A., & Hellati, A. (2016). Conservation des dattes : Méthodes de stockage et de préservation (Bulletin technique n° 4). El Oued, Algérie: Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS).
28. Djidel, A. (2007). Production d'acide lactique à partir de jus de dattes par fermentation (Thèse de doctorat). Université de Nancy, France.
29. Djouab, A. (2007). Transformation des dattes de faible valeur marchande en margarine (Mémoire de master). Université d'Algérie, Alger
30. Ejim-Eze, E. K., Lynch, K. M., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2019). Physiology of acetic acid bacteria and their role in vinegar and fermented beverages: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 587–625.
31. El Hadj, O., & Didi, M. (2023). Influence of mineral water composition on physicochemical properties of fermented date vinegar. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(4), 1120–1132.
32. El Hadrami, I., & Al-Khayri, J. M. (2012). Socioeconomic and environmental importance of date palm. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19(4), 405–417.
33. Elsanhoty, R. M., et al. (2012). Carotenoid production from date waste. *Industrial Crops and Products*, 36, 313–320.
34. FAO. (2022). *Date palm cultivation and production systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
35. FAOSTAT. (2023). *Food and agriculture data: Dates production statistics*. FAO Database. <https://www.fao.org/faostat/>
36. FAOSTAT. (2024). *Global date production database*. Food and Agriculture Organization.
37. Giudici, P., & Gullo, M. (2020). Vinegar quality and production. In *Encyclopedia of Food Microbiology* (3rd ed., pp. 112–125). Academic Press.
38. Hafidi, B. (2015). Étude technologique des dattes et de leurs dérivés. *Revue des Sciences Alimentaires*, 7(2), 55–67.

39. Hannachi, S., Khitri, D., Benkhalifa, A., & Brac de la Perrière, R. A. (1998). Inventaire variétal du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) en Algérie. ANRH.
40. Harrak, H., & Boujnah, M. M. (2012). Valorisation des dattes de qualité secondaire (Bulletin de transfert de technologie). Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
41. Hassan, M., Ali, S., & Khan, A. (2023). Chemical composition and functional properties of date fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 1205–1218.
42. ITDAS. (s.d.). La pâte de dattes : Procédés de fabrication et conservation. Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne.
43. Jozala, A. F., et al. (2016). Bacterial cellulose production. *Applied Microbiology and Biotechnology*.
44. Kim, J., et al. (2006). Microbial production processes.
45. Madr. (2023). *Rapport statistique sur la production agricole en Algérie*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Alger.
46. Mbungu Cardi, Karl Tshimenga, Pascal Nsambu, Christina Mputu Tshibadi, Joseph Muwawa, and Jean-Noël Mputu Kanyinda. 2016. Qualité microbiologique, caractéristiques Biochimiques et Physico-Chimiques d'un vinaigre artisanal à base des mangues jetées. *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 17 No. 3 Aug. 2016, pp. 947-953
47. Mehیار, G. F., et al. (2005). Citric acid production from dates. *Food Biotechnology*.
48. Messaid, H., & Benazzouz, A. (2008). Optimisation du processus d'immersion – réhydratation du système datte sèche – jus d'orange (Mémoire de magister). Université M'Hamed Bougara, Boumerdès, Algérie.
49. Mimouni, F. Z. (2021). Étude des caractéristiques physico-chimiques des dattes de la région d'Oued Righ (Mémoire de Master). Université d'El Oued, Algérie.
50. Mouffok, A. (2017). Production d'acide glutamique à partir des sous-produits du palmier dattier (Thèse de doctorat). Université d'Oran, Algérie.
51. Noui, Y. M. (2017). Valorisation et transformation technologique des dattes de faible valeur marchande (*Phoenix dactylifera* L.) (Thèse de doctorat). Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Batna 1, Batna, Algérie.

52. Ould El Hadj M.D. 2001. Qualité Hygiénique et Caractéristiques Physico-Chimiques du Vinaigre Traditionnel de Quelques Variétés de Dattes de la Cuvette de Ouargla. Article . Département d'Agronomie Saharienne, Université de Ouargla, B.P. 163, 30000 Ouargla.
53. Radwan, H., et al. (2010). Citric acid production using date syrup as a substrate by *Aspergillus niger*. *Journal of Biotechnology*, 150, 230–237.
54. Rehouma, M., & Ben Retmia, N. (2016). Traditional date vinegar: physicochemical and sensory characteristics. *Journal of Agricultural Research*, 54(3), 210–218.
55. Reiniati, I., Haryani, K., & Arifan, F. (2021). Bacterial cellulose production from agricultural waste: A review on production and future prospects. *Journal of Physics: Conference Series*, 1941(1), 012045.
56. Shafaghat, H., Najafpour, G. D., Rezaei, P. S., & Sharifzadeh, M. (2010). Ethanol production optimization from date syrup using *Saccharomyces cerevisiae*. *African Journal of Biotechnology*, 9(14), 2142–2148.
57. Shimizu, H., & Hirasawa, T. (2006). Glutamate production by *Corynebacterium glutamicum*. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 103, 1–38. Springer.
58. Siddiq, M., Aleid, S. M., & Kader, A. A. (Eds.). (2018). Dates: Postharvest science, processing, valorization and utilization. John Wiley & Sons.
59. Slimani, A., & Hamra, M. (2018). Valorisation des dattes locales dans l'industrie agroalimentaire (Mémoire de Master). Université de Ouargla, Algérie.
60. Solieri, L., & Giudici, P. (2017). Vinegars of the world: production, chemistry and sensory properties. *Springer International Publishing*.
61. Solieri, L., & Giudici, P. (2021). Vinegar production and microbial ecology. *Food Microbiology*, 97, 103–115.
62. Tesfaye, W., Morales, M. L., & García-Parrilla, M. C. (2021). Fermentation dynamics and quality parameters in fruit vinegars. *Food Chemistry*, 338, 127–136.
63. Yadav, A. K., et al. (2011). Lactic acid production from dates. *Starch*.
64. Zaid, A., & de Wet, P. F. (2019). Date palm cultivation. *FAO Plant Production and Protection Paper*, 156.

65. Zhang, Y., Kumar, R., & Singh, V. (2021). Organic acid production during fermentation of fruit substrates. *Bioresource Technology*, 325, 124–132

Annexes

Annexes 01 : Dilution du Brix du jus de datte

Brix 10 :

On prépare une solution diluée à partir d'une solution mère de concentration 20°Brix afin d'obtenir une solution à 10°Brix.

1 litre de la solution mère + 1450 ml d'eau distillée → solution à 10°Brix

1 litre de la solution mère + 900 ml d'eau minérale → solution à 10°Brix

1 litre de la solution mère + 1200 ml d'eau acide (pH = 4.85) → solution à 10°Brix

1 litre de la solution mère + 1000 ml d'eau du robinet → solution à 10°Brix

1 litre de la solution mère + 800 ml d'eau alcaline (pH = 10.36) → solution à 10°Brix

Annexe 2 : Ajustement du pH du milieu

PH acide (4,85) : On ajuste le pH de milieu par l'ajoute de jus de citron

Pour obtenir un milieu acide à pH = 4,85 on prélève 1 L d'eau distillée puis on ajoute 15 mL de jus de citron, jusqu'à atteindre la valeur souhaitée.

PH basique (10,36) : On ajuste le pH de milieu par l'ajoute de NaOH

Pour obtenir un milieu basique à pH = 10,36, on prélève 1 L d'eau distillée puis on ajoute 0,5 mL de solution de NaOH (0,5 N), jusqu'à stabilisation du pH.

Annexe 03 : Vinaigre élaboré par l'eau acide.



Annexe 04 : Vinaigre élaboré par l'eau de robinet.



Annexe 05 : Vinaigre élaboré par l'eau minérale.



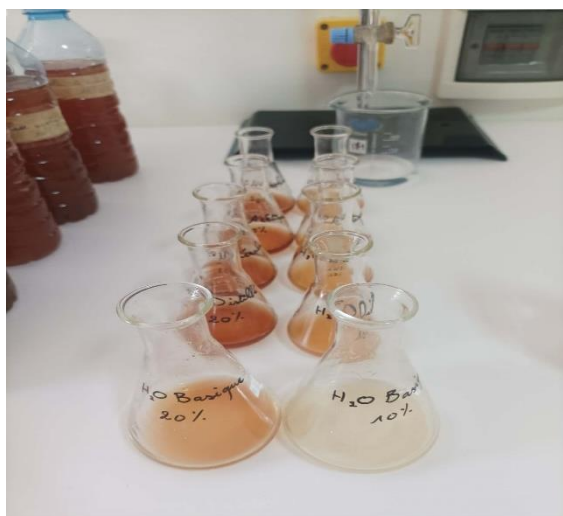
Annexe 06: Vinaigre élaboré par l'eau distillée.



Annexe 07 : Vinaigre élaboré par l'eau basique.



Annexe 08 : Matériels utilisés.



Annexe 09 : Titrage volumétrique.

