



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ Abbès LAGHROUR»DE KHENCHELA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Département Sciences de la matière



N° de série :

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master (L.M.D)

Spécialité : *Chimie analytique.*

Option : *Chimie analytique et environnement.*

Thème :

*Valorisation des sous-produit de
pommiers par extraction
des composés bioactifs*

Réalisé par : -sabeg hamza

Dirigé par : Dr. Babis Zakaria

-Boussaâda Ali

Membres de jury :

Président :

Mr R. takhouachet MCB

Examineur :

Mr z. boutobba M AA



Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr : badiszakaria, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent à Mr : badiszakaria pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements.

Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait Mr R. takhouachet en étant président du jury et Mr z . boutobba d'avoir accepté d'examiner ce travail.

On remercie aussi Mr N. Benyaza et Mlle N .Hezil pour leurs aides et leurs encouragements.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin principalement à tous l'effectif du service de département des sciences des matières (khenchela)



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont toujours apporté soutien et confort dans les moments difficiles, je ne peux que leur témoigner ma grande admiration et ma profonde

gratitude pour leur compréhension et leurs sacrifices tout au long de mes études.

Je pense aussi à Les frères, Lotfi et salah. Un grand merci à mes collègues de SM pour le soutien qu'ils m'ont toujours apporté, je n'oublierai jamais leurs encouragements.

A la famille SABEG et Mèrabet sans exception.

A mon très chère frère tarek.

Enfin, ma crainte d'avoir oublié quelqu'un que tous ceux et toutes celles dont je suis redevable se voient ici vivement remercier.

A mon très cher ami yahia et ali pour son aide et ses encouragements.

A tous mes amis A tous ceux et celles qui me sont chers.

Hamza sabeg



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont toujours apporté soutien et confort dans les moments difficiles, je ne peux que leur témoigner ma grande admiration et ma profonde

gratitude pour leur compréhension et leurs sacrifices tout au long de mes études.

Je pense aussi à mes frères. Un grand merci à mes collègues de chimie analytique pour le soutien qu'ils m'ont toujours apporté, je n'oublierai jamais leurs encouragements.

A la famille BOUSSAADA.

Enfin, ma crainte d'avoir oublié quelqu'un que tous ceux et toutes celles dont je suis redevable se voient ici vivement remercier.

A tous mes amis .

BOUSSAADA ALI



Sommaire :

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	01/02
Chapitre 01 : Généralités sur la valorisation des déchets	
1. La valorisation	04
1.1 Définition	04
1.2 Types de valorisation	04
1.2.1 valorisation matière	04
1.2.2 valorisation organique	05
1.2.3 valorisation énerganique	05
2. le sous-produit	05
3. le coproduit	06
4. Déchets	07
4.1 Classification des déchets	07
4.1.1 Déchets ménagers et assimilés	07
4.1.2 Déchets encombrants	07
4.1.3 Déchets spéciaux	08
4.1.4 Déchets spéciaux dangereux	08
4.1.5 Déchets d'activité de soins	08
4.1.6 Déchetsinertes	08
Chapitre 02 : Filières de valorisation de coproduits agro-industriels	
1. Valorisation de coproduit de l'industrie laitière : le lactosérum	11
1.1 Définition du lactosérum	11
1.2 Impacts du lactosérum sur l'environnement	11
1.3 Principales voies de valorisation du lactosérum	11
1.3.1 Alimentation animale	12
1.3.2 Alimentation humaine	12

1.3.2.1 industrie de boisson	12
1.3.2.2 industrie laitière	12
1.3.2.3 utilisation dans les glaces et crèmes glaces	12
1.3.2.4 en boulangerie	12
1.3.3 en biotechnologie	13
1.3.3.1 comme substrat de fermentation	13
1.3.3.2 dans la production des vitamines et des enzymes	13
2 . Valorisation des coproduits de l'industrie sucrière	13
2.1 Définition	13
2.2 Coproduits de l'industrie sucrière et voies de valorisation	14
2.2.1La mélasse	14
2.2.1.1 Définition	14
2.2.1.2 Principales utilisations de la mélasse	14
2.2.2 La bagasse	14
2.2.2.1 Définition	14
3. Valorisation des sous-produits de dattes	15
3.1 Les déchets de dattes	15
3.2 Importance économique de la valorisation des dattes	16
3.3 Transformation des dattes	16
3.3.1Transformation technologique	17
3.3.2Transformation biotechnologique	17
3.3.3Transformation des coproduits de dattes	18
4. Valorisation des coproduits de l'industrie de viande	19
4.1 Définition	19
4.2 Coproduits de la filière viande et voies de valorisation	19
4.2.1 les abats	19
4.2.2 Les os	20
4.2.3 Les sang	20
4.2.4 graisses animales	21
4.2.5 peaux et cuire	21
4.3Valorisation de coproduits de céréales	21
4.4 Valorisation des coproduits des fruits	21
4.4.1 alimentation animale	21
4.4.2 epandage et compostage	22

4.4.3 production d'énergie	22
4.4.4 obtention d'agro carburants	22
CHAPITRE 03 : Le vinaigre de cidre de pomme	
1. Généralités sur la pomme	29
1.1 Histoire	29
1.2 Description	29
1.3 Composition	29
1.4 Variétés	30
1.5 Consommation	30
1.6 Vertus et Bienfaits	31
1.6.1 donner de l'énergie	31
1.6.2 réguler le transit aide la digestion	31
1.6.3 combattre le cholestérol le diabète et le surpoids	31
1.6.4 prévenir certains cancers	31
1.6.5 lutter contre le vieillissement	32
1.6.6 protéger les dents	32
2. Généralités sur le vinaigre	32
2.1 Historique	32
2.2 Définition	32
2.3 Composition	33
2.4 Types	33
2.4.1 vinaigre d'alcool	33
2.4.2 vinaigre balsamique	33
2.4.2.1 vinaigre traditionnel blasmatique	34
2.4.2.2 vinaigre industriel blasmatique	34
2.4.3 vinaigre de vin	34
2.4.4 vinaigre de riz	34
2.4.5 vinaigre de malt	35
2.4.6 vinaigre des jus de fruits	35
3. vinaigre de cidre de pomme	35
3.1 Définition	35
3.2 Composition	36
3.3 Procédés de production	36

3.3.1 fermentation alcoolique	36
3.3.2 fermentation acétique	36
4. Utilisations	36
4.1 vertus thérapeutiques	36
4.2 utilisation en cuisine	37
4.3 usade domestique	37

Chapitre 04 : Production d'éthanol

1. Recyclage des déchets de pommes	42
2. Ethanol	42
2.1. Présentation de la molécule d'éthanol	42
2.2. Origines de l'éthanol	43
2.3. L'éthanol et ses utilisations:	44
3. production d'éthanol :	46

Chapitre 05 : Matériels et méthodes

1. Matériels et méthodes	49
1.1. Objectif	49
1.2. Les souches pathogènes utilisées:	49
1.3 Les milieu de culture:	50
2. Méthodologie d'extraction d'éthanol:	50
2.1. Préparation du substrat	50
2.2. Fermentation	52
3. Paramètres physiques:	56
3.1. La densité	56
3.2. La température d'ébullition	56
3.3. Détermination de l'indice de réfraction	56
3.4. La couche CCM	58
4. Etude de l'évolution de la cinétique de croissance et de production	60
5. Méthode des puits ADT (Agar well Diffusion Test)	60

Chapitre 06 : résultats et discussions

1. La production d'éthanol à partir des épiluchures de pommes :	63
---	----

1.1.	La fermentation :	63
1.2.	La filtration :	64
1.3.	Distillation :	65
1.4.	La distillation azéotrope	68
2.	Les résultats des paramètres physico-chimiques d'éthanol	70
2.1.	Test densité	70
2.2.	Test température d'ébullition	71
2.3.	Test d'indice de réfraction	72
2.4.	Test de la chromatographie analytique sur couche mince CCM :	73
3.	Résultats d'étude du pouvoir antibactérien de l'éthanol :	76
3.1.	La cinétique bactérienne des souches pathogènes utilisées:	76
3.2.	Les zones d'inhibition d'éthanol purifié	81
	Conclusion générale	89
	Annexes	91
	Résumé	/

Liste de figures:

Figure 1 : Schéma illustrant la production de sous-produits	06
Figure 2: Ensemble des produits dérivant de la transformation des dattes	16
Figure 3 : Molécule d'alcool éthylique (Kacimi, 2008)	42
Figure 4 : Les épiluchures de pomme séchées (original).	51
Figure 5:La poudre des épiluchures de pomme (original).	51
Figure 6: Les constituants de la fermentation. (Original)	52
Figure 7 : Le départ de la fermentation des échantillons 1/ 2 / 3 (Original)	53
Figure 8: La fermentation après une semaine des échantillons 1/2/3 (Original)	53
Figure 9 : Obtention d'un filtrat après filtration (Original)	54
Figure 10 : rendement de la fermentation d'éthanol en fonction du temps	55
Figure 11 : Ethanol non purifié (original)	63
Figure 12:Taux de rendement d'éthanol en ml par distillation en fonction du temps	66
Figure 13: Rendement d'éthanol obtenu après distillation en fonction du temps	67
Figure 14:Distillation azéotrope (original)	67
Figure 15: la décantation du mélange azéotrope par l'ampoule a décanté (original)	68
Figure 16: Ethanol purifié (original)	69
Figure17: les impuretés (original)	69
Figure18 : la densité d'éthanol des différents échantillons	70
Figure 19: la température d'ébullition des distillats	71
Figure 20: Réfractomètre (original).	72
Figure 21 : indice de réfraction des distillats d'éthanol	72
Figure 22: CCM par acétone des distillats (T/ E1 /E2/ E3) (original).	73
Figure 23: le rapport frontal des échantillons	74
Figure 24 : CCM par acétone des échantillons T / E1 / E2 / E3 / E4 / E5.	75
Figure 25:Etude de la cinétique microbienne de <i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633.	75
Figure 26: Etude de la cinétique microbienne de <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213	77
Figure 27: Etude de la cinétique microbienne de <i>Micrococcus luteus</i> ATCC 9341	77
Figure 28: Etude de la cinétique microbienne de <i>Listeria monocytogenese</i> ATCC 13932.	78
Figure 29 : Etude de la cinétique microbienne d' <i>Escherichia coli</i> ATCC 10591.	78

Figure 30 : Etude de la cinétique microbienne *D'Enterococcusfaecalis*ATCC 79 29212.

Figure 31 : Etude de la cinétique microbienne de*Pseudomonasaeruginosa*ATCC 80 27853

Figure 32 : photode l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la souche 80 pathogène

***Micrococculuteus*ATCC 9341(original). 81**

Figure 33: photo représenté l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la 82 souche pathogène *Escherichia coli* ATCC 10591(original).

Figure 34: photo représenté l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la 82 souche pathogène *Pseudomonas aeruginosa*ATCC 27853 (original).

Figure 35 : Représentation de résultat d'efficacité d'éthanol. 83

Figure 36: photo représenté l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la 83 souche pathogène *Listeria monocytogenese*ATCC 13932 (original).

Figure 37 : les diamètres des zones d'inhibitions d'éthanol pur contre les souches 84 pathogènes : *Listeria monocytogenese*ATCC 13932 ; *Escherichia coli*

ATCC10591 ; *Enterococcusfaecalis*ATCC 29212 ;

***Micrococculuteus*ATCC 9341 ;**

***Pseudomonas aeruginosa*ATCC 27853**

Figure 38 : les diamètres des zones d'inhibitions d'éthanol pur contre les souches 84 pathogènes : *Listeria monocytogenese*ATCC 13932 ; *Escherichia coli*

ATCC10591 ; *Enterococcusfaecalis*ATCC 29212 ;

***Micrococculuteus*ATCC 9341 ;**

***Pseudomonas aeruginosa*ATCC 27853.**

Liste des tableaux

Tableau 1 : Propriétés physiques de l'éthanol (Kacimi, 2008)	43
Tableau2: Principales voies de traitement de l'éthanol (Kacimi, 2008)	45
Tableau 3 : Nature et l'origine de différentes souches pathogènes utilisées	49
Tableau 4 : fermentation des échantillons (E1, E2, E3, E4, E5)	63
Tableau 5 : filtration des échantillons (E1, E2, E3, E4, E5)	64/65
Tableau 6 : Paramètres de distillation des filtres des échantillons (E1, E2, E3, E4,E5)	65/66
Tableau 7: la densité des distillats	70
Tableau 8 : la température d'ébullition des distillats	71
Tableau 9: indice de réfraction des distillats	73
Tableau 10: les Rfs des distillats E1, E2, E3, E4, E5 et E6.	74
Tableau 11 : les Rfs des échantillons E1, E2, E3, E4, E5 et E6.	76

ABREVIATIONS

PH unité de mesure d'acidité

UHPLC Ultra-High Performance Liquid Chromatography

TLC Thin Layer Chromatography (Chromatographie sur couche mince)

SFC Supercritical Fluid Chromatography (Chromatographie en phase supercritique)

n^t_a indice de réfraction.

T température de référence qui est 20 °C.

t' température à laquelle a été effectuée la
détermination

$.n^t_a$ indice de réfraction de référence

R.F humidité relative

UV ultraviolet

UV Uvaol

D Distance entre l'origine et la tâche du produit après

élution. **DD** Distance entre l'origine et le front du solvant après

élution.

T° température

R.Fs R fonctions vectorielles

CCM chromatographie couche

mince

ATP Acide adénosine

tRFF Raffinose

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Les fruits sont intégrés dans l'alimentation humaine quotidienne depuis toujours. Ayant des couleurs, des goûts et des arômes très attirants, ils constituent un des éléments essentiels du régime alimentaire. Frais ou sous forme de produits transformés, les fruits constituent une source inépuisable de nutriments dont les métabolites secondaires sont parmi les plus importants. L'isolement et la caractérisation de ces composés connus généralement sous l'appellation de « composés bioactifs » constituent un sujet de recherche très actuel. De nombreuses études explorent aujourd'hui la possibilité de leur transformation en ingrédients incorporables dans différents produits alimentaires, cosmétiques ou pharmaceutiques. Cet intérêt particulier est dû au fait qu'au cours des dernières années, les hommes ont commencé à se réorienter vers l'utilisation de produits naturels au détriment de ceux issus de la synthèse chimique. De plus, les résultats des études épidémiologiques mettent en évidence la capacité de ces composés bioactifs à participer au bon déroulement des fonctions vitales de l'organisme humain. Les multiples effets bénéfiques de ces composés issus de sources naturelles sont attribués à leurs diverses activités biologiques (antioxydante, antimicrobienne, antivirale, anti inflammatoire etc.). Dans ce contexte, les présents travaux de recherche abordent les aspects suivants

La première chapitre il ya présents Une idée relativement récente consiste à considérer les déchets comme une ressource à exploiter et non comme des rebuts dont il faut se débarrasser. Les méthodes pour produire de nouvelles ressources à partir de déchets sont diverses et nombreuses : par exemple on peut extraire les matières premières des déchets puis les recycler, ou les brûler pour produire de l'électricité ou de la chaleur via un réseau de chaleur. Ces méthodes sont en plein développement, grâce notamment aux apports des nouvelles technologies.

A également pris un autre cotè Ce processus de valorisation des déchets s'appelle valorisation matière, ou recyclage, si on récupère des matériaux réutilisables, et valorisation énergétique si on obtient à la place de l'énergie. Traiter les déchets comme des matières premières devient de plus en plus courant, en particulier dans les agglomérations où l'espace pour ouvrir de nouvelles décharges se raréfie. L'opinion publique évolue sérieusement vers la position estimant que, sur le long terme, on ne peut pas se contenter de se débarrasser des déchets alors que les matières premières ne sont disponibles qu'en quantité limitée.

La deuxième chapitre il ya présents le Même si l'industrie agro-alimentaire a pour objectif de fabriquer des denrées alimentaires destinées à l'Homme, elle a toujours généré

INTRODUCTION GENERALE

simultanément des matières premières non consommables directement par l'Homme mais potentiellement intéressantes pour l'alimentation des animaux. Ainsi, dès 1892, un ouvrage de 552 pages, « Résidus Industriels dans l'Alimentation du Bétail », leur était consacré (Cornevin, 1892). Ultérieurement, les coproduits ont toujours occupé une place importante dans toutes les tables d'aliments publiées à travers le monde. Ainsi, depuis plusieurs années pour des raisons économiques et environnementales tout en veillant à satisfaire les contraintes réglementaires et sanitaires imposées en élevage.

Les pommiers sont des arbres du genre botanique *décennies*, l'utilisation des coproduits dans l'alimentation animale s'est progressivement *Malus* et de la famille des Rosacées, dont le fruit est la pomme. Ce genre comprend une quarantaine d'espèces d'arbres ou d'arbustes dont la plus importante, sur le plan de l'alimentation humaine, est le pommier domestique (*Malus domestica*). On connaît aujourd'hui plus de 20 000 variétés (sous-espèces et cultivars). Bien que tous les pommiers produisent des fleurs et des pommes, les espèces cultivées uniquement à titre ornemental sont souvent appelées de manière générique « pommier à fleurs » ou encore « pommier d'ornement » quand ils donnent de petits fruits décoratifs. Certaines espèces et cultivars sont appelées des pommetiers en Amérique du Nord francophone.

A également pris un autre côté Pour le produire, des pommes sont écrasées pour en extraire le jus, puis des bactéries et un ferment sont ajoutées au liquide pour lancer le processus de fermentation alcoolique, qui transforme le sucre en alcool ; puis l'alcool est transformé en vinaigre par des bactéries productrices d'acide acétique du genre *Acetobacter*. Le goût particulier de ce vinaigre provient de l'acide malique, s'harmonisant avec celui de l'acide acétique.

Chapitre 01 :
Généralités sur la
valorisation des déchets

1. La valorisation

1.1 Définition

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

1.2 Types de valorisation

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

1.2.1 Valorisation matière

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

- **Le recyclage** consiste en toute opération de valorisation qui permet de transformer des déchets en nouveaux produits, matières ou substances afin de les utiliser dans leur fonction initiale.

- **Le réemploi** consiste à récupérer ou à réparer un produit ou une matière pour l'utiliser sans modification de sa forme ou de sa fonction pour le même usage ou un usage différent.

- **La réutilisation** consiste à utiliser un matériau récupéré pour un usage différent de son premier emploi.

- **La régénération** est un processus physique ou chimique qui confère à un déchet les caractéristiques permettant de l'utiliser en remplacement pour une nouvelle matière première (Alouéimine, 2006).

1.2.2 Valorisation organique

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

- en conditions aérobies, c'est-à-dire en présence d'oxygène, pour former un amendement organique appelé compost. Il s'agit alors de compostage.

- en conditions anaérobies, c'est-à-dire en absence d'oxygène pour produire du biogaz. Il s'agit de la méthanisation (Gouilliardet Legendre, 2003).

1.2.3 Valorisation énergétique

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

2. Le sous-produit

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

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

- **La catégorie 2 (C2)** est une catégorie intermédiaire. Elle inclut, entre autres, les lisiers et les fumiers, les matières stercoraires ainsi que les sous-produits animaux qui ne sont pas explicitement cités dans les catégories 1 et 3. Les SPA de catégorie 2 peuvent être incinérés, mis en décharge ou convertis en biogaz à l'issue d'un traitement.

- **La catégorie 3 (C3)** inclut les SPA écartés de la consommation humaine ou animales pour des raisons commerciales, le sang, les œufs, les animaux aquatiques sains ainsi que les déchets de cuisine et de table (sauf ceux concernés par la catégorie 1). La méthanisation de ces déchets est autorisée, dans le respect de certaines prescriptions.

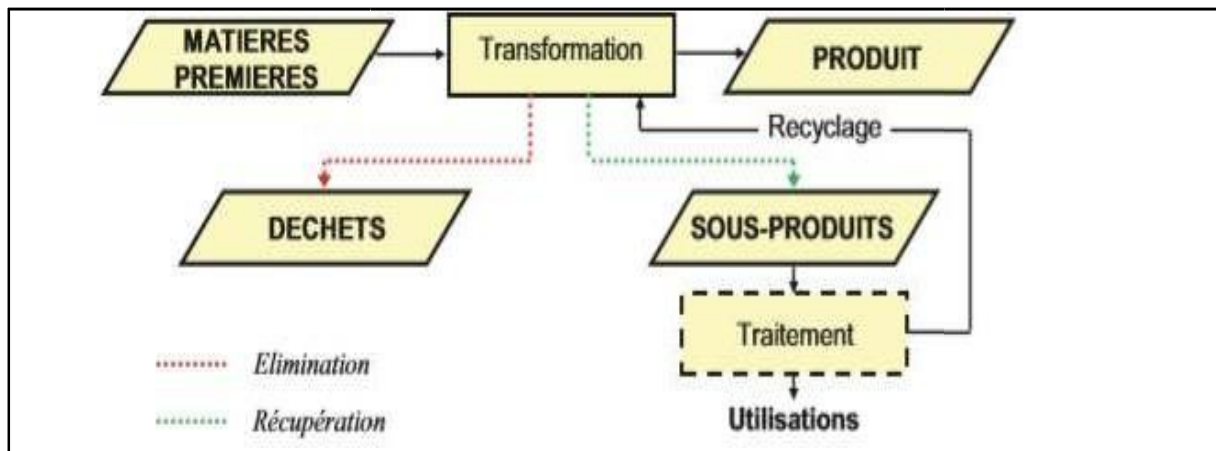


Figure 1 : Schéma illustrant la production de sous-produits

3. Le coproduit.

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

- Coproduits de la transformation du lait : fromage, crème, beurre, lactosérum
- Coproduits de la transformation de la betterave sucrière ou de la canne à sucre : sucre, pulpes de betterave, mélasse
- Coproduits de la sylviculture : sciure et écorce
- Coproduits de la meunerie : issues de blé, son, remoulage...
- Coproduits de l'huilerie (trituration) : tourteaux (d'arachide, soja, tournesol) (Ademe, 2000).

4. Déchets

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

4.1 Classification des déchets

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

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

- classement selon l'origine du déchet comprenant : les déchets des collectivités locales, les déchets ménagers, les déchets industriels, les déchets agricoles, les déchets d'activités de soins et les déchets radioactifs.
- classement par nature physico-chimique des déchets où on distingue : les déchets inertes, les déchets organiques, les déchets banals, les déchets toxiques ou dangereux, les déchets ultimes.

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

4.1.1 Déchets ménagers et assimilés

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

4.1.2 Déchets encombrants

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

4.1.3 Déchets spéciaux

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

4.1.4 Déchets spéciaux dangereux

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

4.1.5 Déchets d'activité de soins

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

4.1.6 Déchets inertes

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

Ademe, (2000). *Les coproduits d'origine végétale des industries agroalimentaires. Leur valorisation en alimentation animale et leur place dans les circuits courts industries-éleveurs*. Ademe Editions, 76 pages.

Addou A. (2009). Développement durable : traitement des déchets/ valorisation, élimination. Edition Marketing S.A : Ellipse ISBN 978-2-7298-4

Aloueimine S.O.(2006). Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : Contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Limoges.

Boucherba N. (2014). Valorisation des résidus agro-industriels ; Thèse de Doctorat, Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abderrahmane Mira, Bejaïa. Pp 11-13, 17.

France, Faurie. C, Ferra. C, Medori. P, Dereaux. J, Hemptinne. J. (2006). *Ecologie : Approche scientifique et pratique*. 5ème édition. P 343-356.

Gouilliard, S. et Legendre, A. (2003). *Déchets ménagers, Ecologie, environnement industriel et développement soutenable*, Economica, Paris, Guerrand.

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

Lupton S., (2011). *Economie des déchets, une approche institutionnaliste*, Bruxelles, De Boeck, Coll, Ouvertures économiques, 267 p.

Maystre L Y., (1994). *Déchets urbains : nature et caractérisation*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires Romandes, 219 p.

Chapitre 02 :

Filières de valorisation de coproduits agro-industriels

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

1.1 Définition du lactosérum

Le lactosérum ou sérum ou encore petit lait, est un sous-produit laitier obtenu pendant la production du fromage, de la caséine ou de produits similaires. Il représente 90 % du volume original de lait utilisé en fromagerie et en est le principal sous-produit, on obtient en effet environ 9 litres de lactosérum et 1 kg de fromage à partir de 10 litre de lait(Moletta, 2002). Le lactosérum est un liquide translucide et jaune verdâtre qui se forme au-dessus d'un caillé de lait après séparation des caséines par coagulation acide ou par processus enzymatique au moyen de la présure ou de la chymosine(Jouan, 2002).Le caillé représente l'ensemble des protéines non solubles, et la matière grasse alors que le lactosérum contient toutes les substances solubles du lait : eau, lactose, protéines et minéraux solubles, un peu ou de trace de matière grasse (Luquet et Boudier, 1990).

1.2 Impacts du lactosérum sur l'environnement

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

1.3 Principales voies de valorisation du lactosérum

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

1.3.1 Alimentation animale

Le débouché principal des lactosérums est l'alimentation des veaux et de façon plus fluctuante l'alimentation animale dans son ensemble (**Adrianet al., 1980**). Pour le bétail laitier, la consommation du lactosérum liquide par les vaches, en période de lactation diminue la consommation de foin et de céréales mais n'affecte pas la production laitière. L'ultra filtrat du lactosérum à l'état liquide et bien toléré par le veau après sevrage. Il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30-35% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110 kg. (**Luquet et Bourdier, 1984**). Le développement d'un ensilage de paille avec le lactosérum pour l'alimentation des ruminants a également montré de bons résultats (**Bardiet al., 2016**).

1.3.2 Alimentation humaine

1.3.2.1 Industrie de boisson

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

1.3.2.2 Industrie laitière

La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers (**Luquet et Boudier, 1984**).

1.3.2.3 Utilisation dans les glaces et crèmes glacées

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

1.3.2.4 En boulangerie

La combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables (contre le rancissement). Amélioration du goût et l'arôme du pain ;

Amélioration des caractéristiques internes et externe : affinage de la coloration ; pâte plus tendre et augmentation du rendement(Apria, 1973).

1.3.3 En biotechnologie

1.3.3.1 Comme substrat de fermentation

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

1.3.3.2 Dans la production des vitamines et des enzymes

Le lactosérum est utilisé comme milieu de culture pour la production de vitamines et d'enzymes, par le biais de microorganismes, qui utilisent ce milieu de culture comme source d'énergie et de carbone. Parmi ces microorganismes, on peut citer : *Propionbacterium shermanii* qui produit la vitamine B12 et *Saccharomycès fragilis* qui permet la production de de bêta galactosidase (Boudier et Luquet, 1984).

2. Valorisation des coproduits de l'industrie sucrière

2.1 Définition

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

2.2 Coproduits de l'industrie sucrière et voies de valorisation

2.2.1 La mélasse

2.2.1.1 Définition

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

2.2.1.2 Principales utilisations de la mélasse

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

- **Production d'alcool éthylique**

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

- **Alimentation de bétail**

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

2.2.2 La bagasse

2.2.2.1 Définition

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

del'industrie sucrière. Ce coproduit est généralement valorisé dans le domaine énergétique, agroalimentaire et industriel.

- **Valorisation énergétique**

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

- **Valorisation agroalimentaire**

La bagasse est employée dans l'alimentation des bovins. Elle est tout d'abord traitée car elle est indigeste lorsqu'elle est consommée crue, à cause de la présence de lignine qui gêne le développement des micro-organismes du rumen. Une fois traitée, elle est mélangée à la mélasse, au grain, à de la farine de poisson, de l'urée ainsi qu'à d'autres minéraux et vitamines (Ministère, 1986).

- **Valorisation en matériaux**

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

3. Valorisation des sous-produits de

3.1 dattes Les déchets de dattes

Les dattes qualifiées de perdues sont les dattes qui ne sont pas consommées, soit du fait de leur faibles qualités gustatives, soit du fait de leur texture rébarbative, soit tout simplement parce qu'elles sont altérées. A ceux-ci s'ajoutent les problèmes de conditionnement et de stockage et les problèmes agro-écologiques qui concernent surtout les techniques culturales d'irrigation, et de traitement et les intempéries ainsi que les mauvaises techniques de conservation qui sont responsables des différentes altérations occasionnées par toute sorte de parasites (Estanove, 1990).

3.2 Importance économique de la valorisation des dattes

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

3.3 Transformation des dattes

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

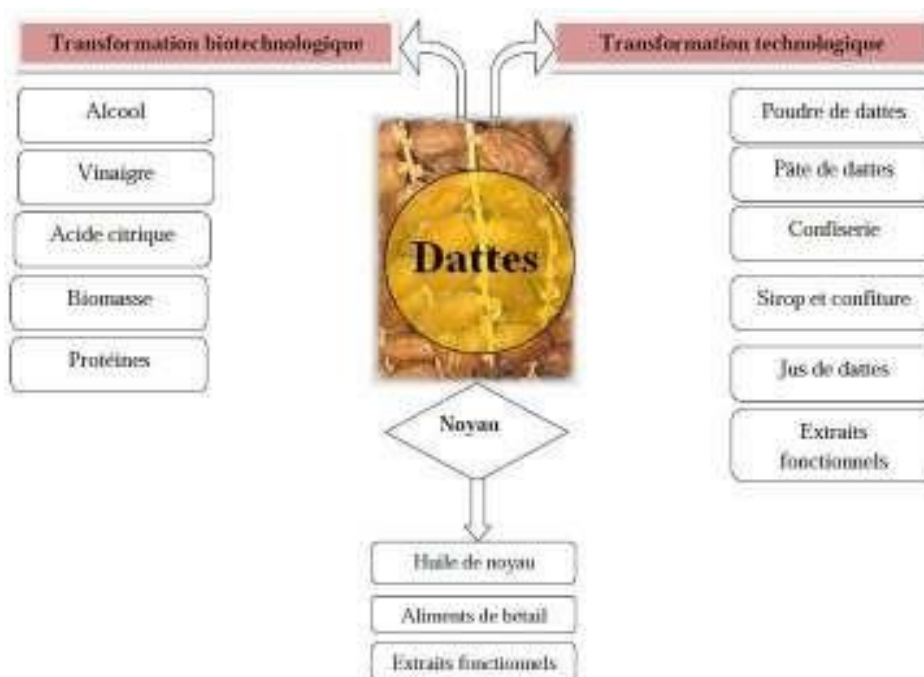


Figure 2: Ensemble des produits dérivés de la transformation des dattes

3.3.1 Transformation technologique

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

- **Pâte de dattes**

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

- **Farine de dattes**

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

- **Jus de dattes**

Les dattes de qualité médiocre sont transformées en jus de datte (Chaira et al., 2007). Les pulpes de datte sont finement hachées et une quantité d'eau est ajoutée (Mahjoub et Jraïdi, 1992), le mélange est ensuite incubé au bain-marie selon un couple temps-température donnée. Puis, on procède à une étape de filtration suivie d'une clarification pour éliminer les déchets et les solides insolubles. Le jus concentré de datte est utilisé avec succès dans la fabrication des crèmes et des desserts glacés et des boissons à base de lait (Estanove, 1990).

- **Sirop de dattes**

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

3.3.2 Transformation biotechnologique

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

- **Vinaigre de dattes**

Les rebuts de dattes et les dattes communes peuvent être utilisés comme matière première de choix pour la production de vinaigre vue leur richesse en sucres. Le vinaigre

produit après double fermentation : Fermentation alcoolique en milieu anaérobie et Fermentation acétique par en milieu aérobie stricte. On peut trouver deux types de vinaigre : le vinaigre ordinaire pigmenté, c'est-à-dire non décoloré et le vinaigre balsamique de datte qui est très prometteur (**Bouaziz, 2010**).

- **Alcool de dattes**

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

- **Production d'acide citrique**

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

- **Production de biomasse**

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

- **Production de Biofuel**

La valorisation énergétique des sous-produits de l'industrie des dattes en bioéthanol s'inscrit dans une démarche économique et environnementale. Les déchets de datte sont transformés, par des procédés biotechnologiques en biocarburant, substance énergétique qui peut remplacer le pétrole léger, ou au moins permettre le coupage de l'essence (5 à 10 %). Parmi ces biocarburants on peut citer :

* L'hydrogène produit à partir de dattes pourris

* L'éthanol produit à partir de sirop de datte, de jus de datte et d'extrait de datte

* Butanol produit à partir de sous-produits de dattes

*Bio surfactant produit à partir de sirop de dattes (**Abd-Allaet al., 2012**).

3.3.3 Transformation des coproduits de dattes

- **Alimentation animale**

Les noyaux de dattes entrent dans la composition des aliments de bétail. La valeur fourragère d'un kilogramme de noyaux est équivalente à celle d'un kilogramme d'orge. Ces

noyaux constituent donc un sous-produit intéressant qui ne doit pas être négligé. Les noyaux de datte trouvent leur emploi, plus spécifiquement, chez les ruminants. En effet, ils ont une bonne valeur énergétique, par conséquent, ils conviennent parfaitement à l'engraissement et ont une place de choix pour la production laitière(Harrak et Boujnah, 2012).

- **Cosmétologie**

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

.4. Valorisation des coproduits de l'industrie de viande

4.1 Définition

L'industrie de viande regroupe les activités d'abattage (bétail et volailles) et de découpe de viande ainsi que celles de l'industrie du 5ème quartier qui désigne l'ensemble des parties issues de l'animal abattu qui ne sont pas désignées sous le terme viande. En effet, de grandes quantités de sous-produits sont générées lors de l'abattage et de la transformation des animaux en vue de la consommation humaine. Ces résidus qui représentent de 35 à 50 % du poids de chaque animal, possèdent un impact économique et environnemental majeur (Ferraro, 2020).

4.2 Coproduits de la filière viande et voies de valorisation

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

4.2.1 Les abats

Les abats sont utilisés pour l'alimentation humaine (foie, cœur, cervelle, langue, rognons, ris), pour la production de gélatine (peaux de porc principalement), en opothérapie

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

4.2.2 Les os

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

4.2.3 sang

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

4.2.4 Graisses animales

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

4.2.5 Peaux et cuire

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

4.3 Valorisation de coproduits de céréales

Les pailles sont les sous-produits de la culture des céréales à petits grains (blé, orge, avoine, maïs, riz etc..), elles sont constituées de la tige lignifiée rigide de la plante récoltée à maturité (**Chenost et Kayouli, 1997**). La paille est un important aliment pour les animaux à cause de sa très grande production dans le monde (**Kossila, 1988**). Ces résidus contribuent largement à l'affouragement et l'alimentation des ruminants et assurent également une part importante de la couverture énergétique primaire notamment dans les PED (**Février et Willequet, 2009**).

4.4 Valorisation des coproduits des fruits

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

4.4.1 Alimentation animale

En général, la valeur énergétique des résidus de fruits est assez élevée, grâce aux pectines digestibles et aux sucres. Les ruminants sont les premiers utilisateurs des résidus de fruits frais ou ensilés. Grâce aux microorganismes de leur rumen, ils peuvent utiliser les sous-

produits riches en fibres ou contenant certains facteurs antinutritionnels qui ne sont pas supportés par les monogastriques (Moletta, 2009).

4.4.2 Epannage et compostage

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

4.4.3 Production d'énergie

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

4.4.4 Obtention d'agro carburants

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

- ✚ Abd-Alla M.H., El-Enany A.W.E. (2012). Production of acetone–butanol–ethanol from spoilage date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits by mixed culture of *Clostridium acetobutylicum* and *Bacillus subtilis*. *Biomass and Bioenergy*, 42, 172–178
- ✚ Adrian J., Bourlier G., Sabel A., (1980). Composition minérale du lactosérum. Influence des facteurs technologiques, saisonniers et géographiques. *Le Lait*, INRA Editions, 1980, 60 (598), pp.447-457.
- ✚ Albersten V.E., 1958. Elimination et récupération des sous-produits. (297-299). In : *Hygiène des viandes.*- Rome : FAO.-561p.
- ✚ APRIA., (1973). Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris. P : 3-132
- ✚ Archimède H., Xande X., Gourdine J.-L., Fanchone A., Alexandre G., Boval M., Coppry O., Arquet R., Fleury J., Regnier C., Renaudeau D. (2011). La canne à sucre et ses coproduits dans l'alimentation animale, *Innovations Agronomiques* 16 : 165-179.
- ✚ Balat M., Balat H., Öz C. Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2008, 34, (5), 551-573.
- ✚ Bardy S., Bentz M., Bussièrè T., Chatras J., Fontaine L., Gaugler M., Lechat A., Leugronne O. et Fick M. (2016). Valorisation du lactosérum. Rapport de projet. Université de lorraine, ENSAIA, Vandœuvre-lès-Nancy, France.. *Lait*. 60: 447-457
- ✚ Bouaziz. S., (2010). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de quelques types de vinaigres traditionnels de dates obtenues à partir de quelques variétés de la région de Ouargla. *Annales des Sciences et Technologie*, 2 (1), 81 -80.
- ✚ Boulal A., Benali B., Moulai M., Touzi A. (2010). Transformation des déchets de dattes de la région d'Adrar en bioéthanol. *Rev. Energies Renouvelables*. 13(3). 455 – 463.
- ✚ Chaira N., Ferchichi A., Mrabet A., Sghairooun M. (2007). Characterisation of date juices extracted from the rest of sorting of Deglet-Nour Variety. *Biotechnology*, 6, 251- 256.
- ✚ Chenost M., Kayouli C. (1997). *Roughage Utilization in Warm Climates*. FAO Animal and Health Paper 135. Rome

- ✚ CTCS. (2005). Valorisation de la Bagasse. Document interne Centre technique de la canne et du sucre de Martinique
- ✚ Curtin L. V. (1983). Molasses-General considerations. In Molasses in Animal Nutrition. West Des Moines, IA: National Feed Ingredient Association. Pp. 1-12.
- ✚ Dailloux S. Djelveh, G. Peyron A. et Oulion C. (2002). Rheological behavior of blood plasmas concentrated by ultrafiltration and by evaporation in relation to liquid-gel transition temperature. Journal of Food Engineering. 55, 35-39.
- ✚ Dehaumont P. (1982). Les problèmes posés par la valorisation du sang d'abattoirs d'animaux de boucherie. R.T.V.A., 183 : 23-32.
- ✚ Duchêne-Massias A. (2015). Valorisation fonctionnelle et antioxydante des épidermes de pommes Golden Delicious Thèse De Doctorat, Université de Bordeaux, p 9.
- ✚ Estanove P. (1990). Note technique : Valorisation de la datte. Option Méditerranéennes. Série A, N°11. Les systèmes Agricoles Oasiens. Ed IRFA-CIRAD, France.
- ✚ Ferraro V. (2020). Valorisation des sous-produits de la filière viande (et poisson). Viandes et Produits Carnés, VPC-2020-36-3-6.
- ✚ Février C. ; Willequet, F. (2009). Valorisation par l'alimentation animale. In: Moletta, R., 2009. Le traitement des déchets, Ed : Lavoisier Tech & Doc, pp. 686.
- ✚ FranceAgriMer, (2013). Étude sur la valorisation du 5e quartier des filières bovine, ovine et porcine en France. Synthèse. Ed. FranceAgriMer. 11 p.
- ✚ Campbell G. (1989). Platt and P.P. Cook, J. Appl. Bact. Symp., Supplément, pp. 117-131
- ✚ Gana S. et Touzi A. (2001). Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue. Rev. Energ. Ren : 51-58.
- ✚ Harrak H. et Boujnah M., (2012). Valorisation technologique des dattes au Maroc. INRA Edition. 157p.
- ✚ Hoareau W. (2005). Valorisation de la bagasse de la canne à sucre. Chimie, photochimie et élaboration de panneaux et composites. Thèse de doctorat, Université de la réunion.
- ✚ Jouan P. (2002). Lactoprotéines et lactopeptides: propriétés biologiques. Ed. Quae. INA. 127p.

- ✚ Khan J.A., Abulnaja K.O., Kumosani T.A., Abou-Zeid A.A. (1995). Utilization of Saudi dates sugars in production of baker's yeast. *Bioresource Technology*, 53, 63–66.
- ✚ Kossila V. (1988). The availability of crop residues in developing countries in relation to livestock populations. In: Reed J D, Capper B S and Neate P J H (eds), *Plant breeding and the nutritive value of crop residues. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 7-10 December 1987. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia. pp. 29-39*
- ✚ Lang O. (1990). Valorisation non alimentaire du cinquième quartier des abattoirs. *IAA 10 : P 951- 957.*
- ✚ -Leghlimi H. (2004). Optimisation de la production de la cellulase d'Aspergillus niger ATCC 16 404 cultivé sur un milieu à base de lactosérum : étude comparative entre Aspergillus niger ATCC 16 404 et Aspergillus niger O.Z isolée localement. Thèse de Magistère. Université Mentouri. Constantine.
- ✚ Linder M. (1990). Optimisation d'un procédé de valorisation de coproduits d'abattage par hydrolyse enzymatique : propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des hydrolysats. Thèse De Doctorat, L'institut national polytechnique de Lorraine, pp. 18-19.
- ✚ Luby, J.J. (2003), *Taxonomic Classification and Brief History, in Apples. Botany, production and uses, Ferree, D.C., Warrington, I.J, CABI Publishing, Massachusetts, EtatsUnisd'Amérique*
- ✚ Luquet F. M. et Boudier J. F.(1990). Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. Edition : Paris : Apria. 21 : 1-7p.
- ✚ LuquetF.M. et Bourdier J.F. (1984). Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. *Apria.*, 21, p : 1-7, 66, 83-90.
- ✚ Mahjoub A. etJraidi, Z. (1992). Elaboration d'une boisson gazeuse et d'une confiture aromatisée à partir de deux variétés de dattes. *INAT*, 7, 37–44.
- ✚ Marouani L., Bouallagui H., Ben, C. R., etHamdi M. (2002). Biomethanation of green wastes of wholesale market of Tunis. *Revue Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management.P. 318-323*
- ✚ Ministère (1986). Traitements envisageables pour la bagasse. Colloque : Ministère de l'environnement et fondation de l'eau.

- ✚ Moletta R.(2002). Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Ed. Tech et Doc, Paris .600p.
- ✚ Moletta R.(2009). Le traitement des déchets. 2009, Lavoisier, Paris.
- ✚ Munier, P. 1973. Le palmier dattier. Techniques agricoles et production tropicale, G-P. Maisonneuve et Laroséds. Paris, France, 221p.
- ✚ Noordman, T. R. Ketelaar, T. H. Donkers, F. &Wesselingh, J. A. (2002).Concentration and desalination of proteins solutions by ultrafiltration.Chemical Engineering Science. 57, 693-703.
- ✚ Paiva J.M.F et frollini E. (2002). Sugarcane bagasse reinforcedphenolic and lignophenolic composites J. Appl. Polym. Sci. 83 :880-888 pp.
- ✚ PaquierB.(1974). Possibilités de création d'industries exportatrices dans les Etats Africains et Malgache Associes. Viandes, cuirs et peaux, chaussures, et articles en cuir. Volume 1 : Rapport général. Pp. 99-142.
- ✚ Patel R.M. etDesai A.J. (2003).Biosurfactant production by Pseudomonas aeruginosa GS3 from molasses, Letters in Applied Microbiology ; Volume 25, pp. 91–94
- ✚ Sanogo O. (2005). Procédé et technologie mature pour la production d'énergie à partir de la biomasse. Atelier de formation BEPITA. Kamboinse.
- ✚ Selmane D. (2010). Etude de l'extraction des protéines de coproduits d'abattage et de leur valorisation comme ingrédients fonctionnels. Thèse De Doctorat, Université BLAISE PASCAL, p. 8
- ✚ SiboukeurO., Ould El Hadj M.D. etZargatF. (2001). Contribution à l'Etude de la Production d'Acide Citrique par Aspergillus niger Cultivée sur Moût de Dattes de la Variété Ghars. Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse, 93-96
- ✚ Sottiez P. (1990). Produits dérivés des fabrications fromagères in : lait et produits laités ; vache, brebis, chèvre. Edition Lavoisier, Paris.633p.
- ✚ Touzi A. (1997), Valorisation des produits et sous-produits de la datte par les procédés biotechnol- ogiques. Rapport de synthèse de l'atelier "Technologie et qualité de la datte", CIHEAM - Options Méditerranéennes, pp. 214.
- ✚ Visser P. et Frederiks B. (2006). Etude de développement de la filière « Ethanol/GEL.fluel » comme énergie de cuisson dans l'espace "UEMOA". Rapport provisoire. 6 p.
- ✚ Vojnovic V., Ritz M. et Vahcic N. (1993). Sensory evolution of whey-based fruit beverages.Nahrung. 37: 285-304

- ✚ Vrignaud Y. (1983). Valorisation du lactosérum, une longue histoire. *Revue laitière Française*, (422), 41-46
- ✚ Weiss TJ (1983). Bakery shortenings and frying shortenings. In *food oils and their uses* .Connecticut: The AVI Publishing Company, Inc, P 153–165.
- ✚ Yang S. Y., Jones, J. H., Olsen, F. J., et Paterson, J. J. (1980). Soil as a medium for dairy liquid waste disposal. *Journal of Environmental Quality*, 9(3), 370-372

CHAPITRE 03 :

Le vinaigre de cidre de pomme

1. Généralités sur la pomme

1.1 Histoire

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

1.2 Description

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

1.3 Composition

La pomme est un fruit de composition variée et équilibrée. Elle renferme plus de 84 % d'eau, dans laquelle sont dissous de très nombreux minéraux et oligo-éléments : potassium, phosphore, zinc, cuivre, manganèse. Sa peau et sa chair comprennent un large éventail de vitamines : vitamine C, vitamines du groupe B, vitamine E, vitamine A₁; en quantités modérées toutefois. La peau concentre davantage de vitamine C que la pulpe (4 à 6 fois plus), mais ne représente qu'une fraction limitée (environ 25 %) de l'apport global en vitamine C du fruit. La pomme contient également une grande variété de composés antioxydants, notamment des flavonoïdes. Ses fibres sont abondantes et composées en majorité de matières pectiques solubles (pectines, protopectines, acide pectique...) (**Aprifel, 2008**).

1.4 Variétés

Il existe plus de 7500 cultivars de pommes. De multiples classements sont possibles: Par famille d'utilisation, par origine géographique, par période de mûrissement, Par qualités intrinsèques. Il existe un grand nombre de variétés de pommes, fonction des climats et des disparités régionales. Voici quelques-unes des plus connues avec leur saveur et leurs périodes de disponibilité.

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

1.5 Consommation

La pomme peut se manger crue ou cuite, en dessert ou en accompagnement de mets salés, en compote, en tarte, en gâteau, en gelée, en confiture, en pâte de fruit ; on peut en faire du jus ou des boissons fermentées. Selon le mode de consommation le plus adapté à la variété, on parle de «pomme de table» (ou «pomme à dessert» ou «pomme à couteau»), de «pomme à cuire» ou de «pomme à cidre».

1.6 Vertus et Bienfaits

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

1.6.1 Donner de l'énergie

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

1.6.2 Réguler le transit, aider la digestion

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

1.6.3 Combattre le cholestérol, le diabète et le surpoids

La particularité de la pomme est sa haute teneur en pectine, une fibre soluble non agressive qui forme un gel visqueux absorbant ainsi une partie des graisses pour les éliminer et donc modérer leur assimilation. En ralentissant l'absorption des glucides, ces mêmes fibres permettent aussi de freiner la hausse de la glycémie. Au final, moins de cholestérol, moins de diabète et moins de poids... Globalement, la pomme est donc un sérieux protecteur des maladies cardiovasculaires (**Aprikian, 2001**).

1.6.4 Prévenir certains cancers

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

1.6.5 Lutter contre le vieillissement

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

1.6.6 Protéger les dents

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

2. Généralités sur la vingre

2.1 Historique

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

2.2 Définition

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

2.3 Composition

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

- 90 % d'eau.
- Entre 5 et 8 % d'acide acétique, jusqu'à 12 ou 14 % dans le vinaigre d'alcool blanc ménager. C'est le vinaigre acétique qui est responsable de la saveur piquante du vinaigre et de la plupart de ses bienfaits santé. L'indication 5 % ou 8 % que vous pourrez voir sur une bouteille de vinaigre, indique cette teneur en acide acétique (et pas, contrairement aux idées reçues, la teneur en alcool : il ne s'agit pas de vin !)

- Un peu d'alcool, sous forme de traces.

- Divers éléments, dont la teneur varie en fonction des vinaigres. Dans le vinaigre de cidre par exemple, on trouve des acides aminés, des enzymes, des vitamines (B et D), des oligo-éléments et des minéraux (calcium, chlore, fer, fluor, magnésium, potassium, phosphore, silicium, sodium, soufre, bore...) (**Delcourt, 2019**).

2.4 Types

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

2.4.1 Vinaigre d'alcool

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

2.4.2 Vinaigre balsamique

Le vinaigre balsamique résulte de la cuisson de jus de raisin qui est ensuite mis à mûrir et à fermenter naturellement dans des fûts en bois, de plus en plus petits. Cela donne un baume (d'où le nom de « balsamique ») à la texture sirupeuse et au goût et à la couleur

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

2.4.2.1 Vinaigre traditionnel balsamique

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

2.4.2.2 Vinaigre industriel balsamique

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

2.4.3 Vinaigre de vin

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

2.4.4 Vinaigre de riz

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

- **Le komesu** est le vinaigre de riz le plus pur, fabriqué uniquement à partir de riz fermenté et d'eau. Le kasuzu, lui, est produit à partir d'alcool de riz fermenté. Tous deux sont transparents et ont un goût neutre. On les utilise dans les salades, les marinades, les plats mijotés...

- **Le sushizu** (littéralement vinaigre pour sushis) ou (vinaigre mixte) est un vinaigre de riz additionné d'un mélange de sucre et de sel. Il sert pour la préparation des sushis, mais aussi pour les salades, les marinades... Il est de couleur jaune pâle.

- **Le kurozu** est préparé à partir de riz complet, ce qui lui donne une couleur brune à presque noire. Il est plus riche en minéraux. On le trouve principalement dans les épicerie japonaises (**Delcourt, 2019**).

2.4.5 Vinaigre de malt

Il est obtenu sans distillation à partir d'orge malté, avec addition éventuelle de céréales dont l'amidon a été transformé en sucres. Ce vinaigre est produit dans les pays anglo-saxons (**Bouaziz, 2008**).

2.4.6 Vinaigre des jus de fruits

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

3. Le vinaigre de cidre de

pomme

3.1 Définition

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

3.2 Composition

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

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

3.3 Procédés de production

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

3.3.1 Fermentation alcoolique

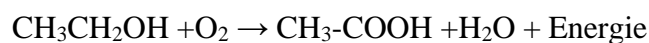
La fermentation alcoolique désigne la formation d'alcool éthylique et de gaz carbonique à partir de sucres fermentescibles, essentiellement le fructose et le glucose. (Vasserot 1996 ; Ribereau-Gayon, 1998).



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

3.3.2 Fermentation acétique

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



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

4. Utilisations

4.1 Vertus thérapeutiques

Le vinaigre de cidre est une véritable potion magique :

- * Il a un effet antibactérien sur plusieurs types de bactéries notamment contre E .coli et salmonella (**Winarsih et al., 2007**).
- * Sa teneur en flavonoïdes qui sont des antioxydants peut réduire les effets nocifs du cholestérol et protègent contre l'athérosclérose (**Bárdos et Bender, 2012**).
- * Il peut améliorer la sensibilité à l'insuline chez le diabète de type II et réduit les niveaux d'insuline chez les sujets insulino-résistants, puisqu'il retarde la vidange gastrique et inhibe les enzymes digestives (**Schvarcz et al., 1995**).
- * Grâce aux antioxydants qu'il contient, il est capable de tuer les cellules cancéreuses ou de ralentir leur croissance comme ceux de l'œsophage (**Arab et Guezzoun, 2003**).
- * Il combat les intoxications alimentaires, les flatulences, les spasmes et stimule la digestion. Il lutte également contre la constipation et régénère la flore intestinale.
- * Il soulage les troubles arthritiques et élimine également les dépôts calcaires des articulations. Il agit dans les cas d'arthrose, de calculs biliaires ou rénaux. (**Oszmiański et al., 2008**).
- * Il a une action bénéfique sur la perte de poids. Il est riche en pectine, qui a pour effet d'augmenter la sensation de satiété permettant une réduction de l'apport en calories à long terme (**Ostman et al., (2005)**).
- * En plus de son utilisation comme condiment, antioxydant, conservateur d'aliment, il est aussi utilisé pour soigner plusieurs maladies et infections tel que les maux de tête et de gorge, les pellicules, les toux, les piqûres des insectes, les brûlures... etc. (**Sebihi, 1996**).

4.2 Utilisation en cuisine

Les utilisations culinaires du vinaigre ont été très nombreuses :

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

4.3 Usage domestique

Le vinaigre est considéré comme un antiseptique qui s'utilise dans le nettoyage du sol, des vitres et des glaces. Il sert souvent comme antimoustique, ou colle s'il est mélangé à la

farine, désinfectant, désodorisant, détartrant, fixant par exemple de couleur des vêtements, (Grelon, 2005 ; cité par Bouaziz, 2008).

Références

- ✚ Aprifel, (2008). Site internet de l'agence des fruits et des légumes frais. Fiches nutritionnelles par produits : la pomme
- ✚ Aprikian O., Levrat-Verny M. A., Besson C., Busseroles J., Remesy C. et Demigne C. (2001). Apple favourably affects cholesterol metabolism and anti-oxidative protection in cholesterolfed rats. *Food Chemistry*, 75, 445-452.
- ✚ Arab, N., Guezoun, K.H. (2003). Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques et biochimiques du vinaigre traditionnel de dattes de la cuvette Ouregla : vertu thérapeutique. Mémoire de licence en biologie, Université de Kasdi Merbeh, Ouargla.
- ✚ Bárdos L, Bender B. (2012). Effect of apple cider vineager on plasma lipids (model experiment in mice). *Potravinarstvo*, vol. 6, N°: 1: 1-4
- ✚ Bouaziz, (2009).Caractérisation physicochimique et biochimique de quelques vinaigres traditionnels de dattes de la région d'Ouargla. Thèse de magistère. Université d'Ouargla. 70 p.
- ✚ Bourgeois, C.M., Larpent, T.P. (1996). Microbiologie alimentaire. Aliment fermentés et fermentation alimentaires. Tome 2, 2 eme Ed .Tec et Doc Lavoisier
- ✚ Caligiani, A., Acquotti, D., Palla, G. & Bocchi, V. (2007).Identification and quantification of the main organic components of vinegars by high resolution 1H NMR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 110-119
- ✚ Callejón, R. M., Tesfaye, W., Torija, M. J., Mas, A., Troncoso, A. M., & Morales, M. L. (2009). Volatile compounds in red wine vinegars obtained by submerged and surface acetification in different woods. *Food Chemistry*, vol.113, N° : 4, p1252-1259.
- ✚ Clavet, (1992). Alcool méthylique. Vinaigre. Ed, Béranger, Paris et liège : p 47-64.
- ✚ Delcourt A.L., (2019). Le grand livre du vinaigre. Santé, maison, beauté, cuisine... tous les bienfaits d'un ingrédient 100% naturel. Éditions Leduc Pratique. 213 pages
- ✚ Divies, C. (1989). Le vinaigre, microbiologie alimentaire. Les fermentations alimentaires. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, Vol. 2, 121-147.
- ✚ Grelon, (2005). Les bienfaits du vinaigre. Ed, veechi, Paris : p 9-49.
- ✚ Guiraud J.P., (1998). Microbiologie alimentaire. 2^{ème} Edition DUNOD, Paris, 615 p.
- ✚ Hellier R., Esnault R. et Lance C. (2000). Formation des fruits et des graines. Dans *Physiologie végétale. 2-Développement*; Dunod, Ed.; pp 220-239.

- ✚ Mbungu, C., Tshimenga, K., Nsambu, P., Tshibadi, C. M., Muwawa, J, et Kanyinda, J. N. M. (2016). Microbiological Quality, Biochemical and Physical-Chemical characteristics of artisanal vinegar based piers mangoes. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Volume : 17/ N° : 3, p 948-949
- ✚ Mortimer, R., et Polsinelli, M. (1999). On the origins of wine yeast. *Res. Microbiol* 150: 199- 204.
- ✚ Ostman E., Granfeldt Y., Persson L, Björck I. (2005). Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* ;59 (9):983-8.
- ✚ Oszmianski J., Wolniak M., Wojdylo A., Wawer I.(2008). Influence of apple puree preparation and storage on polyphenol contents and antioxydant activity. *Food chemistry* Vol.107, N° : 04, p, 1473-1484
- ✚ Renault, P., Miot-Sertier, C., Marullo, P., Hernández-Orte, P., Lagarrigue, L., Lonvaud-Funel, A. et Bely, M. (2009). Genetic characterization and phenotypic variability in *Torulasporea delbrueckii* species: Potential applications in the wine industry. *Int. J. Food Microbiol* 134 : 201-210
- ✚ Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B. et Lonvaud A. (1998) .*Traité d'œnologie*. Volume 1 : Microbiologie du vin, Vinifications. Dunod.
- ✚ Sebihi, A.H. (1996). Contribution à l'étude de quelques paramètres de la qualité hygiénique et biochimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette d'Ouargla. Thèse d'ingénieur. INFS/AS, Université Kasdi Merbah, Ouargla.
- ✚ Schvarcz, E., Palmér, M., Lman, J., et Berne, C. (1995). Hypoglycemia Increases the Gastric Emptying Rate in Healthy Subjects. *Diabetes Care*, Vol.18 N° : 05, 674-676.
- ✚ Tesfay, W., Morales, M.L., Garcia-Parrilla, Troncoso, A.M. (2002). Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation, *Journal of Trends in Food Science & Technology*, Vol. 13, pp. 12-2
- ✚ Vasserot, Y. (1996). La fermentation alcoolique chez *Saccharomyces cerevisiae*: aspects biochimiques et physiologiques. *Revue française d'œnologie*, N°: (159), 13-16.
- ✚ Winarsih S, Hidayati N, Subramaniam T. (2007) .The Antibacterial Effect of Apple Cider Vinegar on The Growth Of *Escherichia Coli* (Faeces Isolates) In Vitro. *Laboratorium Mikrobiologi Universitas Brawijaya*.

Chapitre 04 :

Production d'éthanol

1. Recyclage des déchets de pommes

Aux Etats-Unis, des chercheurs ont pu produire un polymère d'acide lactique à partir d'épluchures de pommes : les épluchures sont dégradées pour obtenir des carbohydrates puis du glucose, utilisé comme source d'acide lactique. (Rousselle et al, 1996).

L'amidon est globalement le deuxième hydrate de carbone abondant. Après de diverses modifications, il est en grande partie employé dans des applications industrielles et est une ressource potentielle pour la production de bioénergie. (Rousselle et al, 1996).

Dans cette optique, ce projet de fabrication de l'éthanol vert à partir de produits ou de résidus agricoles. Nous avons arrêté notre choix sur la pommes . Cette matière première nécessite un prétraitement, une hydrolyse pour obtenir du sucre. Une fermentation permettra de transformer le sucre en éthanol. Une distillation et une hydrodistillation qui va au-delà de l'azéotrope purifieront le produit. (Pierre et al, 1999)

2. Ethanol

2.1 Présentation de la molécule d'éthanol

L'éthanol, l'alcool ou encore l'alcool éthylique sont toutes les trois des appellations qui désignent la même molécule qui est composée de deux atomes de carbone (C), six atomes d'hydrogène (H) et d'un atome d'oxygène (O). Les formules brutes et semi- développées de la molécule d'éthanol sont respectivement le C_2H_6O , le C_2H_5OH et le CH_3-CH_2-OH (Figure 3).

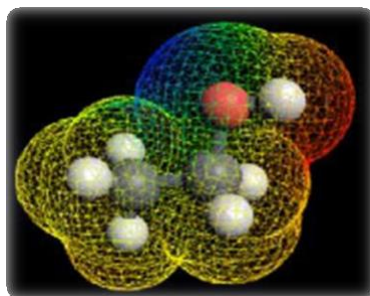


Figure 3 : Molécule d'alcool éthylique (Kacimi, 2008)

L'éthanol est obtenu à partir d'un processus de fermentation anaérobie des sucres naturels (ex. : les pelures de pommes), généralement retrouvés dans les produits biologiques, suivi d'une distillation sous l'action des levures pour la fabrication notamment de boissons alcoolisées tel

que le vin ou encore la bière. C'est à partir du XIX^{ème} siècle que le mot « alcool » a commencé à faire référence uniquement à des composés chimiques ayant des caractéristiques communes, soit des oxydes d'alcanes ayant subi une substitution de l'atome d'hydrogène par un groupement hydroxyle (OH) au niveau d'un atome de carbone.

En ce qui concerne ses propriétés physiques, l'alcool éthylique est un composé incolore, volatil, hygroscopique, miscible à l'eau et à l'alcool.

Reconnu pour ses qualités de solvant pour les graisses et les matières plastiques, son odeur est détectable à des concentrations variant entre 10 et 350 ppm. (Kacimi, 2008) En résumé, ses principales propriétés physiques sont résumées au niveau du tableau suivant (Tableau 1).

Tableau 1 : Propriétés physiques de l'éthanol (Kacimi, 2008)

Nom Substance	Détails
Éthanol	N° CAS 64-17-5
	Etat Physique Liquide
Masse molaire 46,07	
	Point de fusion -114°C
Point d'ébullition 78 à 78,5 °C	
	Densité 0,789
Densité gaz / vapeur 1,59	

L'éthanol est un composé qui est chimiquement stable. Il possède toutes les propriétés qui caractérisent les alcools notamment une réaction d'oxydation lorsqu'il est maintenu à l'air libre pour former de l'acide acétique. Par contre, dans des conditions d'oxydation extrême, il se transforme en dioxyde de carbone (CO₂) et en eau (H₂O). (Kacimi, 2008).

2.2 Origines de l'éthanol

L'étymologie du mot « alcool » viendrait du mot arabe « al-kuhul » qui désignait à l'origine une poudre très fine de stibine (SbH₃) connue sous l'appellation de sulfure d'antimoine qui est un gaz toxique incolore caractérisé par une odeur identique à celle de

l'ammoniac (NH₃).**(Peter et Neil, 2004).**

Cette appellation est devenue par la suite un terme générique pour désigner toute substance ou principe volatil tel que l'esprit- de-vin. Au Moyen Âge, le philosophe et médecin perse Abu Bakr Muhammad ibn Zakarîya al-Râzi (865 à 925), à l'aube de la chimie matérialiste, réussit à obtenir de l'alcool pur, par distillation du vin pour des fins d'usage médicinal **(Peter et Neil, 2004).**

2.3 L'éthanol et ses utilisations:

Aujourd'hui, les applications industrielles utilisant l'éthanol sont nombreuses. Au-delà du fait que l'éthanol serve à l'éclairage et au chauffage, il constitue le principe actif de base des boissons alcoolisées, il entre dans la synthèse de produits chimiques tels que les peintures (Tableau 6), les vernis, les encres, les matières plastiques, les adhésifs, les cosmétiques et les produits pharmaceutiques. Réputé pour ses qualités de solvant, il est également utilisé dans l'industrie du nettoyage contre les graisses et les matières plastiques. **(Kacimi, 2008).**

L'éthanol est également utilisé comme matière première pour la synthèse de solutions d'insecticides. En pharmacologie, il est utilisé pour ses propriétés de désinfectant et d'agent antiseptique.**(Kacimi, 2008).**

Depuis les années 70, l'éventail des applications industrielles de l'éthanol s'est étendu à l'industrie des carburants au point de vouloir en faire, dans des pays comme le Brésil, la principale source d'énergie pour les moteurs à essence.**(Kacimi, 2008).**

À titre d'information, il est important de souligner que son utilisation en tant que carburant remonte à l'année 1876 lorsque le premier moteur à combustion utilisant de l'essence à l'éthanol a vu le jour grâce au scientifique allemand Nicolaus August Otto. **(Kacimi, 2008).**

En 1880, Henry Ford équipe ses quadricycles avec des moteurs semblables pour faire de l'éthanol, en 1908, le principal combustible de son modèle « T ». (Kacimi, 2008).

C'est ainsi que la première usine de fermentation d'éthanol, à des fins de production de carburant, voit le jour dans l'État du Kansas aux États- Unis. (Kacimi, 2008).

Dans les années 1930, l'éthanol ou encore le gazohol (mélange d'éthanol et d'essence), produit à partir de maïs, est offert dans plus de 2 000 stations réparties dans le Mid West américain. Pour des raisons de coûts de production, les années 40 marquent le retour des carburants, fabriqués à base de pétrole, comme source d'énergie pour les véhicules.(Kacimi, 2008).

Tableau2: Principales voies de traitement de l'éthanol (Kacimi, 2008)

PRODUIT DE BASE	PROCÉDÉS DE TRANSFORMATION	PRODUITS FINAUX
ÉTHANOL	Procédés de déshydratatio	Fibre synthétique et antigel Agents tensioactifs, épuration de gaz Peintures, vernis et textiles Tuyaux, tubes de plastique, semelles de soulieret produits
	Procédé de déshydrogénation	électriques Agents nettoyants Polyesters
	Procédés d'oxydation	Agents plastifiants, solvants

3. production d'éthanol :

A l'instar d'autres pays comme le Brésil, le Canada, les Etats Unies. Qui ont développé des programmes industriels intégrés pour la production d'éthanol à partir de canne à sucre, de blé, de maïs,... l'Algérie, qui possède un potentiel considérable en déchets et sous-produits de pommes , pourrait lancer un pareil programme. **(Bedrani et Benziouche, 2000).**

La production d'éthanol à partir des déchets de pommes constitue une solution intéressante sur le plan économique, cet alcool peut remplacer avantageusement celui obtenu par voie chimique à partir des produits pétroliers et peut remplacer le pétrole léger comme carburant ou au moins permettre le coupage de l'essence (5 à 10 % d'éthanol). **(Bedrani et Benziouche, 2000).**

En outre, l'intérêt de produire de l'éthanol vient du fait que c'est une substance énergétique stratégique et son utilisation couvre un champ étendu d'activités industrielles : fabrication de spiritueux, d'intermédiaires chimiques (produits de beauté, parfums, cosmétiques, produits pharmaceutiques), de solvants, de détergents, de désinfectants, d'acides organiques. **(Bedrani et Benziouche, 2000).**

Enfin, il est utile de signaler, selon la Régie des Alcools, que notre pays importe entre

30.000 et 50.000hectolitres d'alcool éthylique par an afin de couvrir ses différents besoins. En considérant les conditions climatiques, la disponibilité de la matière première, la spécificité de l'activité, les exigences technologiques et la demande nationale en alcool, un programme expérimental au niveau du laboratoire et à l'échelle pilote a été entrepris et les résultats obtenus ont démontré la faisabilité du procédé aussi bien sur le plan technique qu'économique. **(Messar, 1996).**

Références

-B-

•**Bedrani S., Benziouche S E.,** 2000- Etude de la filière dattes : cas des Dairate ;Djamaa et Mghaer. In proceeding du Congrès Scientifique Arabe d'El- oued, El oued, p.p. 383-417.

-K-

•**Kacimi M M.,** 2008- Analyse du secteur de l'éthanol selon les principes du développement durable. Mem. Img. Envi., Sherbrooke, Canada, p. 76.

-M-

•**Messar E M.,** 1996- Le secteur phoenicicole algérien : situation et perspectives à l'horizon 2010. In Option méditerranéenne. Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens. volume1(28): 23-44.

-P-

•**Peter C K V., Neil E S.,** 2004- Traité de chimie organique. 4éd. Boeck, Paris. P. 276.

-R-

•**Rousselle P., Robert Y., Grosnier J C.,** 1996- La pommes . 1éd. INRA, France, p. 509.

Chapitre 05 :

Matériels et méthodes

Chapitre 05 : Matériels et méthodes

1. Matériels et méthodes

1.1 Objectif

Notre objectif est de mettre en évidence le pouvoir antimicrobien d'éthanol extrait de déchets de pomme vis-à-vis sept souches pathogènes Gram-positives (*Staphylococcus aureus* ATCC 29213; *Listeria monocytogenes* ATCC 13932, *Bacillus subtilis* ATCC 3366, *Micrococcus luteus* ATCC 9341) et Gram-négatives (*Escherichia coli* ATCC 10591, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853). et de mesurer aussi des paramètres physiques : La densité, la température d'ébullition, l'indice de réfraction et la chromatographie sur couche mince CCM.

1.2 Les souches pathogènes utilisées:

Les différentes souches pathogènes utilisées dans ce travail sont reportées dans le tableau:

Tableau 3 : Nature et l'origine de différentes souches pathogènes utilisées

Les souches	Référence	Milieu de culture
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213	Laboratoire de l'université de khenchela	BHIB (Réf. CM0225) Oxoid, Biomérieux, France)
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 13932		
<i>Escherichia coli</i> ATCC 10591		
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212		
<i>Micrococcus luteus</i> ATCC 9341		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853		
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633		

Toutes les souches pathogènes ont été réactivés et cultivés sur BHIB (Brain- Heart- Infusion: Réf.CM0225 Oxoid, Biomérieux, France) et incubé en aérobiose à 37°C par contre la souche *Bacillus subtilis* qui a été incubé en 30°C pendant 18h.

1.3 Les milieu de culture:

Tous les milieux de culture utilisés sont préparés ensuite autoclavés à 120°C pendant 15 min. Les milieux utilisés sont le MH à pH 7.5 (Mueller-Hinton: réf. CM0337 Oxoid, Biomérieux, France) pour le dénombrement des souches pathogènes utilisés dans l'expérience. Le BHIB à pH 7.4 (Brain-Heart-Infusion: réf. CM0225 Oxoid, Biomérieux, France) pour la réactivation et la culture des souches. Le BHIB gélose molle pour l'étude de pouvoir antimicrobien d'éthanol d'épluchures de pommes vis-à-vis les souches pathogènes.

2. Méthodologie d'extraction d'éthanol:

2.1 Préparation du substrat

2.1.1 Broyage

Les épluchures de pomme collectées sont tout d'abord nettoyées pour éliminer tous les impuretés qui les entourent. Les plantes amylacées contiennent des sucres polymérisés sous forme d'amidon. Du fait de sa longue chaîne carbonée, l'amidon doit être extrait dans un premier temps par broyage (**Kacimi, 2008**), les opérations de fermentation et de distillation traditionnelles sont les étapes incontournables pour obtenir de l'éthanol.

Le prétraitement est la première étape du procédé, nous travaillons donc avec la matière première : épluchures de pomme. Notre but est de les rendre sous la forme la plus facilement hydrolysable. De plus, l'amidon doit être le plus accessible possible pour l'hydrolyse. (**Daniel, 2006**).

Nous avons choisis la méthode la moins coûteuse. La première serait d'effectuer un simple broyage humide de la pommes et de la faire parvenir ainsi à l'hydrolyse. La seconde option consiste à poursuivre avec un séchage afin d'effectuer un broyage à sec. Cette dernière nous permettrait d'obtenir une fine poudre qui est plus facile à conserver.



Figure 4 : Les épluchures de pomme séchées (original).

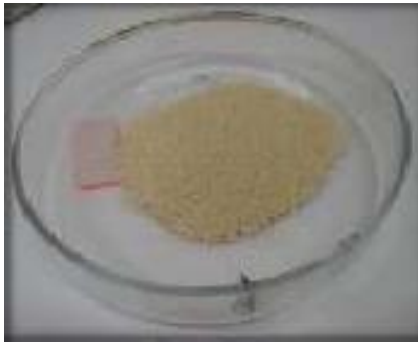


Figure 5: La poudre des épluchures de pomme (original).

2.1.2 Substrat

Pour réaliser une fermentation de glucides, on met 15g de poudre de déchets de pommes , environ 5g de levure de boulanger dans 100ml d'eau.

Pour stabiliser le pH, on rajoute 3g de bicarbonate de soude ($\text{Na}(\text{HCO}_3)$). Ensuite il faut laisser fermenter pendant une semaine. Il ne faut pas fermer hermétiquement le récipient car durant la fermentation, un dégagement gazeux se produit.

Levure Saccharomyces servisiae

Bicarbonate de soude

Figure 6: Les constituants de la fermentation. (Original)

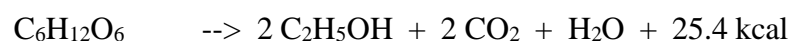
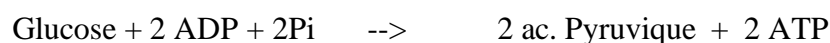
2.2 Fermentation : cité par (Daniel, 2006) dans les paragraphes qui Suits:

La fermentation alcoolique est la fermentation de sucre en éthanol sous un processus anaérobique (dans un milieu sans oxygène). Le but de l'unité de fermentation est de transformer la liqueur sucrée en éthanol. Le principal sucre constituant cette liqueur est le D-glucose.

Pour réaliser ce type de fermentation, nous aurons recours à l'utilisation de levures. En effet, les levures vont prélever de l'énergie dans des corps instables tels que les sucres fermentescibles afin de subvenir aux besoins de leur métabolisme. Nous avons choisi de travailler avec la levure de la bière : *Saccharomyces cerevisiae*. Ce n'est qu'une fois qu'il n'y a plus d'oxygène que le processus de la fermentation produisant de l'éthanol est enclenché.

C'est au cours de l'initiation que les levures libèrent les enzymes qui attaqueront le glucose. Il est à noter que chaque enzyme est spécifique au sucre transformé. Dans notre cas, la zymase possède le site actif capable de retenir le glucose.

Ensuite, le glucose est oxydé et est alors scindé en deux moles d'acide pyruvique, c'est ce qu'on appelle la glycolyse. Lors de la propagation, l'acide pyruvique subit une décarboxylation et produit un acétaldéhyde accompagné d'un dégagement de CO₂. Finalement, l'acétaldéhyde est réduit par le NADH + H⁺ en éthanol et il y a un dégagement d'énergie.



Il y a deux paramètres très importants qui jouent sur le rendement de la fermentation. Il existe une température et un pH qui maximisent l'activité enzymatique.

En effet, la température ne doit pas être trop élevée, car sinon les levures vont être moins actives ou vont tout simplement mourir lorsque la température excède 35 °C. De plus, la vitesse de réaction augmente avec la température car le site actif des enzymes heurte plus fréquemment le substrat. C'est pourquoi nous avons décidé d'opérer à une température optimale de 20 °C.

En outre, le pH n'est pas à négliger car un pH trop acide dénature les enzymes. Nous avons donc utilisé le bicarbonate de soude. Ensuite, il est bon d'agiter le mélange car les sites actifs auront plus de chance de trouver les molécules de D-glucose.

Finalement, la fermentation sera terminée lorsqu'il n'y aura plus de sucre fermentescible disponible ou encore lorsque le pH sera trop bas. En effet, le pH diminuera tout au long de la fermentation jusqu'à ce que les enzymes se dénaturent.



(1)



(2)



(3)

Figure 7 : Le départ de la fermentation des échantillons 1/ 2 / 3 (Original)



(1)



(2)



(3)

Figure 8: La fermentation après une semaine des échantillons 1/2/3 (Original)

2.2.1 La distillation

La fermentation va nous donner une boue contenant de l'eau, des résidus et de l'éthanol. Ce mélange aura une concentration d'environ 6 à 10 % d'alcool. Il faudra donc, avant toute distillation, procéder à une filtration de cette solution hétérogène, afin de retirer les plus grosses particules. (Daniel, 2006).

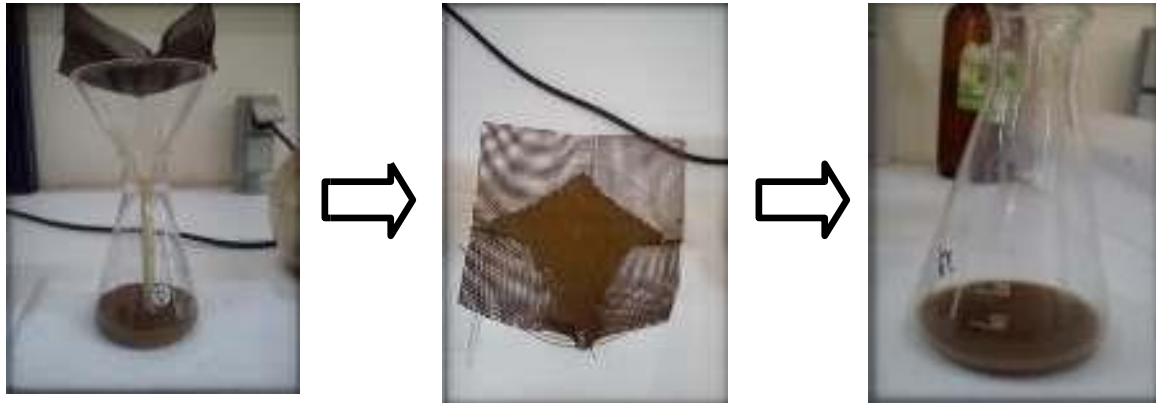


Figure 9 : Obtention d'un filtrat après filtration (Original)

Ensuite viendra le cœur de notre travail : la distillation. Cette étape est une purification de notre mélange éthanol-eau. Premièrement, ce mélange sera placé dans un récipient chauffé à environ 80°C. La vapeur s'élèvera dans la colonne à distiller, se condensera (passage de vapeur à liquide) et redescendra en début de colonne pour s'évaporer à nouveau. Ce déplacement gazeux, appelé reflux, se répétera quelques fois selon le pourcentage d'éthanol obtenu par la fermentation. Nous allons récupérer une partie du distillat qui aura une concentration d'environ 95 % d'éthanol. (Daniel, 2006).

Il est primordial de mentionner qu'étant donné la miscibilité de l'eau et de l'éthanol, il faut utiliser une technique de séparation qui tient compte de leurs différents points d'ébullition. La distillation est un procédé intéressant pour ce genre de traitement mais est tout de même limité car l'eau et l'éthanol forment un azeotrope. (Daniel, 2006).



Figure 10: Obtention d'un filtrat après filtration (Original)

2.2.2 Hydro-distillation

Pour effectuer cette déshydratation nous utiliserons la méthode de distillation azéotrope. Le principe d'une telle méthode est d'ajouter un troisième composant, appelé entraîneur, qui formera un nouvel azéotrope avec l'eau et l'éthanol. Cet azéotrope, ayant un point d'ébullition différent de celui de l'éthanol pur, sera donc séparé par distillation. Le toluène semble être le composé ayant le meilleur rapport qualité/prix. (Daniel, 2006).

La loi de Raoult ne fonctionne parfaitement qu'en présence d'un mélange de liquides dit « parfait ». On retrouve ce type de mélange si les composants sont de structure similaire. Sinon, les interactions entre les différents composés entraînent une déviation à la loi de Raoult. C'est le cas, par exemple, pour un mélange d'éthanol et toluène, le mélange que l'on a à distiller. C'est ce qu'on nomme un azéotrope. Ce comportement révèle que les interactions, entre l'éthanol et toluène, sont défavorables à la stabilité du mélange et, par conséquent, que le mélange est plus volatil que ce qui serait prévisible d'un simple mélange de deux espèces semblables. Ce phénomène entraîne d'importantes conséquences en ce qui a trait à la distillation. En effet, il vient un moment où la vapeur produite possède la même composition que le liquide duquel elle provient. Il devient donc impossible de concentrer le mélange au-delà de ce point à l'aide d'une distillation standard. Ce mélange possède une composition de 95.6 % m/m en éthanol et 4.4 % m/m en toluène. (Daniel, 2006).

3. Paramètres physiques:

3.1 La densité

La densité d'un liquide est égale au quotient de la masse m d'un volume V de ce liquide par la masse m_e d'un même volume d'eau. On a utilisé:

- balance
- éprouvette

on mesure le poids en gramme de 5ml de l'éthanol et on le convertie en kilogramme par 1000ml (1L)

ex: 5ml \longrightarrow 3.3gramme

1000ml \longrightarrow x gramme

$$x = 1000 * 3.33 / 5$$

$$x = 660 / 1000$$

$$x = 0.66 \text{ kg/l.}$$

3.2 La température d'ébullition

Pour la température d'ébullition, on a mis un erlenmeyer contenant de l'éthanol pur et un thermomètre sur une plaque chauffante et on a marqué sa température d'ébullition. On a fait la même chose pour nos échantillons de E1 à E5.

3.3 Détermination de l'indice de réfraction

- On entend par le pourcentage en eau, le pourcentage pondéral d'eau déterminé selon le protocole ci-après.
- Le principe consiste à déterminer l'indice de réfraction de l'éthanol parfaitement liquéfié.
- réfractomètre du type Abbe à thermomètre incorporé, qu'il faut étalonner avec de l'eau distillée $n_d^{20} = 1.3330$.
- Baguette de verre.
- flacon avec fermeture hermétique.

- Préparation d'échantillon:

Introduire dans le flacon quelque gramme de l'étalon homogénéisé.

- Mesure de l'indice de réfraction et détermination de la teneur en eau:

A l'aide de la baguette en verre déposer rapidement une goutte de l'étalon sur le prisme du réfractomètre, fermer l'appareil, lire l'indice de réfraction, et noter la température du

prisme. Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener l'indice de réfraction à 20°C.

$$n_d^t = n_d^{t'} + 0.00035 (t' - t)$$

Où

n_d^t : indice de réfraction.

t : température de référence qui est 20 °C.

t' : température à laquelle a été effectuée la détermination.

$n_d^{t'}$: indice de réfraction de référence.

3.4 La couche CCM

L'analyse des extraits bruts par chromatographie sur couche mince (CCM, TLC en anglais) nous permet dans un premier temps d'avoir une idée sur les différentes classes de composés contenus dans les extraits testés. (Flippo, 2011).

3.4.1 Principe:

La CCM est une technique analytique simple, rapide et peu coûteuse, utilisée au cours de la séparation et de l'identification des métabolites. Elle repose principalement sur les phénomènes d'adsorption et de partage, où les molécules à séparer s'adsorbent à la surface d'un support (phase stationnaire) et seront entraînées à travers ce dernier par un éluant (phase mobile), donc la séparation est fonction des différences d'adsorption des composants de l'échantillon sur la phase stationnaire et des différences de leur solubilité dans la phase mobile (Braithwaite et Smith, 1999).

3.4.2 Méthode:

Les analyses sont effectuées en phase normale, avec des plaques de silice (Silicagel 60 F254, de 0,25 mm d'épaisseur) déposées sur feuille d'aluminium, ce qui constitue la phase stationnaire. Sur les plaques préparées, on a déposé 10 µl de chaque échantillon et les plaques sont ensuite introduites dans des cuves conventionnelles en verre préalablement saturée par la phase mobile, qui peut être généralement un mélange binaire ou tertiaire de solvants, selon le type de séparation recherchée. Dans notre travail, on a utilisé l'acétone (Flippo, 2011):

À 254 nm, les tâches sont encerclées en trait plein, ce sont les substances UV actives. Les R.F sont comparés à des témoins disponibles facilitant ainsi l'identification de quelques

constituants des différents échantillons. La valeur du R.F est définie comme suit :

$$R.F = d / D$$

d: Distance entre l'origine et la tâche du produit après élution.

D: Distance entre l'origine et le front du solvant après élution.

Chaque substance a été identifiée par sa fluorescence sous UV, par son rapport frontal (R.F) dans un système de solvant précis et par sa couleur après révélation avec le réactif de l'acétone.

4. Etude de l'évolution de la cinétique de croissance et de production

L'étude de l'évolution de la croissance des 07 souches sont effectuées dans le milieu BHIB à pH 7.4 à 37 °C sauf pour le bacillus à 30°C. Des prélèvements stériles sont effectués périodiquement afin d'évaluer la croissance (D.O) à 600 nm par spectrophotométrie à l'aide d'un spectrophotomètre de type Jenway 6700 visible UV- visible.

l'évolution de la charge microbienne en micro culture s'effectue par isolement sur milieu Muller-Hinton gélose ; ce méthode est utilisée dans le but de déterminer la charge microbienne des souches utilisées évaluée a 10⁹UFC/ml mise en contact avec l'éthanol. (Abbouyen, 2014).

5. Méthode des puits ADT (Agar well Diffusion Test)

Les boîtes de Pétri contenant 1000 µl de suspension bactérienne à 10³UFC/ml sont remplis de 15 ml de Gélose molle BHIB le contact du germe cible avec l'éthanol se fait par Homogénéisation pendant 3min. Les boîtes sont ensuite séchées pendant 10 minutes à 37°C à l'étuve. A l'aide d'un emporte-pièce stérile, on met des puits dans la gélose, ensuite on remplit chaque puits par 50 µl d'éthanol. Pour terminer les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C pendant 24 h. L'activité inhibitrice du produit se manifeste par la formation d'une auréole d'inhibition autour du puits. Une inhibition est considérée positive si le diamètre est supérieur à 2 mm (Schillinger et Lucke, 2001).

Références

-A-

•**Abbouyen F Z.**, 2014- Activités antibactérienne des extraits phénoliques de la farine de la pulpe de caroube par interaction probiotique-prebiotique-pathogène. Mem. Img. Agro. Univ. Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, p. 58.

-B-

•**Braithwaite A., Smith F J.**, 1996- Chromatographic methods. 5^{éd.} Kluwer, London, p. 545

-D-

•**Daniel B.**, 2006- Les biocarburants. 1^{éd.} Technip, Paris, p.p. 81-82.

-F-

•**Flippo R.**, 2011- *Manuel de spectrométrie de masse à l'usage des biochimistes. 1^{éd.} TEC & DOC, Paris, p. 93.*

-K-

•**Kacimi M M.**, 2008- Analyse du secteur de l'éthanol selon les principes du développement durable. Mem. Img. Envi., Sherbrooke, Canada, p. 76.

-S-

•**Schillinger U., Luke F.**, 1989- Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Appl Environ Microbiol*, volume(55): 1901–1906.

Chapitre 06 :

résultats et discussions

Chapitre 06 : résultats et discussions

1. La production d'éthanol à partir des épluchures de pommes :

4.1. La fermentation :

Dans notre travail nous avons procédé à la fermentation de cinq (5) échantillons:

Tableau 4 : fermentation des échantillons (E1, E2, E3, E4, E5)

Echantillons	Epluchures de pommes (g)	levure boulangère(g)	NaOH (g)	Eau distillée (ml)	Tps (jours)	T (°C)
Echantillon 1	15	5	3100	7	25	
Echantillon 2	30	10	6200	7	25	
Echantillon 3	30	10	6200	7	25	
Echantillon 4	30	10	6200	8	25	
Echantillon 5	30	10	6200	15	25	

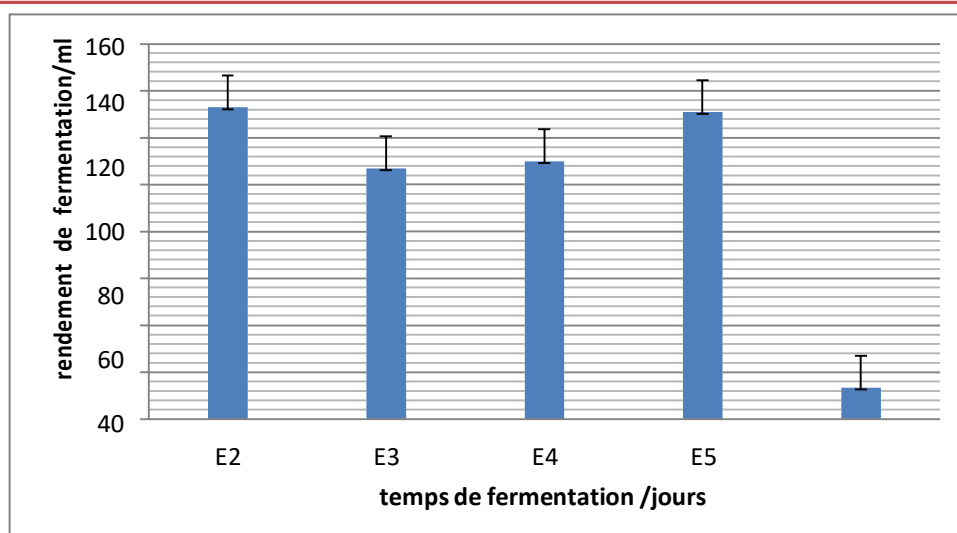


Figure 10 : rendement de la fermentation d'éthanol en fonction du temps

La figure 10 montre que le rendement d'éthanol par fermentation des épluchures de pommes (Arapoglou et al, 2010) ont clairement rapporté que la production d'éthanol à partir des déchets de peau de pommes par saccharification est de 7.58 g/l en utilisant le *S. cerevisiae*, les mêmes résultats furent rapportés par (Quintero et al, 2008) ces derniers ont fait beaucoup de recherche sur la production d'éthanol à partir de divers matériaux féculents, tels que la pommes .

D'après les résultats nous remarquons que le taux d'éthanol produit par les échantillons E1, E2, E3, E4, E5 diffère en fonction de la quantité des épluchures de pommes et le temps de la fermentation (7 j ,8j ,15j) avec une température ambiante constante 25°C et l'utilisation de la levure boulangère (*Saccharomyces cerevisiae*).

Donc l'augmentation de la quantité des épluchures de pommes et la prolongation de la durée de la fermentation est proportionnelle au taux de rendement d'éthanol. Selon (Khawla et al, 2014) la température optimum d'extraction est de 18 °C, il faudra donc prévoir environ deux semaines avant que la fermentation soit complète. Le bilan de masse indique que 1 g de sucre fermenté donne 0,48 g d'éthanol. Cependant, cette conversion est obtenue dans les conditions optimales, où le sucre est fermenté à 100%.

Par contre d'autres études comme (Itelima et al, 2013) ont constaté que le rendement d'éthanol est de 10.08% (v/v) d'épis de maïs après 7 jours de fermentation avec la Co-culture de *A. Niger* et *S. cerevisiae* inoculés simultanément. La production maximum d'éthanol est de 9.30% (v/v) obtenue après 72 h d'incubation du deuxième traitement de la mâche.

4.2. La filtration :

Après fermentation les échantillons subissent l'opération de filtration les résultats de cette opération sont résumés dans le tableau 9.

Tableau 5 : filtration des échantillons (E1, E2, E3, E4, E5)

échantillons	Filtre «	Filtre « tissu	Filtre « papier filtre »3 en
passoire » 1			

	en ml	fin »2 enMI	MI
E 1	101	99	11
E 2	128	126	38
E 3	100	98	35
E 4	103	71	68
E 5	121	118	80

D'après le tableau (05) nous remarquons que pour obtenir un extrait claire (filtre3)ne contient pas des drèches, trois filtrations sont préconisées (1, 2 et 3).

Visuellement, on observe qu'il y a une différence de couleur au niveau des extraits des échantillons après chaque filtration. Ces résultats corrélerent avec celles trouvés par (Khawla et al, 2014) il révèle que la filtration, est une étape nécessaire à la suite de la fermentation, la solution d'éthanol, d'eau et de levures résiduelles doivent être filtrées pour enlever les particules solides de la solution. Pour la production d'éthanol, trois types de filtres peuvent être utilisés, la pureté de l'éthanol est vérifiée avant la distillation.

L'absence de la diminution de volume du filtre 1 et 2 est due à l'utilisation d'une passoireet un tissu fin supérieur à 130 mm, le filtre 3 est obtenue en utilisant le papier filtre avec un diamètre de 130 mm.

4.3. Distillation :

L'opération de filtration est suivie de la distillation des échantillons les paramètres de cette opération sont définies dans le tableau 10.

Tableau 6 : Paramètres de distillation des filtres des échantillons (E1, E2, E3, E4, E5)

Distillation des échantillons	Température(°C)	La durée de distillation (min)	La durée d'obtention d'éthanol (min)	Le volume d'éthanol obtenu (ml)	Couleur d'éthanol
-------------------------------	-----------------	--------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	-------------------

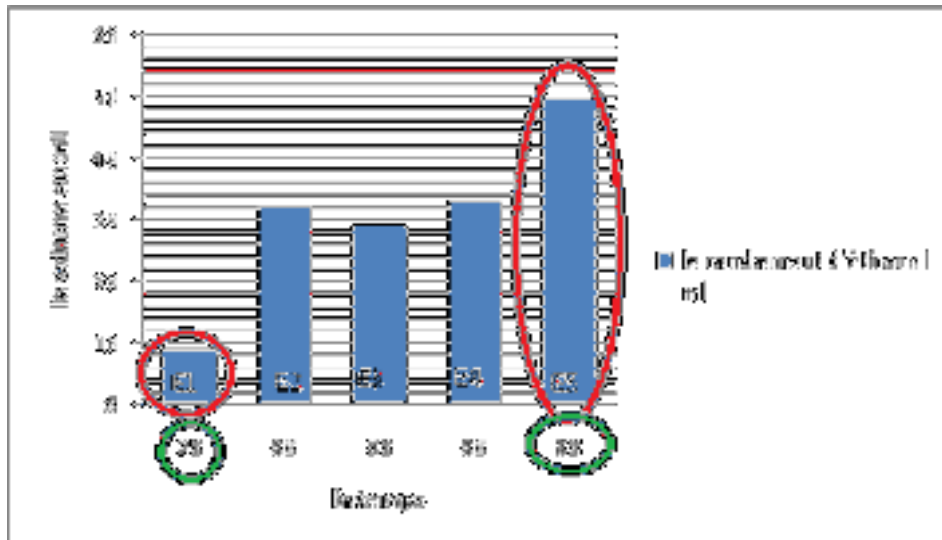


Figure 12: Taux de rendement d'éthanol en ml par distillation en fonction du temps. D'après la figure (12) on démontre que la relation entre le temps de la distillation et le volume de filtre est proportionnelle .exemple : Le volume de l'échantillon (1) est 9 ml ; son temps de distillation est moins court 20 min par rapport l'échantillon (5) qui a un volume de 50ml est un temps de distillation de 90 min.

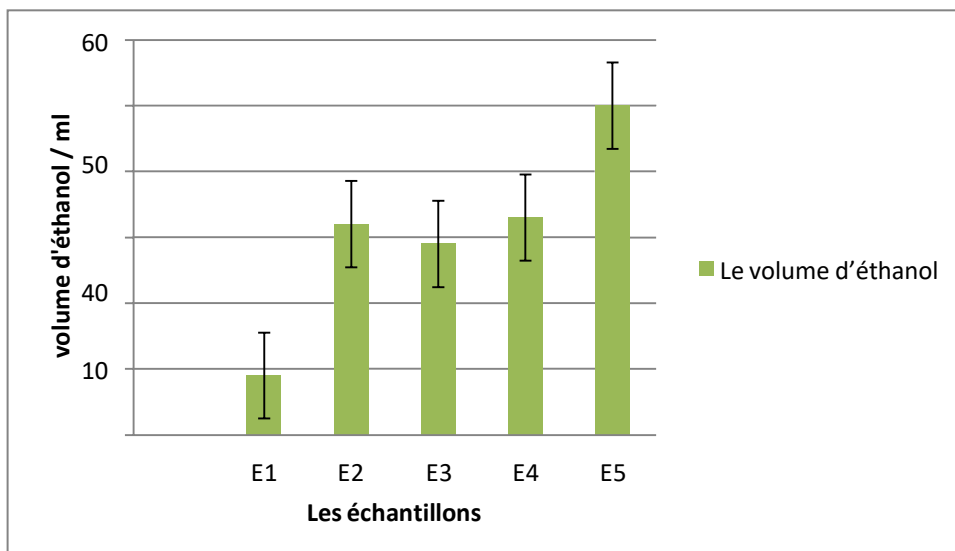


Figure 13: Rendement d'éthanol obtenu après distillation en fonction du temps. D'après la figure (13) nous observons une différence de temps entre le début de la fin de la distillation de 5min à 15 min à une température de 80°C pour tous les échantillons. La distillation retenue corrèle avec celle effectuer par (Khawla et al, 2014) la distillation simple est très utilisée pour un liquide contenant des impuretés moins volatiles. Il s'agit du meilleur moyen pour séparer les impuretés et permet d'obtenir un liquide à l'état pur.

4.4. La distillation azéotrope :

La purification d'éthanol se fait par la distillation azéotrope à la température d'ébullition 76°C pour un mélange azéotrope éthanol + toluène.

Le toluène et l'éthanol sont tous deux les solvants généralement utilisés dans le produit chimique et les industries pharmaceutiques dues à leurs excellentes capacités de dissolution. (Luyben, 2013).

Un des exemples industriels le plus fréquemment cités de la distillation azéotropique est la déshydratation d'éthanol en utilisant le toluène comme entraîneur (Bryan, 1999).

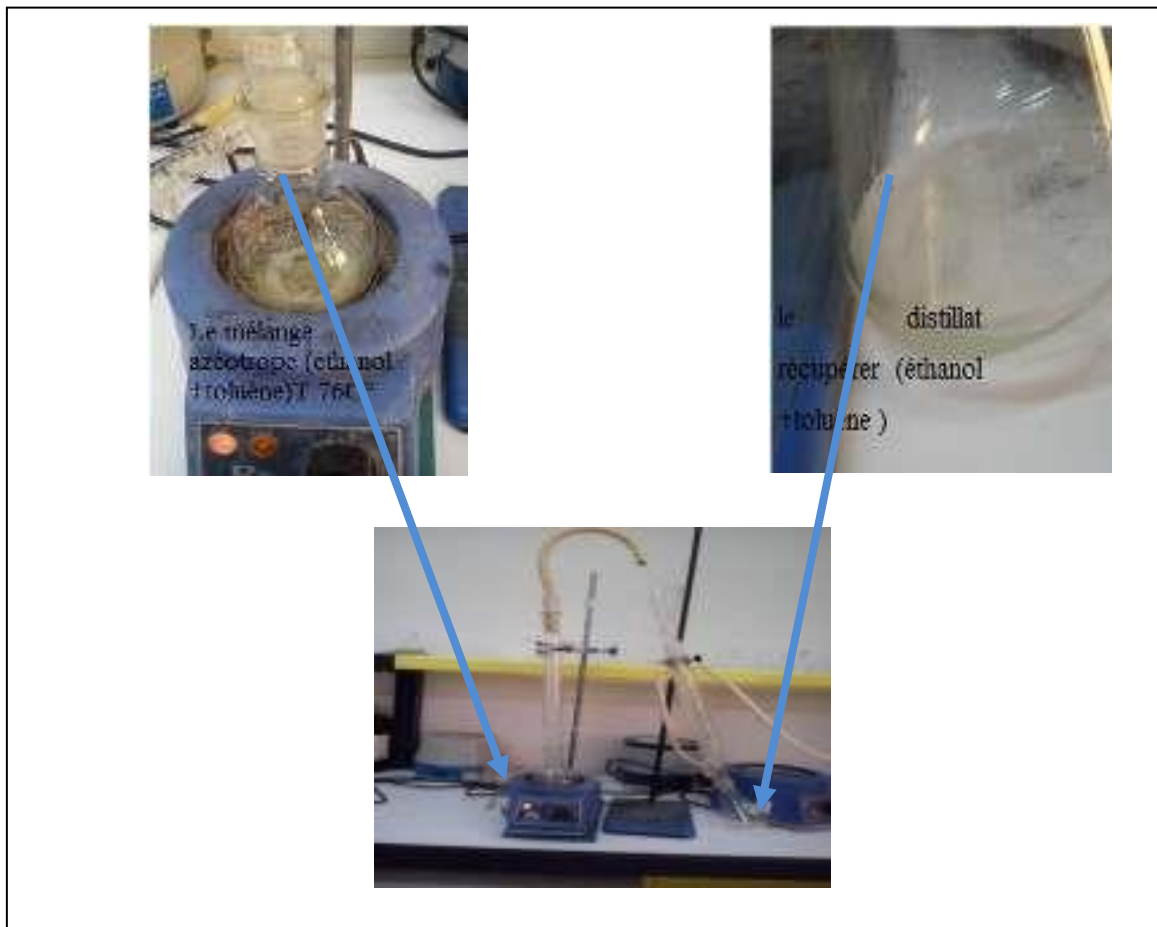


Figure 14: Distillation azéotrope (original)

4.4.1. Décantation

Pour la récupération d'éthanol on verse le distillat dans une ampoule à décanter et (mélange éthanol + toluène) à la fin de l'opération la phase supérieure est récupérée. Cette décantation se fait selon la densité des deux solvants (éthanol 0,7kg /l) plus (toluène 0,8kg/l).



Figure 15: la décantation du mélange azéotrope par l'ampoule à décanté (original)

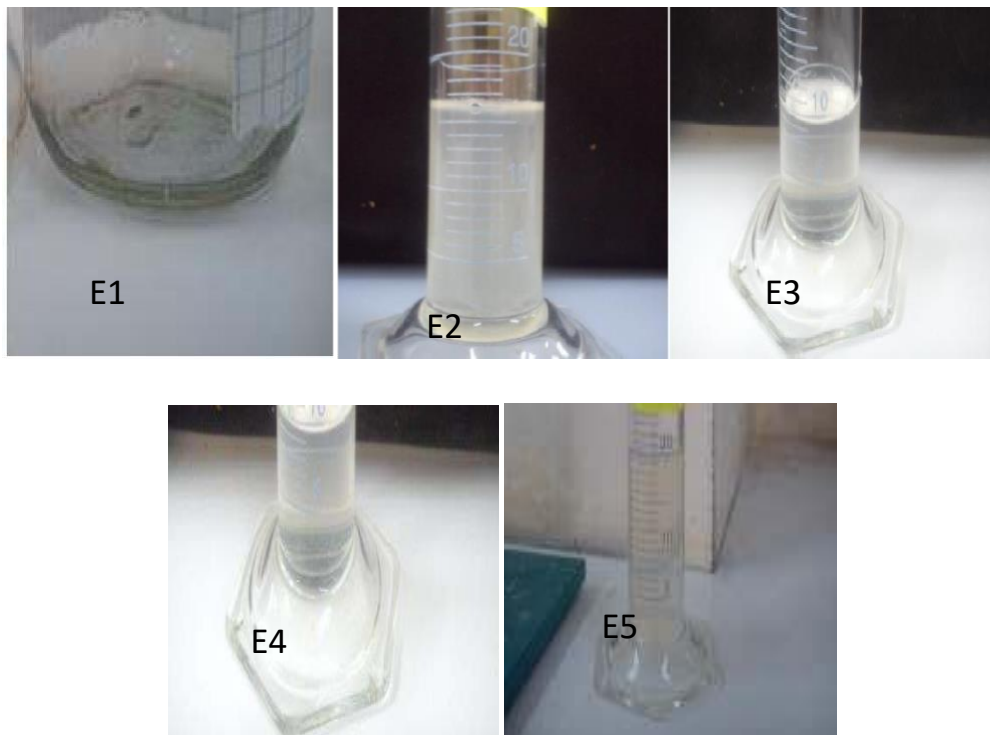


Figure 16: Ethanol purifiée (original)

D'après la figure (16) on remarque que les échantillons d'éthanol sont incolore avec une odeur agréable, cette résultat est comparable avec une Base de données.



Figure17: les impuretés (original)

5. Les résultats des paramètres physico-chimiques d'éthanol

5.1. Test densité

Tableau 7: la densité des distillats

Les distillats	La densité
1	0,68
2	0,7
3	0,72
4	0,72
5	0,72
Témoin 6	0,56
Témoin 7	0,789

- Témoin 6 : éthanol absolue
- Témoin 7 : éthanol (INRS, 2016).

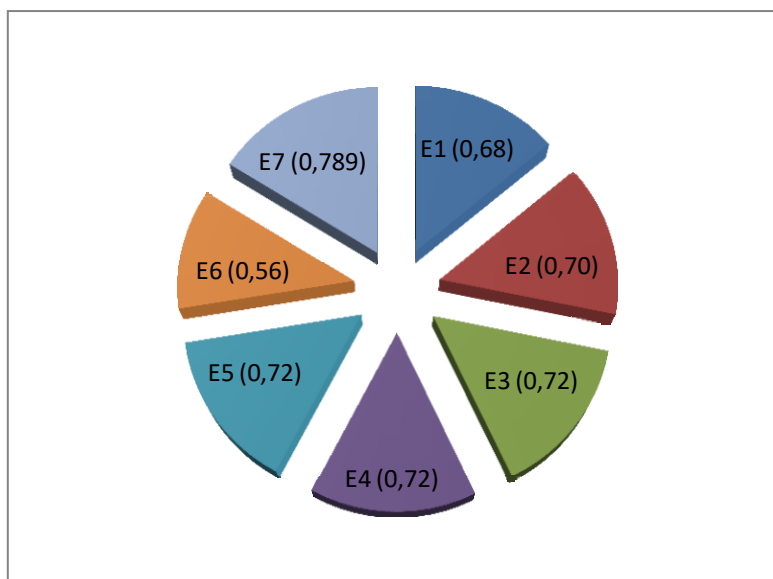


Figure18 : la densité d'éthanol des différents échantillons

La figure (18) montre que la densité des distillats est presque de même valeur, et comparable avec la densité du témoin E6 et E7 les résultats exprimés sont conformes à ceux des Base de données par les (Fiches Toxicologiques, 2016).

5.2. Test température d'ébullition

Tableau 8 : la température d'ébullition des distillats

Les distillats	La temperature d'ebullition °C
1	60
2	70
3	78
4	78
5	78
Témoin 6	60
Témoin7	78

- Témoin 6 : éthanol absolue
- Témoin 7 : éthanol (INRS, 2016).

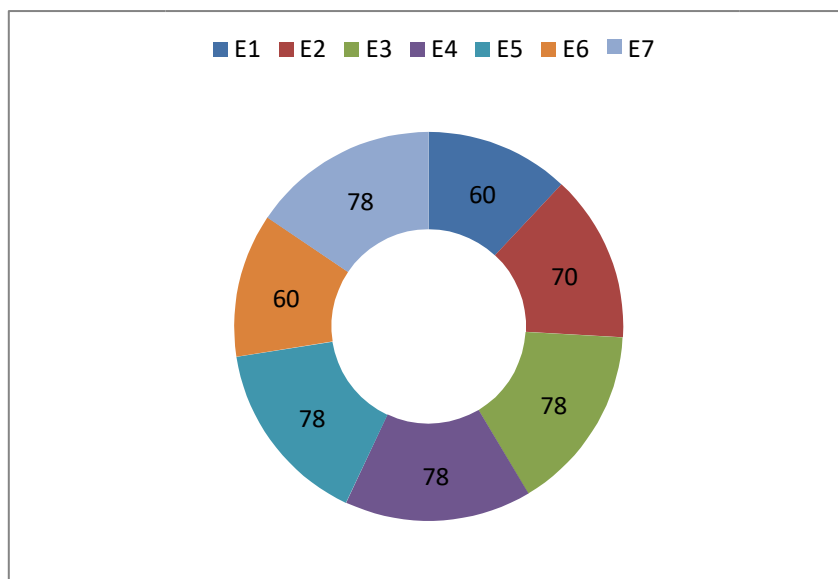


Figure 19: la température d'ébullition des distillats

La figure (19) montre que la température d'ébullition des distillats est presque de même valeur, et comparable du témoin E7 les résultats exprimés sont conformes à ceux des Base de donnée ([Fiches Toxicologiques, 2016](#)).

5.3. Test d'indice de réfraction

L'appareil du réfractomètre est utilisé pour mesurer l'indice de réfraction à $T^{\circ} = 25^{\circ} \text{C}$

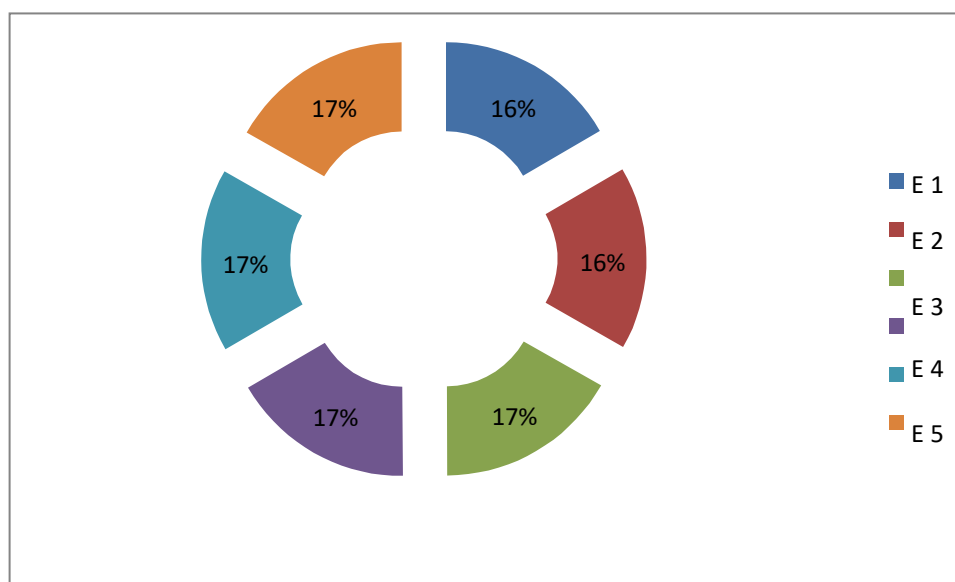


Figure 20: Réfractomètre (original).

Tableau 9: indice de réfraction des distillats

des distillats	Indice de refraction
1	1,34
2	1,34
3	1,34
4	1,34
5	1,34
Témoin 6	1,34

- Témoin 6 : (éthanol absolue).

**Figure 21 :** indice de réfraction des distillats d'éthanol

La figure (21) montre que l'indice de réfraction des distillats E1, E2, E3, E4 et E5 est de même pourcentage (entre 16 % et 17 %) par rapport au témoin E6.

5.4. Test de la chromatographie analytique sur couche mince CCM :

La composition chimique de nos échantillons est étudiée par l'utilisation d'une chromatographie analytique sur couche mince. Sous lumière UV les différentes taches des produits qui se présentent sur les chromatogrammes ont été délimitées.

Les couleurs des spots et leurs R.Fs observés sous UV, nous ont permis de révéler la présence d'éthanol.

5.4.1. Rapport frontal des distillats d'éthanol non purifié:



Figure 22: CCM par acétone des distillats (T/ E1 /E2/ E3) (original).

D'après la figure (22) dans la plaque CCM, on observe, quatre spots ; trois spots pour l'éthanol non purifié (les échantillons 1/2/3) par la distillation dans le même niveau comparable avec la quatrième spot d'éthanol absolue qui est le témoin (T).

On peut déduire que notre échantillon et le témoin contiennent le même composé l'éthanol

Tableau 10: les R_F des distillats E1, E2, E3, E4, E5 et E6.

Les distillats

R_F

1	0,92
2	0,94
3	0,92
4	0,96
5	0,96
témoin 6	0,90

-Témoin 6 : (éthanol absolue).

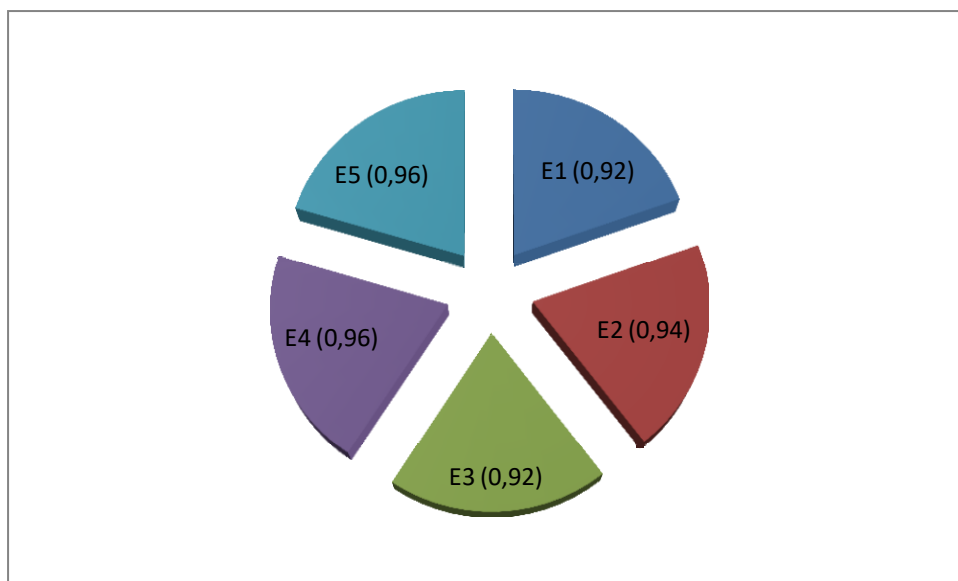
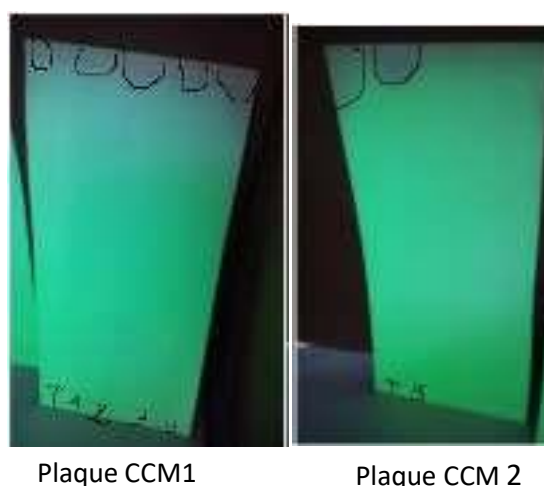


Figure 23: le rapport frontal des échantillons

D'après les résultats des Rfs pour nos distillats non purifiés et le témoin (éthanol absolu), nous déduisons que les échantillons E1, E3 portent la même valeur, des différences de valeurs sont observées avec les échantillons E6 (témoin) et E5. Les échantillons E4, E5 portent la même valeur que E6.

La principale cause de cette différence est la filtration et la durée de la fermentation des échantillons E4 (8 jours) et E5 (15 jours).



Plaque CCM1

Plaque CCM 2

Figure 24 : CCM par acétone des échantillons T / E1 / E2 / E3 / E4 / E5.

La figure (24) montre que la plaque CCM 1 contient cinq spots colorés, quatre spots des distillats purifiés (E1/E2/E3/E4) sont dans le même niveau comparable avec la cinquième

spot (témoin E6: éthanol absolue). Nos distillats et le témoin contiennent le même composé.

5.4.2. RF des distillats purifié

Tableau 11 : les Rfs des échantillons E1, E2, E3, E4, E5 et E6.

Les échantillons	RF
1	0,96
2	0,96
3	0,96
4	0,96
5	0,96
témoin 6	0,96

Témoin 6 (éthanol absolue)

D'après les résultats du tableau (11) on déduit que Rfs des distillats purifiés et le témoin sont comparables(0,96).

6. Résultats d'étude du pouvoir antibactérien de l'éthanol :

6.1. La cinétique bactérienne des souches pathogènes utilisées:

Le but de la cinétique bactérienne est de suivre l'évolution des souches pendant 24h afin de déterminer la charge microbienne des souches utilisées évaluée à 10^9 UFC/ml.

➤ *Bacillus subtilis* ATCC 6633

La figure (24) indique la cinétique de croissance bactérienne de *Bacillus subtilis* ATCC 6633 utilisée pendant 24h, les résultats obtenus montrent que la souche a un développement considérable à partir des premières 4h et atteint une charge microbienne de 10^9 UFC/ml pendant 6h.

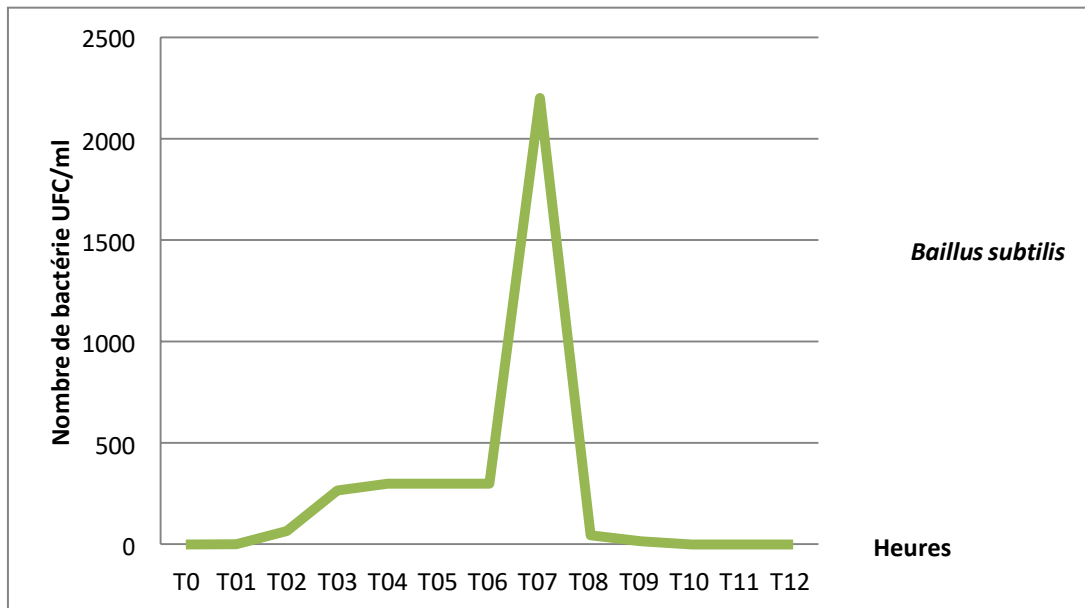


Figure 25: Etude de la cinétique microbienne de *Bacillus subtilis* ATCC 6633.

➤ *Staphylococcus aureus* ATCC 29213

La figure 25 présenté ci-dessous indique la cinétique de croissance bactérienne de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 utilisée pendant 24h. Les résultats obtenus montrent que la souche a un développement considérable à partir des premières 2h et atteint une charge de 10^9 UFC/ml pendant 4h.

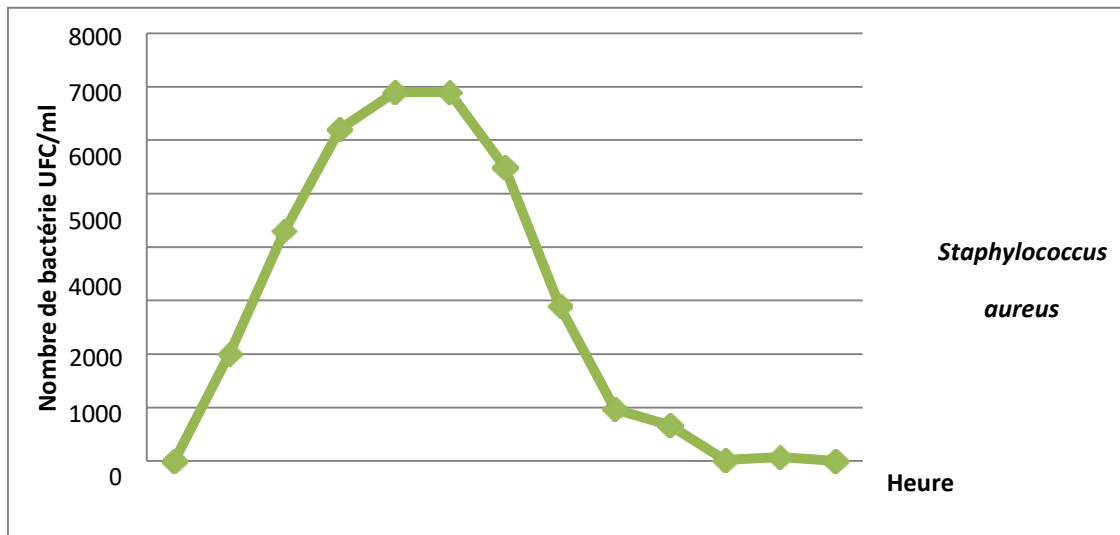


Figure 26: Etude de la cinétique microbienne de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

➤ ***Micrococcus luteus* ATCC 9341**

La figure 27 présenté ci-dessous indique la cinétique de croissance bactérienne de *Micrococcus luteus* ATCC 9341 utilisée pendant 24h. Les résultats obtenus montrent que la souche a un développement considérable à partir des premières 6h et atteint une charge de 10^9 UFC/ml pendant 8h.

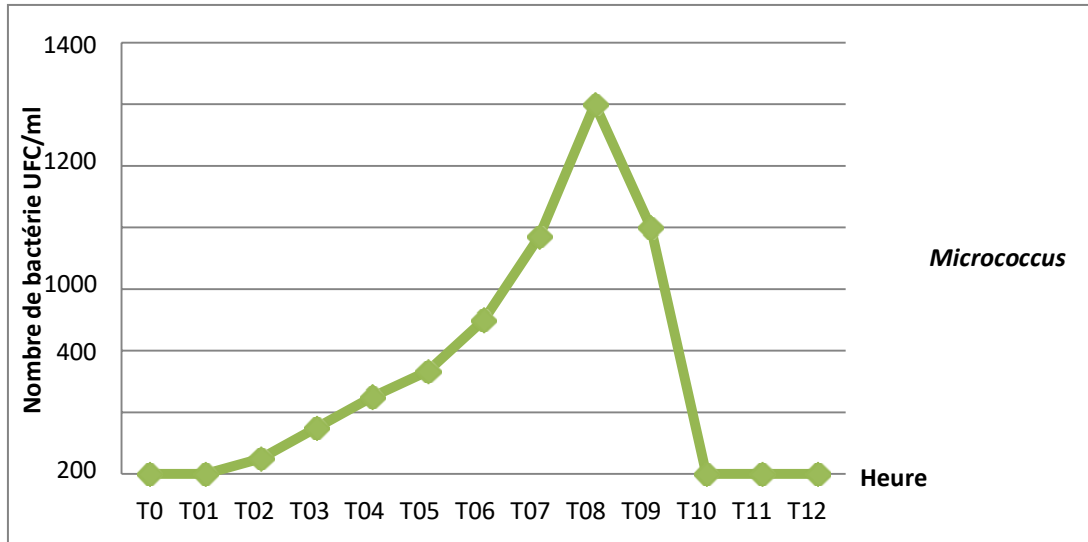


Figure 27: Etude de la cinétique microbienne de *Micrococcus luteus* ATCC 9341

➤ ***Listeria monocytogenese* ATCC 13932**

La figure 28 présenté ci-dessous indique la cinétique de croissance bactérienne de *Listeria monocytogenese* ATCC 13932 pendant 24h. Les résultats obtenus montrent que la souche a un développement considérable à partir des premières 6h et atteint une charge de 10^9 UFC/ml pendant 8h.

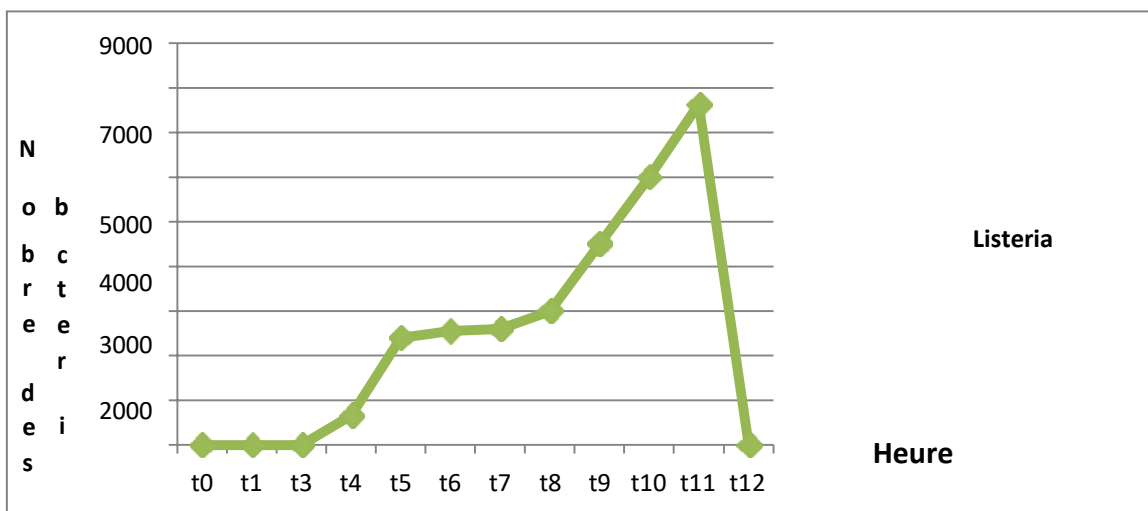


Figure 28: Etude de la cinétique microbienne de *Listeria monocytogenese* ATCC 13932.

➤ ***Escherichia coli* ATCC 10591**

La figure 29 présenté ci-dessous indique la cinétique de croissance bactérienne d'*Escherichia coli* ATCC 10591 utilisée pendant 24h. Les résultats obtenus montrent que la souche a un développement considérable à partir des premières 8h et atteint une charge de 10^9 UFC/ml pendant 8h.

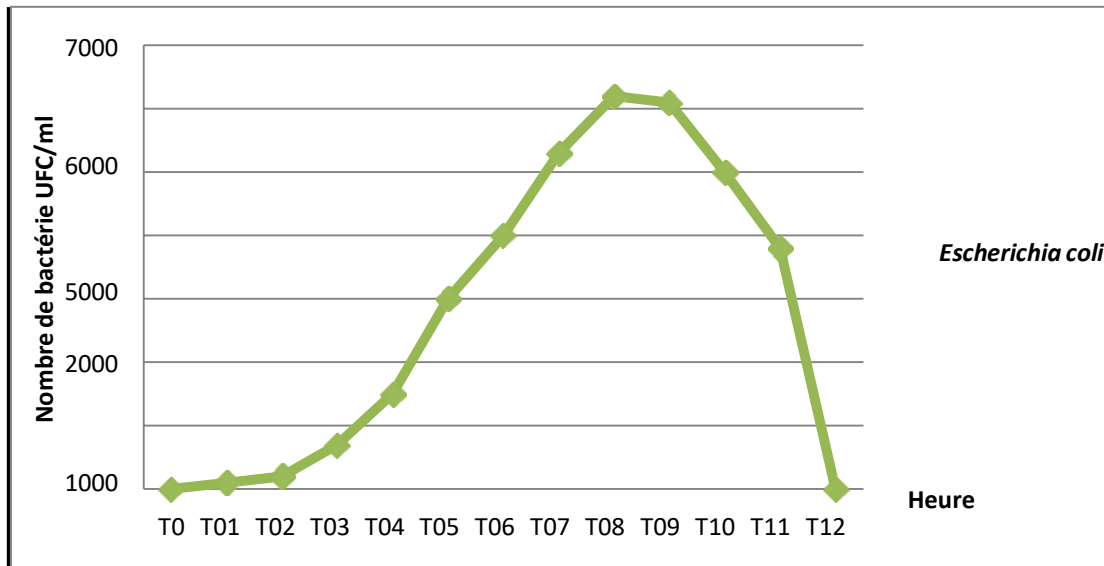


Figure 29 : Etude de la cinétique microbienne d'*Escherichia coli* ATCC 10591.

➤ ***Enterococcus faecalis* ATCC 29212**

La figure 30 présenté ci-dessous indique la cinétique de croissance bactérienne d'*Enterococcus faecalis* ATCC 29212 utilisée pendant 24h. Les résultats obtenus montrent que la souche a un développement considérable à partir des premières 8h et atteint une charge de 10^9 UFC/ml pendant 8h.

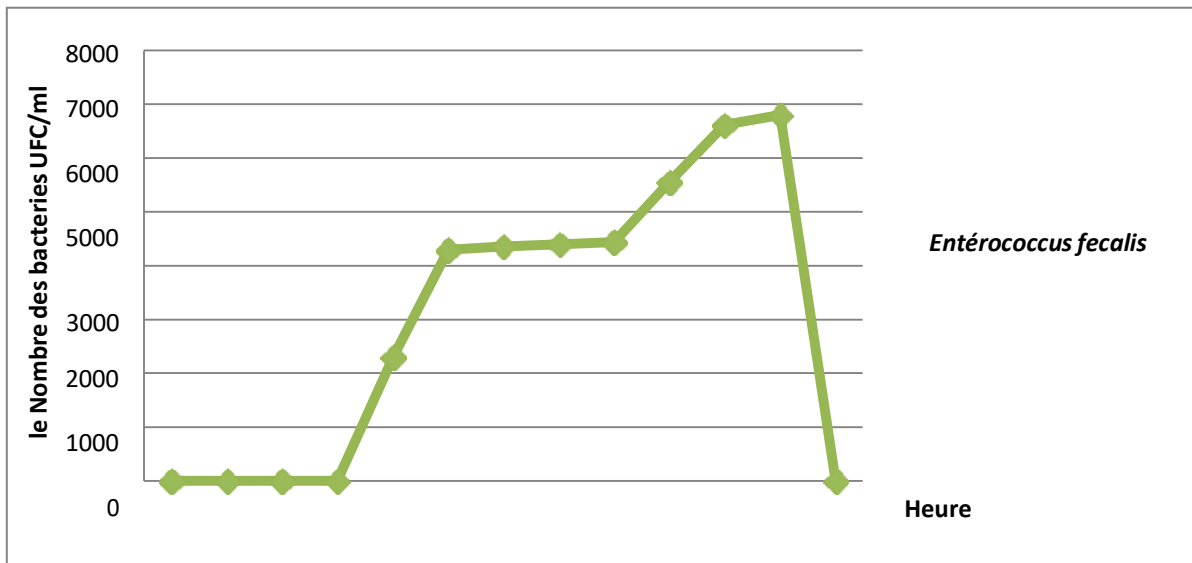


Figure 30 : Etude de la cinétique microbienne D'*Enterococcus fecalis* ATCC 29212.

➤ *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

La figure 31 indique la cinétique de croissance bactérienne de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 utilisée pendant 24h, les résultats obtenus montrent que la souche a un développement considérable à partir des premières 4h et atteint une charge microbienne de 10^9 UFC/ml pendant 6h.

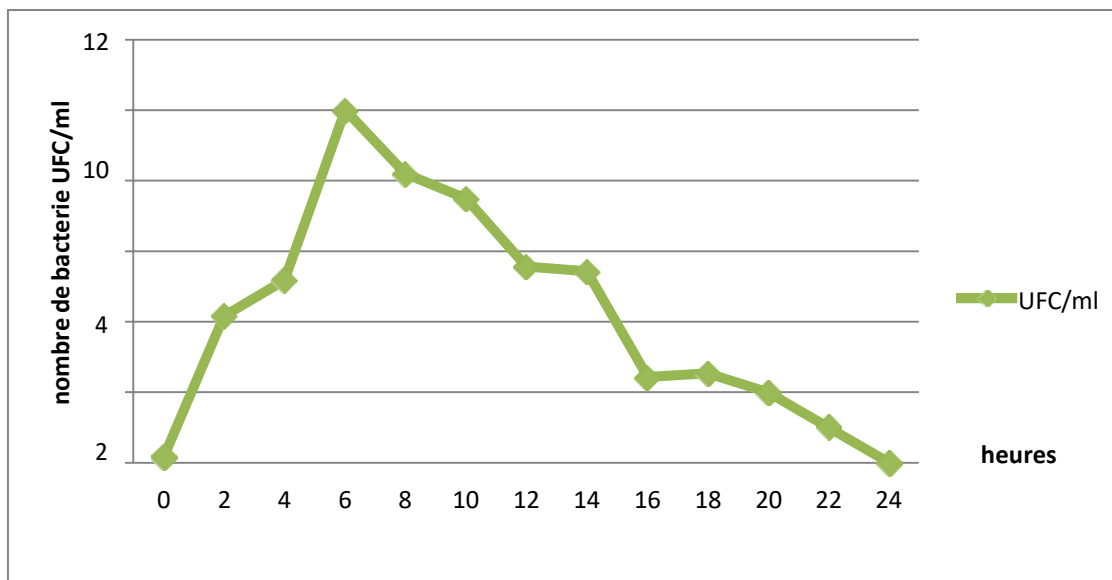


Figure 31 : Etude de la cinétique microbienne de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

6.2. Les zones d'inhibition d'éthanol purifié

➤ *Micrococcus luteus* ATCC 9341

La figure 32 représenté ci-dessous indique les résultats obtenues du test antimicrobien d'éthanol pur sur la souche pathogène *Micrococcus luteus* ATCC 9341 les zones d'inhibitions varient de 8 à 13mm de diamètre.



Figure 32 : photode l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la souche pathogène *Micrococcus luteus* ATCC 9341(original).

➤ *Escherichia coli* ATCC 10591

La figure 33 présentée ci-dessous i les résultats obtenue des tests de pouvoir antimicrobien d'éthanol pur vis-à-vis la souche bactérienne *Escherichia coli* ATCC 10591. Les zones d'inhibition varient de 10 mm à 13mm de diamètres.

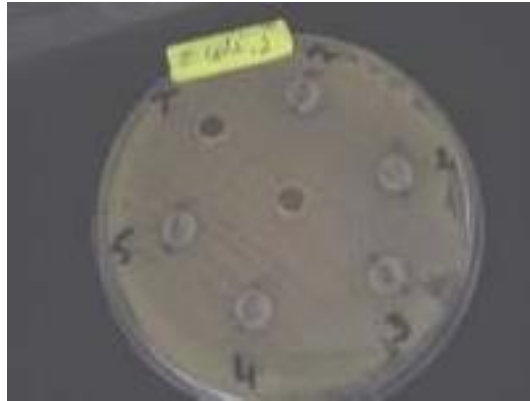


Figure 33: photo représenté l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la souche pathogène *Escherichia coli* ATCC 10591(original).

➤ *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

La figure 34 présentée ci-dessous les résultats obtenue des tests de pouvoir antimicrobien d'éthanol pur vis-à-vis la souche bactérienne *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. Les zones d'inhibition varient de 12 mm à 15 mm de diamètres.



Figure 34: photo représenté l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la souche pathogène *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 (original).

Les résultats observés de l'effet d'éthanol pur sur les souches *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia coli* ATCC 10591 sont en concordance avec les résultats apportés par (Bryan W, 1999), L'alcool éthylique est recommandé dans la pratique en matière d'hôpital au Brésil pour la main. En raison de son efficacité au: *Escherichia coli*, *Enterocoque fecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, et son bas coût.

L'inconvénient principal de l'alcool pour l'antisepsie de peau est son effet de séchage (figure 35).

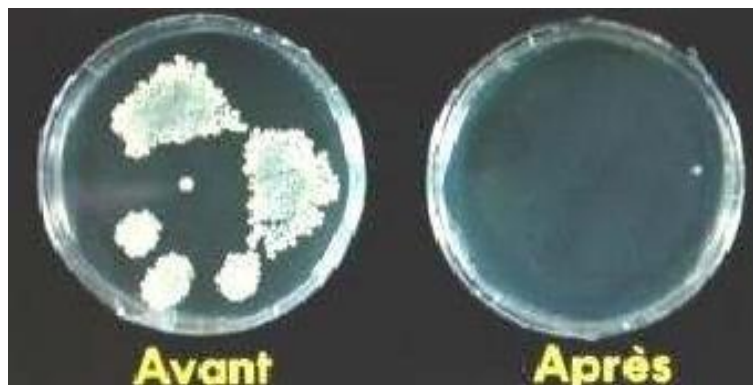


Figure 35 : Représentation de résultat d'efficacité d'éthanol.

➤ ***Listeria monocytogenese* ATCC 13932**

La figure 36 représenté ci-dessous indique les résultats obtenue des tests de l'activité antimicrobienne d'éthanol pur sur la souche bactérienne *Listeria monocytogenese* ATCC 13932, Les zones d'inhibitions varient de 14mm à 15mm.

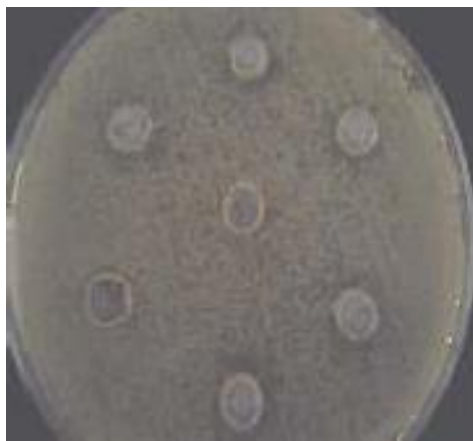


Figure 36: photo représenté l'activité antimicrobienne d'éthanol pur vis-à-vis la souche pathogène *Listeria monocytogenese* ATCC 13932 (original).

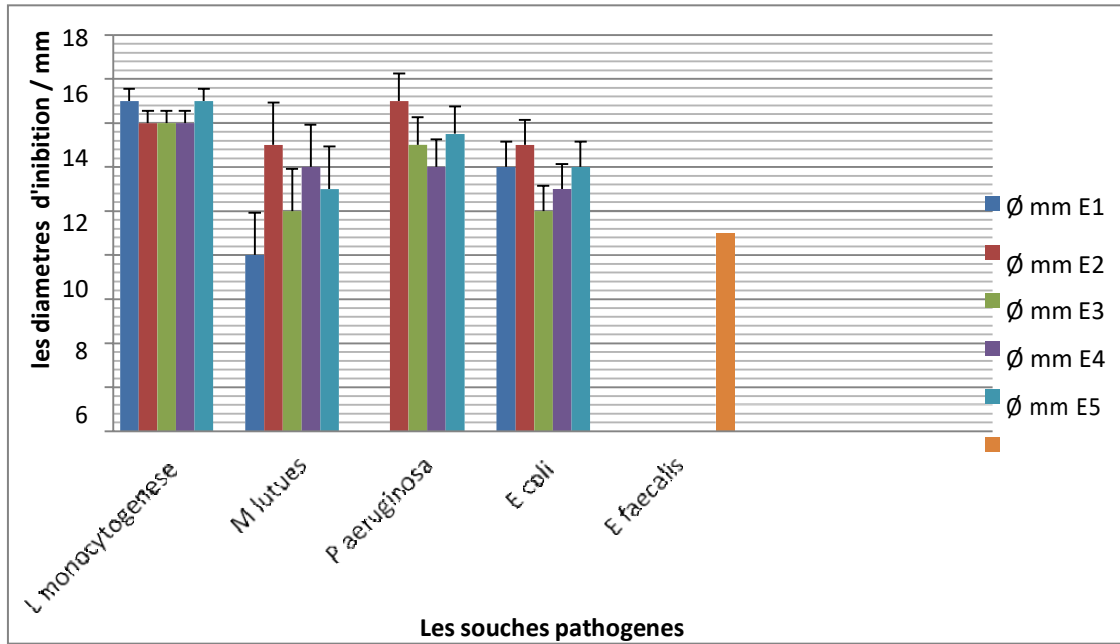


Figure 37 : les diamètres des zones d'inhibitions d'éthanol pur contre les souches pathogènes : *Listeria monocytogenese* ATCC 13932 ; *Escherichia coli* ATCC 10591 ; *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 ; *Micrococcus luteus* ATCC 9341 ; *Pseudomonasaeruginosa* ATCC 27853.

D'après les résultats des diamètres d'inhibition *Micrococcus luteus*, *Listeria monocétogènes*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* sont sensibles aux différents échantillons d'éthanol (E1,E2,E3,E4,E5) les diamètres varient entre 8 et 15mm.*Enterococcus faecalis* est sensible avec un diamètre d'inhibition de 9 mm alors que *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis* ne montrent aucune zone d'inhibition.(Bryan, 1999).

Les résultats obtenus sont significatives par un $P < 0.05$. Donc il y a une différence dans l'efficacité bactérienne d'éthanol sur les bactéries Gram positive et les Gram négative.

- L'alcool éthylique est utilisé à usage antiseptique, l'efficacité d'éthanol (abaissement de 1,5 log environ).
- Alcool de 60 à 70°: antiseptie de la peau saine, des sites d'injections et des prélèvements sanguins et bactéricide.
- le pouvoir antimicrobien des alcools est proportionnel à leur masse moléculaire et leur solubilité dans l'eau. Il y a donc un compromis entre la masse molaire et la solubilité. Souventon trouvera de l'éthanol à 50° jusqu'à 70°. (Russel et al, 2004).

- (Maillard, 2002) :

Alcools	Spectre d'activité	
	Gram+	Gram -
	+	+

+ Produits actifs.

Références**-A-**

.Arapoglou D., Varzakas T., Vlyssides A., Israilides C., 2010- Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Manag*, volume (30):1898– 1902.

B-

.Bryan W., 1990- Solid-state fermentation of sugars in sweet sorghum. *Enzyme Microbial Technology*. Volume1 (12) : 437–442.

-I-

.Itelima J., Ogbonna A., Pandukur S., Egbere J., Salami A., 2013- Simultaneous saccharification and fermentation of corn cobs to bio-ethanol by co-culture of *Aspergillusniger* and *Saccharomyces cerevisiae*. *IJESD*, volume(4): 239–242.

-K-

.Khawla B J., Sameh M., Imen G., Donyes F., Dhouha G., Raoudha E G., Oumèma N E., 2014- Potato peel as feedstock for bioethanol production: a comparison of acidic and enzymatic hydrolysis. *Crops Prod*.volume1 (52) : 144– 149.

-L-

.LuybenW L., 2013- *Distillation Design and Control Using Aspen Simulation*. 2^{éd.} John Wiley & Sons, Canada, p. 510.

-M-

.Maillard J Y., 2002- Bacterial target sites for biocide action. *Journal of applied microbiology*, volume(92): 16-27.

-Q-

.Quintero JA., Montoya MI., Sa´nchez OJ., Giraldo OH., Cardona CA., 2008-Fuel ethanol production from sugarcane and corn: comparative analysis for a Colombian case. *Energy*, volume33 (3):385–399.

-R-

.Rousselle P., Robert Y., Grosnier J C., 1996- La pommes . 1éd. INRA, France, p. 509.

Conclusion générale

Conclusion générale

Une quantité importante d'éthanol a été produite dans le temps court d'incubation en employant la culture de *S. cerevisiae* et le HCl aux déchets de pommes . D'après les résultats, on pourrait conclure que les déchets de pommes de l'usine de transformation de pommes est une matière attrayante pour la production d'éthanol avec une réduction simultanée des déchets circonvenant ainsi la pollution environnementale.

L'éthanol est obtenu à la suite de la fermentation du sucre. Ainsi, en tant que membres de l'unité de prétraitement, nous avons plusieurs options à considérer, puisque plusieurs composés organiques contiennent du sucre. Or, nous devons tenir compte de certaines contraintes comme la production d'éthanol de façon écologique et économique. C'est pourquoi, nous avons opté pour une source d'amidon ou de glucose, car ces sources de sucre sont les plus abondantes sur le marché, et par le fait même elles sont les moins dispendieuses. De plus, puisque nous voulons produire de l'éthanol de façon écologique, nous avons opté pour une source de sucre qui est considérée, par la majorité des communautés scientifiques, comme un résidu, de là l'idée des déchets de pommes . Puisque les déchets de pommes sont une source de glucose et que celui-ci est facile à hydrolyser. Nous avons opté pour le déchet de la pomme comme source d'amidon, puisque ce tubercule est abondant dans la région. Dans ce travail, nous présenterons les caractéristiques de l'éthanol produit par les déchets de pommes .

En outre, il y a possibilité d'utiliser le résidu obtenu après fermentation de l'éthanol pour un nouvel enrichissement à appliquer comme biomanure. Le résidu obtenu enrichi offre une alternative économiquement viable aux engrais chimiques pour accomplir l'objectif ultime d'une productivité accumulée.

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO**), le secteur des bioénergies d'origine agricole et forestière est un moyen de lutte contre la pauvreté et la faim. Le rapport de la 19^{ème} session du Comité de l'agriculture, soutient que la bioénergie est un moyen de diversifier les activités agricoles et forestières qui à leur tour amélioreraient la sécurité alimentaire des populations les plus démunies.

« La production de biocarburants n'a pas besoin de concurrencer la production vivrière, si la demande en biocarburants permet aux ménages ruraux d'augmenter leurs revenus et si ces

Annexes :

Annexe 1 :

Figure 38 : les diamètres des zones d'inhibitions d'éthanol pur contre les souches pathogènes : *Listeria monocytogenese* ATCC 13932 ; *Escherichia coli* ATCC 10591 ; *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 ; *Micrococcus luteus* ATCC 9341 ; *Pseudomonasaeruginosa* ATCC 27853.

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre</i>			
	<i>d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	6	0	0	0
Colonne 2	6	72	12	34,8
Colonne 3	6	54	9	22,4
Colonne 4	6	0	0	0
Colonne 5	6	53,5	8,91666667	48,6416667
Colonne 6	6	58	9,66666667	23,4666667
Colonne 7	6	9	1,5	13,5

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des Carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des Carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur</i>	
					<i>Probabilité</i>	<i>critique pour F</i>
Entre Groupes	954,488095	6	159,081349	7,79765031	2,2667E-05	2,3717812
A l'intérieur des groupes	714,041667	35	20,4011905			
Total	1668,52976	41				

Résumé

L'une des alternatives convenables pour remplacer les énergies fossiles est la production de bioéthanol à partir des déchets des industries agroalimentaires. En Algérie, des quantités importantes de déchets de pommes sont générées à chaque campagne. Riches en sucre, ces déchets peuvent être transformés par divers procédés biotechnologiques. La fermentation est une technique qui permet de transformer des déchets agro- industriels en de nombreux produits à haute valeur ajoutée, tel que l'éthanol.

La densité des distillats des échantillons analysés sont respectivement (E1: 0,68, E2: 0,70, E3: 0,72, E4: 0,72, E5: 0,72) les valeurs trouvées sont conformes à la densité du témoin E6 (0.56) et E7 (0.78). La température d'ébullition des différents échantillons (E1: 60, E2: 70, E3: 78, E4: 78, E5: 78°C) et sont comparables aux témoins E6 (60°C) et E7 (78°C). L'indice de réfraction des distillats (E1, E2, E3, E4 et E5) varie de 16 % à 17

%comparable au témoin E6 (16%). Les résultats de la CCM donnent des rapports frontaux de (0,92, 0,94, 0,92, 0,96, 0,96) pour les échantillons (E1, E2, E3, E4, E5) respectivement conforme au témoin E6 (0.90) l'éthanol.

Mots clés: *Bioéthanol, Fermentation, déchets de pommes , valeur ajoutée, Saccharomyces cerevisiae.*

ABSTRACT

One suitable alternative to replace fossil fuels is the production of Bioethanol from waste food industries. In Algeria, large quantities of potato waste are generated each partner. High in sugar, such waste can be processed by various biotechnological processes. Fermentation is a technique to transform the agro-industrial waste in many high-value products, such as ethanol. In this sense, fermentation tests were conducted across the university laboratory on potato waste using *Saccharomyces cerevisiae* yeast. They are grown on a basal medium containing, distilled water added to the yeast flour and potato waste, then placed in fermentation at 25°C for one week for the various samples analyzed. Fermentation reveals very significant ethanol yields.

The density of the distillate samples analyzed are respectively (S1: 0.68, S2: 0.70, S3: 0.72, S4: 0.72, S5: 0.72) values found are in accordance with the density of the witness E6 (0.56) and E7 (0.78). The boiling point of the different samples (S1:60, S2:70, S3:78, S4:78, E5: 78 °C) and are comparable to controls S6 (60°C) and S7 (78°C). The distillate refractive index (S1, S2, S3, S4 and S5) ranges from 16% to 17% comparable to the S6 control (16%). The results of TLC give frontal ratios of (0.92, 0.94, 0.92, 0.96, 0.96) for samples (S1, S2, S3, S4,S5), respectively, consistent with the S6 indicator (0.90) ethanol.

Keywords: *Bioethanol, Fermentation, potato waste, added value, Saccharomyces cerevisiae.*