

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 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science biologique

Spécialité/Option : Microbiologie Appliquée

Département : Ecologie et Génie de l'environnement

Thème

Evaluation de l'effet antimicrobien du vinaigre

Présenté par :

- Atamna Mohamed El aid Ridha
- Chaabna Qatar ennada
- Maalem Khalida

Devant la commission composée de :

Président :	Mme. Louadbia Sellami N	Professeur	Université de Guelma
Examinatrice :	Mme. Torche A	M.C.A	Université de Guelma
Encadreur :	Mme. Boussadia M.I	M.C.B	Université de Guelma

Juin 2022

Remerciement

Nous estimons nos profondes gratitude et remercîment à dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et le courage de mener à terme ce modeste travail.

Nous remercions et nous exprimons notre respect aux membres de jury Dr Torche Asma et Pr Louabdia Sellami N qui nous ont fait l'honneur de présider le jury et d'examiner ce travail.

Et Dr BOUSSADIA MERIEM IMEN Notre maître de conférences qui a accepté avec joie de nous encadrer, guider et conseiller avec patience et encouragements durant toute la période de réalisation de ce travail.

Sans oublier de remercier tout le personnel techniciennes et ingénieures de laboratoire surtout Mme Hayat, Mme Bahya et Mme Wafa

On remercie également nos camarades de laboratoire qui nous nous avons aidée mutuellement pendant notre période de travail

En fin nous tenons à remercier du fond du cœur tous ceux qui nous ont aidé et contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Merci

Dédicace

*Je dédie notre modeste travail à mes chers parents **Ahmed** et **Saida** qui ont été de grand soutien moral.*

*À mes deux chers sœurs **Assia** et **Nour El-Houda** et à mon beau-frère **Djo** et ma petite nièce **Silya** que dieu me les gardent en vie et en bonne santé.*

Je dédie également ce travail à mes amis et mes cousins qui ont toujours été là pour moi et à toute personne qui m'a aidé à réaliser ce mémoire.

Atamna Mohamed El aid Ridha

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*À mon cher père **Azziz**, ma chère mère **Halima** pour leur soutien, leur coopération, leur patience et leurs sacrifices qu'ils ont consentis pour moi. Aucun mot n'est aujourd'hui assez fort pour qualifier tout l'amour que j'ai pour vous et vous remercie. Je te dois ma réussite*

A ma seule sœur, et mon seul frère qui sont toujours été présent pour moi

A mes chères copines : Hayat, Boutheyra, Djihen, Amjed, Anes et sans oublier Allaqui toujours sont là pour moi

A mon petit amour mon chat Luna

A mes amis et à toutes les personnes qui j'aime.

Chaabna Qatar ennada

Dédicace

Du profond de mon cœur, Je dédie ce travail à tous mes proches :

*Meschérs parents ; ma mère **Farida**, moi et mon père **Rachid**, mes tantes **Nadia** et **Leila**, à tous ceux qui m'ont encouragé pour atteindre mon objectif et qui m'ont soutenue tout au long de mon parcours, sans oublier l'être le plus cher qui a souvent été à mes côtés, ma grand-mère **Rokaya** que dieu la bénisse qui a cru en moi et qui m'a redonné le courage et le sourire lorsque l'angoisse, la tristesse et le désarroi s'emparaient de mon être.*

Maalem khalida

Table des matières

Liste des figures

Listes des tableaux

Liste des symboles &abréviations

Résumé

Introduction 1

Chapitre I : Généralités sur le vinaigre..... 3

1. Historique	3
2. Définition	3
3. Composition du vinaigre.....	4
4. Caractéristiques du vinaigre	4
5. Production du vinaigre	5
5.1. Fermentation alcoolique et acétique	6
5.1.1. Fermentation alcoolique	6
5.1.2. Fermentation acétique	7
5.2. Méthodes de fabrication	7
5.2.1. Procède Orléanaise	8
5.2.2. Procède Générateur	9
5.2.3. Procédé submergée.....	10
5.2.4. Autres voix de production de vinaigre	11
6. Différents types de vinaigre	12
Vinaigre d'alcool	12
Différence entre le vinaigre ménagé et le vinaigre d'alcool	13
Vinaigres de fruits.....	13
1. Vinaigre de cidre	13
2. Vinaigre de vin	14
3. Vinaigre balsamique.....	14
7. Qualité du vinaigre	15
8. Règlementation	15
9. Utilisation de vinaigre.....	16
10. Le vinaigre comme désinfectant naturel.....	17
11. Effets thérapeutiques du vinaigre	17
Effet antibactérien.....	17
Effet antioxydant	18
Effet antidiabétique.....	18

Effet antitumoral	19
Effet anti-obésité	19
Chapitre II : Matériel et méthodes	20
1. Préparation des échantillons	22
2. Paramètres physico-chimiques	22
2.1. Détermination du pH	23
2.2. Conductivité	23
2.3. Turbidité	23
2.4. Teneur en matière sèches	23
2.5. Dosage de l'acide acétique	23
2.5.1. La titration	23
2.6. Mesures de la couleur	24
3. Evaluation de l'activité bactériologique	25
3.1. Activité antibactérienne des antibiotiques	25
3.1.1. Antibiogramme	25
3.2. Activité antibactérienne du vinaigre	26
4. Dosage des métabolites secondaires et pouvoir antioxydant	26
4.1. Dosage des polyphénols	26
Principe	26
Mode opératoire	27
4.2. Dosage des Flavonoïdes	27
Principe	27
Mode opératoire	27
4.3. Activité antioxydant	28
Principe	28
Chapitre III : Résultats et discussions	30
1. Résultats de la caractérisation physico-chimique du vinaigre	30
1.1. pH	30
1.2. Conductivité	30
1.3. Turbidité	31
1.4. Teneur en acide acétique	31
1.5. Matières solides totales	32
1.6. Mesure de la couleur	33
2. Résultats de l'activité antibactérienne	33
2.1 Résultats de l'antibiogramme	33

2.2 Résultats de l'activité antibactérienne du vinaigre	34
3.Résultats du dosage métabolites secondaires et pouvoir antioxydant	50
3.1Polyphénols	50
3.2Dosage des flavonoïdes.....	50
3.3 Pouvoir anti radicalaire des vinaigres.....	51
Discussion	52
Conclusion	57
Références bibliographique	
Annex	

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 01	Equations chimiques du processus de fermentation	5
Figure 02	Fermentation alcoolique	6
Figure 03	Equation de la fermentation acétique	7
Figure 04	Différents processus de production de vinaigre	8
Figure 05	Acétification par le procédé Orléanais	9
Figure 06	Procédé générateur	10
Figure 07	Schéma du fermenteur à culture submergée	11
Figure 08	Procédé de production de vinaigre à partir du lactosérum	12
Figure 09	Espace colorimétrique tridimensionnel	24
Figure 10	Antibiogramme	25
Figure 11	Méthode de puits	26
Figure 12	Réaction des DPPH	28
Figure 13	Ph des vinaigres	30
Figure 14	Conductivité des vinaigres	31
Figure 15	Turbidité des vinaigres	31
Figure 16	Pourcentage d'acidité des vinaigres	32
Figure 17	Réfraction des vinaigres (Brix)	32
Figure 18	Effet d'antibiogramme	34
Figure 19	Effet des vinaigres sur <i>Salmonella Typhimurium</i> ATCC 14028	35
Figure 20	Effet des vinaigres sur <i>Klebsiella pneumoniae</i> . BMR	35
Figure 21	Effet des vinaigres sur <i>Escherichia coli</i> . BLSE	36
Figure 22	Effet des vinaigres sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	36

Figure 23	Effet des vinaigres sur <i>Staphylococcus aureus</i> <i>ATCC 43200</i>	37
Figure 24	Résultats du vinaigre à l'extrait de citron	38
Figure 25	Résultats du vinaigre de gingembre	39
Figure 26	Résultats du vinaigre de vin rouge	40
Figure 27	Résultats du vinaigre de pomme	41
Figure 28	Résultats du vinaigre à l'extrait de thym	42
Figure 29	Résultats du vinaigre d'ail	43
Figure 30	Résultats du vinaigre blanc	44
Figure 31	Résultats du vinaigre de framboise	45
Figure 32	Résultats du vinaigre balsamique	46
Figure 33	Résultats du vinaigre de grenade	47
Figure 34	Résultats du vinaigre de figue de barbarie	48
Figure 35	Résultats du vinaigre de datte	49
Figure 36	Concentration de Polyphénols des vinaigres	50
Figure 37	Concentration de flavonoïdes des vinaigres	51
Figure 38	Courbe du pouvoir antioxydant des vinaigres	52
Figure 39	Mécanismes d'action de la résistance D'antibiotique	55

Listes des tableaux

Tableau 01	Diffèrent type de vinaigre utilisée	21
Tableau 02	Souches bactériennes utilise	22
Tableau 03	Les paramètres de couleur des vinaigres	33

Liste des symboles &abréviations

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

BAA : Les bactéries d'acide acétique

C₂H₅OH : L'éthanol

CH₃COOH : L'acide acétique

ADH : L'alcool déshydrogénase

ALDH : Aldéhyde déshydrogénase

IGP : Indication Géographique de Production

AOP : Appellation d'origine protégée

DOP : Denominazione di origine protetta

DIZ : Zone d'inhibition

TFC : Total flavonoïde content

TPC : Total polyphénol content

°C : Degré *Celsius*

°F : Degré Fahrenheit

ml : Millilitres

L : Litres

mg : Milligramme

g : Gramme

pH : Potentiel hydrogène

€:Euro

NTU: Nephelometric turbidity unit

PSU: Practical salinity unit

µs : Microsiemens

Cm : Centimètre

µs/Cm : Microsiemens par centimètre

IC50 : Concentration Inhibitrice de 50%.

NaOH : Hydroxyde de sodium

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium

NaNO₂ : Nitrite de sodium

CMB : Concentration Minimal Bactéricides.

CMI : Concentration Minimal Inhibitrice.

nm : Nanomètre

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

μL : *Microlitre*

UFC : Unité Faisant Colonie

MH : Muller-Hinton

C₇H₆O₅ :Acide gallique

C₁₅H₁₀O₇ : Quercétine

mm :Millimètre

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle

CH₃OH : Méthanol

C₂₀H₁₄O₄ : Phénolphtaléine

Résumé

La prolifération de bactéries résistantes est devenue une préoccupation majeure dans le domaine de la santé. L'acquisition de ces multiples résistances a engendré une perte d'efficacité de l'antibiothérapie pour, finalement, conduire à une impasse thérapeutique. Le vinaigre, aliment produit par la fermentation de fruits et de légumes en deux étapes, à savoir la fermentation de l'alcool et la fermentation de l'acide acétique constitue aujourd'hui, un produit prometteur d'un certain nombre d'activités thérapeutiques, notamment, une activité anti tumorale, un contrôle de la glycémie et des propriétés anti-infectieuses. Dans ce contexte, la présente étude a pour objectifs de caractériser la physico-chimie, évaluer le pouvoir antibactérien et anti radicalaire de 12 échantillons de vinaigre commercialisés.

Les résultats montrent que le produit cible répond aux normes algériennes pour les paramètres pH et degré d'acide acétique. Par ailleurs, le vinaigre testé sur 5 souches bactériennes à savoir *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* BLSE, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae* BMR présente un potentiel pouvoir antibactérien pour l'ensemble des vinaigres à l'exception du vinaigre de l'ail, en comparaison avec les antibiotiques.

Les vinaigres du vin rouge, dattes, figue de barbarie, grenade et du balsamique présentent des teneurs élevées en polyphénols. Tandis que pour les flavonoïdes, le vinaigre du vin rouge et celui du balsamique ont présenté les meilleur teneurs.

Et enfin, la détermination du pouvoir anti-radicalaire montre une IC₅₀ du vinaigre de grenade qui a une concentration meilleure pour le dépiégeage de la moitié du radical libre (DPPH) en comparaison avec la vitamine C.

Mots clés : MDR ; antibiotique ; vinaigre ; potentiel antibactérien ; polyphénols ; flavonoïdes ; IC₅₀.

Summary

The proliferation of resistant bacteria has become a major concern in the health field. The acquisition of these multiple resistances has led to a loss of efficacy of antibiotic therapy and, ultimately, to a therapeutic impasse. Vinegar, a food produced by the fermentation of fruits and vegetables in two steps, namely the fermentation of alcohol and acetic acid is today a promising product with a number of therapeutic activities, including anti-tumor activity, blood sugar control and anti-infectious properties. In this context, the objectives of the present study are to characterize the physiochemistry, evaluate the antibacterial and antiradical power of 12 samples of vinegar marketed.

The results show that the target product meets the Algerian standards for the parameters pH and degree of acetic acid. In addition, the vinegar tested on 5 bacterial strains namely *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* BLSE, *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumoniae* BMR shows a potential antibacterial power for all vinegars except garlic vinegar, in comparison with antibiotics

Vinegars from red wine, dates, prickly pear, pomegranate and balsamic showed high polyphenol contents. For flavonoids, red wine vinegar and balsamic vinegar presented the best grade of flavonoid content.

And finally, the determination of the anti-free radical power shows an IC₅₀ for the pomegranate vinegar, which had a better concentration for the deprivation of half of the free radical (DPPH) in comparison with vitamin C.

Keywords: MDR; antibiotic; vinegar; antibacterial potential; polyphenols; flavonoids; IC₅₀.

ملخص

أصبح انتشار البكتيريا المقاومة مصدر قلق كبير في مجال الصحة. أدى اكتساب هذه المقاومات المتعددة إلى فقدان فعالية العلاج بالمضادات الحيوية مما أدى في النهاية إلى مأزق علاجي. الخل هو غذاء ينتج عن تخمير الفواكه والخضروات على مرحلتين، وهما تخمير الكحول وتخمير حمض الأسيتيك، وهو اليوم منتج واعد لعدد من الأنشطة العلاجية، ولا سيما النشاط المضاد للأورام والتحكم في نسبة السكر في الدم وخصائص مضادة للعدوى. في هذا السياق، تهدف الدراسة الحالية إلى توصيف الكيمياء الفيزيائية، لتقييم القوة المضادة للبكتيريا والمضادة للإشعاعات لـ 12 عينة من الخل المسوقة. أظهرت النتائج أن المنتج المستهدف يفي بالمعايير الجزائية للإعدادات الأس الهيدروجيني ودرجة حمض الأسيتيك. بالإضافة إلى ذلك، تم اختبار الخل على 5 سلالات التالية

Staphylococcus aureus ATCC 43300, *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* BLSE, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae* BMR

وظهر ان له قوة محتملة مضادة للجراثيم لجميع أنواع الخل باستثناء خل الثوم، مقارنة بالمضادات الحيوية. يحتوي خل النبيذ الأحمر والتمر والكمثرى والرمال والخل البلسمي على مستويات عالية من مادة البوليفينول. بينما بالنسبة لمركبات الفلافونويد، فإن خل النبيذ الأحمر وخل البلسمي يقدمان أعلى محتويات الفلافونويد وأخيراً، يُظهر تحديد القوة المضادة للإشعاعات أن تركيز اسي 50 لخل الرمان، تركيز أفضل لكسح نصف الجذور الحرة مقارنة بفيتامين سي.

الكلمات المفتاحية

مضاد حيوي؛ خل؛ إمكانات مضادة للجراثيم البوليفينول. الفلافونويد. اسي 50

Introduction

Introduction

Introduction

Depuis leur découverte, les antibiotiques ont permis de grandes avancées en thérapeutique et contribué à l'essor de la médecine moderne. L'introduction et l'utilisation en clinique des premières classes d'antibiotiques ont considérablement réduit la mortalité imputable à des maladies autrefois incurables. L'efficacité de l'antibiothérapie dans le contrôle et la limitation de la dissémination des agents pathogènes a ainsi fait naître l'espoir de pouvoir éradiquer l'ensemble des maladies infectieuses.

Malheureusement, l'émergence de bactéries résistantes aux antibiotiques a mis un terme à cette vague d'optimisme. La montée des résistances est due à la prescription immodérée et souvent inappropriée des antibiotiques. Administrés à titre curatif ou préventif, les antibiotiques favorisent l'élimination des bactéries sensibles et la sélection des plus résistantes. De nombreuses souches de staphylocoques dorés (*Staphylococcus aureus*), à l'origine d'abcès ou de septicémies, sont devenues multi-résistantes. Elles sont insensibles à plusieurs antibiotiques, y compris à la vancomycine, qui était, encore très récemment, utilisée comme le médicament du dernier recours. La prolifération de bactéries résistantes est devenue une préoccupation majeure dans le domaine de la santé. L'acquisition de ces multiples résistances a engendré une perte d'efficacité de l'antibiothérapie pour, finalement, conduire à une impasse thérapeutique. Aussi, au vu de la propagation du phénomène de résistance et du nombre limité d'antibiotiques en cours de développement, la découverte de nouveaux agents antibactériens, est devenue plus qu'indispensable.

En outre, les anciens médecins arabes ont parlé du vinaigre en citant ces effets utiles et nuisibles pour la santé. Le vinaigre né accidentellement, Tiré d'une jarre de boisson alcoolisée avec un sceau desserré, qui aurait pu tourner. Puis au fil du temps, l'homme a pu comprendre et maîtriser le processus à partir duquel il est arrivé à produire le vinaigre de manière intentionnelle, peut être défini aussi comme un liquide acide obtenu grâce à l'oxydation de l'éthanol dans le vin, la bière, le cidre et d'autres boissons fermentées. Ce produit est utilisé pour soigner plusieurs maladies et infections tel que les maux de tête et de gorge, la constipation, les pellicules, les toux, les piqûres des insectes. Aujourd'hui, il est bien connu que le vinaigre a un certain nombre d'activités thérapeutiques, notamment, une activité anti tumorale, un contrôle de la glycémie et des propriétés anti-infectieuses.

Introduction

L'objectif de ce travail est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques de 12 types de vinaigres commercialisés, évaluer leur effet antibactérien, doser les métabolites secondaires à savoir les polyphénols et les flavonoïdes pour pouvoir expliquer l'origine du potentiel antibactérien et évaluer également le pouvoir anti radicalaire.

Notre manuscrit comporte 3 **parties** complémentaires :

- Une étude bibliographique qui présente des généralités sur le vinaigre, techniques de production, types et divers effets thérapeutiques ;
- Une partie d'expérimentation qui renferme les techniques suivies pour atteindre les objectifs ciblés ;
- Une partie d'interprétation des résultats issus ainsi que leurs discussions, clôturée par une conclusion et perspectives d'étude.

Partie Bibliographique

Chapitre 1

Généralités sur le vinaigre

Chapitre I : Généralités sur le vinaigre

1. Historique

Le vinaigre est né sans doute par hasard, il y a environ 10 000 ans. A partir d'une jarre de boisson alcoolisée mal fermée, qui aurait tourné. (Hery, 2009). Ce produit a été utilisé par des civilisations anciennes telles que les Egyptiens, Babyloniens, les indiens, les Grecs et les Romains. (Catsberg et al., 1990). Le vinaigre aromatisé est produit et vendu comme produit commercial depuis environ 5 000 ans. Ce n'est qu'au 6^{ème} siècle que les Babyloniens ont produit et vendu des vinaigres, du miel et du malt aromatisé aux fruits. Les références de l'Ancien Testament et d'Hippocrate indiquent que le vinaigre était utilisé pour traiter les blessures.

Sung Tse, à qui l'on attribue le développement du domaine de la médecine légale au Xe siècle en Chine, utilisait le soufre et le vinaigre comme agents de lavage des mains afin de prévenir les l'infection.

Les premiers médecins américains utilisaient le vinaigre pour traiter de nombreux maux, notamment l'herbe à puce, le croup, les problèmes d'estomac, les fortes fièvres et l'œdème, ou « hydropisie » comme on l'appelait au 18^e siècle. (Budak et al., 2014)

2. Définition

Le mot Vinaigre vient du français Vin (vin) et Aigre (acide). Le vinaigre est un liquide aigre et piquant utilisé comme arôme et conservateur alimentaire. La définition du Codex Alimentarius (1987) stipule que le vinaigre est "un liquide, propre à la consommation humaine, préparé à partir de matières premières agricoles appropriées telles que : le riz, les raisins, le malt, les pommes, le miel, les pommes de terre, le lactosérum ou tout autre sucrerie. (Bhat et al., 2014)

Le vinaigre est un produit aux multiples possibilités qui est utilisé partout dans le monde depuis des milliers d'années. Considéré longtemps comme une nécessité dans chaque foyer en raison de la diversité de ses utilisations, le vinaigre est de plus en plus populaire auprès des consommateurs à mesure que de nouveaux mélanges, de nouvelles utilisations et de nouveaux produits de spécialité font leur entrée sur le marché. Bien que le vinaigre soit un produit mondial, ses variétés diffèrent selon les régions. De nos jours, les variétés traditionnelles du vinaigre, particulières à des marchés régionaux, font leur entrée sur le marché mondial en tant

que produits nouveaux et novateurs dont on commercialise les bienfaits pour la santé et les utilisations multiples.(Berry,2011)

3. Composition du vinaigre

Quelle que soit sa provenance (vinaigre alcoolique, cidre, vin, etc.),

Le vinaigre montre toujours à peu près les mêmes ingrédients :

- 90% d'eau.
- La teneur en acide acétique est comprise entre 5 et 8%, jusqu'à 12 ou 14% dans le vinaigre de vin blanc ménager. Le vinaigre est responsable de son goût épicé et de la plupart de ses bienfaits pour la santé. L'indication 5 ou 8% que l'on peut voir sur une bouteille de vinaigre indique cette teneur en acide acétique.
- Une petite quantité d'alcool, sous forme de traces.(Lefief-delcourt, 2019)
- Des matières colorantes, des sels et quelques autres produits de fermentation qui confèrent au produit une saveur et un arôme caractéristiques. (Bhat et al., 2014)
- Divers éléments dont la teneur varie selon le vinaigre.

A titre d'exemple, le vinaigre de cidre contient des acides aminés, des enzymes, des vitamines (B et D), des oligo-éléments et des minéraux (calcium, chlore, fer, fluor, magnésium, potassium, phosphore, silicium, sodium, soufre, bore...).(Lefief-delcourt, 2019)

4. Caractéristiques du vinaigre

Différents types de vinaigre ont le même processus de fermentation alcoolique et acétique. Lors de la fermentation, les sucres sont la principale source de carbone microbien. Le vinaigre doit contenir au moins 6% d'acide acétique. Cette acidité du vinaigre est causée par le métabolisme des micro-organismes acidophiles présents dans le vinaigre, qui contribuent à abaisser le pH. Parmi ces micro-organismes figurent les levures, les moisissures et les bactéries acétiques. Selon un arrêté interministériel du 25 novembre 1997, l'utilisation des acides inorganiques et des drêches de distillerie dans la fabrication du vinaigre et leur adjonction à ces produits sont interdites. Le vinaigre peut contenir les ingrédients facultatifs suivants : herbes aromatisants, épices et fruits ou parties ou extraits de ces légumes utilisés comme aromatisants, lactosérum, jus de fruits, miel, sucre, sel de qualité alimentaire(Beneddineet Bentaj, 2009)

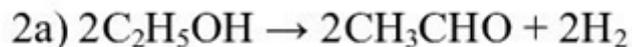
5. Production du vinaigre

La production de vinaigre implique généralement une première fermentation, au cours de laquelle les sucres simples de la matière première sont transformés en alcool par la levure. Au cours de la fermentation finale, l'alcool résultant est oxydé en acide acétique par les bactéries d'acide acétique « BAA » (Bhat et al., 2014). La neuvième édition du Manuel de bactériologie systématique de Bergey classe les bactéries d'acide acétique dans la famille Acetobacteriaceae et Gluconobacter. Elles sont des cellules Gram-négatives, ellipsoïdales ou en forme de bâtonnets qui ont un métabolisme aérobie nécessaire avec l'oxygène comme accepteur terminal d'électrons. L'identification des espèces de bactéries de l'acide acétique est traditionnellement réalisée par l'étude des caractéristiques physiologiques de la bactérie. (Tan.C,2005)

Ils se caractérisent par leur capacité à convertir l'alcool éthylique (C_2H_5OH) en acide acétique (CH_3COOH) par oxydation. Par conséquent, le vinaigre peut être produit à partir de n'importe quelle matière alcoolisée. (Bhat et al., 2014)



Fermentation alcoolique par les levures



oxydation (Anaérobie) par BAA



oxydation (Anaérobie) par BAA

Figure 01 : Équations chimiques du processus de fermentation. (Tan., 2005)

5.1. Fermentation alcoolique et acétique

5.1.1. Fermentation alcoolique

C'est une étape de fermentation anaérobie, qui doit être maintenue à une température contrôlée de 20-30 °C, (Li et al., 2015) que les sucres fermentescibles sont transformés en éthanol par l'action des levures (Bhat et al., 2014). Elle est principalement réalisée par *Saccharomyces cerevisiae*, et peut être effectuée soit par fermentation spontanée naturelle, soit par inoculation de culture pure. Dans la production artisanale simple. (Li et al., 2015)

Cette fermentation (fig 02) est une étape critique car la croissance difficile des levures augmente le risque de contamination bactérienne, réduit la production d'alcool et altère les propriétés organoleptiques. (Solieri et Giudici., 2009)

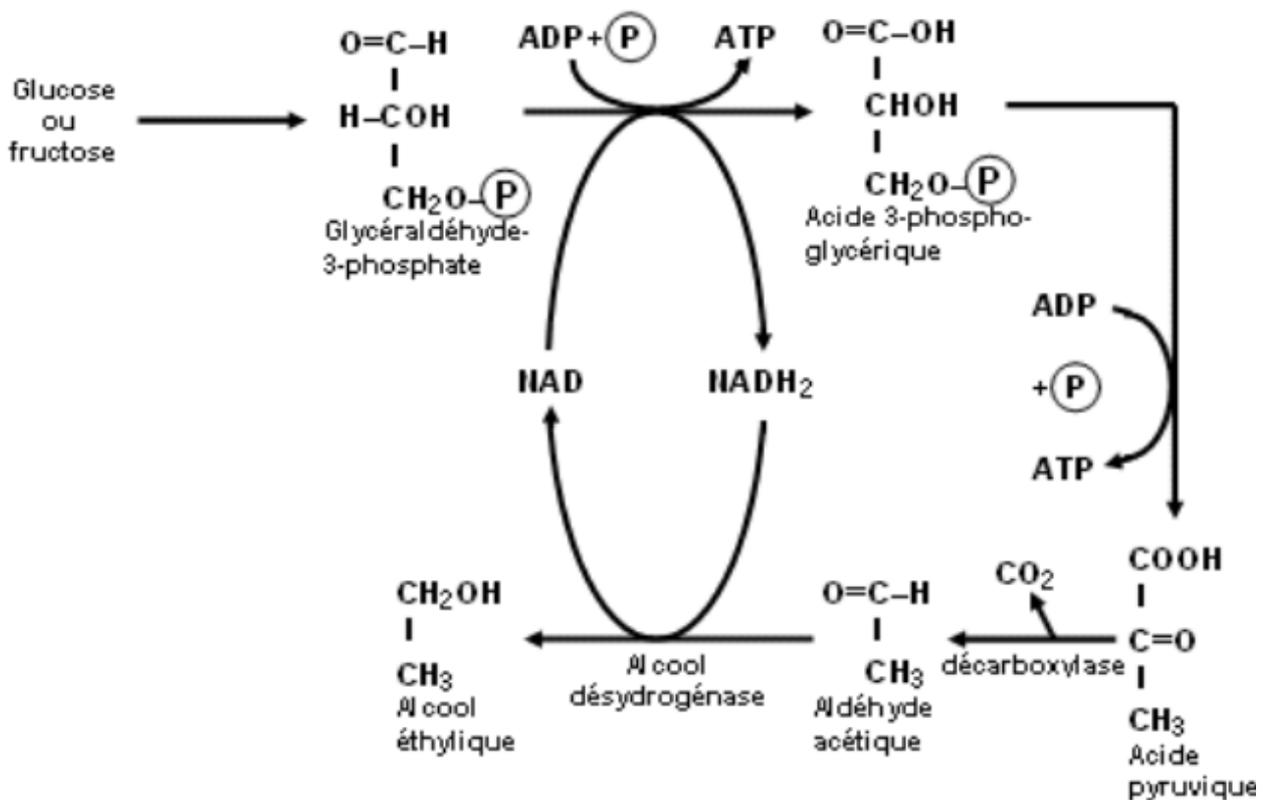


Figure 02 : Fermentation alcoolique. (Leghlimi., 2020)

5.1.2. Fermentation acétique

C'est la deuxième étape dans la production du vinaigre qui fait par les bactéries d'acide acétique. [Gullo et Giudici \(2008\)](#) ont signalé que les BAA étaient présents dans l'environnement et dans la matière première, mais qu'ils ne pouvaient pas se développer pendant la fermentation alcoolique en raison des conditions anaérobies. Lorsque le liquide alcoolisé a été exposé à l'oxygène, les BAA ont commencé leur croissance sur la surface. Par l'oxydation de l'éthanol en acétate sous l'action des enzymes alcool déshydrogénase (ADH) et aldéhyde déshydrogénase (ALDH).([Bhat et al., 2014](#)).

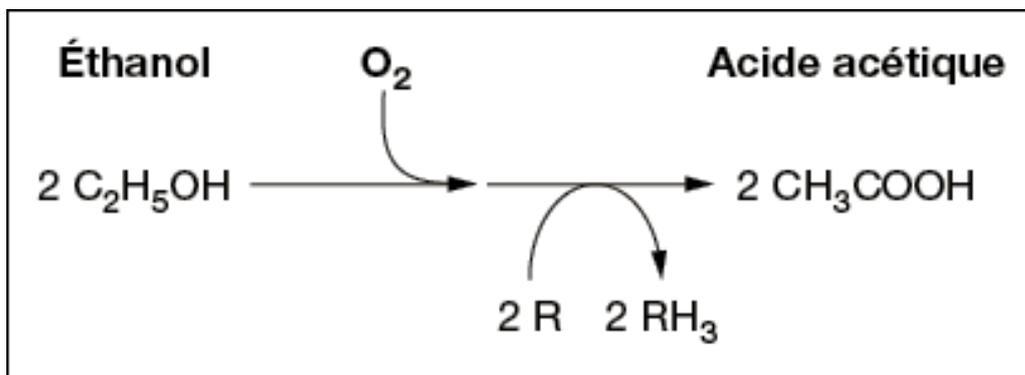


Figure 03 : Equation de la fermentation acétique. ([Beneddine et Bentaj, 2009](#))

5.2.Méthodes de fabrication

Les méthodes de production du vinaigre peuvent aller des méthodes traditionnelles utilisant des fûts en bois et la culture en surface.

Le besoin de grandes quantités de vinaigre exige des systèmes de fermentation industriels capables de produire des volumes pouvant être contrôlés de manière fiable. De nombreux dispositifs techniques ont été développés pour améliorer la production industrielle de vinaigre. En général, ces améliorations permettent d'augmenter la vitesse de transformation de l'éthanol en acide acétique en présence d'un BAA. ([Bhat et al., 2014](#))

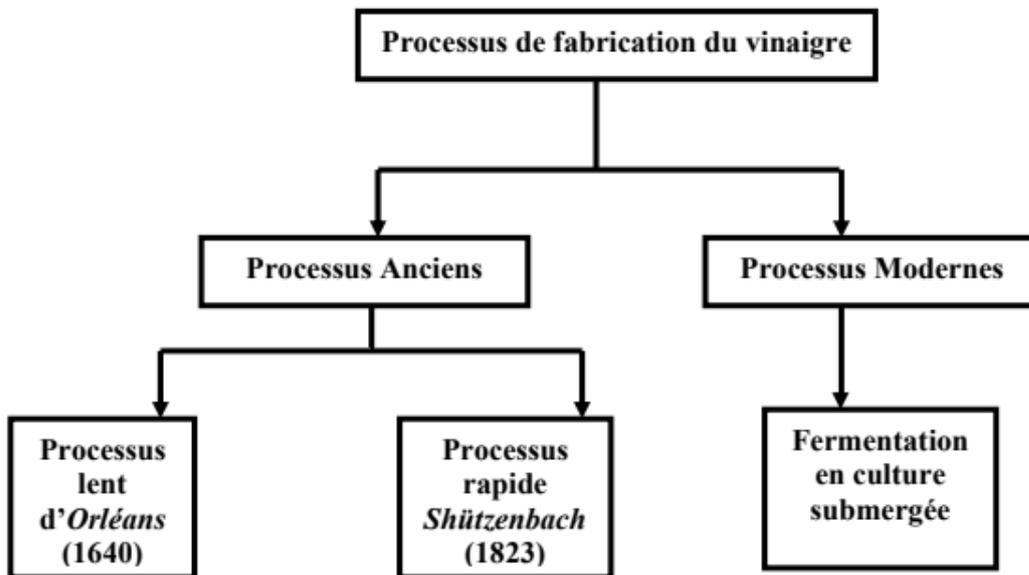


Figure 04 : Différents processus de production de vinaigre. (Benahmed, 2007)

5.2.1. Procède Orléanaise

Le procédé d'Orléans est un procédé traditionnel ancien, dans lequel le vin recouvert d'un film (mère) d'AAB, s'oxyde lentement dans un tonneau. Le tonneau est percé de trous permettant la circulation de l'air et le vin est ajouté sous la mère. La mère rend l'appareil visqueux et ralentit la production de vinaigre. Le vinaigre est retiré par le fond du tonneau. (Morgan et Mosawy., 2016). Le procédé d'Orléans est le seul moyen de fabriquer du vinaigre de vin pure et est considéré comme la meilleure méthode pour produire du vinaigre de table de haute qualité. Et cette opération prend 1 à 3 mois dans température de 70°F et 85°F. (Bhat et al., 2014)

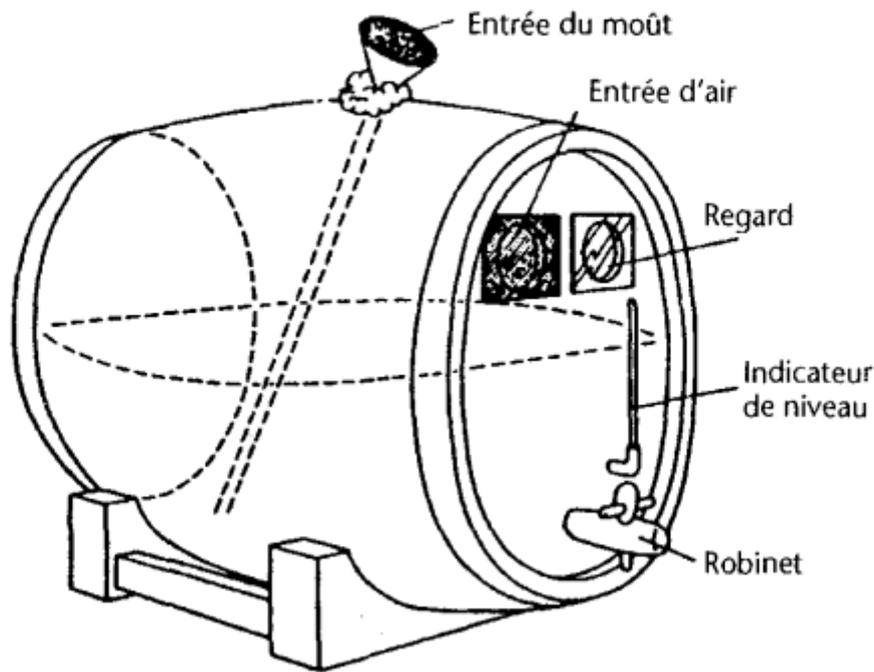


Figure 05 : Acétification par le procédé Orléanais. (Abaidia et Otmani., 2017)

5.2.2. Procède Générateur

Aussi appelé le procédé allemande ou le procédé du Schutzenbach. Il s'agit d'une méthode plus récente que la méthode d'Orléans. Il est surtout utilisé pour faire du vinaigre d'alcool ou parfois du vinaigre de bière. Au cours de ce processus, le liquide devant être de l'acide acétique s'écoule en continu à travers le grand volume de copeaux de hêtre dans la cuve. De plus, l'air circule à contre-courant. L'utilisation de copeaux de bois de hêtre est un bois poreux qui permet aux bactéries de s'infiltrer beaucoup pour se développer en surface. Leur action est accélérée par la circulation du jus de raisin et son oxydation(Chapin.,2011).Le processus est effectué à 27°C-30°C et utilise des serpentins de refroidissement dans la cuve pour éviter la surchauffe. (Raspor and Goranovic 2008).

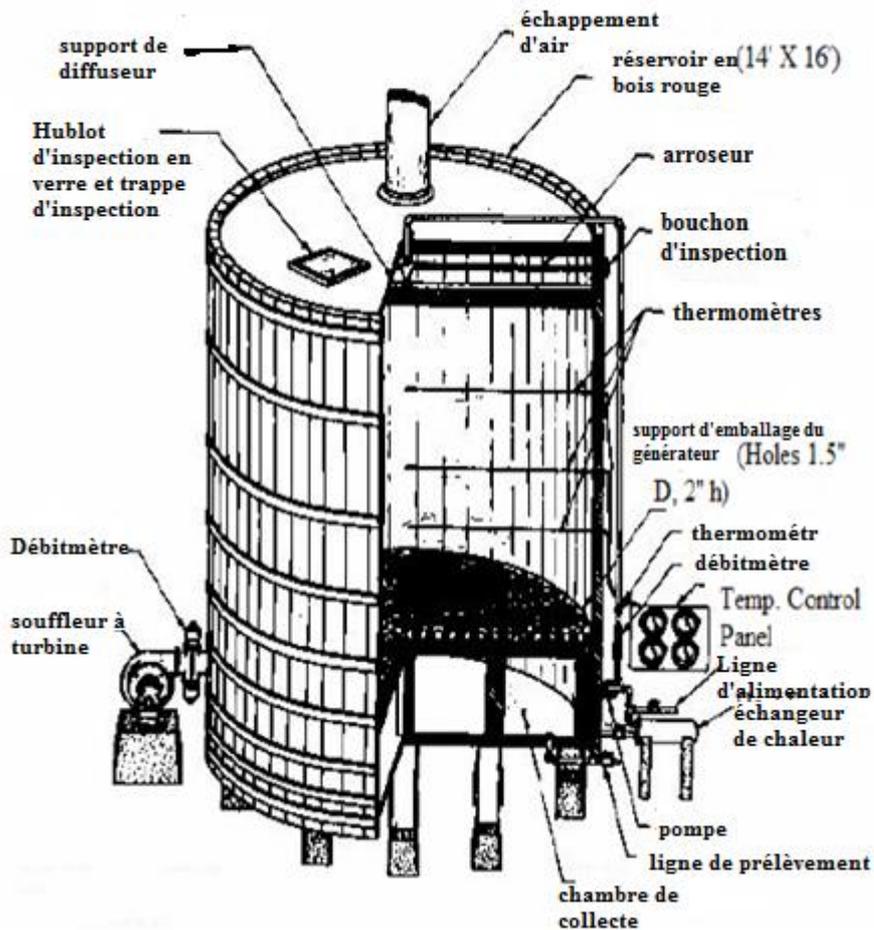


Figure 06 : Procédé générateur. (Tan., 2005)

5.2.3. Procédé submergée

La méthode de production la plus courante était la culture submergée qui améliorait les conditions générales de fermentation comme l'aération, le brassage, le chauffage, etc. La culture en générateur étant lente et coûteuse, les fermenteurs à culture submergée ont été largement utilisés à l'échelle industrielle. Dans ce procédé, le moût est fréquemment brassé et aéré et les fermenteurs sont équipés d'un échangeur de chaleur pour le maintien de la température optimale pendant le processus de fermentation. C'est la plus couramment utilisée pour la production commerciale de vinaigre est le fermenteur à culture submergée où les bactéries sont en suspension dans le milieu, contrairement au procédé traditionnel et au générateur. La caractéristique la plus importante des systèmes de fermentation submergés est leur capacité à

fournir une aération rapide et efficace, en brisant les bulles d'air et en facilitant ainsi le transfert d'oxygène du milieu aux bactéries.(Bhat et al., 2014)

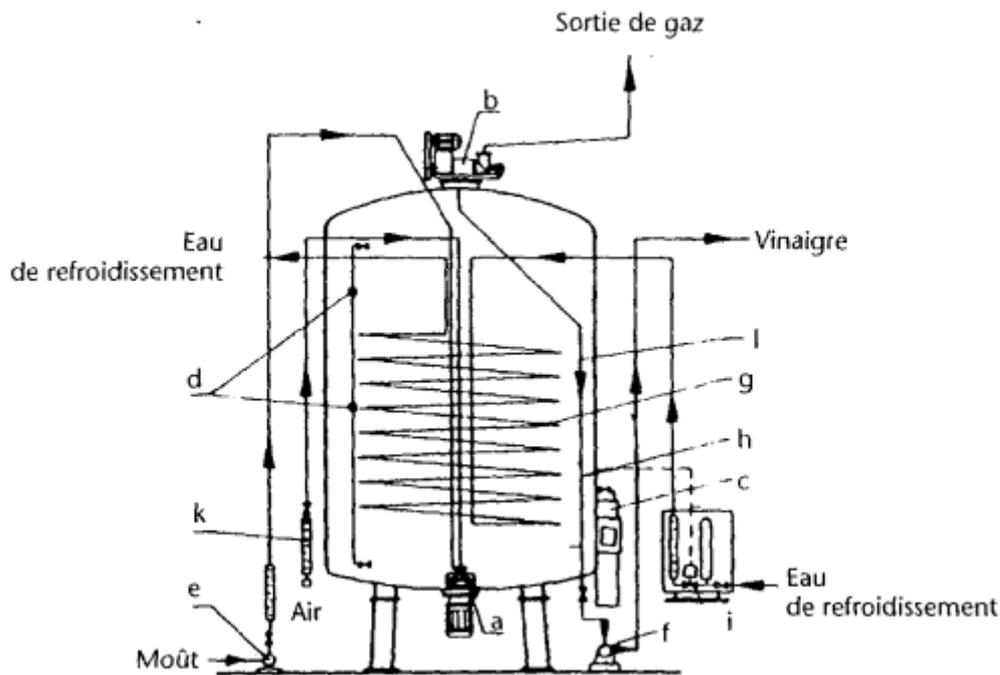


Figure 07 : Schéma du fermenteur à culture submergée. (Abaidia et Otmani., 2017)

5.2.4. Autres voies de production de vinaigre

Les résultats de laboratoire montrent qu'il est possible de produire du vinaigre à partir de lactosérum complété par du lactose alimentaire. Le processus global comprend deux fermentations : une fermentation alcoolique et une fermentation acétique. La figure ci-dessous présente une proposition de procédé de production de vinaigre à partir du lactosérum.(Solieri et Giudici, 2009)

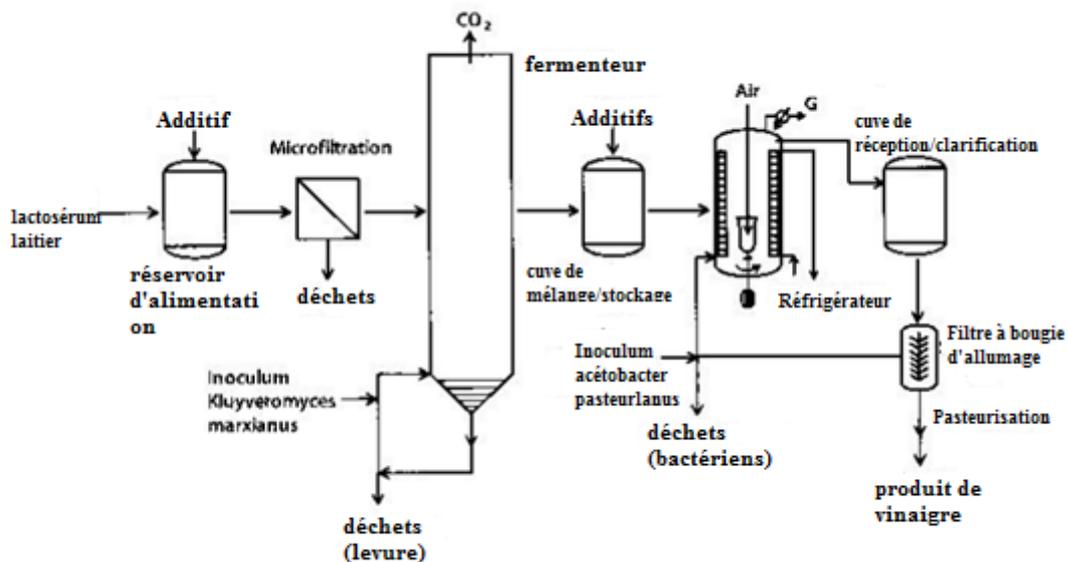


Figure n 08 : Procédé de production du vinaigre à partir du lactosérum. (Solieri et Giudici, 2009)

6. Différents types de vinaigre

Le vinaigre varie considérablement d'un pays à un l'autre. On peut rencontrer :

- **Vinaigre d'alcool**

Le vinaigre d'alcool, aussi nommé vinaigre blanc ou de cristal, est fabriqué à partir de sucre de betterave (le moins coûteux), transformé en alcool puis en acide acétique. C'est le vinaigre le plus classique, celui que l'on peut trouver dans tous les supermarchés, bien souvent au fond des rayons, au rayon des huiles et épices. C'est aussi le vinaigre le moins coûteux. et par conséquent il est le plus utilisé. De plus, C'est un nettoyant ménager, polyvalent, efficace, naturel, biodégradable, sans émanations. On l'utilise aussi pour certains soins de beauté, notamment dans le bain, pour les soins capillaires ou pour apaiser les petites brûlures, il peut être utilisé sans problème en cuisine par exemple pour préparer une vinaigrette, il est préférable à d'autres vinaigres, beaucoup plus parfumés. (Lefief-delcourt, 2019)

- **Différence entre le vinaigre ménagé et le vinaigre d'alcool**

Le vinaigre ménagé a une concentration d'acide acétique plus élevée que le vinaigre blanc jusqu'à 14 %, alors que le vinaigre classique a une concentration de 5 à 8 %. Il est théoriquement plus efficace pour laver et assainir, mais il faut savoir que le vinaigre blanc "classique" est suffisant dans la majorité des cas. On le trouve au rayon des produits de nettoyage des supermarchés ou des magasins de bricolage. Il est plus cher que le vinaigre classique.

- **Vinaigres de fruits**

Le vinaigre de fruits est un produit naturel connu pour ses multiples usages. Il est remarquablement populaire et fait partie de l'alimentation journalière de nombreuses personnes. La fermentation des fruits produit un liquide biologique qui contient plusieurs molécules fonctionnelles telles que des acides organiques, des polyphénols, des mélanoidines et de la tétraméthylpyrazine. (Ousaaid et al.,2022)

Parmi les types de vinaigre de fruits on cite :

1. Vinaigre de cidre

Dans la grande famille des vinaigres, le vinaigre de cidre occupe une place à part. Depuis quelques années déjà. Ce vinaigre fabriqué à partir de pommes le vinaigre le plus populaire. Il doit contenir au moins 1,6 gramme de solides de pomme par 100 ml, dont plus de 50% de sucres réducteurs, et au moins 4 grammes d'acide acétique par 100 ml à 20°C. Autre ses caractéristiques pour la santé sont multiple contenant des nutriments très intéressants, dont :

- ❖ Des enzymes bénéfiques pour la santé.
- ❖ Des antioxydants (environ 600 mg par litre). Ils sont essentiels pour lutter contre les radicaux libres, responsables du processus de vieillissement et de l'apparition de certaines maladies (voir aussi p. 33).
- ❖ Des vitamines A, B1, B2, B3 et C.
- ❖ Divers minéraux tels que le phosphore le calcium le magnésium le soufre le fer le fluor le bore et la silice, mais surtout du potassium (jusqu'à 1 g par litre). Le potassium joue un rôle important dans l'équilibre acido-basique.

2. Vinaigre de vin

Le vinaigre de vin ou de raisin issu du raisin est appelé "vinaigre de vin" ou "vinaigre de raisin". Il peut être fabriqué à partir de vin blanc, rouge ou rosé. Il doit contenir au moins un gramme de matière solide de raisin, 0,13 gramme de cendres de raisin et 4 grammes d'acide acétique pour 100 ml à 20°C. (Bhat et al., 2014)

C'est l'un des vinaigres les plus utilisés en cuisine, notamment en France. Comme son nom l'indique, il est produit à partir de vin rouge ou blanc. La méthode d'élaboration la plus connue est la méthode orléanaise, qui consiste à laisser le vin fermenter naturellement dans des fûts de chêne, sans ajouter d'autres ingrédients. Après trois semaines, la moitié du contenu du tonneau est transférée dans un tonneau plus petit, et le tonneau d'origine est rempli. Certains de ces vinaigres "à l'ancienne" sont laissés vieillir pendant un an, ce qui en fait des produits de luxe, aux saveurs incomparables, mais vendus à un prix élevé. (Lefief-delcourt, 2019)

3. Vinaigre balsamique

Malgré son nom, le vinaigre balsamique n'est pas à proprement parler un vinaigre ! Il est le résultat de la cuisson du jus de raisin, que l'on laisse ensuite mûrir et fermenter de manière naturelle dans des fûts en bois de plus en plus petits. Le résultat est un baume (d'où le nom "balsamique") à la texture sirupeuse, au goût et à la couleur intense. Il est fabriqué à partir de raisins de variétés particulières cultivées dans la région de Modène, en Italie. Une recette traditionnelle... désormais concurrencée par les vinaigres balsamiques industriels qui ne sont, pour la plupart, qu'un vague mélange de vinaigre de vin et de caramel

On trouve plusieurs types de vinaigre balsamique :

- ❖ Vinaigre balsamique traditionnel DOP (Denominazione di origine protetta, équivalent de notre AOP, appellation d'origine protégée). Il est fabriqué uniquement à partir de moût de raisin. Qu'il a mûri pendant au moins 12 ans en fûts, et parfois beaucoup plus longtemps. Plus il est vieux, plus il est coûteux. Son prix au litre peut atteindre plusieurs centaines d'euros. Mais c'est un vinaigre extrêmement fin et parfumé : quelques gouttes suffisent à relever un plat. Vous le trouverez principalement dans les épiceries fines et chez les traiteurs italiens.
- ❖ Vinaigre balsamique IGP (Indication Géographique de Production). C'est un mélange de moût de raisin (20% minimum) et de vinaigre de vin (10% minimum), sans affinage et dans des fûts. Cela donne des produits très différents, avec parfois l'ajout de caramel

pour donner de la texture et de la couleur ! On est loin du vrai vinaigre balsamique. Pour faire le bon choix dans cette catégorie, fiez-vous au prix ! Un vrai bon vinaigre balsamique est en général vendu aux alentours de 100 € le litre. Il faut également vérifier la liste des ingrédients. Elle ne doit en mentionner que deux éléments : le moût de raisin cuit et le vinaigre de vin.(Lefief-delcourt, 2019)

7. Qualité du vinaigre

La qualité du vinaigre dépend des conditions de traitement, en particulier de la vitesse d'acidification acétique. Le taux de fermentation affecte les propriétés organoleptiques du vinaigre final, mais certains soutiennent qu'il n'y a pas de différence entre les vinaigres obtenus à différents taux de fermentation. Les experts ont généralement détecté des différences sensorielles importantes entre le vinaigre fabriqué par le procédé d'immersion et le vinaigre fabriqué à partir d'un générateur.

Au moins deux critères sont pris en compte pour évaluer la qualité du vinaigre. Le premier critère de qualité est de s'assurer que le vinaigre est du vrai vinaigre (et pas seulement de l'acide acétique dilué). L'analyse discriminante utilisée pour différencier les échantillons de vinaigre consiste à mesurer certains constituants chimiques, notamment les minéraux, l'alcool, les acides, les phénols et d'autres composés volatils.(Bhat et al., 2014)

Concernant la qualité hygiénique, un vinaigre de pH =3 ne permet pas la croissance des bactéries pathogènes. En revanche un vinaigre dont le pH est compris entre 4 et 8 est un excellent milieu pour le développement des moisissures. Cependant un vinaigre d'excellente qualité ne doit pas :

- Contenir de micro-organismes nocifs pour la santé qui se développent dans des conditions normales de stockage.
- Contenir de substances d'origine microbienne en grande quantité pouvant présenter un risque pour la santé.(BeneddineetBentaj., 2009)

8. Règlementation

En France, l'appellation "vinaigre" est strictement réglementée pour éviter les fraudes, et le décret français n°19 stipules notamment :

- La dénomination "vinaigre" est réservée aux aliments et boissons d'origine agricole ou à leurs dilutions aqueuses obtenues par le procédé biologique de double fermentation d'alcool et d'acide acétique.

Chapitre I : Généralités sur le vinaigre

- La teneur en alcool résiduel du vinaigre est limitée à 1,5% en volume.
- La teneur minimale en acide acétique du vinaigre est de 6 g/100 ml.

Selon le Journal Officiel de la République Algérienne 2002 :

- L'acidité totale exprimée en acide acétique dans le vinaigre de vin est fixée à au moins 50 g/L. D'autres vinaigres contiennent au moins 50 grammes par litre.
- La teneur totale en acide du vinaigre ne doit pas dépasser la quantité pouvant être obtenue par fermentation biologique
- La teneur en alcool résiduel du vinaigre en volume est limitée à :
 - i. 1% pour le vinaigre de vin.
 - ii. 0,5% pour les autres vinaigres.
 - iii. Les concentrations maximales des contaminants tolérés dans les vinaigres sont fixées à 1mg/L pour l'Arsenic et le Plomb et 10mg/L pour le Cuivre, Zinc et le Fer.(Benahmed. 2007)

9. Utilisation de vinaigre

Il existe de nombreuses utilisations culinaires du vinaigre :

- Production de moutarde, mayonnaise, sauces...
- Conservation des viandes, poissons, légumes, fruits de saison, gâteaux, épices car il prévient l'oxydation des fruits et légumes.
- Utilisé en médecine traditionnelle pour traiter divers maux et infections tels que : maux de tête et maux de gorge, constipation, pellicules, toux, piqûres d'insectes, brûlures, etc.
- Soulage les maux d'estomac.
- Peut traiter la jaunisse.
- Bon pour la rate et étanche la soif.
- Peut prévenir les tumeurs et aide à la digestion.
- Améliore l'appétit.

En usage domestique, le vinaigre est considéré comme un conservateur et sert à nettoyer les sols, les vitres et les miroirs. Il est souvent utilisé comme anti-mousse, anti-moustique, déodorant, détartrant, comme pour fixer la couleur des vêtements, etc.(Beneddine et Bentaj 2009)

10. Le vinaigre comme désinfectant naturel

Le vinaigre est utilisé comme agent antifongique et antibactérien depuis la Grèce antique en raison de son pH extrêmement bas et de l'acide acétique comme ingrédient principal. La pénétration de l'acide acétique dans les membranes cellulaires des micro-organismes provoque la mort des cellules bactériennes. Et il est également considéré comme le meilleur acide organique pour détruire *E. coli*O157:H7 (un agent pathogène d'origine alimentaire), par rapport à d'autres acides organiques tels que l'acide lactique, l'acide citrique et l'acide malique. Il est utilisé pour nettoyer et soigner les mycoses des ongles, les poux, les verrues et les infections de l'oreille. (Samad et al., 2016)

Une substance cellulosique est une forme naturelle de vinaigre, connue sous le nom de vinaigre mère a été utilisée pour traiter les brûlures car elle inhibe les infections causées par les bactéries. Même les mycobactéries, qui résistent aux désinfectants en raison de leur structure de paroi cellulaire riche en lipides, peuvent être éliminés par un traitement au vinaigre. Cela fait du vinaigre un outil utile pour traiter les plaies infectées et les glandes enflées causées par la tuberculose. Un certain type de vinaigre possède aussi une activité antifongique, mais son efficacité dépend de la température. L'efficacité antifongique de ce vinaigre est donc proportionnelle à la température. (Budak et al., 2014)

11. Effets thérapeutiques du vinaigre

- **Effet antibactérien**

Le vinaigre a des caractéristiques antimicrobiennes qui le rendent utilisables dans un certain nombre d'applications. Comme le traitement post-récolte qui est l'un des processus les plus critiques de la chaîne de production pour garantir la qualité du produit. Donc des solutions d'acide acétique et du vinaigre ont été utilisés comme traitements post-récolte pour protéger la viande et la laitue contre *E. coli*, *Salmonella typhimurium* et *Listeria monocytogenes* sans altérer le goût, la texture et le contenu nutritionnel. Car diverses études ont rapporté que le vinaigre pouvait être utilisé pour inhiber les bactéries pathogènes sur les fruits et légumes frais. (Budak et al., 2014). Aussi le vinaigre non dilué peut être utilisé efficacement pour nettoyer les prothèses dentaires, Et contrairement aux solutions d'eau de Javel, le vinaigre ne laisse pas de résidus sur les prothèses. (Johnston, 2009)

L'activité antimicrobienne du vinaigre dépend de plusieurs facteurs, notamment la souche traitée, la température, le pH, la concentration d'acide acétique et la force ionique. (Samad et al.,2016)

- **Effet antioxydant**

Les composés phénoliques et antioxydants présents dans les légumes et les boissons dépendent de la matière première utilisée ainsi que du traitement et du vieillissement, car la fermentation, par exemple, peut modifier la nature chimique et l'efficacité de ses constituants phénoliques. Les vinaigres de fruits sont considérés comme supérieurs en termes de qualités sensorielles et nutritionnelles, par rapport aux autres types de vinaigres. En Inde, les auteurs ont produit un vinaigre de jujube (fruit traditionnel du pays) et ont évalué les paramètres physiques (acidité titrable, pH, sucres totaux) et biochimiques (contenu phénolique et activité antioxydant) du produit. Ils ont constaté que le contenu phénolique et l'activité antioxydant (en utilisant les méthodes DPPH) augmentaient dans le vinaigre par rapport au jus de fruit frais. Ils ont donc conclu que le vinaigre possède une quantité considérable d'antioxydants et d'activité antioxydant, et peut être défini comme un vinaigre fonctionnel. (Pazuch et al., 2015)

Des études récentes ont suggéré que les composés bioactifs présents dans les aliments peuvent réduire l'incidence de ces maladies dégénératives en exerçant un effet antioxydant. Les substances bioactives telles que les polyphénols et les vitamines présentes dans différents types de vinaigre protègent du stress oxydatif grâce à leur importante activité antioxydante (Budak et al.,2014)

- **Effet antidiabétique**

La sensibilité à l'insuline a été améliorée par un traitement au vinaigre chez 19 % des personnes atteintes de diabète de type 2 et 34 % des personnes atteintes de prédiabète. Des études récentes menées à la fois sur des animaux et des humains ont montré que le vinaigre pouvait être utilisé pour le traitement du diabète.

Chez les rats, l'effet du vinaigre sur la glycémie a été étudié et il a été rapporté que la glycémie diminuait par rapport au régime normal après l'ingestion d'une charge d'amidon Co-administrée avec une solution d'acide acétique à 2 %. Chez l'homme, l'aire sous la courbe de réponse à l'insuline a diminué de 20 % après la consommation de saccharose Co-administré avec du vinaigre. De nombreuses expériences contrôlées par Placebo ont confirmé l'effet réducteur de

la glycémie ou "antiglycémique" du vinaigre Plusieurs systèmes ont été étudiés pour expliquer l'effet du vinaigre sur les concentrations de glucose dans le sang. L'acide acétique contenu dans le vinaigre peut empêcher la digestion complète du complexe soit en accélérant la vidange gastrique, soit en augmentant l'absorption du glucose par les tissus, ce qui entraîne une réduction de la glycémie.(Budak et al., 2014)

- **Effet antitumoral**

Les recherches impliquant l'effet antitumoral sont liées principalement au vinaigre kurozu (vinaigre noir traditionnel japonais obtenu par fermentation prolongée de riz non poli).

Selon Hashimoto et al. (2013), de nombreux composants microbiens ont un effet antitumoral. Par conséquent, on pense que les composants microbiens du kurozu peuvent aider à prévenir le cancer et soulager les allergies.

L'effet antitumoral a été évalué chez les rats en comparant le kurozu et le kurozu Moromimatsu (résidu solide de la production du vinaigre de kurozu, après vieillissement). Le volume des tumeurs dans le groupe témoin et le groupe auquel kurozu est administré étaient les mêmes, quant au groupe sur lequel le kurozu Moromimatsu une réduction significative de la taille et constatée , indiquant les effets bénéfiques du sédiment de vinaigre.(Pazuch et al., 2015)

- **Effet anti-obésité**

L'ingestion de vinaigre peut diminuer l'effet glycémique d'un repas par le biais de la satiété, réduisant ainsi la quantité totale de nourriture consommée. Dans une étude rapportée par Johnston (2006), des sujets humains consommant 2 cuillères à soupe de vinaigre de framboise rouge par jour avec libre accès à la nourriture et à l'eau pendant 4 semaines ont perdu du poids alors que le groupe de contrôle consommant une quantité similaire de jus de canneberges pondent 4 semaines, a connu une légère prise de poids. Dans une autre étude, des volontaires en bonne santé ont consommé trois niveaux de vinaigre (18, 23 et 28 mmol d'acide acétique) avec une portion de pain de blé blanc. Lorsque les sensations de faim et de satiété des volontaires ont été évaluées, il a été noté que la satiété augmentait avec le niveau d'acide acétique.(Budak et al., 2014)

Chapitre 2

Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

II-Matériel et méthodes

Le vinaigre est le résultat d'une double réaction chimique. La première consiste à transformer un sucre en alcool (fermentation alcoolique) ; et la seconde à transformer cet alcool en acide acétique (fermentation acétique). C'est un produit aux multiples possibilités qui est utilisé partout dans le monde et dans plusieurs domaines. (Berry,2011)

Notre travail comporte deux volets, l'un renferme une caractérisation physico-chimiques de 12 types de vinaigre commercialisés à savoir :vinaigre blanc, vinaigre de pomme, de balsamique, de grenade, du framboise, vinaigre à l'extrait de citron, avec l'extrait de thym, à l'extrait de gingembre, du vin rouge aromatisé à l'échalote, vinaigre de figue de barbarie, de datte, et de l'ail (tab1), le deuxième est focalisé sur la détermination de l'activité antibactérienne des vinaigres sur 5 isolats pathogènes (tab 2) procurés du laboratoire de microbiologie ISM- Université Badji Mokhtar-Annaba. Et afin de pouvoir expliquer l'origine de l'effet antibactérien si le produit présente une efficacité, un dosage de métabolite secondaire (polyphénols et flavonoïdes) a été réalisé. Par ailleurs, une évaluation du pouvoir antioxydant des échantillons de vinaigre a été également faite.

L'ensemble des expérimentations est réalisé au sein du laboratoire de microbiologie Université 08 Mai 1945 Guelma

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau1 : différent type de vinaigre utilisée

Vinaigre	Contenu des étiquettes des vinaigres	Pourcentage d'acidité	Couleur du produit	Origine
Vinaigre de pomme	Vinaigre de pomme	6%	Beige	Locale
Vinaigre de figue de barbarie	Jus de figue de barbarie 100% pure naturel, sans conservateurs, sans arômes, sans colorant.	...	Brun thé	Locale
Vinaigre d'ail	Extrait d'ail, eau	...	Blanc cassé	Locale
Vinaigre de dattes	Datte, eau	6%	Beige	Locale
Vinaigre de grenade	Extrait de grenade, jus de vinaigre de pomme	6%	Marron clair	Importé
Vinaigre de framboise	Eau traitée, vinaigre d'alcool, arômes naturels, additifs alim naturels, source cristallise, benzoate de sodium	6%	Rose	Locale
Vinaigre de vin rouge	Vinaigre de vin rouge, jus concentré d'échalote, conservateur : sulfite acide de sodium	6%	Marron clair	Importé
Vinaigre blanc	Eau, vinaigre (biologique)	5%	Transparent	Locale
Vinaigre a l'extrait de thym	Vinaigre avec extrait de thym, substance antioxydante (métabisulfite de sodium E223)	3,5-4%	Beige	Locale
Vinaigre a l'extrait de citron	Vinaigre avec extrait de citron, substance antioxydante (métabisulfite de sodium E223)	3,4-4%	Beige	Locale
Vinaigre a l'extrait de gingembre	Vinaigre avec extrait de gingembre, substance antioxydante (métabisulfite de sodium E223)	3,5-4%	Beige	Locale
Vinaigre balsamique	Vinaigre d'alcool, jus de raisin cuit.	6%	Marron	Importé

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau 2 : souche bactérienne testée pour l'évaluation de l'activité du vinaigre

Souche	Famille	Gram	Pouvoir pathogène
<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i> ATCC 14028	Enterobacteriaceae	Negative	Parasite intracellulaire facultatif.
<i>Escherichia coli</i> BLSE			Production des Shiga toxine Infections urinaires Plaies Septicémies
<i>Klebsiella</i> <i>Pneumoniae</i> BMR			Infections respiratoires, nosocomiales Urinaires Septicémies
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Pseudomonadaceae		Provoquent la nécrose des cellules hépatiques et l'hémolyse des globules rouges. Infections respiratoires Infections pulmonaires et urinaires Septicémies
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	Micrococcaceae	Positive	Infections cutanées, abcès Ostéites, Endocardites Septicémies Infections pulmonaires Intoxications alimentaires

1. Préparation des échantillons

Les échantillons de vinaigre sont filtrés par une membrane filtre (0,45µm) pour les purifier et éliminer les grosses molécules. (Ozturk et al., 2015)

2. Paramètres physico-chimiques

La détermination du pH, conductivité, salinité s'effectue par le multi paramètre (HANNA-HI 9829, France) (voir Annex) par immersion de la sonde dans les vinaigres puis on attend

lastabilisation de l'appareil(après chaque mesure la sonde a été rincer avec l'eau distillé). Cette opération été effectué à trois fois.

2.1. Détermination du pH

La détermination du pH est essentielle pour le contrôle d'une fermentation microbienne. Sa variation nous renseigne sur l'activité métabolique de la microflore.

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une des variables utilisées pour caractériser les propriétés des milieux. Relativement facile à mesurer (Akin, 2008)

2.2. Conductivité

La conductivité électrique exprime l'aptitude d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette aptitude dépend des ions présents dans la solution, de leur concentration totale, de leur valence, de leur mobilité, de leur concentration relative et de la température de la solution.(Benahmed,2007)

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{s}/\text{Cm}^3$.

2.3. Turbidité

La turbidité est mesurée par le turbidimètre (AQUA LYTIC AL450T-IR,Allemagne) (voir annex). Les résultats sont exprimés en NTU (Nephelometric turbidity unit).

2.4. Teneur en matière sèches

La Détermination de la Matière sèches a été mesurée par le réfractomètre (Bellingham+ Stanley, Etat unis britannique) (voir annex). Les résultats sont exprimés en Brix.

2.5. Dosage de l'acide acétique

Au cours de la fermentation acétique, l'évolution de l'acide acétique est le facteur essentiel à contrôler, c'est le produit fini recherché. L'acide acétique est dosé par titrimétrie selon la méthode décrite par Follaman 1981. (Benahmed,2007)

Avant la titration les vinaigres ont été dilués, dans une fiole jaugée on met 5 ml du vinaigre et complété par l'eau distille jusqu'à 50 ml.

2.5.1. La titration

Le test d'acidité titrable de cet examen de laboratoire est l'un des nombreux types de tests chimiques dans lesquels un composant est titré avec une solution standard de force connue à un point indicateur. À partir du volume et de la concentration de la solution étalon employée dans le titrage, ainsi que de la taille de l'échantillon, on peut calculer la concentration du composant dans l'échantillon. Le dosage de l'acidité titrable est une méthode volumétrique qui emploie une

solution standard d'hydroxyde de sodium qui réagit avec les acides organiques de l'échantillon, titrant jusqu'à un point final de phénolphtaléine ou de pH. La normalité de la solution d'hydroxyde de sodium, le volume utilisé et le volume de l'échantillon à tester sont employés pour calculer l'acidité titrable, en l'exprimant en termes d'acide prédominant présent dans l'échantillon. Dans cet examen de laboratoire, l'acide standard, le phtalate acide de potassium, est utilisé pour établir la normalité exacte de l'hydroxyde de sodium standard qui est ensuite utilisé pour établir l'acidité titrable des produits alimentaires. (Nielsen, 2010)

Les résultats sont exprimés par le règle : $\% = \frac{V \cdot E \cdot 100}{M}$

V : le volume dépensé

E : la quantité équivalente d'acide de 1 ml d'hydroxyde de sodium 0,1 M

M : la quantité réelle d'échantillon titré qui était de 10mL dans cette étude.

2.6. Mesures de la couleur

La mesure de la couleur a été effectuée par un chromamètre (Konica Minolta CR-410, Japan) calibré avec une échelle de calibration standard, les résultats ont été exprimés en L* (whiteness/darkness), a* (redness/greenness), et b* (yellowness/blueness).

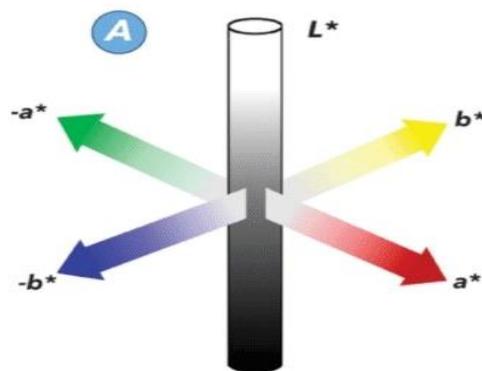


Figure 09 : Espace colorimétrique tridimensionnel

3. Evaluation de l'activité bactériologique

3.1. Activité antibactérienne des antibiotiques

3.1.1. Antibiogramme

L'antibiogramme ou la détermination de la sensibilité d'un germe aux agents antibactériens est l'étude de la croissance en présence d'un gradient de concentrations réalisées dans un milieu de culture. La méthode de diffusion sur milieu solide est celle la plus utilisée (méthode standard).

Il consiste à déposer à la surface de la gélose Muller-Hinton (4mm d'épaisseur préalablement ensemencée (inondation ou écouvillonnage) par une suspension bactérienne équivalente au standard Mc Farland 0,5 (~ 108UFC/ml), des disques de papier-filtre rigoureusement standardisés et imprégnés d'une quantité calculée de l'antibiotique à tester (disques ayant 6mm comme diamètre). Dès l'application des disques, les antibiotiques diffusent de manière uniforme si bien que leurs concentrations sont inversement proportionnelles à la distance du disque. Après une incubation de 18 à 24h à 37°C, les disques s'entourent de zones d'inhibition (le diamètre d'inhibition = d) circulaires correspondant à une absence de culture (CA-SFM). (Attailia et al., 2015). Sur la base des diamètres critiques établis par l'SFM (2020) (tab). On peut classer les souches en : résistantes, intermédiaires ou sensibles.

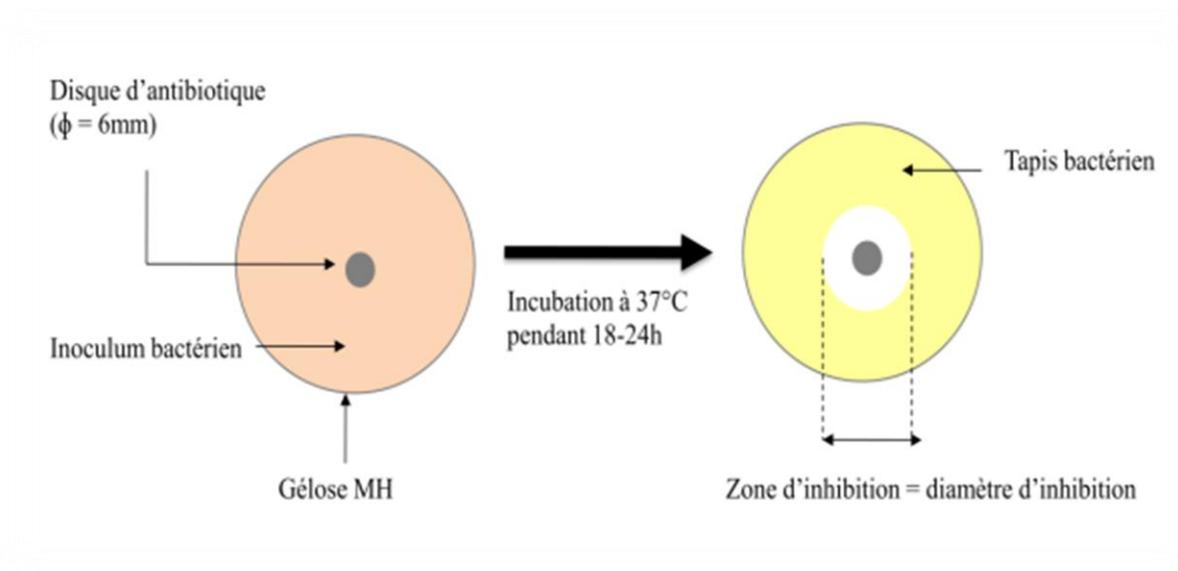


Figure 10 : un antibiogramme. (Ouaar et al., 2018)

3.2. Activité antibactérienne du vinaigre

L'activité antibactérienne de différents échantillons de vinaigre a été évaluée en utilisant la méthode de diffusion en puits, 100 μ L de la culture active de différents isolats constitués de 0,5 McFarland 1×10^8 CFU/ml ont été préparés dans de l'eau physiologique. L'échantillon de vinaigre a été placé dans des puits de 8 mm de diamètre qui ont été coupés dans la gélose de chaque boîte de Pétri (fig). Les puits du contrôle négatif ont été remplis d'eau physiologique stérile. Les boîtes de Pétri ont été incubées à 37°C pendant 24 h. (Ousaaid et al., 2021). Cette opération est répétée en triplicata.

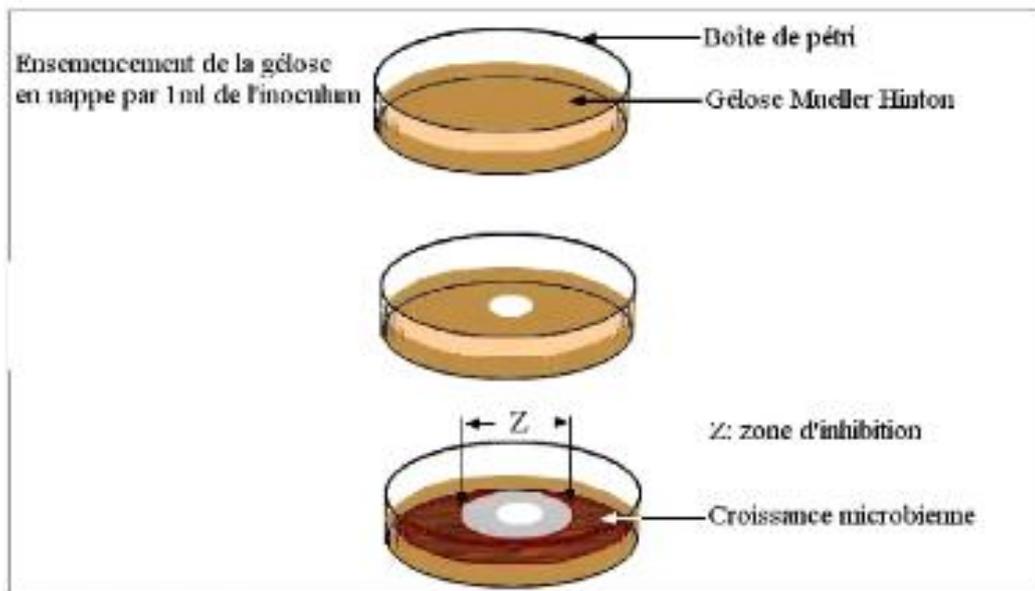


Figure 11 : Méthode de puit. (Bourbit et Boussad., 2007)

4. Dosage des métabolites secondaires et pouvoir antioxydant

4.1. Dosage des polyphénols

• Principe

Les polyphénols, encore appelés composés phénoliques, sont des molécules spécifiquement présentes dans le règne végétal et appartenant à leur métabolisme secondaire. On les trouve dans les plantes, des racines aux fruits. (Achat.2013)

Dans cette étude, la méthode de Folin-phénol a été utilisée pour déterminer le contenu total en phénols. Dans une solution alcaline, le réactif Folin-phénol peut oxyder les polyphénols quantitativement, tandis que le Folin-phénol lui-même est réduit en un composé bleu. Le degré de changement de couleur est proportionnel au le nombre de groupes phénoliques. (Zhao et al., 2016)

- **Mode opératoire**

Un échantillon de 0,010 g d'étalon d'acide gallique, de poids constant a été dissous dans 100 ml d'eau distillé à 105 C° pour former la solution étalon d'acide gallique à 0,10 mg/mL. Une série de solutions étalons d'acide gallique de 0,0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, et 0,9 mL ont été transférées dans des tubes de 10 mL. Ensuite, de l'eau distillée a été ajoutée à chaque tube jusqu'à l'obtention d'un volume total de 1 mL. Ensuite, 2 ml de réactif Folin-phénol ont été ajoutés dans chaque tube et laissé au repos pendant 3 min. après ce temp de pose 2 mL de Na₂CO₃ à 10 % ont été ajoutés, et l'échantillon est laisse à l'obscurité pendant 1 heure. l'absorbance ont été mesurées à 700 nm. (Zhao et al., 2016)

L'échantillon de vinaigre sont d'abord centrifugé avec une centrifugeuse (SIGMA 2-16KL, Allemagne) (voir Annex) plus traite de la même manière que le standard.

Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalents d'acide gallic par litre de vinaigre (mg EAG/L). 3 essais sont réalisés pour le dosage de ces éléments.

4.2. Dosage des Flavonoïdes

- **Principe**

Les flavonoïdes sont des substances généralement colorées répondues chez les végétaux des racines aux fruits.

La méthode de colorimétrie au nitrite de sodium, au nitrate d'aluminium et à l'hydroxyde de sodium a été utilisée pour déterminer la teneur totale en flavonoïdes des échantillons de vinaigre.

- **Mode opératoire**

0,04 g d'étalon quercétine a été dissous dans 10 ml méthanol. Une série de solutions étalons quercétine de 0 à 40µg a été préparé. Brièvement 0,5 mL de NaNO₂ (4%) ont été ajoutés dans chaque tube, laissé au repos pendant 6 min. Ensuite, 0,5 mL d'AlCl₃ (10%) ont été additionnées à la série, laisser agir 6 min. puis rajouter 3 mL de NaOH (4 %), incube pendant 10 min a l'obscurité L'absorbance ont été mesurées à 510 nm

Les échantillons de vinaigre ont été centrifugés puis traite de la même manière que le standard. Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalent Quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/L). Les flavonoïdes des vinaigres sont dosés en triplicata (Bakir et al. 2017)

4.3. Activité antioxydant

• Principe

Le test DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est l'un des composés les plus utilisés pour une analyse rapide et directe de l'activité antioxydante, en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse. Le DPPH est un radical libre stable de couleur violacée. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH est réduit et change de couleur en virant au jaune. (Yuhua et al., 2014)

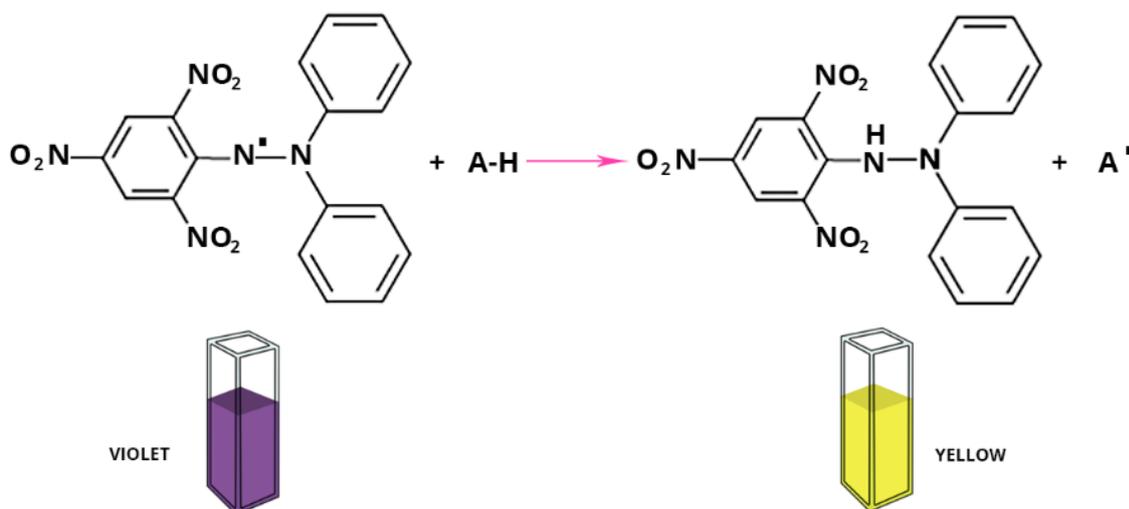


Figure 12 : Réaction de DPPH. (Chimactiv.agroparistech.fr)

L'activité antiradicalaire des vinaigres a été déterminée par la capacité de piégeage des radicaux libres du DPPH (Singh et al., 2002).

Les échantillons de vinaigre ont été centrifugés avec une centrifugeuse (SIGMA 2-16KL, Allemagne) (voir Annex) puis mélangés avec des concentrations différentes de méthanol pour établir une gamme d'étalonnage de (0-200 mg). Prélever 25 µl de chaque concentration et additionner 975 µl de la solution de DPPH. Après une incubation de 10 à 15 min température ambiante et en obscurité, l'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. (Spectrum 200S, Australie).

L'activité antiradicalaire (ARA, %) a été décrite par l'équation suivante :

$$ARA(\%) = \left(\frac{Ac - As}{Ac} \right) \times 100$$

Où A_c et A_s sont l'absorbance du contrôle (solution DPPH + Méthanol) et de l'échantillon, respectivement. (Ozturk et al., 2015)

○ Calcul des IC50

Pour s'affranchir de l'influence de la concentration, dans la majorité des études, la réactivité est estimée par la concentration effective IC50. Ce paramètre est défini comme étant la concentration d'extrait nécessaire qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH. L'IC50 est calculée graphiquement par la régression linéaire du graphe tracé ; pourcentage d'inhibition en fonction de différentes concentrations des fractions testées. (Ousaaïd et al., 2021)

Chapitre 3

Résultats et discussions

Chapitre III : Résultats et discussions

1. Résultats de la caractérisation physico-chimique du vinaigre

1.1.pH

Selon la présentation graphique ci-dessous, on constate que le pH des échantillons de vinaigre est généralement acide variant de 2.59 ± 0.008 à 3.60 ± 0.044 . Toutefois, La valeur la plus élevée est relevée pour le vinaigre de la figue de barbarie. Tandis que, la valeur minimale est enregistrée pour le Vinaigre d'ail.

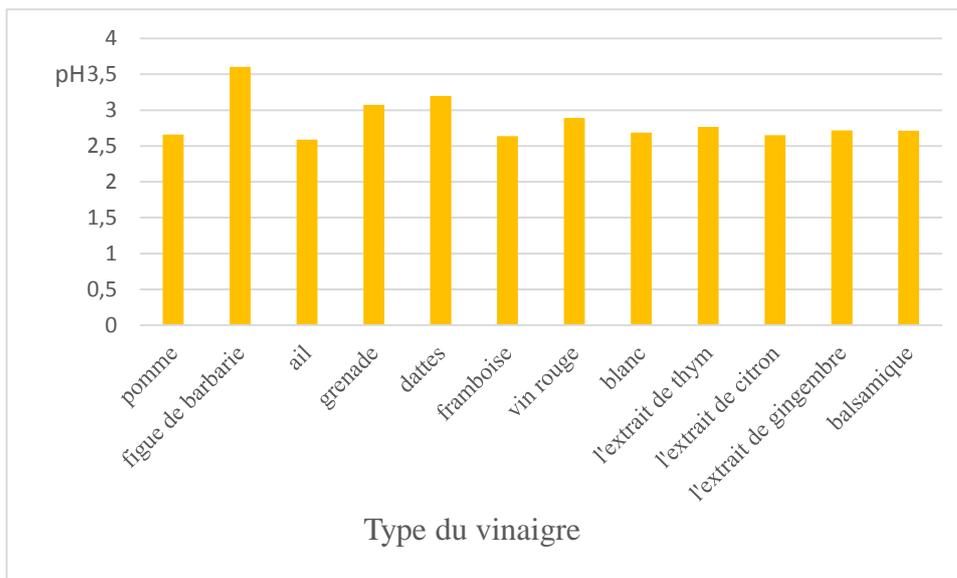


Figure 13 : ph des vinaigres

1.2.Conductivité

Une grande variabilité des valeurs de la conductivité de nos échantillons a été observée, indiquant des différences remarquables dans les qualités du vinaigre. La valeur la plus élevée est notée pour le vinaigre de datte (7638 ± 6.55) $\mu\text{S}/\text{cm}$ (fig 14)

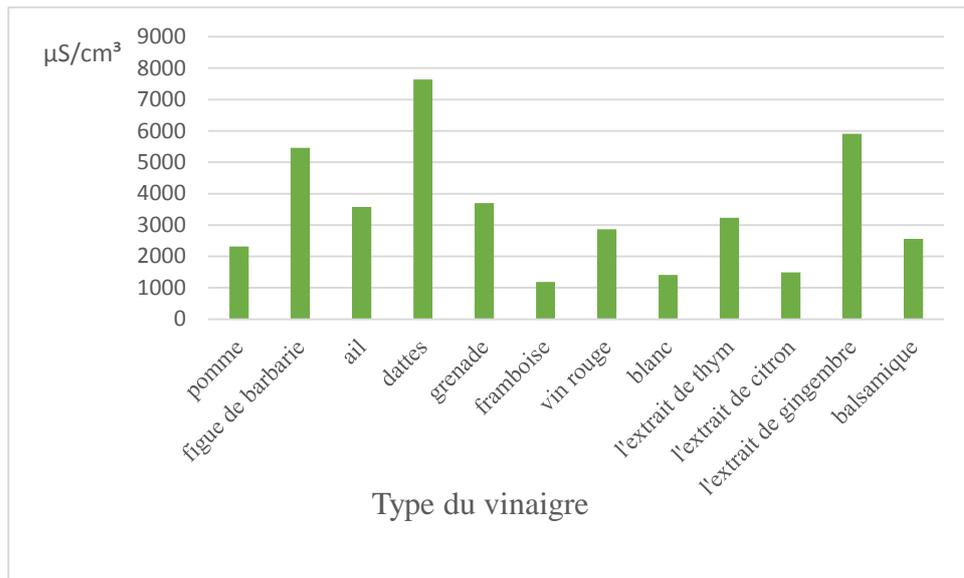


Figure 14 : conductivité des vinaigres

1.3. Turbidité

Comme le montre la figure 15, les niveaux de turbidité de la majorité des vinaigres sont inférieurs à 50 NTU, à l'exception du vinaigre de figue de barbarie, datte et l'extrait de citron qui présentent des valeurs respectives de 95.46 ± 3.60 , 262.33 ± 19.42 , 388 ± 2.64 .

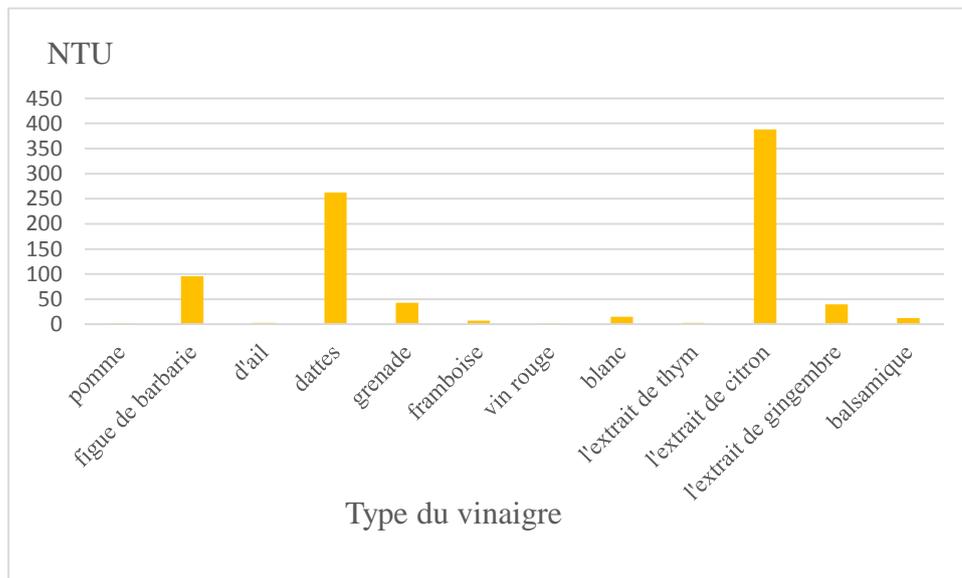


Figure 15 : turbidité du vinaigre

1.4. Teneur en acide acétique

La composition des échantillons de vinaigre collectés montre des teneurs variables d'acide acétique oscillant entre 0.88% (vinaigre d'ail) et $6,45 \pm 0$ % pour le vinaigre balsamique (fig.16).

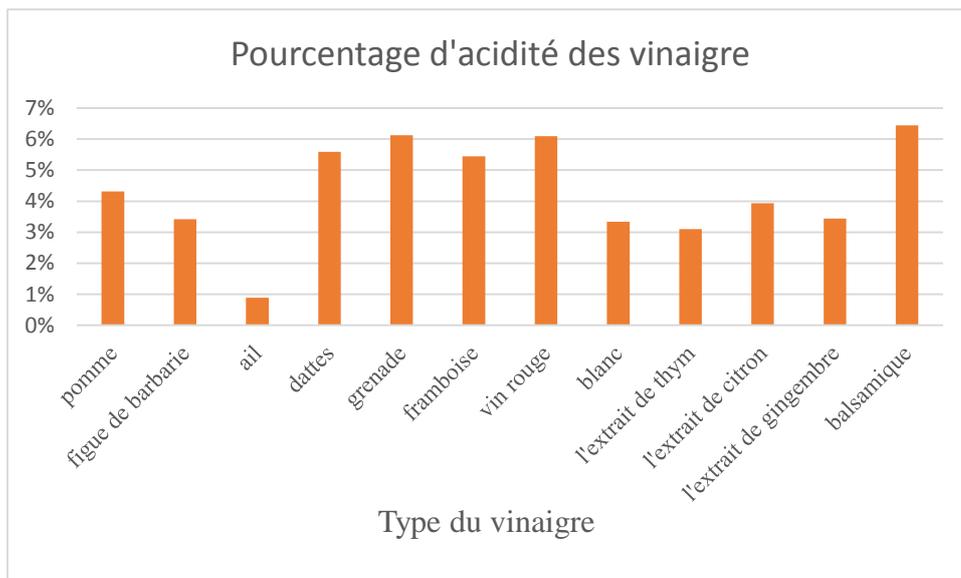


Figure 16 : pourcentage d'acidité des vinaigres

1.5.Matières solides totales

Le paramètre Brix indique le pourcentage de solides solubles y compris le sucre, les sels et les protéines, dans un échantillon aqueux. Cependant les solides solubles totaux (TSS) variaient de 1.7° Brix pour Vinaigre blanc et 21.5 ° Brix pour Vinaigre balsamique.

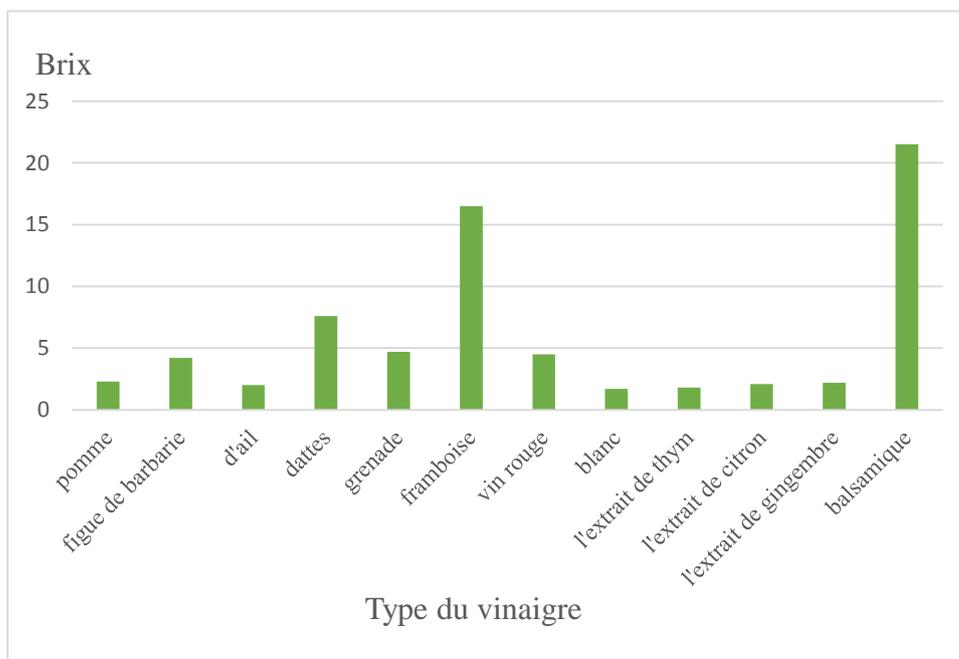


Figure 17 : Réfraction des vinaigres (Brix)

1.6. Mesure de la couleur

Les résultats de la caractérisation de la couleur des échantillons de vinaigre sont présentés dans le tableau 03. On note une variabilité significative de la couleur des vinaigres mesurée. Les valeurs L*, a*, b* varient généralement entre 34.05 ± 3.36 - 98.66 ± 0.52 ; 0.343 ± 0.03 - 36.08 ± 16.91 et 5.95 ± 0.05 - 55.65 ± 7.48 respectivement.

La valeur la plus élevée du L*a été observée pour le vinaigre blanc. Tandis que les valeurs a* et b* les plus élevées ont été observées pour le vinaigre de vin rouge.

Tableau 03 : les paramètres de couleur des vinaigres

Vinaigre	L*	a*	b*
Vinaigre de pomme	87,75 ± 1,03	5,27 ± 1,05	34,75 ± 2,37
Vinaigre de figue de barbarie	77,9 ± 8,48	5,96 ± 3,31	42,61 ± 4,601
Vinaigre d'ail	88,55 ± 1,55	1,32 ± 0,31	19,20 ± 2,18
Vinaigre de dattes	87,58 ± 3,22	1,59 ± 1,15	28,14 ± 5,15
Vinaigre de grenade	79,72 ± 5,77	12,31 ± 0,54	52,21 ± 9,25
Vinaigre de framboise	87,39 ± 1,53	27,89 ± 5,77	26,59 ± 5,14
Vinaigre de vin rouge	81,03 ± 19,45	36,08 ± 16,91	55,64 ± 7,48
Vinaigre blanc	98,66 ± 0,52	0,343 ± 0,03	5,95 ± 0,05
Vinaigre a l'extrait de thym	90,93 ± 5,93	0,91 ± 0,22	19,49 ± 0,61
Vinaigre a l'extrait de citron	77,97 ± 3,97	3,16 ± 1,15	31,15 ± 2,60
Vinaigre a l'extrait de gingembre	92,37 ± 2,42	1,00 ± 0,11	17,66 ± 1,86
Vinaigre balsamique	34,05 ± 3,36	14,75 ± 0,11	10,36 ± 9,30

2. Résultats de l'activité antibactérienne

2.1 Résultats de l'antibiogramme

Le profil de l'antibiogramme (fig 18) montre une réponse variable des souches vis-à-vis des antibiotiques testés. Notons que seule la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 43300s'est manifestée sensible contre l'Amoxicilline (16 ± 0.5 mm). Par ailleurs, aucune efficacité de la pénicilline G n'est marquée contre l'ensemble des isolats. Concernant la Vancomycine, un pouvoir puissant est exercé sur *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 *Klebsiella pneumoniae* BMR et *Pseudomonas aeruginosa* avec des diamètres respectifs de 22 ± 0.1 ; 21 ± 0.1 ; 22 ± 0.05 mm. En revanche aucun effet n'a été détecté sur *E. coli* BLSE et *Staphylococcus aureus* ATCC43300. Pour la Chloramphénicol, on observe que l'ensemble des souches est sensible vis-à-vis de cette drogue avec des diamètres qui varient d'un minimum de 21 ± 0.00 et un maximum de 32 ± 0.15 mm.

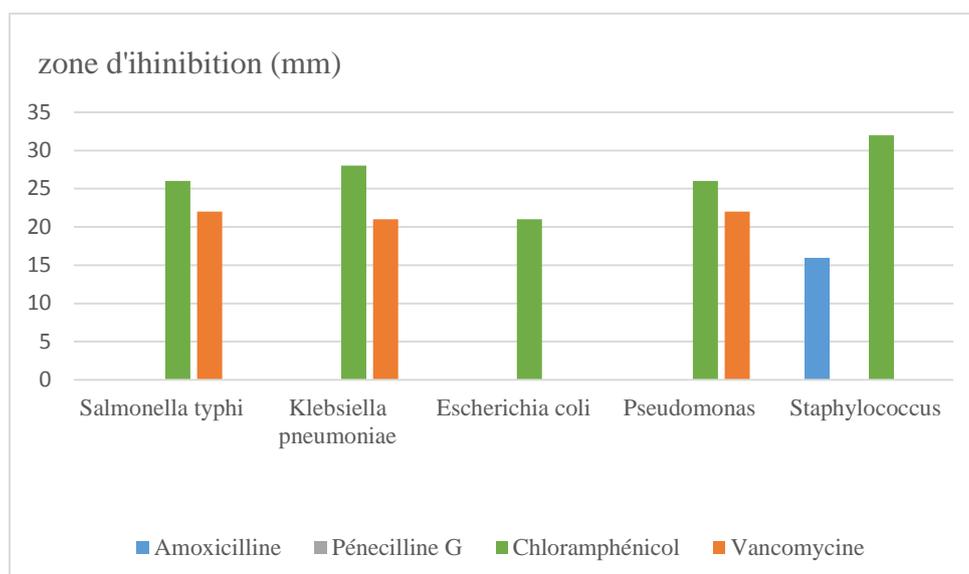


Figure 18 : Effet d'antibiogramme

2.2 Résultats de l'activité antibactérienne du vinaigre

Les résultats de l'effet antibactérien des vinaigres testés sont présentés dans les figures 19, 20, 21, 22, et par les profils relatifs.

Nos résultats montrent l'effet potentiel des vinaigres testés sur toutes les souches bactériennes avec des diamètres variant de $11.33 \pm 0,57$ à $31.33 \pm 3,51$ mm de diamètre, à l'exclusion du vinaigre d'ail qui n'a présenté aucun pouvoir positif.

- **Action des vinaigres contre *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028**

Selon la figure 19, le pouvoir redoutable exercé sur *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 est constaté pour les vinaigres de : figue de barbarie, de framboise, blanc et du balsamique avec un diamètre supérieur à $25 \pm 2,64$ mm.

- **Action des vinaigres contre *Klebsiella pneumoniae* BMR**

Concernant la souche *Klebsiella pneumoniae*, On observe que les vinaigres de pomme, d'extrait de thym et de gingembre présentent des diamètres de 18 mm et 19 mm. Un effet moyen est relevé pour les vinaigres de dattes, figue de barbarie, framboise, blanc et l'extrait de citron, avec des zones qui varient de 20 à 25.33 mm. Par ailleurs le plus grand pouvoir est obtenu avec le vinaigre de grenade, vin rouge et balsamique dont les diamètres sont compris entre 25.33 et 30 mm.

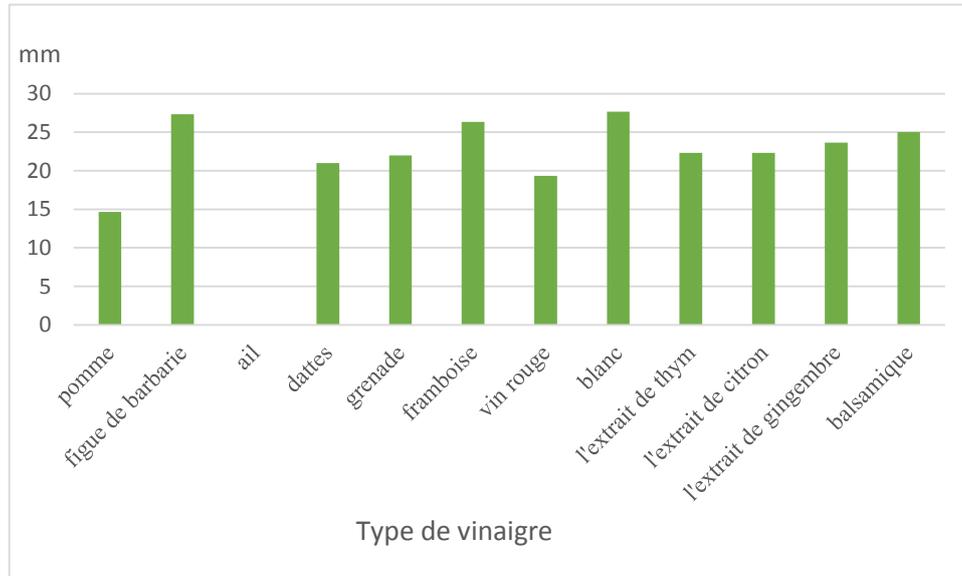


Figure19 : Effet des vinaigres sur *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028

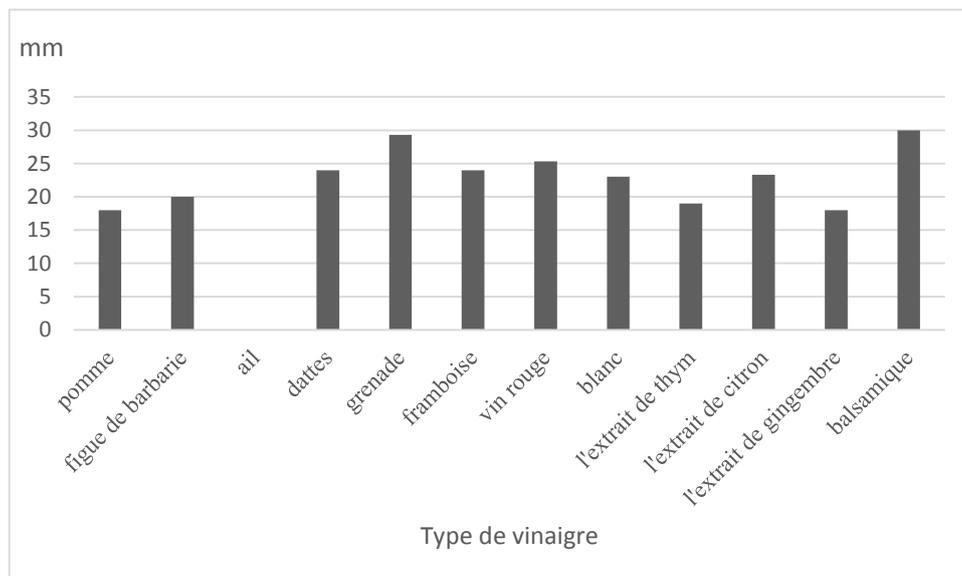


Figure20 : Effet des vinaigres sur *Klebsiella pneumoniae* BMR

- **Action des vinaigres contre *E. coli* BLSE**

Dans le cas d'*Escherichia coli* tous les diamètres mesurés sont au-dessus de 21.33 mm. Sauf exception pour le vinaigre d'ail. Les vinaigres de grenade, framboise, vin rouge, blanc, balsamique et l'extrait de citron montrent des effets puissants avec des diamètres qui s'échelonnent entre 25 et 30 mm.

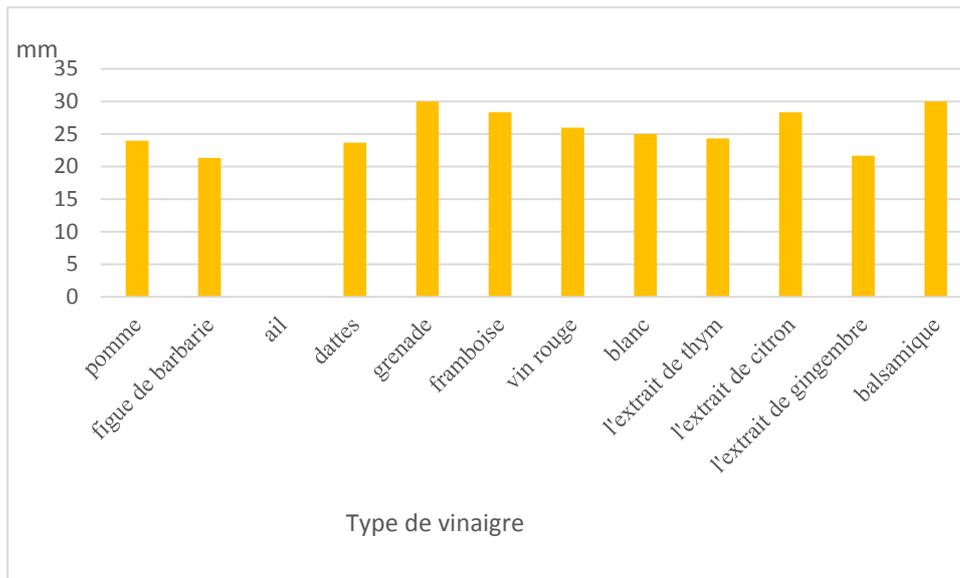


Figure21 : Effet des vinaigres sur *Escherichia coli* BLSE

- **Action des vinaigres contre *Pseudomonas aeruginosa*.**

Il ressort de la figure 22 que les vinaigres testés présentent un effet puissant sur *Pseudomonas aeruginosa* avec des zones dépassant 21.66 mm à l'exception de l'ail. Généralement l'effet varie de 21.66 à 25.33 mm pour le vinaigre de figue de barbarie, extrait de thym et gingembre, et de 25.33 à 30 mm pour les vinaigres de l'extrait de citron, blanc, grenade, datte, framboise, pomme et balsamique.

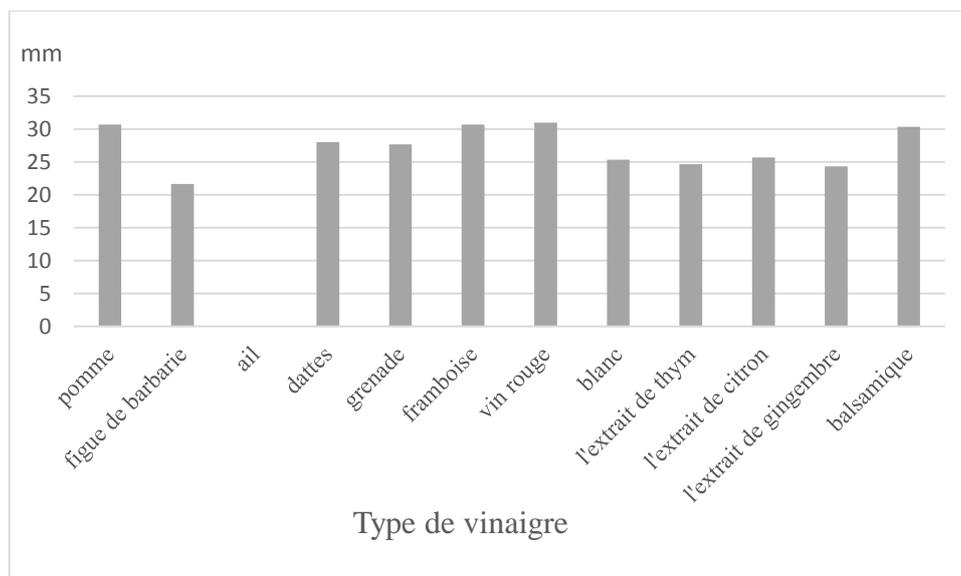


Figure22 : Effet des vinaigres sur *Pseudomonas aeruginosa*.

• Action des vinaigres contre *Staphylococcus aureus* ATCC 43300

La figure 23 montre que les vinaigres de l'extrait de citron et de thym présentent un faible effet positif contre l'espèce *Staphylococcus aureus* ATCC 43300. Par contre les vinaigres de l'extrait de gingembre, pomme, blanc, datte, balsamique, grenade, framboise et vin rouge marquent l'effet le plus grand avec des diamètres qui varient de 26 ± 0.57 à 31 ± 01 mm

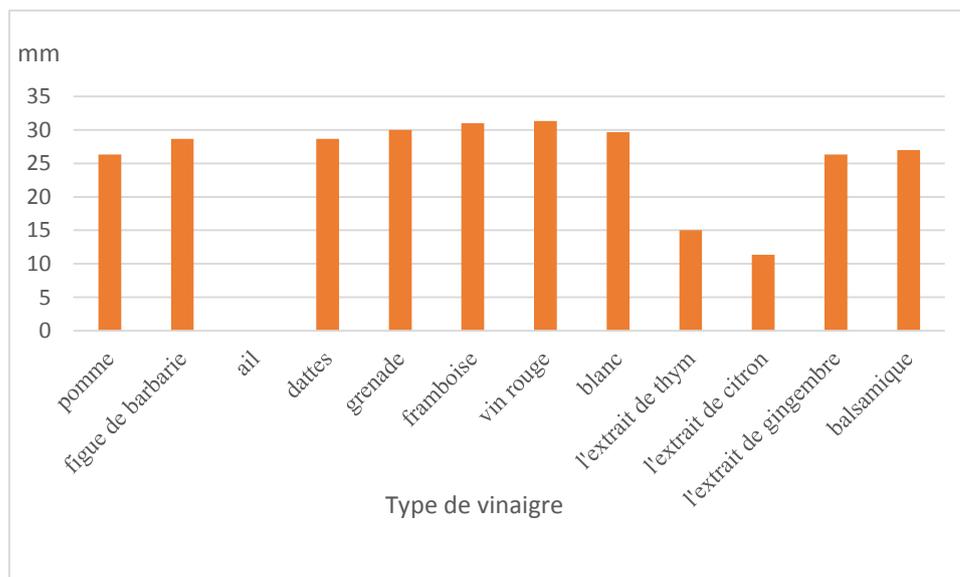


Figure 23 : Effet des vinaigres sur *Staphylococcus aureus*.

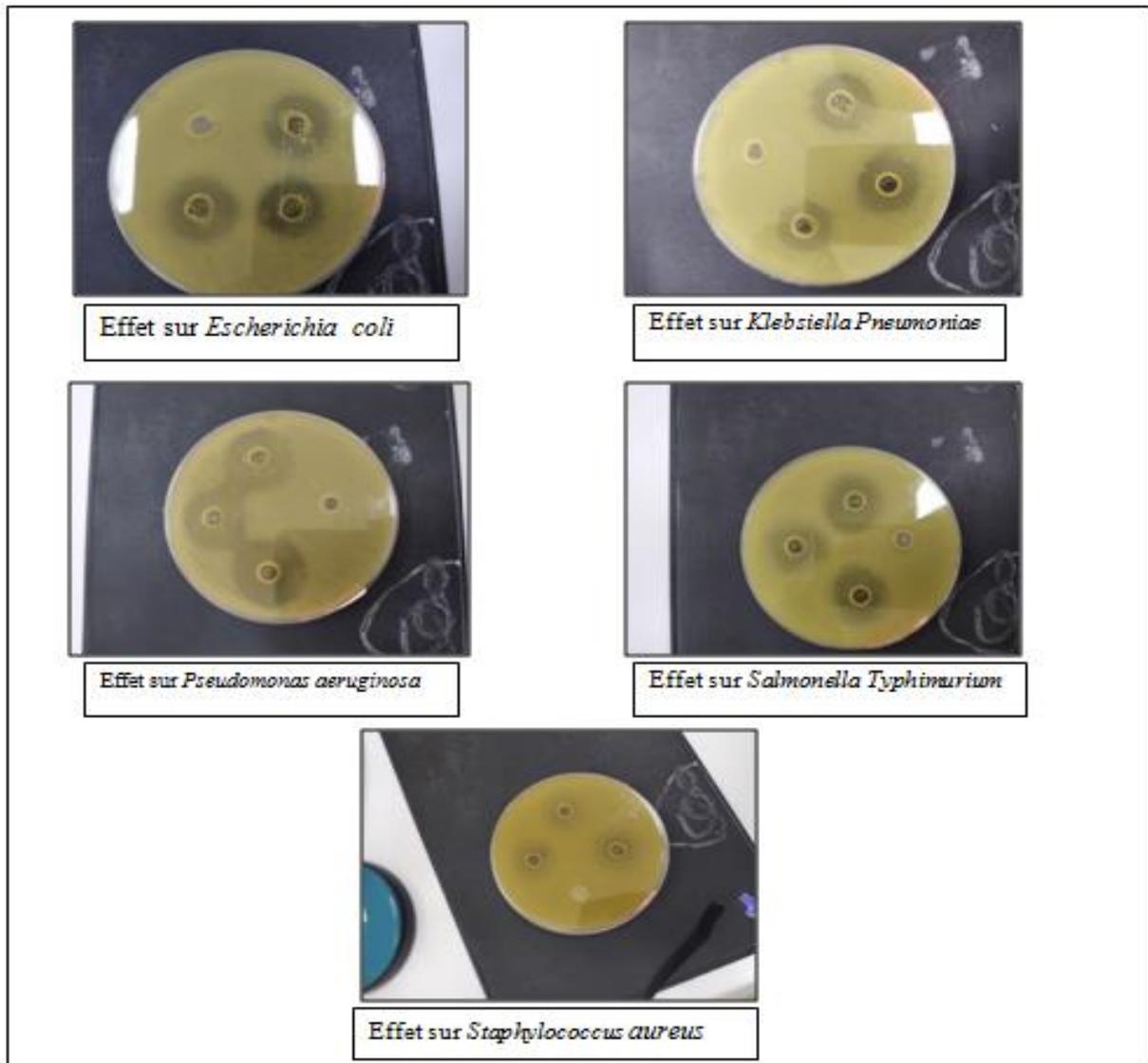


Figure 24 : Résultats du vinaigre a l'extrait de citron

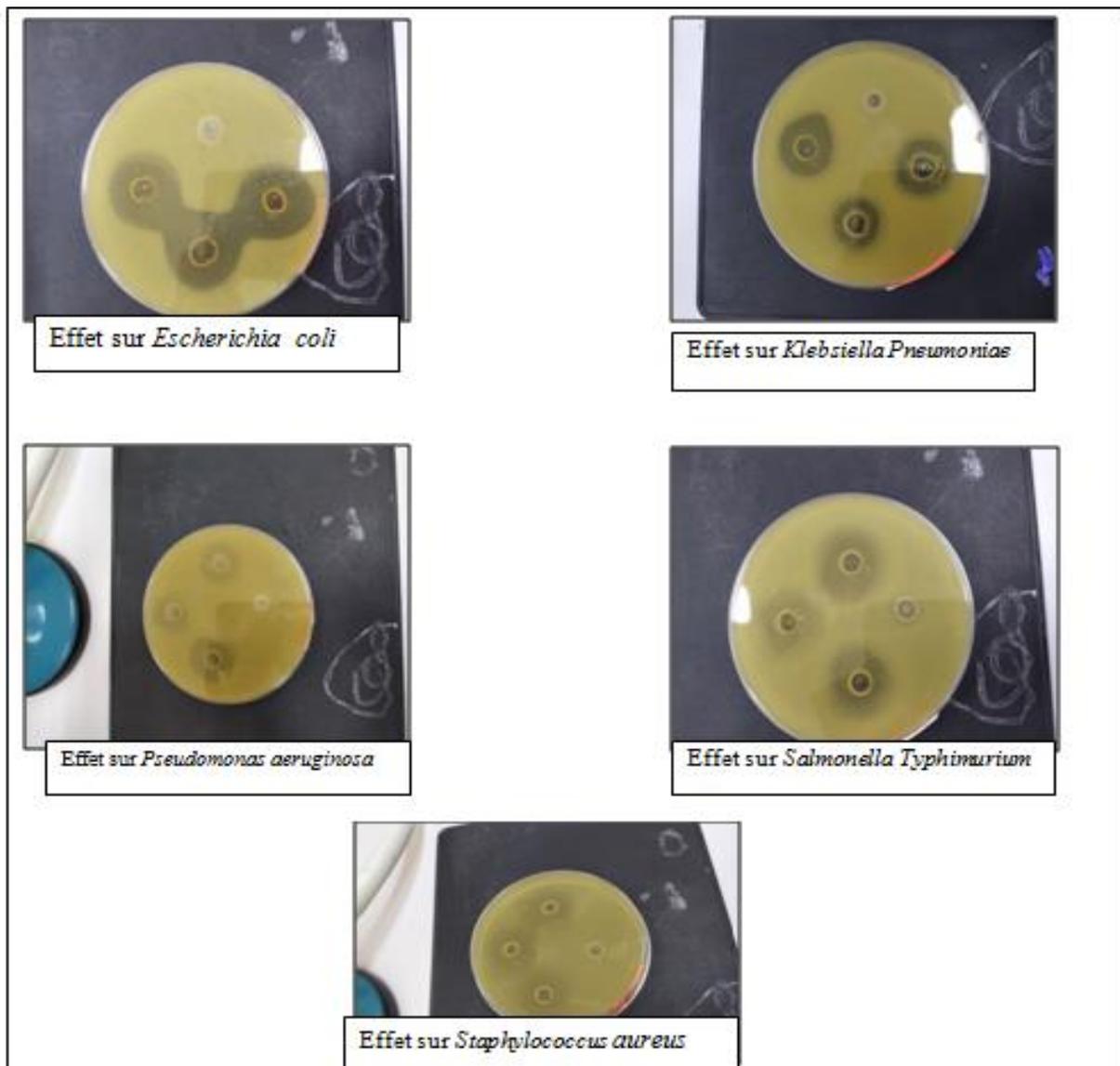


Figure 25 : Résultats du vinaigre de l'extrait de gingembre

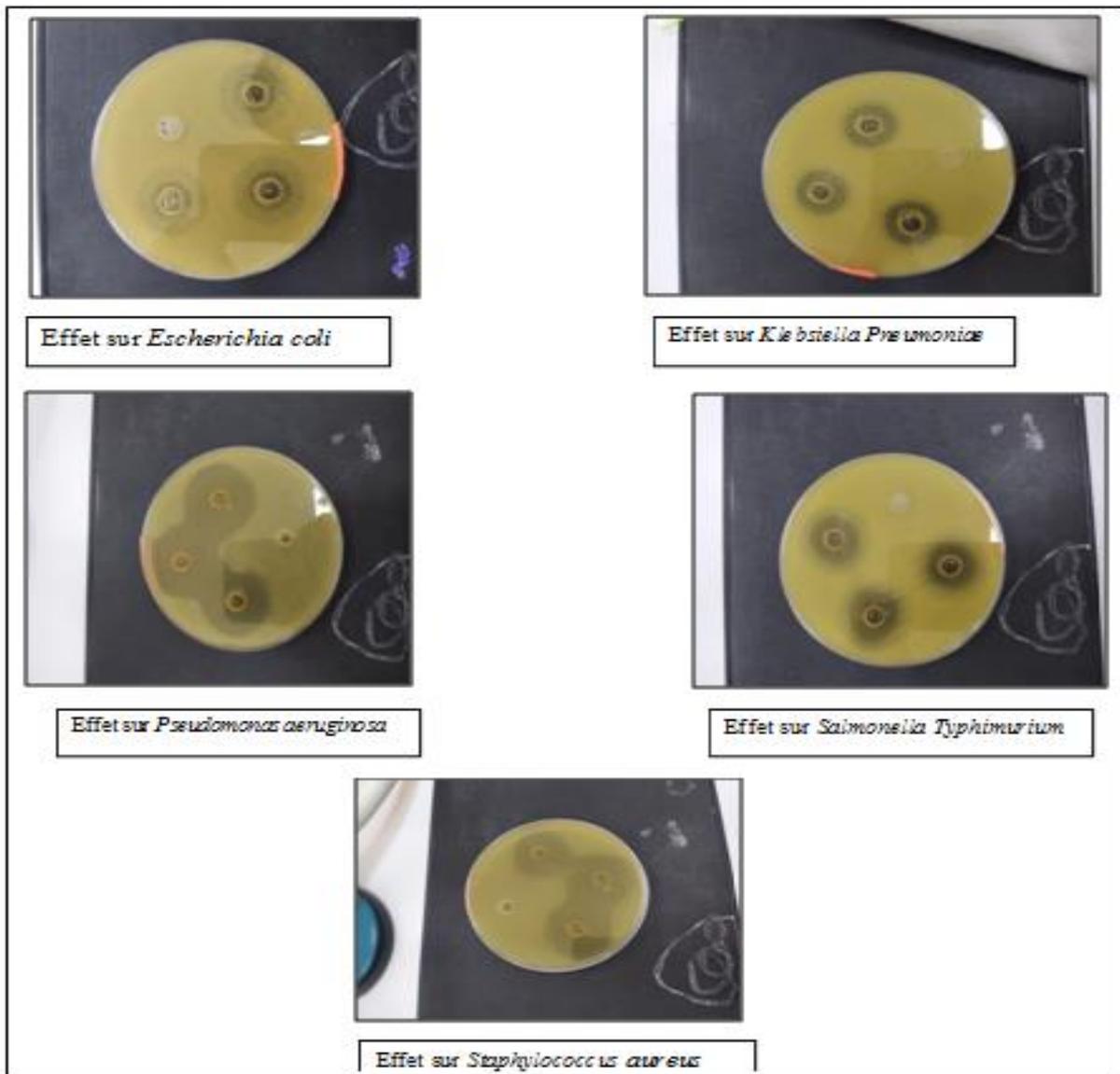


Figure 26 : Résultats du vinaigre de vin rouge

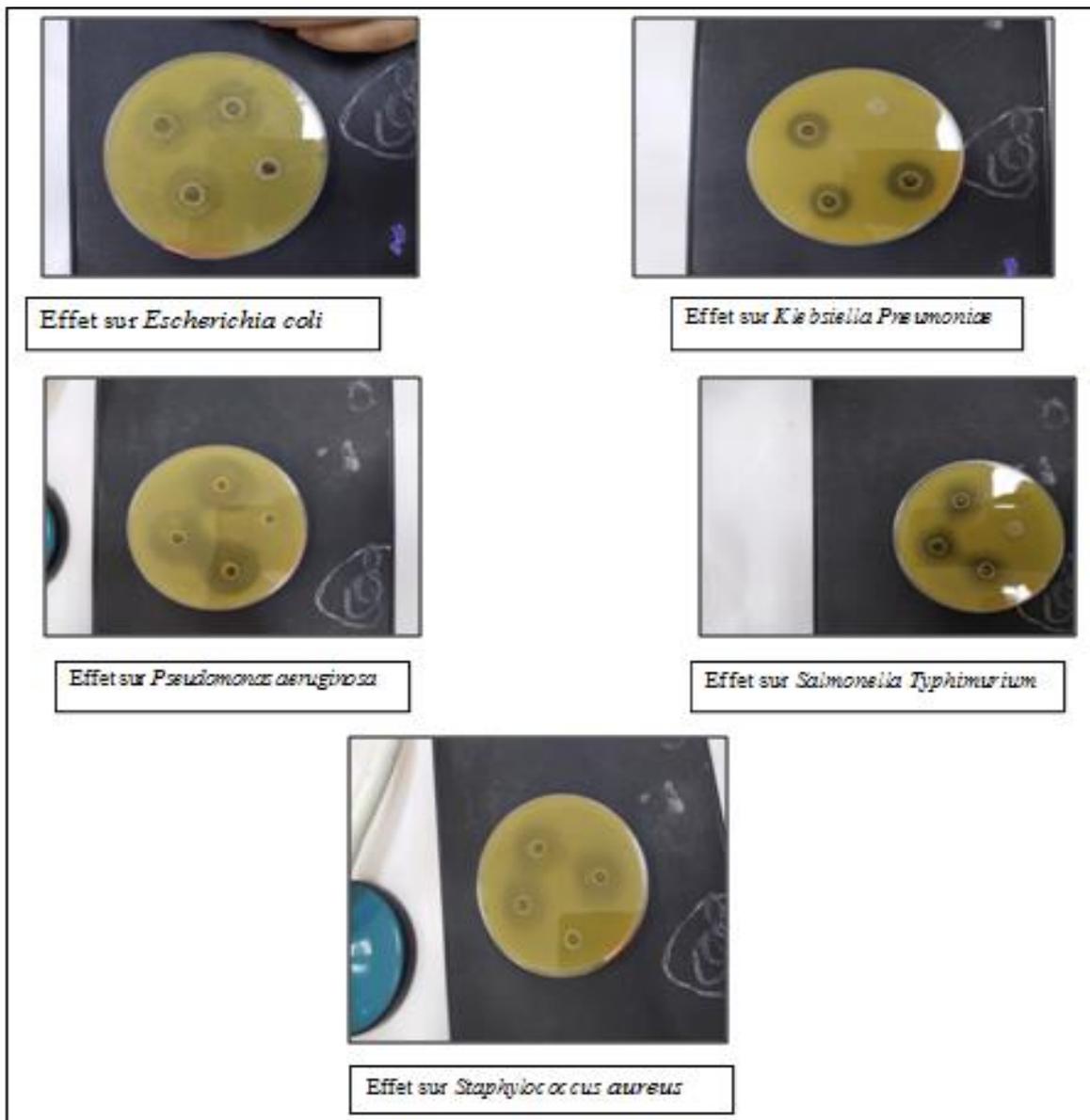


Figure 27 : Résultats du vinaigre de pomme

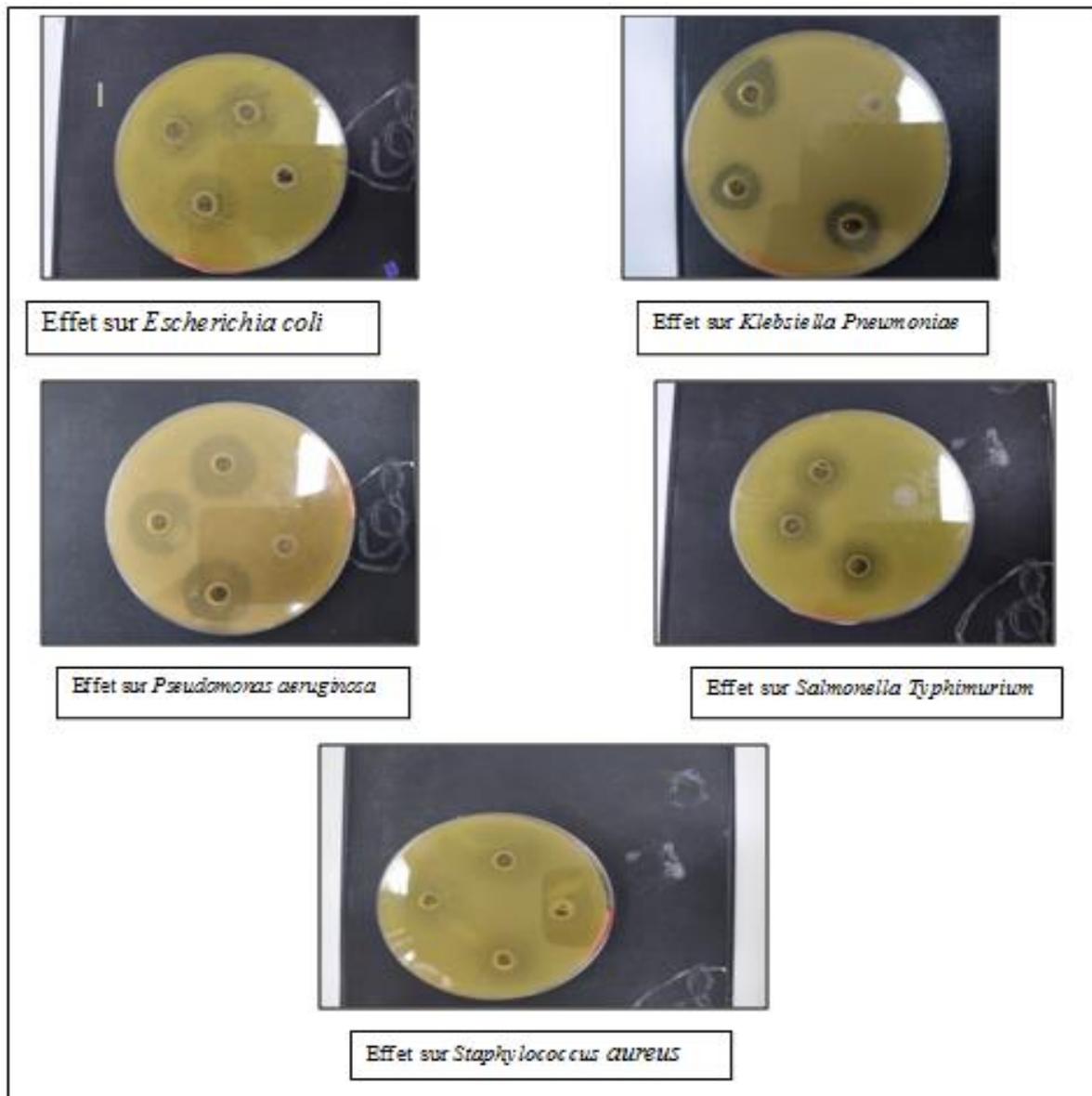


Figure 28 : Résultats du vinaigre a l'extrait de thym

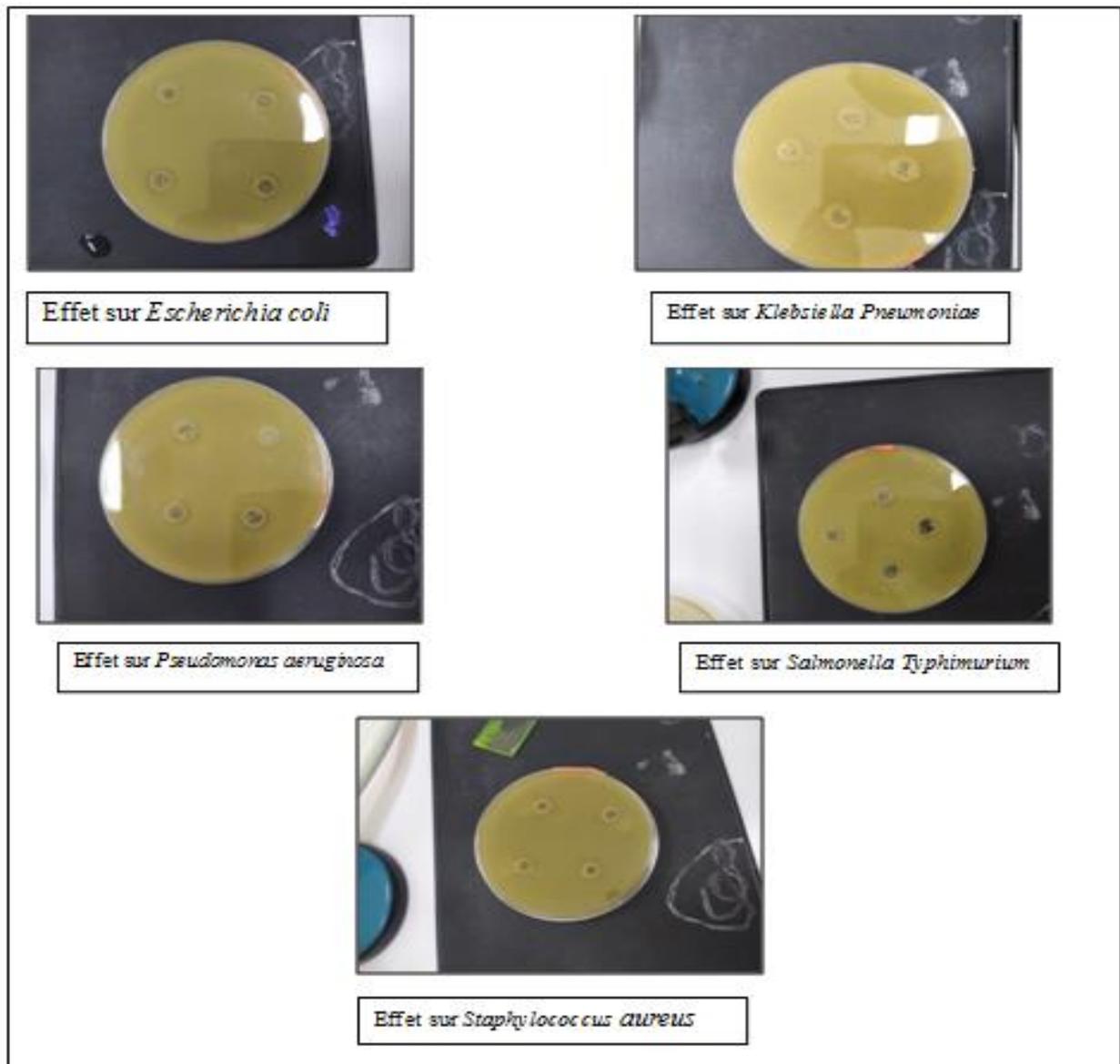


Figure 29 : Résultats du vinaigre d'ail

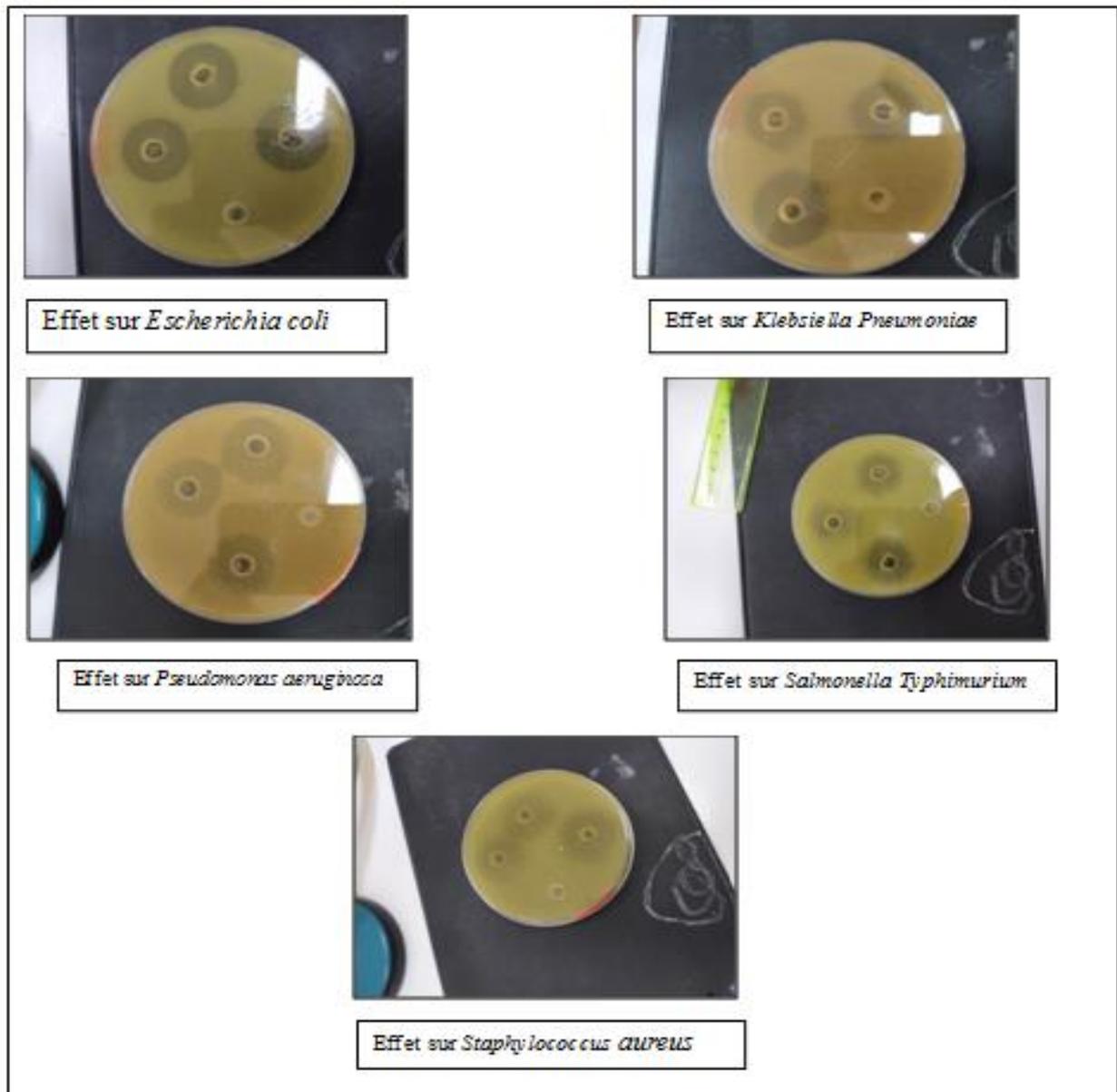


Figure 30: Résultats du vinaigre blanc

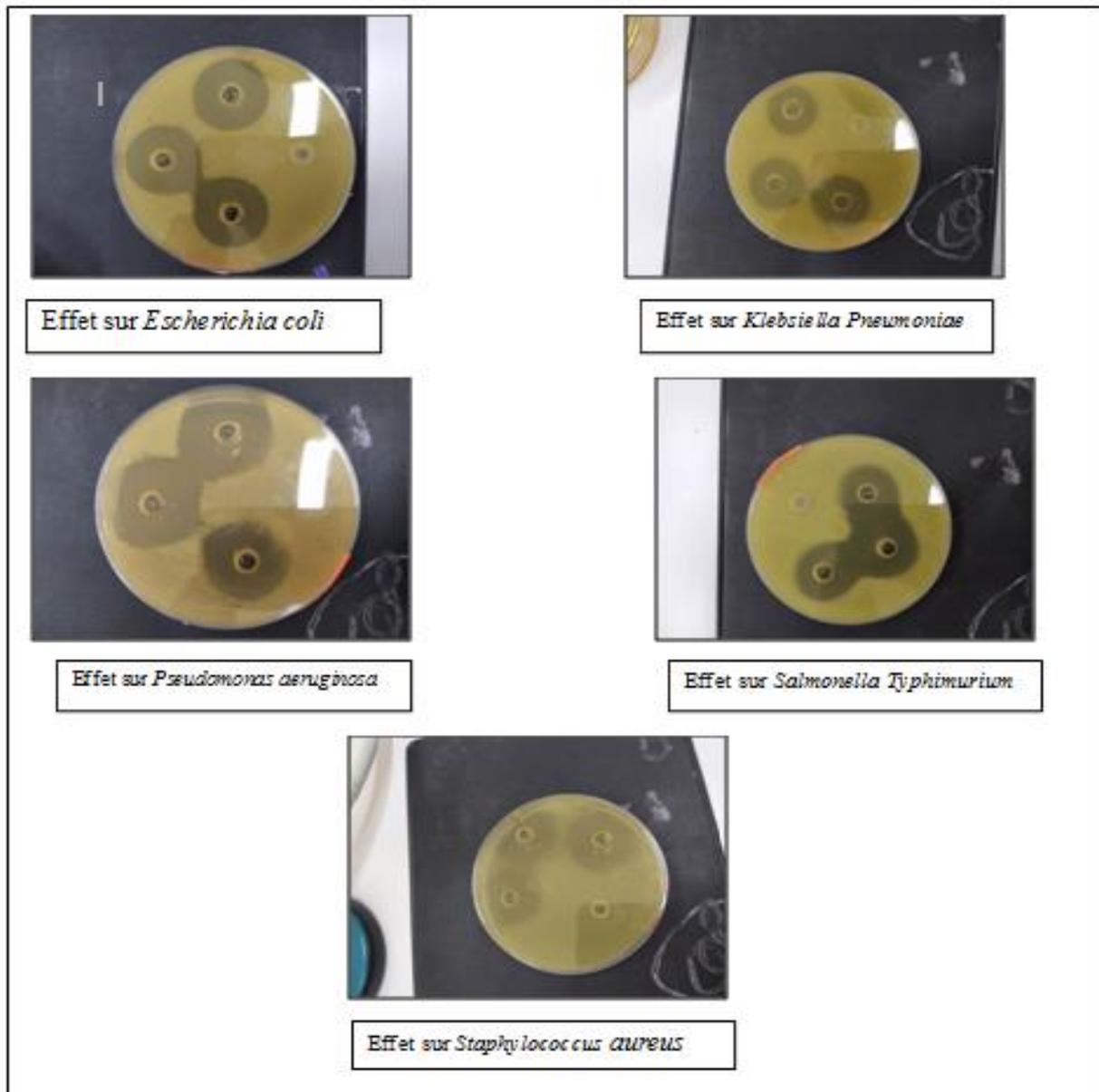


Figure 31 : Résultats du vinaigre de framboise

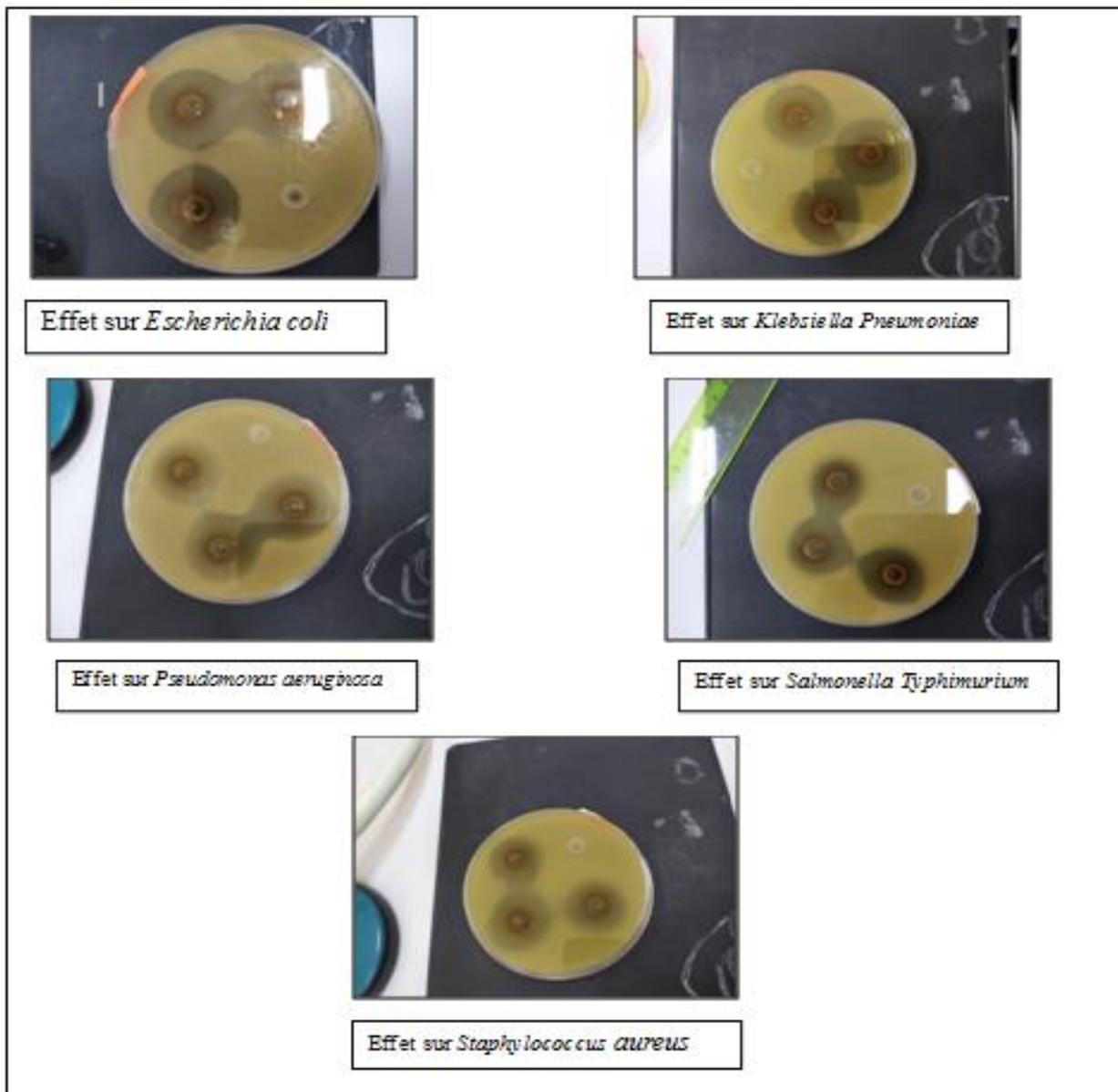


Figure32 : Résultats du vinaigre balsamique

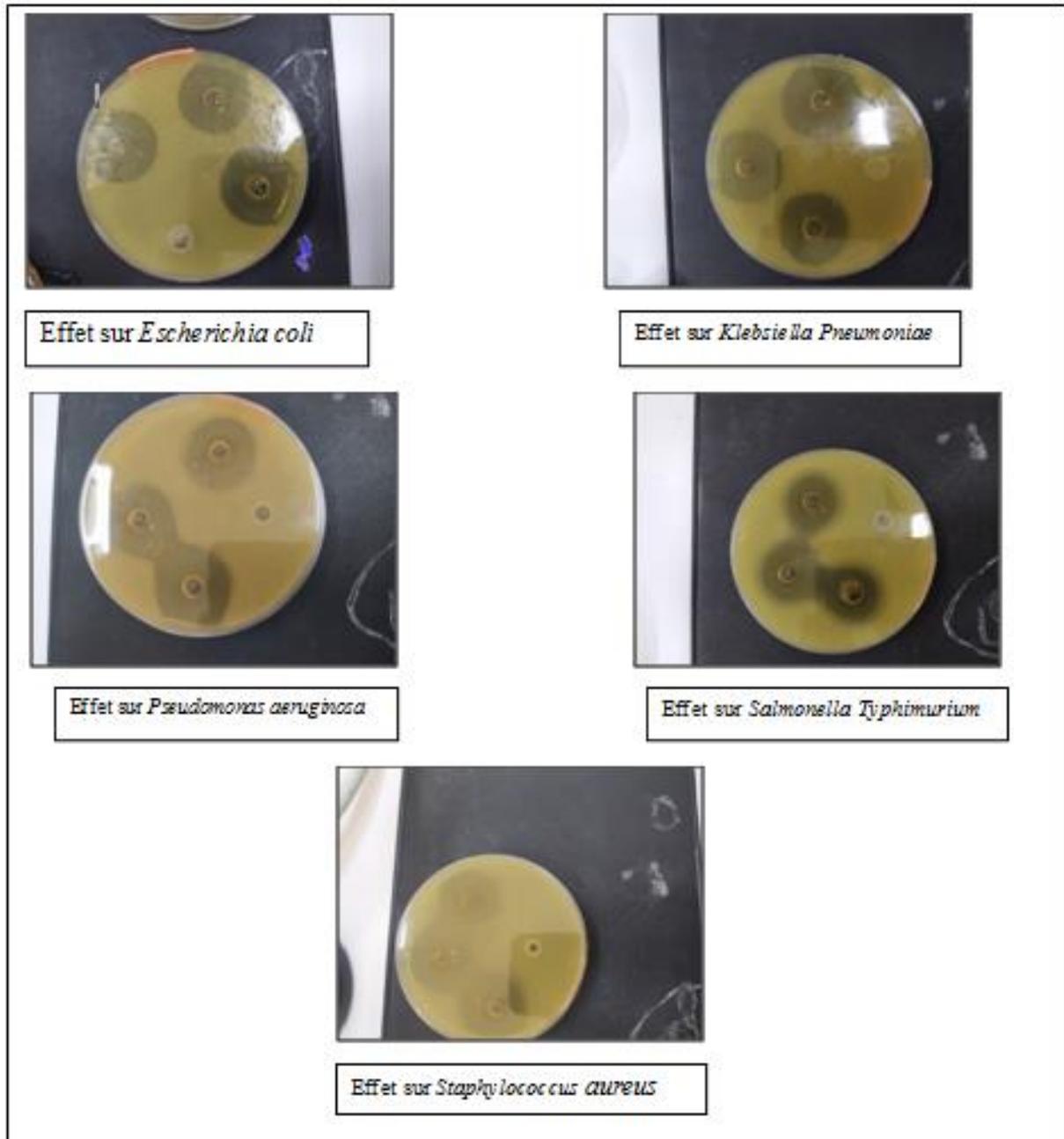


Figure33 : Résultats du vinaigre de grenade

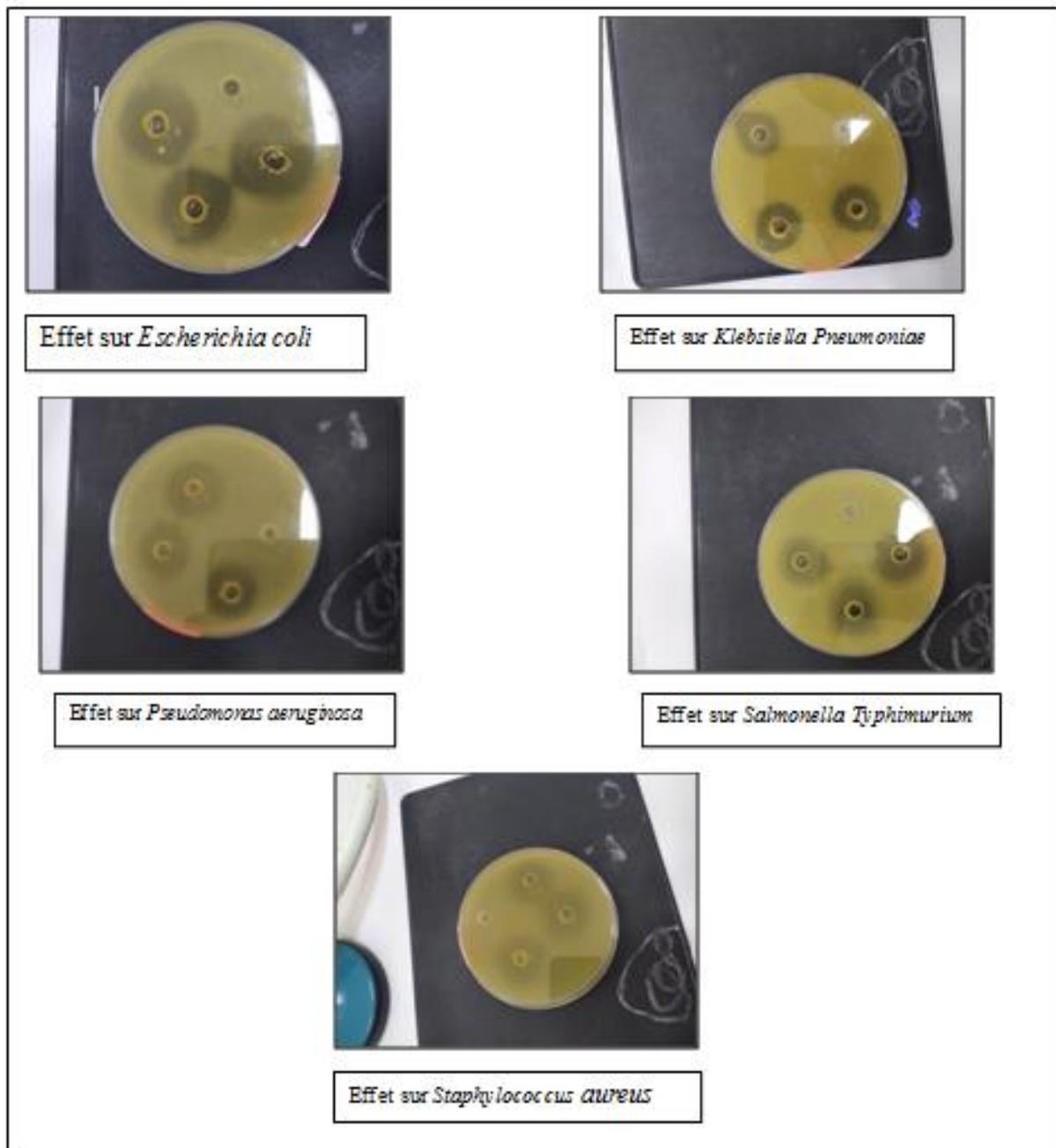


Figure34: Résultats du vinaigre de figue de barbarie

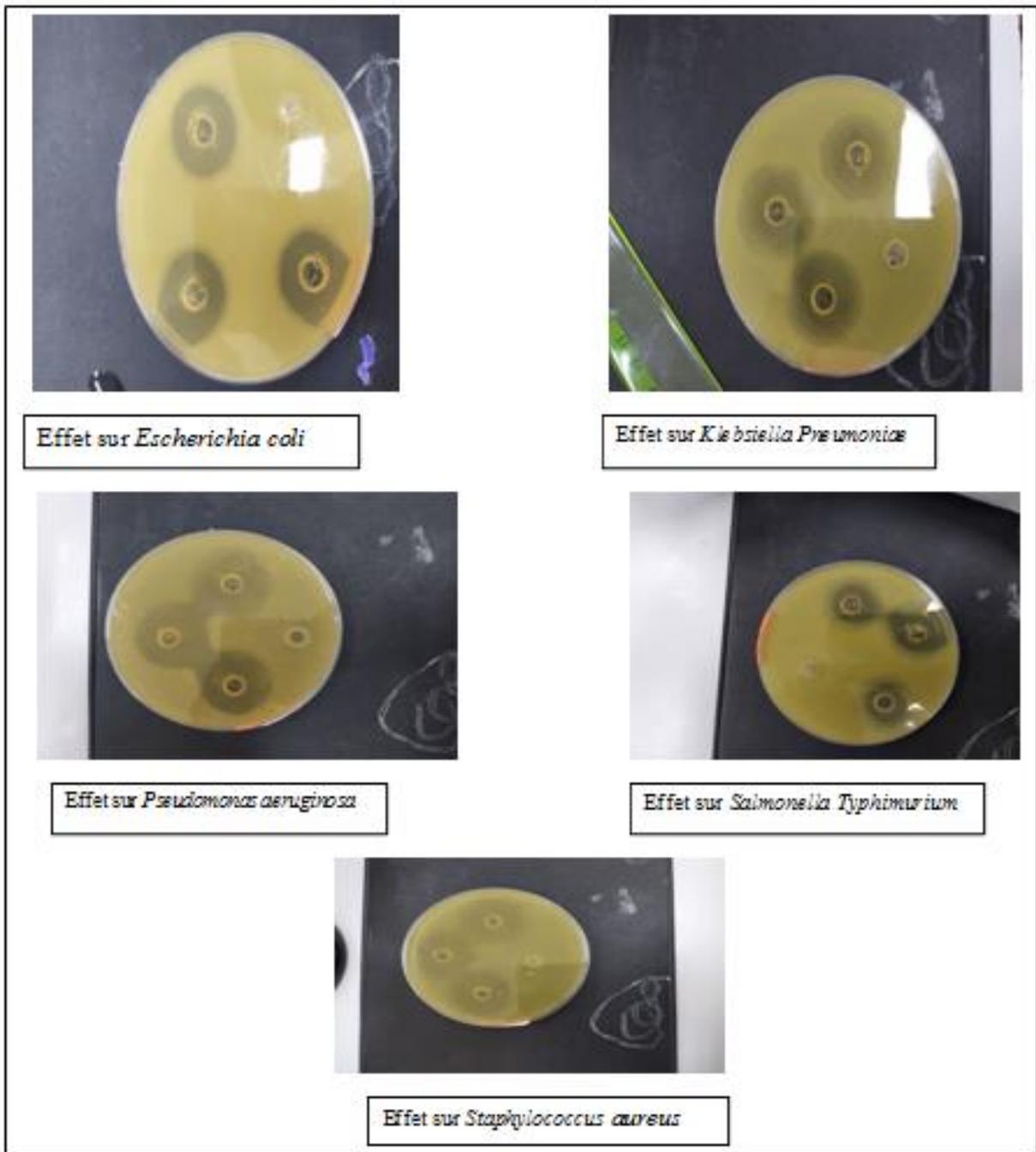


Figure 35 : Résultats du vinaigre de dattes

3. Résultats du dosage métabolites secondaires et pouvoir antioxydant

3.1 Polyphénols

Les résultats du dosage des polyphénols des vinaigres présentés par la figure 79 montrent qu'on peut classer les vinaigres en trois groupes : le vinaigre de pomme, blanc, gingembre, extrait thym et citron ont un faible taux qui varie de 0.05 ± 0.02 à 7.24 ± 0.1 mgAG/L. Le vinaigre d'ail et framboise ont un taux moyen compris entre 21.33 ± 0.15 et 33.42 ± 0.15 mgAG/L. Par ailleurs, les vinaigres du vin rouge, datte, figue de barbarie, grenade et le balsamique montrent la concentration la plus élevée qui varie de 69.53 ± 2.5 à 94.10 ± 0.5 mgAG/L.

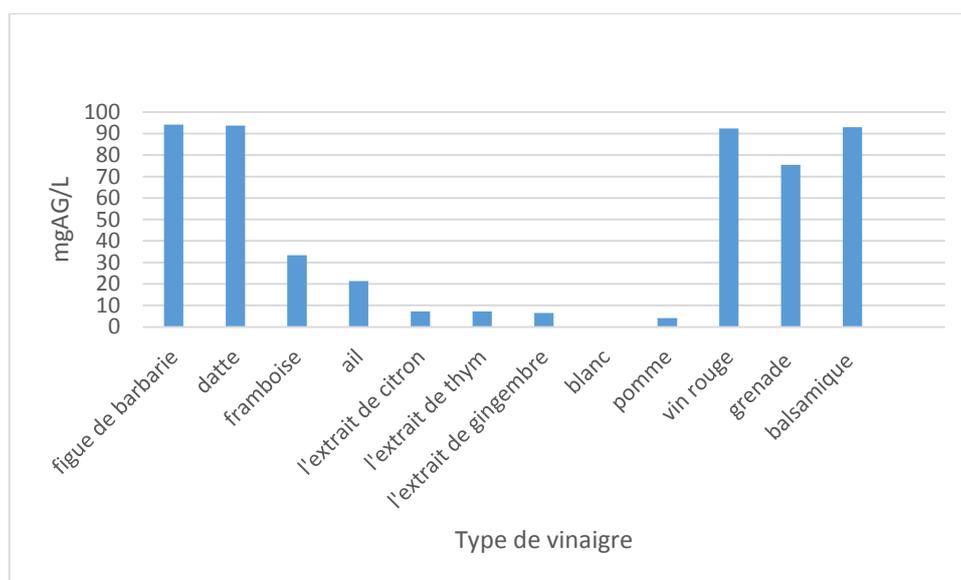


Figure 36 : Concentration de Polyphénols des vinaigres

3.2 Dosage des flavonoïdes

Généralement, la concentration des flavonoïdes ne dépasse pas 10 mgEQ/L , à l'exception du vinaigre de dattes ($10.93 \pm 0.07 \text{ mgEQ/L}$), vinaigre de grenade (20.06 mgEQ/L), vin rouge (23.10 mgEQ/L) et balsamique (21.21 mgEQ/L). (Fig 80).

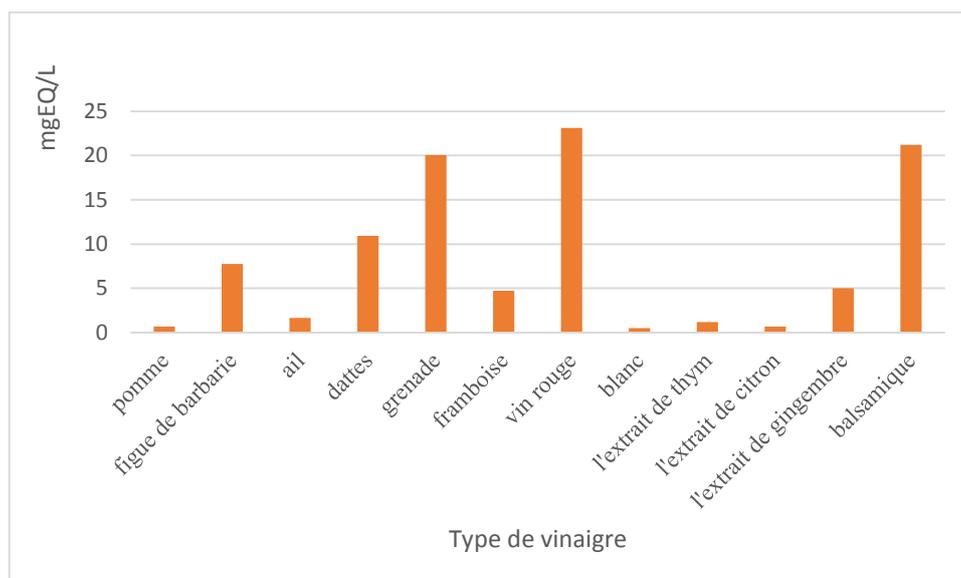


Figure 37 : Concentration de flavonoïdes des vinaigres.

3.3 Pouvoir anti radicalaire des vinaigres

La figure 81 illustre les courbes représentatives du pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations des vinaigres et de l'acide ascorbique testés. A partir de ces courbes une IC50 est déduite. L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus pour cette activité montre un pouvoir antioxydant considérable pour le vinaigre de grenade avec une IC 50 de 0.093 mg/ml soit une valeur significativement supérieure à celle de l'acide ascorbique (0.63 mg/ml). Pour le reste des vinaigres, la capacité de neutraliser la moitié du radical libre est généralement comprise entre 6.75 et 19.71 mg/ml, le pouvoir le plus faible est toutefois enregistré pour le vinaigre de thym.

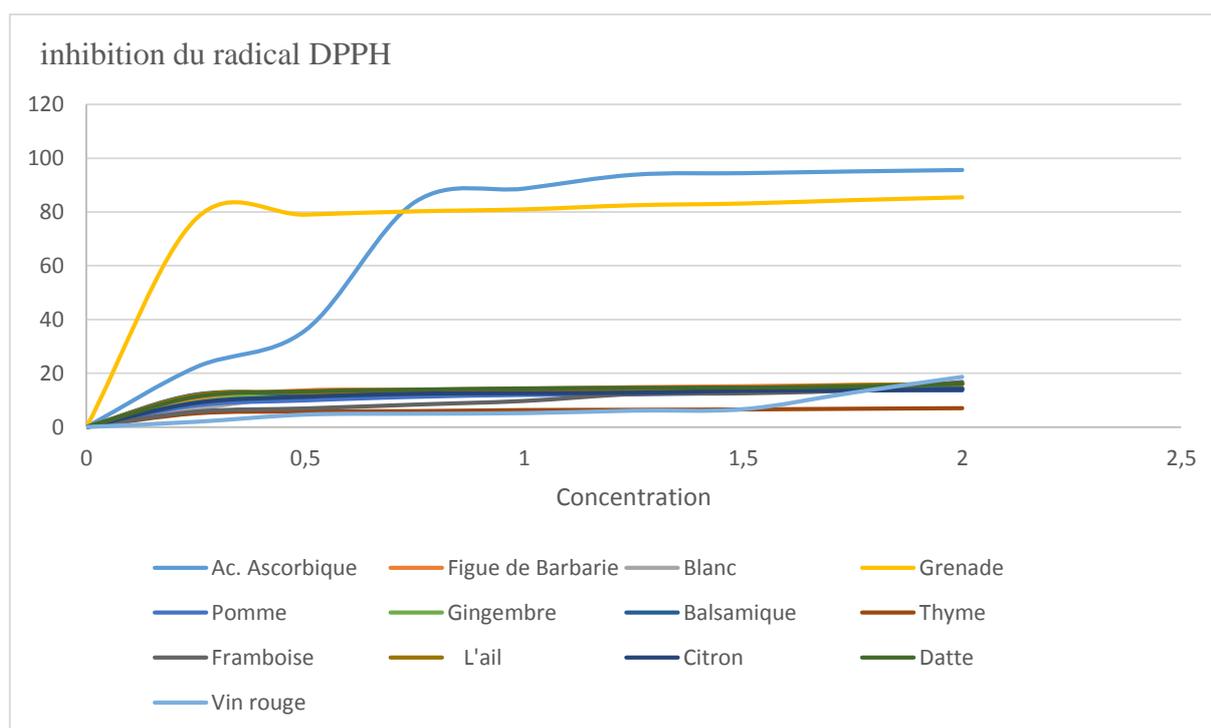


Figure 38 : Courbe du pouvoir antioxydant des vinaigres

Discussion

○ Caractérisation physico-chimique du vinaigre

La connaissance des critères d'un produit est indispensable pour l'évaluation de la qualité nutritionnelle, organoleptique, technologique et marchande, permettant une meilleure orientation des variétés vers des utilisations adéquates.

Le pH des vinaigres était acide avec une légère variation notée entre les échantillons, ces résultats sont proches de ceux rapportés par [Ozturk et al., \(2015\)](#) ; [Bakir et al., \(2017\)](#). Ce paramètre est estimation de la quantité d'acides organiques contenus dans les vinaigres et est également le résultat du métabolisme des micro-organismes acidophiles présents dans ce produit ([Kara et al.,2021](#))

Pour la conductivité du vinaigre, une grande variation a été observée, indiquant ainsi, une différence remarquable dans la qualité des échantillons collectés. Selon ([Kara et al.,2021](#)) la conductivité du vinaigre est la résultante de la présence de matières minérales en suspension dans ce milieu liquide.

Concernant la turbidité, ce facteur est un attribut de qualité important des aliments liquides puisque les consommateurs exigent généralement des produits moins troubles pour leurs préférences. La turbidité des jus est le résultat de la présence de solides en suspension dans le milieu liquide [Ozturk et al., \(2015\)](#). Nos relevés montrent un taux de turbidité faible pour la majorité (<50), ce résultat revient aux procédés de traitement réalisés dans l'industrie par des moyens de réduction de la turbidité. C'est une application courante dans l'industrie du vinaigre qui sert à la clarification du vinaigre par différentes méthodes telles que la microfiltration, échange d'ions à l'exclusion de vinaigre de datte, de l'extrait de citron et de figue de barbarie qui ont des valeurs très élevés par rapport aux autres. Ces résultats ne concordent pas avec ceux de [Ozturk et al., \(2015\)](#).

Les niveaux d'acidité totale des échantillons de vinaigre étaient généralement associés avec leurs valeurs de pH, L'acide acétique peut avoir une triple origine :

- Provient de l'oxydation de l'éthanol par les acétobacters,
- Du métabolisme des bactéries lactiques,
- Un produit secondaire formé par les levures au cours de la fermentation ([Beneddine et al.,2009](#))

Selon l'FDA (1980), la valeur minimale d'acidité est fixée 40 g/L, donc on peut dire que 40% des vinaigres avaient des niveaux d'acidité correspondant aux législations.

Pour le cultivar Brix qui représente généralement les équivalents sucre et autres matières solubles dans les échantillons qui existent dans la matière première, les valeurs des vinaigres varient dans une large gamme de 1.7° à 21.5 °ce qui traduit une forte variabilité. Par ailleurs, la valeur Brix du vinaigre de citron (2,1°) est proche de celle enregistrée par [Ozturk et al., \(2015\)](#) qui égale à 2,66°. En revanche, le Brix de la grenade estimée à 4,7° était très faible par rapport à la valeur relevée par le même auteur (12 ,63°).

Selon [Saiz-Abajo et al., \(2004\)](#) la valeur Brix est étroitement liée à la fermentation car le niveau de sucres diminue avec l'activité des micro-organismes de fermentation. Le type de ferments lactiques et la matière première constituent d'autres facteurs responsables de la variabilité des valeurs Brix des différents vinaigres.

Les résultats de la mesure de couleur indiquent que les propriétés de couleur des échantillons de vinaigre étaient très différentes les unes des autres, Cette différence pourrait être probablement due à la teneur en composés chimiques des matières premières qui influencent la

couleur du produit final. D'après [Ben Hammouda et al., \(2021\)](#) le L* qui représente lightness/darkness argumente la valeur élevée du L* notée pour le vinaigre blanc. La transparence du vinaigre blanc montre la légèreté du produit. Par contre les valeurs a* (redness/greenness), et b* (yellowness/blueness) les plus élevés sont enregistrés pour le vinaigre de vin rouge. Un large éventail de propriétés de couleur a été rapporté pour divers types de vinaigres par de nombreux chercheurs, le présent résultat est en accord avec ceux rapportés par [Ozturk et al., \(2015\)](#) qui confirme que la couleur est un facteur important qui affecte la perception du consommateur lors de l'achat d'un vinaigre.

○ **Activité antibactérienne**

Les résultats de l'antibiogramme effectué avec les quatre antibiotiques (Chloramphénicol, amoxicilline, vancomycine et la pénicilline G) contre 5 souches bactériennes à savoir : *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Klebsiella pneumoniae* BMR, *Escherichia coli* BLSE et *Pseudomonas aeruginosa* montrent une résistance nette des souches testées vis-à-vis d'un ou plus de deux antibiotiques. Ce phénomène constitue une véritable inquiétude. Les bactéries résistantes à plusieurs antibiotiques sont classées en fonction du nombre de famille d'antibiotiques n'ayant plus d'activité sur elles. Par ce mode de classification basé sur le phénotype des bactéries, on distingue les multi résistances de type MDR (Multi Drug resistant), XDR (Extensive Drug resistant) et PDR (Pandrugresistant). Selon l'ECDC (European Center for Disease prevention and Control) (2011), les bactéries multi résistantes de type MDR se définissent comme résistantes à au moins trois familles différentes d'antibiotiques. Les multirésistants de type XDR se caractérisent par leur sensibilité à une seule famille d'antibiotique préconisée pour leur traitement. Enfin, les bactéries multi résistantes de type PDR sont résistantes à toutes familles d'antibiotiques disponibles ([Magiorakos et al., 2011](#)).

L'acquisition des gènes de multi résistance se fait majoritairement par transferts génétique, il arrive même dans le cas d'une mutation chromosomique, la mutation affecte les porines et cela induit des résistances simultanées comme par exemple celles aux β -lactamines chez des souches de *Pseudomonas aeruginosa*. On note aussi par ce même mécanisme des résistances simultanées aux β -lactamines, aux quinolones, au chloramphénicol et au niveau des souches de *Klebsiella spp.*

La relation entre l'usage des antibiotiques et l'augmentation du nombre de souches bactériennes résistantes a été également révélée lors d'une autre étude dans des hôpitaux des Etats-Unis. Il s'agit d'une étude qui met en évidence l'augmentation du taux des *Staphylococcus* initialement

résistants à la méthicilline devenus résistants à la vancomycine après une consommation accrue de cet antibiotique). Ces observations ont également été faites sur l'évolution de la résistance à l'imipénème des *Klebsiella* initialement résistants aux céphalosporines en fonction de la quantité de cet antibiotique consommée (Aboya Moroh, 2014)

De même, de nombreuses souches de staphylocoques dorés (*Staphylococcus aureus*), à l'origine d'abcès ou de septicémies, sont devenues multi-résistantes. Elles sont insensibles à plusieurs antibiotiques, y compris à la **vancomycine**, qui était, encore très récemment, utilisée comme le médicament du dernier recours. La situation est identique pour les entérocoques (*Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*), des bactéries présentes normalement dans l'intestin, qui peuvent aussi causer de graves endocardites et septicémies.

La résistance aux antibiotiques peut résulter de plusieurs mécanismes :

- Production d'une enzyme modifiante ou détruisant l'antibiotique ;
- Modification de la cible de l'antibiotique ;
- Imperméabilisation de la membrane de la bactérie...

Tous ces mécanismes peuvent être isolés ou associés et c'est dans ce dernier cas de figure qu'ils vont être difficiles à contourner

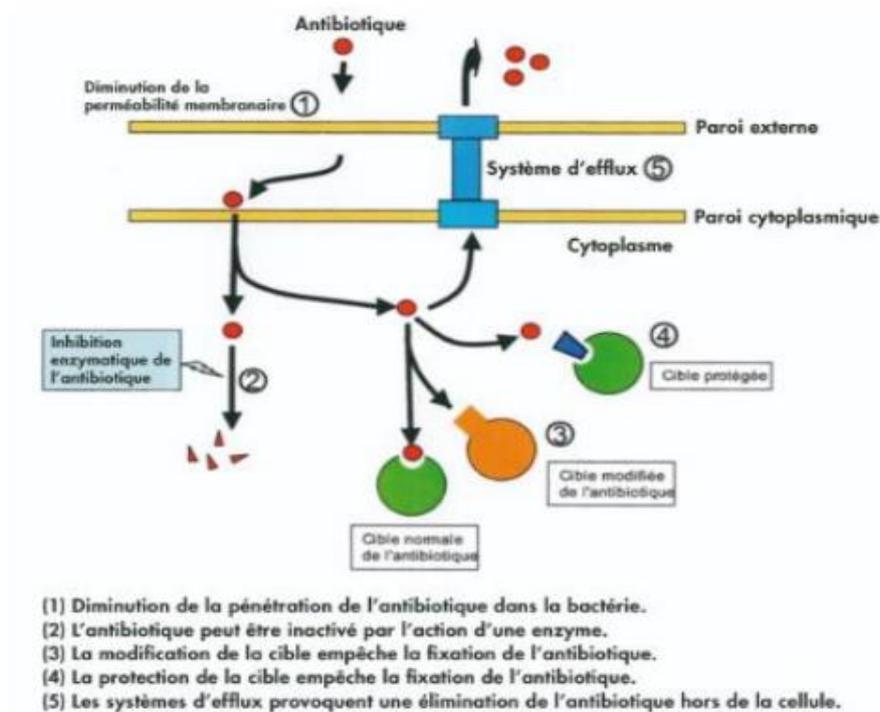


Figure 39 : Mécanismes d'action de la résistance antibiotique (Veyssiere, 2019)

L'activité antibactérienne du vinaigre évaluée par la méthode des puits a donné des résultats très significatives. Les résultats obtenus dans la présente étude sont meilleurs par rapport aux résultats rapportés par l'étude de [Ozturk et al., \(2015\)](#) sur 25 échantillons de vinaigres, y compris des vinaigres traditionnelles (fait maison) et des vinaigres traités industriellement dans la Turquie. En outre, le diamètre mesuré pour le vinaigre de pomme contre *Salmonella Typhimurium* était 14.66 ± 0.57 mm, contre 9.88 ± 0.64 mm. Pour *Escherichia coli*, la zone d'inhibition mesurée pour cette souche était trois fois supérieure. Concernant *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* une grande divergence est marquée 26.33 ± 0.57 mm et 30.66 ± 3.05 mm contre 9.34 ± 0.84 mm et 10.31 ± 0.72 mm respectivement.

Nos résultats montrent un effet meilleur pour le vinaigre de balsamique par rapport à l'étude de [Bakir et al., \(2017\)](#) qui porte sur l'effet antibactérien de différents vinaigres évalué in vitro par la méthode de diffusion par disque. On enregistre, en effet un diamètre équivalent à 27 ± 1.00 mm contre un diamètre de 11 ± 1.00 mm pour la souche *Staphylococcus aureus*, et 25 ± 2.60 mm contre 16 ± 5 mm sur *Salmonella typhimurium*. Cependant, l'activité antimicrobienne des vinaigres peut être liée à la teneur en acide acétique et à la valeur du pH. Nos résultats montrent aussi que les diamètres des zones d'effet sont proportionnels au pourcentage d'acidité des vinaigres, on donne l'exemple du vinaigre d'ail (0.88%) qui n'a donné aucun effet en comparaison avec les vinaigres : balsamique, vin rouge, grenade et de framboise qui optent d'un pourcentage d'acidité au-dessus de 5%. L'étude de [Bjornsdottir et al., \(2006\)](#) indique que de nombreux facteurs, dont le pH, la concentration en acide, les souches bactériennes et l'environnement, pouvaient affecter l'activité antimicrobienne des acides organiques.

Les acides organiques et les produits acidifiés peuvent limiter la croissance ou la survie microbienne, en fonction des types des micro-organismes présents dans l'aliment et du type et de la quantité d'acide. Il est connu que le mécanisme d'inactivation microbienne par les acides organiques, y compris l'acide acétique, implique l'entrée de la forme non dissociée de l'acide organique (HA) à travers la membrane cellulaire en fonction du pH intracellulaire et la dissociation en ions (H⁺) et (A⁻). Le proton provoque l'augmentation de l'acidité du cytoplasme qui conduit à des dommages cellulaires et à la modification ou à la dénaturation des enzymes et des protéines structurales ainsi qu'à l'entrave de la synthèse de l'ADN/ARN, et oblige également la cellule à utiliser l'ATP pour exporter l'excès d'ions (H⁺), ce qui conduit à un épuisement de l'énergie et entrave la croissance microbienne et conduit à la mort cellulaire. ([Bakir et al., 2017](#)).

Le pouvoir antibactérien des vinaigres commercialisés et testés est attribué aux métabolites secondaires que contiennent ces produits tels que les polyphénols. Ces composés sont doués d'activité antibactériennes importantes et diverses, probablement dû à leurs diversités structurales. Les sites et le nombre des groupes hydroxyles sur les groupes phénoliques sont supposés être reliés à leur relative toxicité envers les microorganismes, avec l'évidence que le taux d'hydroxylation est directement proportionnel à la toxicité. Il a été aussi rapporté que plus les composés phénoliques sont oxydés plus ils sont inhibiteurs des microorganismes (Laraba et al., 2016), Les flavane-3-ols, les flavonols et les tanins ont reçu plus d'attention du à leur large spectre et forte activité antimicrobienne par rapport aux autres polyphénols.(Daglia, 2012)

Ces composés jouent un rôle inhibiteur, ils n'agissent pas sur la paroi bactérienne mais plutôt sur un mécanisme interne. Ces composés sont supposés agir sur l'ADN, l'ARN et la synthèse protéique (Ulanowska et al., 2006). Ils possèdent une capacité de supprimer un nombre de facteurs de virulence microbienne telle que l'inhibition de la formation de biofilms, la réduction de l'adhésion aux ligands de l'hôte et la neutralisation des toxines bactériennes ainsi qu'à leur capacité d'établir une synergie avec certains antibiotiques (Daglia, 2012).

○ Métabolites secondaires et pouvoir anti radicalaire

Les résultats relatifs aux métabolites secondaires à savoir les flavonoïdes et les polyphénols montrent la présence de ces composants actifs dans tous les types de vinaigres commercialisés analysés. Cependant les teneurs de **polyphénols** varient de 0.05 ± 0.02 à 94.10 ± 0.53 mgEAG/L. Nos résultats sont très loin de la variété turque (Ozturk et al., 2015) qui présente une concentration très élevée en polyphénols dans les vinaigres de balsamique, de citron et de pomme avec des teneurs respectives de l'ordre de 791.59 ± 34.14 ; 118.82 ± 30.28 et 42.04 ± 0.82 mgAG/L.

Pour les **flavonoïdes**, les teneurs sont comprises entre 0.68 ± 0.04 à 23.10 ± 0.25 mgEQ/L. En effet, nos résultats se rapprochent de ceux de Bakir et al., (2017) qui rapportent des concentrations de 0.22 ± 0.01 mgEQ/L pour le vinaigre de pomme, 0.02 ± 0.04 mgEQ/L pour le vinaigre de citron et 1.3 ± 1.00 mgEQ/L pour celui de la grenade. En revanche les données enregistrées restent inférieures aux données marquées par l'étude de Ozturk et al., (2015), dont on rencontre des concentrations de 55.08 ± 2.48 ; 13.98 ± 1.04 et 182.23 ± 1.55 mgEQ/L dans les vinaigres de pomme, citron et de la grenade respectivement.

L'estimation de la capacité antioxydante des différents types de vinaigre commercialisés montre que le vinaigre fabriqué à l'extrait de thym avait le pourcentage le plus faible de (7.08%). Par contre, le plus grand pourcentage été signalé pour le vinaigre de grenade (85.40%). [Ozturk et al., \(2015\)](#) rapportent un pouvoir anti radicalaire meilleur pour les vinaigres de pomme et de grenade avec des taux respectifs de 26.23 et 90.36 %.

Les divergences des résultats des contenus phénoliques et flavonoïdes totaux (TPC et TFC) et les activités de piégeage des radicaux DPPH des vinaigres peuvent être probablement liés aux type de fermentation, du traitement et de l'origine de l'aliment mais aussi de sa nature, car on a constaté que les vinaigres à base de fruits ou d'aliments riches en arôme et aussi de couleur comme le vinaigre balsamique, figue de barbarie, vin rouge et de grenade ont des teneurs de (TPC et TFC) plus élevés que les vinaigres fabriqués aux extraits de plantes.

[Li et al., \(2015\)](#) rapportent que les compositions chimiques des matières premières jouent un rôle essentiel dans la fonctionnalité du vinaigre, citons l'exemple du raisin qui constitue une source riche en flavonoïdes et autres substances phénoliques, de sorte que le vinaigre et les jus de raisin ont divers effets bénéfiques pour la santé grâce à leur capacité antioxydante élevée.

[Bakir et al., \(2017\)](#) rajoutent que l'inclusion dans le régime alimentaire des aliments riches en polyphénols peut avoir des effets protecteurs contre les maladies chroniques, telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, etc. Ce qui pourraient être liés à leurs capacités antioxydants élevés, ainsi qu'à certaines de leurs caractéristiques au-delà de cette activité notamment la modulation des voies de signalisation cellulaire qui sont responsables de la régulation d'une variété d'enzymes impliqués dans le système de défense antioxydant.

Conclusion

Conclusion

Il existe présentement un grand besoin de trouver une solution efficace pour combattre les infections causées par les germes multi résistants (MDR). Le présent travail avait pour objectifs :

- Détermination des caractères physico-chimiques de 12 types de vinaigre : vin rouge, pomme, grenade, à l'extrait de gingembre, thyme, et à l'extrait de citron, balsamique, blanc, l'ail, de framboise, figue de barbarie et dattes ;
- Evaluer l'activité antibactérienne ;
- Evaluer la composition en principes actifs (polyphénols et flavonoïdes).

Et enfin, déterminer le pouvoir anti-radicalaire.

A partir des résultats issus, on peut conclure que :

- Les résultats de la qualité physico-chimique montrent un pH acide variant de 2.59 ± 0.008 à 3.60 ± 0.044 ;
- Une teneur en acide acétique conforme aux normes algériennes (1997) fixée à 50g d'acide acétique/L pour l'ensemble des vinaigres analysés, à l'exception du vinaigre de l'ail ;
- Les résultats de l'antibiogramme montrent une réponse variable des souches vis-à-vis des antibiotiques testés. Notons que seule la souche *Staphylococcus aureus ATCC 43300* est sensible en présence de l'amoxicilline. La pénicilline G ne présente aucun effet positif. La vancomycine exerce un effet puissant sur *Salmonella typhmuri*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa*. En revanche aucun effet n'a été détecté sur *E. coli* BLSE et *Staphylococcus aureus ATCC43300*. Pour la Chloramphénicol, on observe que l'ensemble des souches est sensible vis-à-vis de cette drogue.
- Les vinaigres testés exercent un potentiel effet sur toutes les souches bactériennes avec des diamètres variant de $11.33 \pm 0,57$ à $31.33 \pm 3,51$ mm de diamètre, à l'exclusion du vinaigre d'ail qui n'a présenté aucune action.
- Le vinaigre contient des métabolites secondaires tel que les polyphénols et les flavonoïdes précurseurs d'activités biologiques.

On constate ainsi que, les vinaigres produits à base de fruits présentent des activités considérables, comme c'est le cas pour le vinaigre de framboise, de balsamique, à l'extrait de citron.

En effet, notre étude soutient et améliore les connaissances sur les potentiels de promotion de la santé et de sécurité alimentaire de différents types de vinaigre.

En perspectives, il serait utile de :

- Compléter cette étude par un dosage de l'acide citrique et du glucose ;
- Tester les vinaigres sur d'autres microorganismes ;
 - Appliquer ces vinaigres sur des tapis microbiens ;
 - Tester l'effet antibactérien des vinaigres traditionnels ;
 - Identifier par HPLC les principaux composants doués du pouvoir biologique.

Références bibliographiques

- Abdaoui, M, Z.Ayed, D.Medjarba, A. (2018). *Etude phytochimique et activités biologiques d'une plante médicinale saharienne « Cornulaca monacantha Delil »*. Memoire de master, université 08 mai 1945 Guelma.
- Abaidi, S. Otmani, K. (2017). *Caractérisation de quelques paramètres physico-chimiques et biochimiques du vinaigre de datte de la variété Tinissine de la région d'El Oued*. Memoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.
- Achat, S. (2013). *Polyphénols de l'alimentation : Extraction, pouvoir antioxydant et l'interaction avec des ions métallique*. Thèse pour l'obtention du grade docteur en science, Université A. Mira-Bejaia, Algérie. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00978529>
- Akin, H., 2008. *Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de mouts de raisin : modélisation et interprétation métabolique*. Thèse doctorat, Institut National polytechnique de Toulouse, option : Génie des procédés et Environnement, 121 p
- Atailia, S., BenniNijapa,N.(2015). *L'isolement des bactéries pathogènes chez l'Hirondelle rustique Hirundorustica (Nord-est de Guelma-Algérie)*.mémoire de master, université 08 Mai Guelma ,Algérie.<http://dspace.univ-guelma.dz:8080/xmlui/handle/123456789/1421>
- Bakir, S., Devecioglu, D., Kayacan, S., Toydemir, G., Karbancioglu-Guler, F., Capanoglu, E., 2017. Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. Eur. Food Res. Technol. 243, 2083–2094. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2908-0>
- Benahmed. (2007). *Etude et optimisation d'un processus de Fabrication traditionnelle du vinaigre à partir de deux variétés de dattes communes cultivées dans le sud Algérien*. Mémoire de magister, Université M'Hamed Bougara Boumerdes, Algérie. <http://dlibrary.univ-boumerdes.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/807/1/Benahmed%20djilali%20Adiba.pdf>
- Berry, B. (2011). *Le marché mondial du vinaigre Possibilités pour les exportateurs canadiens de vinaigre*. Agriculture et Agro-alimentaire Canada. https://www.agrireseau.net/marketing-agroalimentaire/documents/marche_vinaigre_.pdf
- Beneddine, D. Bentadj, S. (2009). *Recherche Des substances toxique dans le vinaigre traditionnel de datte*. Memoire de Master, Université KasdiMerbah-ouergula, Algérie. https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/4402/1/Beneddine_Bentadj.pdf
- Bjornsdottir K, Breidit F Jr, McFeeters RF (2006) Protective effect of organic acids on survival of Escherichia coli O157:H7 in acidic environments. Appl Environ Microbiol 72 :660–664

- Bhat, S.V., Akhtar, R., Amin, T., 2014. An Overview on the Biological Production of Vinegar. *Int. J. Fermented Foods* 3, 139. <https://doi.org/10.5958/2321-712X.2014.01315.5>
- Boubrit, S. Boussad, N. (2007). *Détermination "in vitro " du pouvoir antibactérien des huiles essentielles d'eucalyptus, myrte, clous de girofle et sarriette, et leur application à la conservation de la viande fraîche type hachée.* Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. https://www.memoireonline.com/10/11/4897/m_Determination-in-vitro--du-pouvoir-antibacterien-des-huiles-essentielles-deucalyptus-myrte-5.html
- Budak, N.H., Aykin, E., Seydim, A.C., Greene, A.K., Guzel-Seydim, Z.B., 2014. Functional Properties of Vinegar: Functional properties of vinegar.... *J. Food Sci.* 79, R757–R764. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12434>
- Daglia, M., 2012. Polyphénols as antimicrobial agents. *Curr. Opin. Biotechnol.* 23, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>
- Kara, M., Assouguem, A., kamaly, O.M.A., Benmessaoud, S., Imtara, H., Mechchate, H., Hano, C., Zerhouni, A.R., Bahhou, J., 2021. The Impact of Apple Variety and the Production Methods on the Antibacterial Activity of Vinegar Samples. *Molécules* 26, 5437. <https://doi.org/10.3390/molecules26185437>
- Laraba, M., Ouassaa, G., Serrat, A., 2016 *Etude in vitro de l'activité antioxydante des polyphénols isolés à partir d'une plante médicinale.* Mémoire, Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie. <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/biblio/mmf/2016/12.pdf>
- Lefief-Delcourt, A. (2019). *Le Grand livre des secrets du vinaigre.* Paris : LEDUC
- Leghlimi, H. (2020)*Utilisation des mycètes dans les fermentations alimentaires.* Cour Master 1 MBFBiotechnologie fongique. <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/microbio/2020/Chapitre%202%20Utilisation%20des%20m.yc%C3%A8tes%20dans%20les%20fermentations%20alimentaires.pdf>
- Li, S., Li, P., Feng, F., Luo, L.-X., 2015. Microbial diversity and their roles in the vinegar fermentation process. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99, 4997–5024. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6659-1>
- Nielsen, S.S. (2010) *Food Analysis.* 4th Edition, Food Science Text Series, Springer, USA, 602. <https://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-1478>

- Ouaar, D., Benali, A., Gerard, J., Lotte, S., Toumi, Benali, F. 7^{èmes} journées du GDR 3544 « Sciences du bois » - Cluny, 20-22 novembre 2018. <https://agritrop.cirad.fr/589689/1/2018%2011%20GDR%20Poster%20OUAAR.pdf>
- Ousaaid, D., Imtara, H., Laaroussi, H., Lyoussi, B., Elarabi, I., 2021. An Investigation of Moroccan Vinegars: Their Physicochemical Properties and Antioxidant and Antibacterial Activities. *J. Food Qual.* 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2021/6618444>
- Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M., Sagdic, O., 2015. Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT - Food Sci. Technol.* 63, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.003>
- Pazuch, C.M., Siepman, F.B., Canan, C., Colla, E., 2015. Vinegar: functional aspects. *Científica* 43, 302. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2015v43n4p302-308>
- Samad, A., Azlan, A., Ismail, A., 2016. Therapeutic effects of vinegar: a review. *Curr. Opin. Food Sci.* 8, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.03.001>
- Soleiri, L., Guidici, P. (2009). *Vinegar of the world*. Italie: SPRINGER.
- Tan, S. (2005). *Vinegar fermentation*. LSU. Mémoire de master 1225. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/1225
- Ulanowska, K., Tkaczyk, A., Konopa, G., Węgrzyn, G., 2006. Differential antibacterial activity of genistein arising from global inhibition of DNA, RNA and protein synthesis in some bacterial strains. *Arch. Microbiol.* 184, 271–278. <https://doi.org/10.1007/s00203-005-0063-7>
- Zhao, C., Zhao, X., Zhang, J., Zou, W., Zhang, Y., Li, L., Liu, J., 2016. Screening of *Bacillus* Strains from Sun Vinegar for Efficient Production of Flavonoid and Phenol. *Indian J. Microbiol.* 56, 498–503. <https://doi.org/10.1007/s12088-016-0602-8>

Site internet :

- <http://chimactiv.agroparistech.fr/en/aliments/antioxydant-dpph/principe>

ANNEX

Résultats de l'effet des antibiotiques

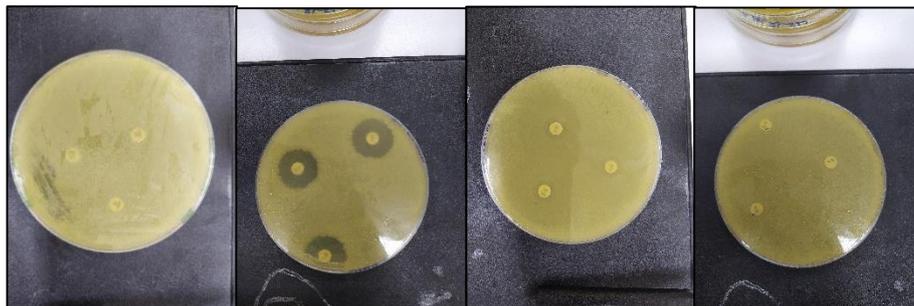


Figure 1 : effet de l'Amoxicilline, Vancomycine, Pénicilline G, Chloramphénicol sur *Escherichia coli* BLSE

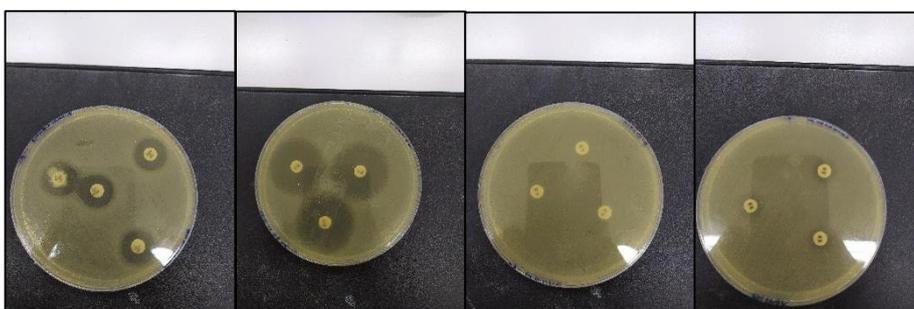


Figure 2 : effet de l'Amoxicilline, Chloramphénicol, Pénicilline G, Vancomycine sur *Staphylococcus aureus* ATCC 43300

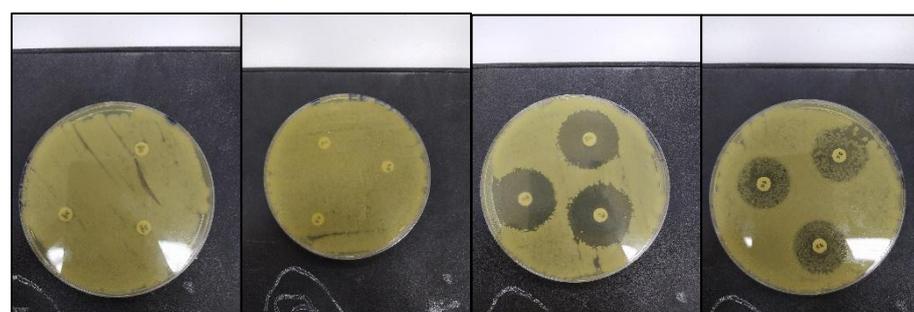


Figure 3 : effet de l'Amoxicilline, Pénicilline G, Chloramphénicol, Vancomycine sur *Klebsiella pneumoniae*

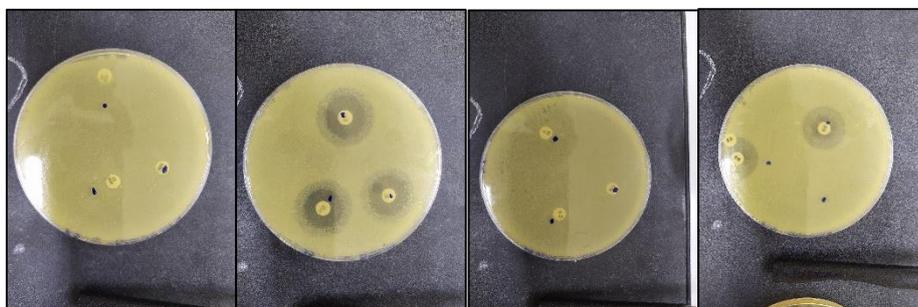


Figure 4 : effet de l'Amoxicilline, Chloramphénicol, Pénicilline G, Vancomycinesur *Salmonella Typhimurim* ATCC 14028

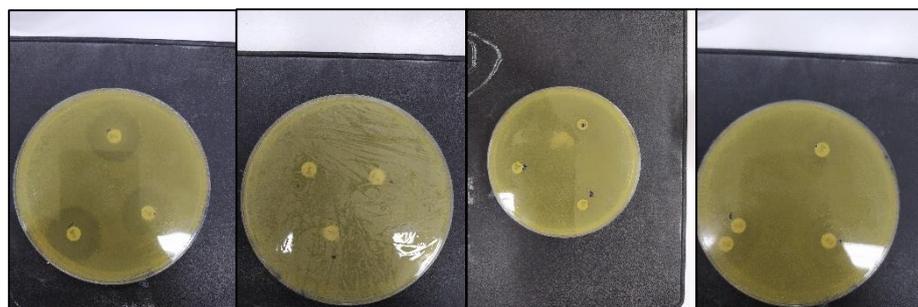


Figure 5 : effet du Chloramphénicol, Pénicilline G, l'Amoxicilline, Vancomycine sur *Pseudomonas aeruginosa*

Instrument de mesure

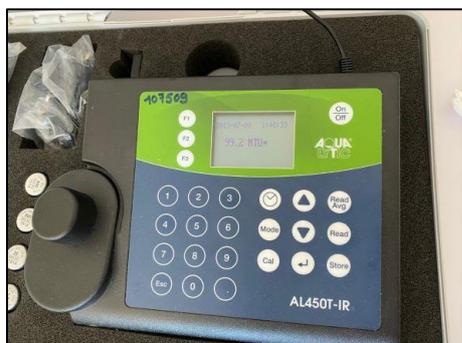


Figure 06 : turbidimètre



Figure 07 : spectrophotomètre

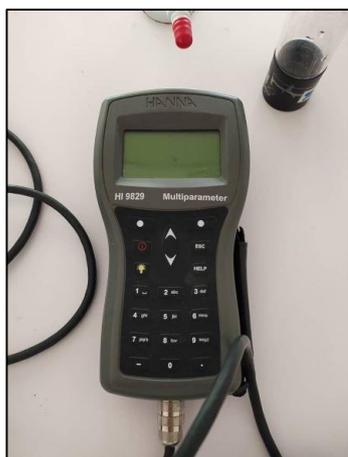


Figure 08 : Multiparamètre

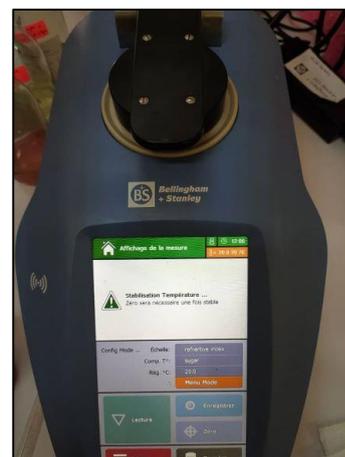


Figure 09 : Réfractomètre



Figure 10 : chromamètre



Figure 11 : centrifugeuse

Tableau 1 :Les réactifs utilisés

Nom	Formule
Phénolphtaléine	$C_{20}H_{14}O_4$
Méthanol	CH_3OH
Quercétine	$C_{15}H_{10}O_7$
Acide gallique	$C_7H_6O_5$
Carbonate de sodium	Na_2CO_3
Nitrite de sodium	$NaNO_2$
Chlorure d'aluminium	$AlCl_3$
Hydroxyde de sodium	$NaOH$