République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaire
Filière : Sciences Alimentaires
Option : Qualité des Produit et Sécurité Alimentaire

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Etude des méthodes de traitement des margines en vue de leur valorisation

Présenté par :

Achiou Taous & Bensalah Louiza

Soutenu le : **17 Septembre 2020**

Devant le jury composé de :

Mme. Oukil. N	MCA	Présidente
Mme. Soufi. O	MCA	Promotrice
Mme. Brahmi. N	MCA	Examinatrice

Année universitaire : 2019 /2020

Remerciement

Avant tout propos, nous remercions le bon dieu de Nous avoir prêté courage, force et patience pour Réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer toute nous reconnaissance à notre directrice de mémoire, Madame Soufi Ouahiba, Et la remercier d'avoir accepté de nous encadrer, orienté, aidé et conseillé.

Nous adressons tous nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé notre réflexion et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nous question durant notre recherche.

Nous remercions nos très chers parents, qui ont toujours été là pour nous. Nous remercier nos sœurs, et nos frères, pour leurs encouragements.

Enfin, nous remercions nous amis qui ont toujours été là pour nous. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

À tous ces intervenants, on présente nous remerciements, nous respect et notre gratitude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail
Et ma profonde gratitude à mes très chers parents
Pour l'éducation, qu'ils m'ont prodigué ;
Pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard et leur soutient,
Pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.
Je ne saurais exprimer toute ma reconnaissance et tout l'amour que je vous porte.
A ma grand-mère « Hamama »
Que Dieu vous protège
Et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur

À mes chères sœurs Ghania, Hamama. À mon chère Frère Abed El Kader

Et à la mémoire de ma grand-mère décédée.

Que dieu l'accule dans sans paradis.

A ma binôme Taous, dieu merci de nous avoir rassemblé

A sa famille Merci infiniment pour tout

A tous mes amis (e),
Warda, Dalila, Salima, Bahia, Fatima H, Soraya, Thiziri, Sabrina, Kenza, Nadjet, Hanane, Saliha, Hakima, Syria, Katia, Wassila, Dihia, Bissa, Lydia, Amel, Nassima, Malika, Rosa, Siham, Samira, Yamina, Khoulefia « Foufou ».

Ces personnes-là, je voudrais leur dire

Combien leur bienveillance m'est douce et combien je les aime.

A tous ceux qui me sont chers.

Que Dieu le tout puissant vous procure continuellement santé,

bonheur et tranquillité.

« Louiza »

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en premier lieux

A la mémoire de mon grand-père « Mouhend Said »et à ma cousine « Anais » que le plus puissant dieu vous réserve une place au paradis

A mon très cher père « Younes », grâce à lui je suis arrivé là, il m'a toujours soutenue avec son amour et garni mes chemins avec force et lumière, je ne trouve pas les mots pour exprimer à quel point je suis reconnaissant pour toi

Un grand merci papa.

A la plus belle perle du monde « Saida », à celle qui m'encourageait lors de chaque départ, avec ses prières, et son beau sourire qui me stimule à fournir le maximum de ce que j'ai, merci maman.

A ma charmante sœur « Lydia » et mon plus beau Frère « « Ziad », je vous souhaite la réussite le sucés.

A ma nièce « Ayline » t'es née et ta apporté la joie et le bonheur dans le cœur de toute ta famille mon ange, t'es la plus belle chose que j'ai vue.

A ma famille Achiou et Benghanem

A mon grand-père ''Lahlou'' et mes grande mères ''Dahbia''et Louiza. Que dieu vous garde en santé.

A mes très chères tentes''Nora''Akila' Fahima et Kahina

A tous mes grand et petits cousins ; Amin, Axel et Rassim

A ma binôme Bensalah Louiza et toute sa famille

A Mes copines ''Nadjma''Fatiha''Chahinaz''Djohra''Taous'' Dihia, Tounssia

A ma section 2019/2020 qualité des produit et sécurité alimentaire

A tous les gens qui me connaissent

« Taous »

Liste d'abréviation

- COI : Conseil oléicole International.
- C/N : apport carbone/ azote
- DSA : Direction des services Agricole
- DCO : demande chimique en oxygène
- DBO : demande biologique en oxygène
- DBO5 : demande chimique en oxygène pendent 5jours.
- EOR : espèce oxygéné réactive
- FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
- FT-IR : Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
- G d'O_2/L ; gramme d'oxygène par litre
- MADRP : Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural.
- MES : Matière en suspension
- MG : matière grasse
- ONAGRI : Observation Nationale de l'Agriculture
- OMWW : Olive mill waste water
- POU : Protéine d'Organismes Unicellulaires.
- PHA : polyhydroxyalcanoates
- UE : Union Européenne

Liste des Figure

N°	Titre	Page
01	Représentation schématique de l'olive	03
02	Effeuillage et lavage	06
03	Broyage des olives	06
04	Le malaxage des olives	06
05	Schéma générale de procédé d'extraction de l'huile d'olive	07
06	Extraction par percolation (Sinolea) couplée à l'extraction à trois	08
07	Système discontinu d'extraction par presse	09
08	Système continu d'extraction avec centrifugation à trois phases	10
09	Système continu d'extraction avec centrifugation à deux phases	11
10	Les résidus liquides	13
11	Les résidus solide	13
12	Impact des margines sur L'environnement	25
13	Conséquences environnementales des rejets de margines dans le milieu naturel	26
14	Principe de l'électrocoagulation et biométhanisation pour le traitement des margine	32
15	Principales voies de valorisation et de traitement des margines	39

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Comparaison entre les principaux systèmes d'extraction	12
II	Production mondiale de l'huile d'olive	15
III	Production aqueuse des différents systèmes d'extraction d'huile d'olive	18
IV	Paramètres physico-chimiques des margines	19
V	Composition des margines	19
VI	Principales classes de composés phénoliques	22
VII	Composés phénoliques et principales formes monomères des margines	23

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction 01

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur L'Olivier

I-1) -Description botanique de L'Olivier 03

I-2) -Structure de L'Olivier……..... ……03

I-3) -Les variétés d'olives……..... ……...04

I-4) -Procédé d'extraction de l'huile d'olive 04

I-4-1-La Récolte 04

I-4-2-Effeuillage et lavage..... 05

I-4-3- Broyage et malaxage..... 06

I-4-4-Extraction de l'huile..... 07

I-5) -Comparaisons des procédés de l'extraction de l'huile d'olive..... 11

I-6) -Les sous-produit de l'olivier 12

I-6-1-Les résidus liquide 13

I-6-2-Les résidus solide..... 13

I-7) -La production de l'huile d'olive 14

1-Dans le monde..... 14

2-En l'Algérie 15

Chapitre II : Les margines

II-1) -Définition..... 17

II-2) - l'origine de la margine 17

II-3) - Couleur des margines 18

II-4) -Caractéristiques et composition des margine 18

II-4-1-Paramètres physicochimiques des margines..... 18

II-4-2-Composition des margines..... 19

II-4-2-1) -Caractéristique minérale 19

II-4-2-2) -Caractéristique organique 20

II-4-2-3) -Antioxydants des margines 21

II-4-3 - Caractéristiques microbiologiques des margines..... 24

II- 4-4 - Propriétés biologiques des antioxydants des margines..... 24

II-5) -Pouvoir polluant des margines..... 24

II-5-1) - La pollution des eaux 25

II-5-2) - La pollution des sols..... 25

II-5-3) - La pollution de l'air..... 25

Chapitre III : Traitement et Valorisation des margines

III-1) -Technologies de traitement des margines 28

III-1-1) - Processus thermiques..... 28

III-1-1-1) -Evaporation naturelle..... 28

III-1-1-2) - Evaporation forcée (incinération)..... .28

III-1-2) - Procédés physiques…..... .29

III-1-3) - Procédés chimiques..... 30

III-1-3-1) - Coagulation-floculation..... 30

III-1-3-2) -Neutralisation 31

III-1-3-3) -Précipitation..... 31

III-1-3-4) – Electrocoagulation 32

III-1-3-5) -Adsorption 32
III-1-4) - Procédés biologiques..... 33
III-1-4-1) - Traitements aérobies..... 33
III-1-4-2) - Traitement anaérobie 34
III-2) -Procédés de valorisation des margines ..... …34
III-2-1) - Usage agricole 35
III-2-1-1) - Utilisation des margines en compostage..... 35
III-2-1-2) -Utilisation des margines comme fertilisant 35
III-2-2) -Usage industriel 36
III-2-2-1) -Produits issus de la production de l'hydrogène 36
III-2-2-2) -Autres biopolymères..... 37
III-2-2-3) -Production d'enzymes 37
III-2-3) -Autres usages 37

Conclusion..... 41

Références bibliographiques

Résumé

Introduction

Introduction

La production d'huile d'olive se concentre principalement dans les pays du pourtour méditerranéen : Espagne, Italie, Grèce, Turquie, Syrie, Tunisie, Algérie et Maroc. La production de ces pays représente 94 % de la production mondiale **(COI, 2018)**. En plus de sa production principale (huile d'olive vierge et huile de grignons), l'industrie oléicole génère deux résidus, l'un solide (les grignons) et l'autre liquide (les margines). Ces derniers sont caractérisés par une valeur élevée de demande chimique en oxygène (allant jusqu'à 200g/l), une salinité élevée de l'ordre de 6 à 10 g/l, un pH acide et une concentration considérable en composés organiques, représentée essentiellement par les polyphénols **(Dakhli, 2017).**

Jusqu'à présent, les margines constituent un problème environnemental majeur pour les pays producteurs de l'huile **(Zghari et al., 2018).** Le rejet des effluents des huileries a lieu soit dans les cours d'eau, soit épandues sur le sol. Ces effluents, fortement chargés en matières organiques, affectent la qualité des eaux dans lesquelles elles sont déversées. En plus de la couleur (rouge brun), leur forte charge organique exige une forte consommation d'oxygène. Épandues sur les sols, les margines peuvent dégradent la qualité du sol car elles contiennent des substances toxiques **(Kadi et al.,2020).**

Pour réduire leurs effets négatifs, différents procédés de traitements ont été proposés. Généralement, ces traitements peuvent être répartis en plusieurs groupes qui peuvent être utilisés séparément ou combinés (les procédés thermiques, les procédés biologiques, les procédés physico-chimique, oxydation avancée) **(Elkacmi et al., 2017).** La plupart de ces méthodes présentent certains limites techniques et financières qui rend leurs mises en œuvre dans les conditions favorables difficiles **(Benraoui, Ben Nejma, 2019).**

Parmi tous les procédés testés pour la valorisation et le traitement des margines, très peu sont appliqués à l'échelle industrielle. Les traitements biologiques classiques aérobie ou anaérobie s'avèrent très difficiles en raison des teneurs élevées des margines en matières en suspension et en substances organiques comme les polyphénols, les sucres, les acides organiques et les tannins. Par contre, plusieurs technologies physico-chimiques connues ont déjà fait leurs preuves dans le domaine du traitement de ces effluents. Parmi celles-ci, figure la technique de coagulation-floculation avec différents coagulants chimiques (sulfate d'aluminium, chlorure ferrique, sulfate ferrique, chaux, etc.) **(Sbai et Loukili, 2015).**

D'où s'inscrit l'objet de cette étude qui est de rapporter les résultats récents liés aux différentes méthodes de traitement des margines ainsi que les voies de leurs valorisations.

Dans la présente étude nous allons essayer de donner des explications sur les différentes variétés d'olives, procédé d'extraction d'huile d'olives. Ensuite, nous allons défini les margine, leur origine, leurs caractéristiques physico-chimiques, leurs compositions et la pollution environnementale causée par les margines au niveau des eaux, des sols, de l'air. Ceci va nous conduit par la suite aux différents traitements des margines pouvant être appliqués et les principales technologies disponibles pour l'épuration des déchets générés dans la production de l'huile d'olive. Nous terminerons par recommander les techniques de traitement pour la valorisation des margines.

Chapitre I : Généralités sur L’olivier

Chapitre II : Les margines

Chapitre III : Valorisation et traitement des margines

Chapitre I : Généralités sur l’Olivier

I-1) - Description botanique de l'olivier

L'espèce *Olea europaea L.* est l'espèce représentative du genre *Olea* du bassin méditerranéen. On distingue deux sous-espèces : l'olivier cultivé ou l'olivier commun « *Oleaeuropaea Sativa* » et l'olivier sauvage ou oléastre « *Olea europaeasylvestris* ».

L'arbre de l'olivier peut atteindre jusqu'au 15 mètres de hauteur. Le fruit, l'olive est une drupe avec une pulpe charnue riche en matière grasse. D'abord vert, il devient noir à maturité complète vers octobre novembre. L'olive présente en général des différentes formes géométriques (ovoïde ou en poire, symétrique ou non) **(Kailis *et* Harris, 2007**).

I-2) -Structure de l'olive

Il est constitué de trois parties : Epicarpe, Mésocarpe (pulpe), Endocarpe (noyau). Le noyau (amande) est très dur, osseux, contient une graine **(Bianchi, 2003).**

a) Epicarpe

C'est la couche externe de l'olive (peau) qui représente 1 à 3% du poids du fruit, sa couleur varie du vert en début de maturation au vert jaunâtre, rose, rose violacé, violé et noir à pleine maturité, ces variations de couleur sont liées à la composition en pigments dans le fruit **(Bianchi, 2003).**

b) Mésocarpe

Il représente la partie comestible de l'olive (70 à 80% du poids du fruit) et renferme divers constituants : eau, lipides, protéines, sucre, minéraux, etc **(Bianchi, 2003).**

c)Endocarpe

Il représente 18 à 22% du poids du fruit. Chaque variété d'olive est caractérisée par la taille du noyau, son poids, sa forme et son degré de détachement de la pulpe. En effet, ces paramètres déterminent la qualité du produit fini **(Bianchi, 2003., Rodriguezet al.,2008) (figure 01).**

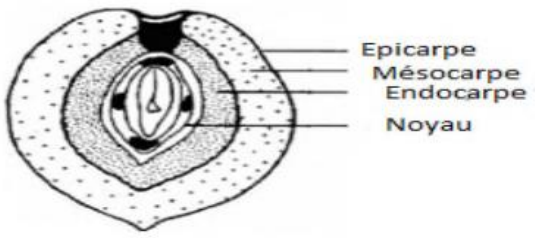

Figure 01 : Représentation schématique de l'olive **(Bandino et Dettori, 2001).**

I-3) -Les variétés d'olives

L'Algérie dispose d'un patrimoine constitué de 164 cultivars autochtones et introduits de toute la méditerranée et même d'autre Atlantique. Les travaux de caractérisation entamés par Mendil et Sibaï (2006) ont permis de répertorier 72 variétés autochtones dont 36 sont homologuées, le reste est en cours de réalisation. On distingue les différentes variétés d'olives en fonction de la destination finale du fruit, soit en trois typologies **(Villa, 2006).**

a) Olives de table

Parmi les variétés qu'on trouve en Algérie, on cite la variété : Ascolana, Servillane ou Gordale **(Loussert et Brousse, 1978 ; COI, 2000 ; Mendil et Sebai, 2006 ; Benrachou, 2013).**

b) Olives à Huile

En Algérie, on trouve principalement ; Chemlal, Limli, Blanquette de Guelma**,** Ferkani **(Mendil, 2009),** Picholine marocaine, Rougette (Roussette), Rougette de Mitidja **(Loussert et Brousse, 1978 ; COI, 2000 ; Mendil et Sebai, 2006 ; Benrachou, 2013).**

c) Olives mixtes

En Algérie, on trouve principalement les variétés suivantes : Aberkane, Azarraj, Blanquette, Bouchouk, Cornicabra, Longue de Miliana, Neb Djamel, Ronde de Miliana, Sigoise **(Loussert et Brousse, 1978 ; COI, 2000 ; Mendil et Sebai, 2006 ; Benrachou, 2013).**

I-4) -Procédés d'extraction de l'huile d'olive

La qualité de l'huile d'olive est relativement liée à la qualité de la matière première, il est donc nécessaire de stocker très peu de temps les fruits après récolte et d'éviter toute blessure et choc des fruits au cours du ramassage et du transport **(Di-Giovacchino,1991)**. Les principales étapes d'extraction sont décrites comme suit :

I-4-1-La Récolte

Pour extraire une huile d'olive riche en arome, délicatement parfumée, et de bonne qualité, la récolte des fruits est la première étape qui doit être faite soigneusement en respectant :la période et la méthode de la cueillette **(Amouretti et al.,1985).**

Il existe de nombreuses techniques de récolte d'olives variantes en fonction de la destination finale de ces olives, de la nature du sol (les olives qui tombent par terre, subissent des lésions

à travers lesquelles pénètrent les parasites du sol). L'acidité augmente et les profils du goût et de l'arôme changent. **(Ouaouich et Hammadi, 2007)** et de la superficie de l'exploitation.

- **La méthode traditionnelle :**il s'agit de la récolte à la main ; cette opération convient le mieux car elle permet d'aboutir à la meilleure qualité de l'huile d'olive vierge **(Ouaouich et Hammadi, 2007).**
- **Peignage :** les fruits sont détachés des branches par une sorte de peigne qui peuvent également être actionnés mécaniquement, et tombent dans les filets tendus sur le terrain **(Youy et al. 1988).**
- **Gaulage :** les rameaux sont secondés par des bâtons plus ou moins long pour provoquer la chute des olives **(Camato,1990).**
- **Sur les filets permanents : les** olives se détachent spontanément et tombent sur les filets qui restent étendus sur le sol pendant toute la durée de la récolte. Il est conseillé d'utiliser les filets de récolte pour recueillir les fruits car ils amortissent la chute des fruits et limitent les dégâts dus à la rupture de l'épicarpe en contact avec le sol et améliore les rendements de la récolte **(Villa, 2003).**

La récolte des olives sur la terre est absolument déconseillée, puisque certains éléments naturels dans le terrain, comme les micros organismes, en particulier certaines bactéries qui peuvent interagir avec des métaux ; ce qui mène à leur transformation par des processus d'oxydation/réduction ou d'alkylation : des concentrations élevées en certains métaux tels que le fer et le cuir, sont déterminants pour la conservation de l'huile, puisqu'ils accélèrent les processus oxydatifs **(Morilo, 1992).**

I-4-2- Effeuillage et lavage

Ces deux opérations sont nécessaires et sont généralement réalisées par un appareillage comportant un système d'aspiration pour l'élimination des feuilles et un bassin d'eau **(figure 02)** à circulation pour le lavage des olives **(Michelakis, 1992).**

Figure 02 : Effeuillage et lavage **(Thea, 2020).**

I-4-3- Broyage et malaxage

Le broyage est une opération qui a pour but de dilacérer les cellules pour libérer les gouttelettes d'huile des vacuoles **(figure 03)**. Au cours de cette opération, les fruits d'olives sont transformés en pâte **(Fouratiet al.,2003)**.

Figure 03 : Broyage des olives **(Itsik, 2016).**

Le malaxage est indispensable et s'opère dans des bacs semi cylindriques avec pales tournants lentement **(figure 04)** ; il assure à la pâte l'onctuosité nécessaire pour une bonne répartition sous les presses et un pressurage homogène et régulier. En fin du malaxage, la pâte doit être homogène, sans aucun morceau de pulpe. La majeure partie des noyaux est brisée **(Argensonet al.,1999).**

Figure 04 : Le malaxage des olives **(Borocci,2020).**

I-4-4- Extraction de l'huile

Les opérations décrites ci-après**(figure05)** sont effectuées au sein de l'huilerie afin de conserver la qualité de l'huile et de faciliter la sortie pendant l'opération de séparation solide/liquide récupéré à l'aide de différents systèmes d'extraction **(Benlemlih et al., 2016).**

Cette extraction se déroule en deux étapes : la séparation de la phase liquide (l'eau et l'huile) des grignons et la séparation de la phase huileuse des margines **(Benlemlih et al., 2016).**

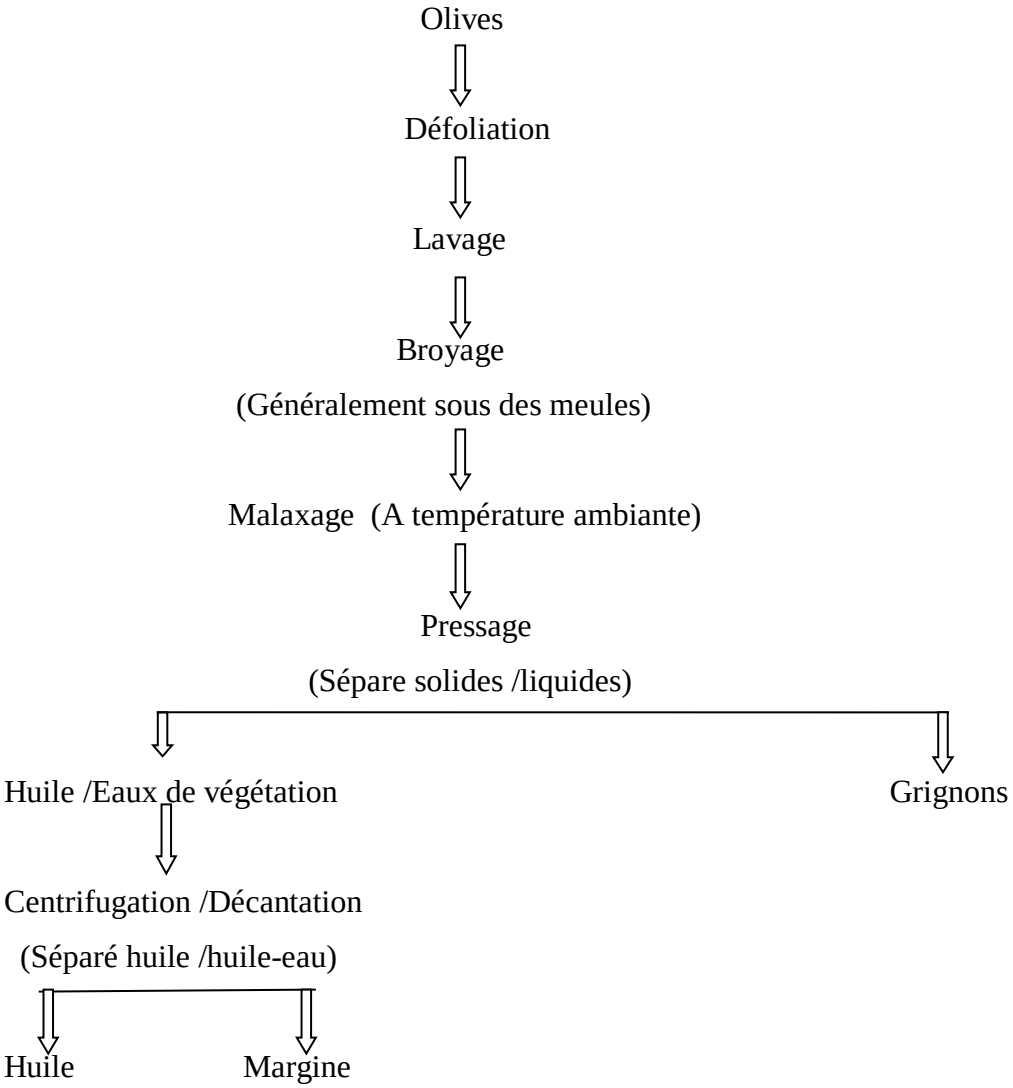

Figure 05 : Schéma général du procédé d'extraction de l'huile d'olive **(Benlemlih et al., 2016).**

L'extraction de l'huile d'olive peut être effectuée par diverses techniques :

a) Extraction par percolation (Extraction sélective)

Cette extraction est réalisée grâce à la différence des tensions interfaciales de l'huile et des margines par rapport à une surface métallique constituée de lames d'acier, cette dernière immergée dans la pâte se couvre préférentiellement d'huile qu'elle laisse s'égoutter quand elle est retirée de la masse pâteuse **(Figure06)** (**Boskou,2006).**

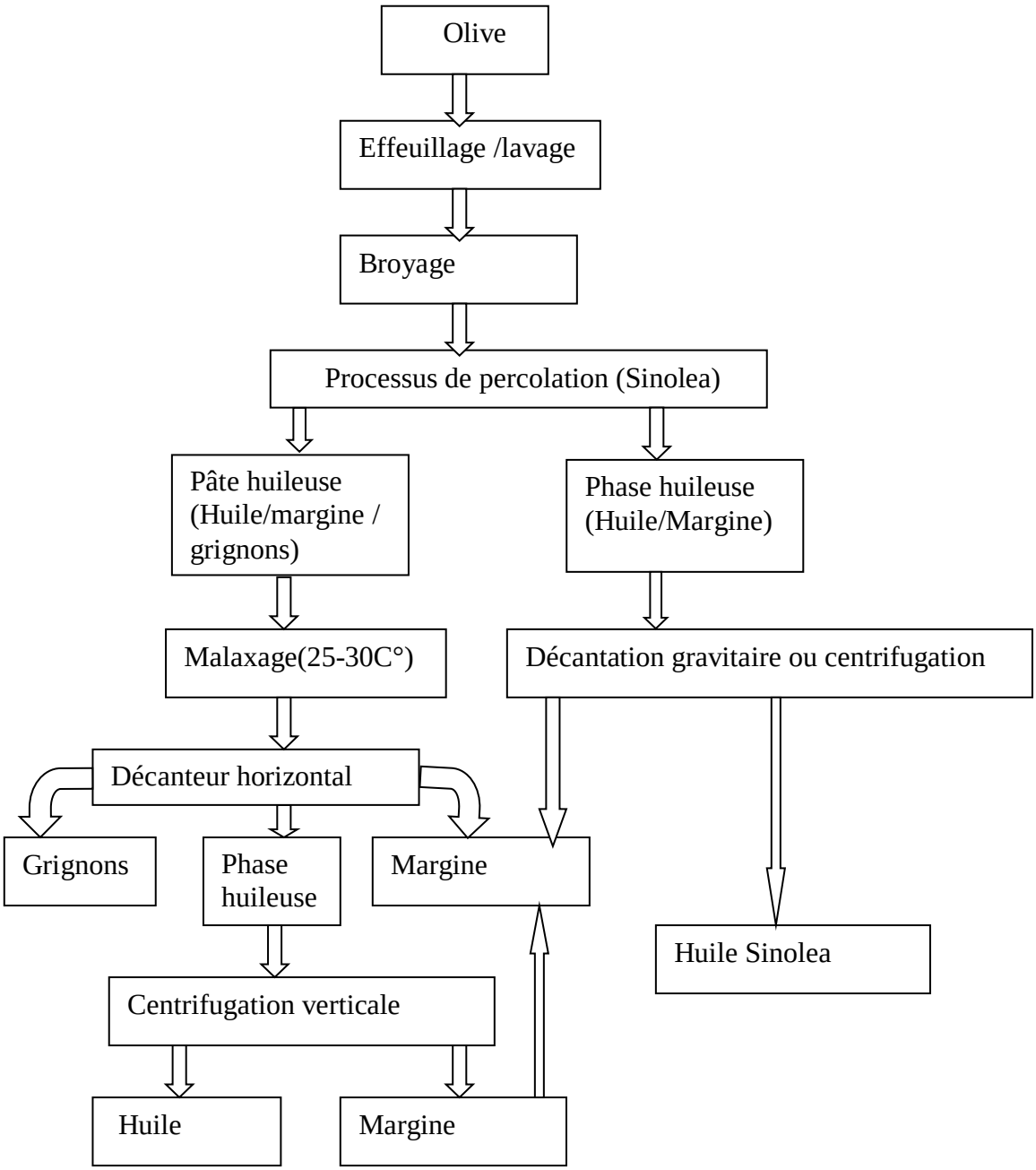

Figure 06 : Extraction par percolation (Sinolea) couplée à l'extraction à trois phases (**Boskou,2006).**

- **MéthodeSinolea**

Une autre méthode d'extraction est le procédé continu combinant la percolation et la centrifugation, connu sous le nom de Sinolea **(Vekiari et al.,2002).** Au lieu du pressage ou de centrifugation, cette méthode utilise la filtration sélective combinée avec la centrifugation pour séparer l'huile de la pâte d'olive. Cependant, ce procédé est peu appliqué du fait de ses coûts opérationnels élevés, de son entretien coûteux, de sa demande élevée en énergie et de son faible rendement. Par conséquent, la pâte d'olive obtenue après extraction doit être traitée en utilisant une méthode standard pour augmenter les rendements en huile.

b) Extraction discontinue (par pressage)

Ce système utilise des presses métalliques à vis ou le cas échéant, des presses hydrauliques **(Hammadi, 2006)**. La pression est le procédé d'extraction de l'huile le plus ancien. La pâte est répartie en couche sur des scourtins, disque en fibre naturelle ou synthétique, faisant office d'armature et permettant la filtration lors de la pression. Ces disques sont empilés les uns sur les autres pour être ensuite pressés. Deux phases sont obtenues : un liquide, l'huile et l'eau de végétation (margine) et un solide : les grignons (pulpe et noyaux) qui reste entre les scourtins **(figure 07) (Hammadi, 2006).**

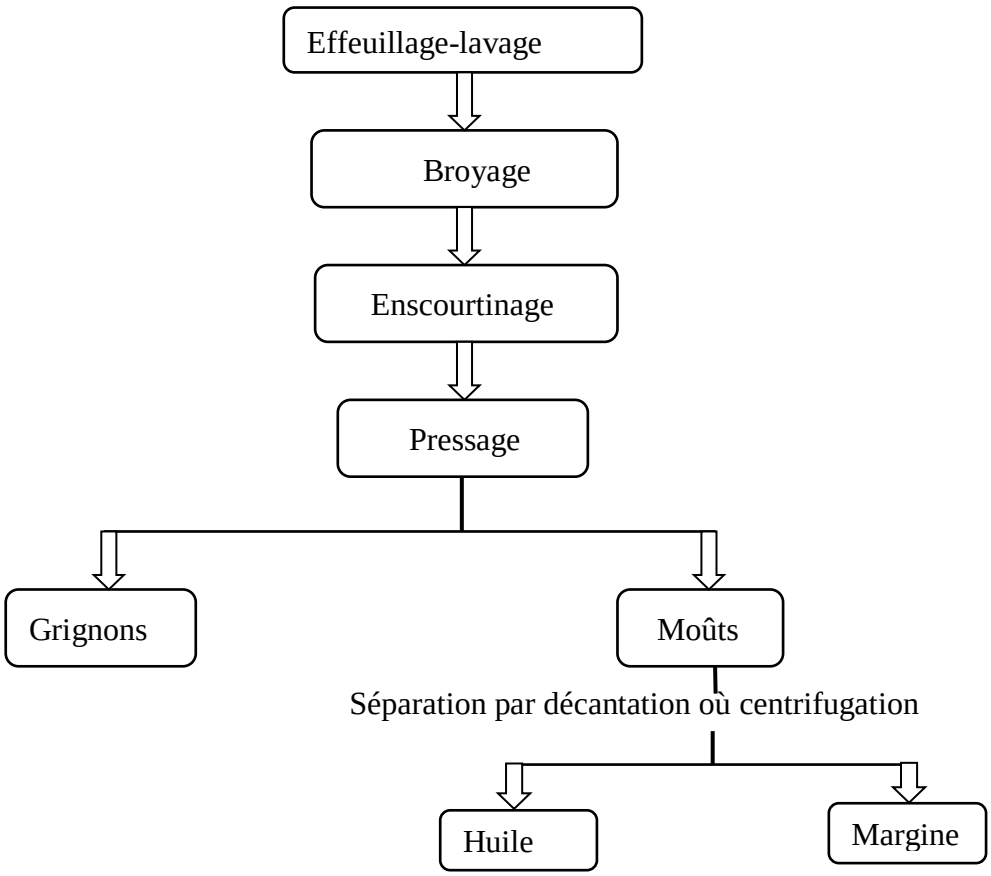

Figure 07 : Système discontinu d'extraction par presse **(Hammadi, 2006).**

c)Extraction continue

L'extraction de l'huile à partir des olives par centrifugation directe des pates intervient par l'effet de la force centrifuge (3000 à 4000 tours/mn). Cette dernière accentue la différence entre les poids spécifiques des liquides non miscibles et du matériel solide et permet ainsi, la séparation continue et simultanée des différentes phases **(Cuellar,1990)**. Deux technologies sont proposées :la centrifugation a trois phases, la plus utilisée en Algérie est la centrifugation à deux phases.

- **Extraction continue à trois phases**

L'extraction par centrifugation se fait à travers des phases successives contrairement au procédé discontinu. La pâte issue du malaxage est diluée avec de l'eau avant d'entrer dans un décanteur, une centrifugeuse horizontale, ou les différents composés de la pâte se séparent selon leur densité **(Hammadi,2006)**, trois phases sont obtenues :

- Le grignon qui va dans la partie la plus éloignée de l'axe de tour.
- Les margines ou eau de végétation qui se trouvent sur l'anneau intermédiaire.
- L'huile qui reste autour de l'axe **(Benyahia et Zein, 2003) (figure08).**

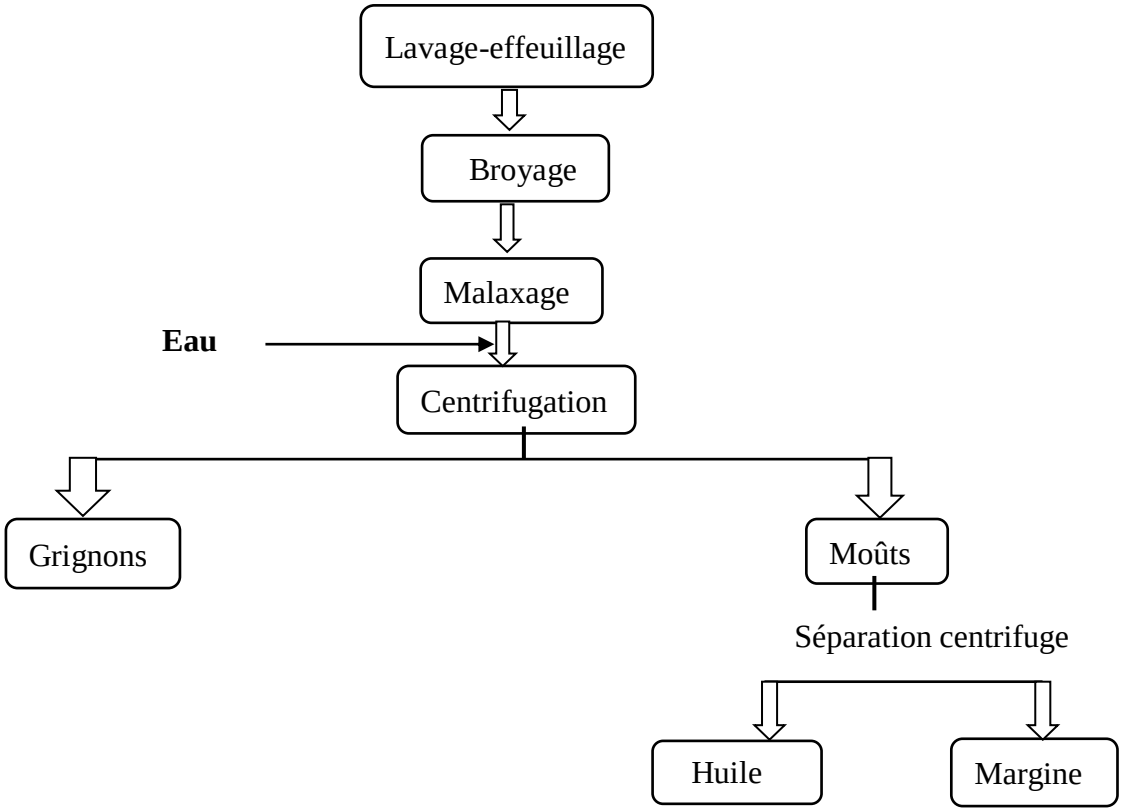

Figure 08 : Système continu d'extraction avec centrifugation à trois phases **(Hammadi,2006).**

- **Extraction continue à deux phases**

Le procédé technologique d'extraction de l'huile d'olive fonctionne avec un système de centrifugation à deux phases (huile et grignons humide) qui ne nécessite pas l'adjonction d'eau pour la séparation des phases huileuses et solide**(figure09) (Hammadi,2006).**

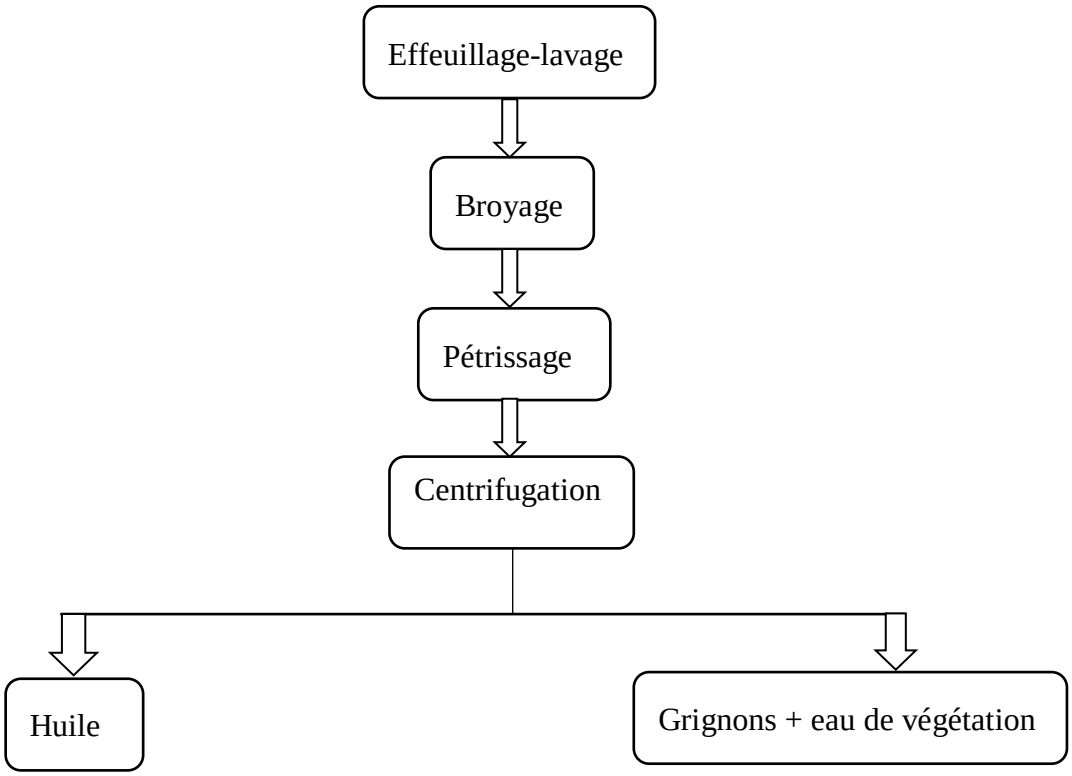

Figure 09 : Système continu d'extraction avec centrifugation à deux phases **(Hammadi,2006).**

I-5) -Comparaison des procédés d'extraction de l'huile d'olive

Aucun des procédés ne peut être considéré comme parfait, chacun d'eux possède des avantages et des inconvénients ; le tableau illustre les principaux procédés (traditionnel, moderne à deux et à trois phases).

Tableau I : Comparaison entre les principaux systèmes d'extraction **(Niaounakis et al.,2006).**

Système traditionnel(presse)	**Système moderne à trois phases**	**Système moderne à deux phases**
Nécessite une importante main d'œuvre	Permettre de réduire la main d'œuvre	
Faible capacité de production	Grande capacité de production	
Altération des huiles après exposition des pates des olives à l'air libre durant environ une heure de trituration parfois plus.	Les opérations de transformation se passent en clos, ce qui protège l'huile de l'altération par l'oxygène de l'air.	
Consommation moyenne d'eau	Consommation élevée d'eau	Très faible consommation d'eau
Les huiles extraites sont riches en antioxydants.	Les huiles extraites sont pauvres en antioxydants	Les huiles extraites sont riches en antioxydants
Généralement l'huile est relativement acide (le respect des règles d'hygiène est difficile)	Faible acidité de l'huile	
Grand risque de contamination	Faible risque de contamination	
Faible résistance de l'huile à l'oxydation à cause des acides gras libres.	Faible résistance de l'huile à l'oxydation à cause de sa pauvreté en antioxydants	Stabilité de l'huile à l'oxydation
Quantité moyenne de margines	Très grande quantité de margines	Pas de margines
Faible quantité de grignons (28±4%).	Quantité moyenne de grignons (48±4%).	Grande quantité de grignons (60±4%).

I-6) -Les sous-produits de l'olivier

L'extraction de l'huile d'olive génère deux types de résidus : les grignons (résidus solides) et les margines (résidus liquides).

I-6-1- Les résidus liquides

Les margines qui sont considérées comme résidus liquides sont constitués, en fonction du système de séparation utilisé dans l'opération d'extraction : des eaux de lavage du fruit, des eaux de rinçage de trémies de stockage, des eaux ajoutées au cours du malaxage, des eaux de nettoyage d'huile (ce sont les eaux issues de la dernière centrifugation de l'huile où on ajoute des proportions d'eau chaude)et des eaux de végétation de l'olive elle-même qui représentent à elles seules 40 à 50% des eaux **(Nefzaoui, 1991)(Figure 10)**

Figure 10 : Les résidus liquides **(Imani, 2018).**

I-6-2-Les résidus solides

Les grignons sont les résidus solides obtenus après le premier pressage des olives. Ils contiennent encore de l'huile appelée huile secondaire **(figure 11).** Ils sont composés de peaux, de résidus de pulpe et de fragments des noyaux. Ces déchets contiennent en moyenne 28,5% d'eau, 41,5% de coque (partie externe du noyau), 21,5% de pulpe et 8,5% d'huile **(Amic et Dalmasso, 2013)**.

Figure 11 : Les résidus solides **(Naomi,2012).**

Selon **Sansoucy (1984)**, il existe différents types de grignons :

a) **Le grignon brut :** c'est le résidu de la première extraction de l'huile par pression de l'olive entière. Ses teneurs relativement élevées en eau (24%) et en huile (9%) favorisent son altération rapide lorsqu'il est laissé à l'air libre.
b) **Le grignon épuisé :** c'est le résidu obtenu après déshuilage du grignon brut par une distillation avec l'utilisation d'un solvant généralement l'hexane.
c) **Le grignon partiellement dénoyauté :** résulte de la séparation partielle du noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation. Il est dit « gras » si son huile n'est pas extraite par un solvant, ou « dégraissé ou épuisé » si son huile est extraite par solvant **(Nefzaoui.,1987).**
d) **Le grignon humide :** Le grignon humide est soumis dans les huileries à deux phases afin d'extraire entre 40 et 60% de l'huile restante. Il est ensuite emmené dans des usines d'extraction d'huile de grignon où, après un séchage permettra d'atteindre 8% d'humidité **(Nefzaoui, 1984)**.

I-7) - La production de l'huile d'olive

1-Dans le monde

Au cours des derniers mois, le marché international de l'huile d'olive a connu un déséquilibre entre l'offre et la demande ce qui a induit une chute des prix sur un marché caractérisé par deux récoltes successives importantes en 2018-2019 et 2019-2020 et un niveau de stock déjà élevé. En effet, en fin décembre 2019, la Commission Européenne a estimé à 3,121 millions de tonnes la production mondiale d'huile d'olive pour la campagne 2019/2020. L'Union Européenne reste le premier producteur avec 70% de la production mondiale. Les perspectives de la production dans l'UE devraient atteindre environ 1,989 millions de tonnes d'huile d'olive pour la campagne 2019/20 enregistrant ainsi une baisse de 12% par rapport à la campagne 2018/2019 (2,264 millions de tonnes) **(Tableau II)**. En ce qui concerne les autres zones géographiques - en dehors de l'UE – la Commission Européenne estime à environ 1,133 millions tonnes la production totale enregistrant ainsi une hausse de 24% par rapport à la campagne précédente due principalement à la hausse de la production en Tunisie avec 300 mille tonnes1 (+150%), la Turquie avec 225 milles tonnes (+16%) et 608 milles tonnes d'huile d'olive pour le reste des pays producteurs (601 milles tonnes en 2018/2019) **(ONAGRI, 2020).**

Tableau II : Production mondiale de l'huile d'olive **(ONAGRI, 2020).**

Production	2018/2019 (en 1000 t)	2019/2020 (en 1000 t)	Variation
Espagne	1790	1230	-31
Italie	174	322	85
Tunisie	140	350	150
Grèse	120	300	150
Turquie	194	225	16
Maroc	200	145	-28
Portugal	100	120	20
Algérie	97	82	-15
Total UE	2264	1989	-12
Total monde	3178	3121	-2

2- En Algérie

L'Algérie fait partie des principaux pays méditerranéens dont le climat est des plus propices à la culture de l'olivier. L'oléiculture est la première richesse forestière de l'Algérie, elle constitue une source de subsistance pour plusieurs familles. Avec les nouvelles mesures de restructuration du développement agricole, l'Algérie veut développer son secteur oléicole, en augmentant les surfaces plantées et en modernisant les industries d'extraction d'huile d'olive et ainsi se placer parmi les premiers pays producteurs d'huile d'olive **(DSA, 2020)**

Le Ministre de l'agriculture du développement rural et de la pêche **(MADRP)** a annoncé qu'une production de 100millions de litres d'olive est attendue au cours de la campagne oléicole 2019/2020 et que cette production couvre une superficie d'environ 500.000 ha. Grace aux efforts des agriculteurs et au soutien de l'Etat, le verger oléicole national a connu une extension de 170.000 ha.

En plus de l'huile d'olive, la production oléicole génère également deux sous-produits : les margines (déchets liquides) et le grignon (déchet solide). Deux matières qui ne sont pas facilement dégradables. Un Kilogramme d'olive peut générer entre 1 à 1,5 litre de margine. Cela dépend du système d'extraction utilisé. En effet, selon **Benyahia et Zein. (2003),** un pressage d'une tonne d'olive avec les méthodes modernes produit en moyenne 1,5 tonne de sous-produit liquide (communément appelé margine). L'Algérie génère environ 80% des sous-produits (Rahmani, 2019), toutefois les données précises concernant ces sous-

produits déversés sont limitées à l'exception de ce qui pourrait être destiné à l'alimentation du bétail, aucune méthode de traitement de ces déchets n'a été adoptée afin de les valoriser.

- **Région de Bejaia**

L'olivier constitue la principale espèce des oliveraies plantées dans la willaya de Bejaia, elle est leader dans la production d'huile d'olive à l'échelle nationale, bien que cette culture se pratique en extensif, sur un relief des plus montagneux.

L'Olivier occupe quelque 58000 hectares, abritant 5,276 millions d'arbres, dont 4,482 millions sont productifs selon un bilan dressé en automne 2019. Les variétés les plus cultivées sont : Chemlel, Azaradj, Tablout, Taksrit et Bouchouk **(DSA,2020).**

Dans la wilaya de Bejaia la production oléicole atteindra cette année 22 millions de litres soit une hausse de plus de 5 millions de litres par rapport à l'an dernier où l'on n'a pas dépassé 17 millions de litres. Ce sont là les estimations de la Direction des services agricoles (DSA) de wilaya **(DSA,2020).**

Chapitre II : Les margines

II-1) -Définition

Selon **Achak et al., (2011),** les margines proviennent de la fraction liquide des olives et de l'eau, éventuellement rajoutée en cours du processus de trituration. La qualité et la quantité des margines dépendent de l'opération d'extraction d'huile d'olive.

Elles sont aussi influencées par la variété d'olive, la saison de cueillette, le taux de maturation des fruits et les conditions climatiques, on estime généralement qu'un kilogramme d'olive fournit de 1 à 1,5 litre de margines en fonction du système d'extraction utilisé **(Achak et al., 2009).**

II-2) - Origine des margines

L'ensemble de déchets liquides constitués en fonction du système utilisé dans l'opération d'extraction, à savoir :

-Eaux de lavage du fruit :la quantité utilisée varie entre 80 et 120 litres par tonne d'olive et qui dépend du type de produit qui provient de la compagne. Elles sont constituées de particules de poussière ou de terre, ainsi que des petites quantités de matière grasse (MG) issues du fruit plus au moins abimé. Ces eaux sont facilement recyclables par simple opération de décantation et/ou de filtrage en raison de leur faible contenu organique **(Fiorentino et al., 2003).**

-Eaux de rinçage des trémies de stockage.

-Eaux de végétation de l'olive : elles-mêmes, telles que 40 à 50% d'eau provient du fruit d'olive **(Nefzaoui, 1991).**

-Eaux ajoutées au cours du malaxage.

-Eaux de nettoyage d'huile : ce sont les eaux issues de la dernière centrifugation de l'huile où on ajoute des proportions d'eau chaude. Elles représentent l'ensemble des déchets aqueux contenu dans l'huile d'extraction et de l'eau chaude ajoutée. Ce déchet est incorporé traditionnellement au déchets liquide généré lors de l'extraction dans le premier pressoir où le premier décanteur et l'ensemble constituant la margine. Dans les huileries fonctionnant avec le système continu à deux phases, ces eaux constituent le seul déchet liquide existant, étant donné qu'il n'y a pas production de margine au cours de l'extraction **(Sifoun, 2008).**

Le tableau III représente les différentes quantités des margines produites avec leur origine, pour différents systèmes d'extraction.

Tableau III : Production aqueuse des différents systèmes d'extraction d'huile d'olive **(Fiestas.,1981, Hamdi.,1993).**

Systèmes d'extraction	Séparation Solide/liquide (L/kg)	Séparation Liquide/liquide	Nettoyage général (L/kg)	Effluent Final (L/kg)
Presse	0,4	0,2	0,02	0,66
Trois phases	0,9	0,2	0,05	1,24
Deux phases	0	0,15	0,05	0,25

II-3) - Couleur des margines

En général, les margines sont de couleur brune-rougeâtre à noir. Cette variation de couleur est due à plusieurs facteurs **(Karapinar et Worgon,1983 ; Bambalov et al.,1989) :**

- ➢ Variétés et degré de maturité des olives.
- ➢ Etat de fraicheur des margines.
- ➢ Etat de dégradation des composés phénoliques.

Le pigment brun ou catécholamine est un polymère de nature phénolique responsable de la couleur foncée des margines. Ce polyphénol ne se trouve pas dans les olives. Il se forme au cours du broyage à partir des orthodiphénols très abondants dans la pulpe, sous l'action des phénoloxydases. Cette enzyme est inactive dans les drupes entières **(Ranalli,1991).**

II-4) -Caractéristiqueset composition des margines

II-4-1-Paramètres physicochimiques des margines

Les caractéristiques physicochimiques des margines sont assez variables, en fonction des conditions climatiques, de la variété d'olive, de maturité du fruit, du temps de stockage et du procédé d'extraction **(tableau IV) (Fiorentino et al.,2003).**Les margines contiennent la majorité des espèces chimiques solubles dans l'eau présentes dans l'olive, une forte charge organique et rapport (C/N) (Carbone/Azote) élevé, la valeur de la demande chimique en oxygène (DCO) dépasse 200g/l**(Morillo et al.,2009).** Elles sont composées d'eau (83-92% en poids) **(Kapellakis et al.,2008).**

Les effluents des systèmes d'extraction d'olives présentent un pH acide compris entre 4,2 et 5,9 **(Eroglu et al., 2008)**. Une toxicité saline considérable reflétée par des valeurs élevées de conductivité électrique et une charge importante de polluants organiques **(Ochando et al, 2016)**. Elles se caractérisent par leur pouvoir antimicrobien **(Esmail et al., 2015)**.

Tableau IV : paramètres physico-chimiques des margines **(Mekki et al., 2008)**

Paramètres	**Valeur**
PH	3,5 et 4,9
Carbone organique total (g. L^{-1})	36,6
Couleur	Brun-rougeâtre
Conductivité	10 $ms.cm^{-1}$
Température	Ambiante
DCO	120 g. L^{-1}

II-4-2-Composition des margines

Les margines sont caractérisées par une intense couleur brun-violet ou brun-rouge à noir et une odeur de l'huile d'olive **(Daassi et al., 2014).** Elles sont composées de 84,83% à 94,83% d'eau **(Tsiouplas et al.,2002)**, de 3,5% à 15% de substance organique (composés phénoliques, lipides, sucre, protéine, …), et de 0,5 à 2% de sels minéraux (potassium, sodium, magnésium, …) **(Tableau V) (Anglada et al., 2011)**, ainsi que des traces de vitamine et de pesticides **(Kapellakis et al., 2008).**

Tableau V : Composition des margines **(Benyahia et al., 2003).**

Composant	**Teneur en %**
Eau	83-88%
Matières organiques	10,5-15%
Matières minérales	1,5-2%
Matières azotées totales	1,25-2,4%
Matières grasses	0,03-1%
Polyphénols	1-1,5%

II-4-2-1) - Caractéristique minérale

Les margines contiennent des quantités significatives de sels minéraux **(Ranalli, 1991),** dont 80% sont solubles (phosphates et chlorures) et 20% insolubles (carbonates et silicates). Les éléments les plus représentatifs sont le potassium (47%), les phosphates (14%) et le sodium (7%) **(Azbar et al.,2008)**.

II-4-2-2) -Caractéristique organique

Les margines ont un pouvoir polluant très important avec une demande biologique en

oxygène (DBO) de 12 à 63 g/L et une demande chimique en oxygène (DCO) de 80 - 200 g/L. Ces valeurs sont 200 à 400 fois supérieures à celles des eaux municipales **(Al Mallahet al.,2000)**. La matière organique des effluents d'huileries d'olive est constituée de glucides (13-53%), de protéines (8-16%), de composés phénoliques (2-15%), de lipides (1-14%), de polyalcools (3-10%) et d'acides organiques (3-10%) **(Fountoulakis et al.,2002)**. Cette composition résulte de la destruction des tissus de l'olive au cours de la trituration et de l'extraction de l'huile **(Al Mallah et al.,2000).**

a) **Les glucides** sont essentiellement représentés par la cellulose et les pectines, ces dernières jouant un rôle important dans la texture des olives **(Obiedet al., 2005),** Récemment, de nombreux travaux ont montré que les margines sont très riches en sucres simples en particulier : la raffinose, le saccharose, l'arabinose, la xylose, le mannose et le fructose **(Fezzaniet al.,2009).**Ils jouent un rôle important dans la texture des olives où ils représentent environ 0,6% du poids de la pulpe fraiche **(Capasso et al.,2002).** Les sucres représentent entre 4,1% et 4,8% du poids total des margines pouvant se répartir comme suit : arabinose (62%-71%), galactose (17%-25%), rhamnose (2%-3%), xylose (12%), glucose (1%) **(Dermeche et al., 2013).**

b) **La fraction azotée** est principalement représentée par les protéines avec une concentration variant entre 1,2% et 2,4%. Tous les acides aminés ont été identifiés dans les margines. Les plus abondants sont l'acide aspartique, l'acide glutamique et l'arginine. Les principaux acides organiques rencontrés sont les acides formique, oxalique, lactique, malique, oléique, palmitique et citrique **(Parinos et al., 2007).**

c) **Les vitamines** sont définies comme un groupe de composés organiques complexes présents en petites quantités dans les aliments naturels et les produits alimentaires. Ils sont divisés en vitamines liposolubles, comme les vitamines A, D, E et K ou hydrosolubles : les vitamines B et C **(McDowell et al., 2000).**

d) **Les acides organiques :**la proportion de ces composés représente 0,5 % à 1,5% des margines, les principaux acides organiques rencontrés sont les acides fumarique, glycérique, lactique, malique et malonique **(Salvemini, 1985 ; Casa et al., 2003 ; El hadjjoudji et al., 2007).**

II-4-2-3) - Antioxydants des margines

a) Les caroténoïdes : sont des pigments de couleur orange et jaune répandus chez les végétaux ; liposoluble et appartiennent à la famille chimique des terpénoïdes, formés à partir de la polymérisation d'unités isoprènes à structure aliphatiques ou alicycliques **(Cathaud, 2019).** On distingue deux groupes :

- **Les carotènes** sont des pigments de couleur orange. Le carotène est le dimère de la vitamine A et se présente sous deux formes : α et β-carotène. Le carotène est un anti-oxydant. **(Cathaud, 2019).**
- **Les xanthophylles** sont des molécules de couleur jaune dérivées des carotènes, parmi lesquelles on cite : la lutéine, Zéaxanthine, Fucoxanthine **(Cathaud, 2019).**

b) Les tocophérols :la vitamine E est le terme générique utilisé habituellement pour désigner les différents tocophérols et tocotriénols. Cette vitamine liposoluble est reconnue pour ses propriétés antioxydantes et assure la stabilité des structures cellulaires. Sa concentration dépend de plusieurs facteurs tels que, les conditions climatiques **(Beltran, 2010)**, le procédé d'extraction de l'huile d'olive **(Clodoveo, 2012),** le degré de maturité du fruit **(Benito et al., 2013)** et la variété d'olive **(Ballus et al., 2014).**

c) Les composés phénoliques : sont des substances qui possèdent au moins un groupement hydroxyle (OH) substitué par un cycle aromatique **(Skerget et al., 2005).**Ces composés peuvent être regroupés en différentes classes **(Tableau VI)** selon la complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 à des formes très polymérisées), la substitution de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation…), et les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, autres métabolites secondaires pouvant être ou non des composés phénoliques…) **(Robards, 2003 ;Shahidi et al., 2003).**

Tableau VI : Principales classes de composés phénoliques **(Bruneton, 1999).**

Squelette Carboné	**Classe**	**Exemple**
C_6	Phénols simples	Hydroquinone
C_6-C_1	Acides hydroxybenzoïques	Acide Parahydroxybenzoïque
C_6-C_3	Acide hydroxycinnamiques	Acide ρ-coumarique
	Coumarines	Ombelliférone
C_6-C_4	Naphtoquinones	Juglon
C_6-C_2-C_6	Stilbènes	Trans-resvératrol
C_6-C_3-C_6	Flavonoïdes • Flavanols • Anthocyanes • Flavonones	Kaempférol
	Isoflanonoïdes	Daidzéine
$(C_6$-$C_3)_2$	Lignanes	Entérodiol
$(C_6$-$C_3)_n$	Lignines	
$(C_6$-C_3-$C_6)_n$	Tanins	Procyanidol

Les margines contiennent des composés phénoliques de structure variable ; ces composés proviennent de l'hydrolyse enzymatique des formes glucosidiques et des esters de la pulpe dont la qualité produite est en fonction du processus d'élaboration des huiles et de la variété **(Ranalli, 1991).** Leur teneur est de l'ordre de 3g à 5g. L'$^{-1}$ **(Zahariet al.,2014).** Les composés phénoliques des margines sont de nature monomérique et polymérique. La solubilité des composés phénoliques dans l'huile est cependant bien inférieure à celle dans la phase aqueuse. En effet, un taux de 2% seulement des composés phénoliques originaires des olives sont transférés à l'huile, 53% aux margines et 45% aux grignons d'olives **(Rodis et al.,2002).**

- **Les monomères phénoliques**

Les acides phénoliques sont les monomères les plus abondants dans les margines, ce qui explique leur acidité. **Fiestas Ros et al. (1992)** ont identifié **p**lusieurs acides et alcools phénoliques dans les margines **(tableau VII).**

Tableau VII : composés phénoliques et principales formes monomères des margines **(PharmMinh et al., 2006).**

Composés phénoliques	Teneur
Phénols totaux (g /l)	3,7 ± 0,1
Ortho-diphenol (g /l)	1,2 ±0,02
Acide3,4-dihydroxybenzoique(mM)	0,35 ± 0,01
Catechol(mM)	2,28 ± 0,1
Acide 4-hydroxybenzoique(mM)	0,12 ± 0,004
Tyrosol(mM)	2,47 ± 0,07
Acide syringique(mM)	0,196 ± 0,04
Acide caféique(mM)	1,53 ± 0,1
4-Methylcatechol(mM)	4,12 ± 0,3
Acide 3-hydroxyphénylpropionique(mM)	0,06
Acide para-coumarique(mM)	0,19
Acide vératrique(mM)	0,227± 0,21
Acide 3,4,5-trimethoxybenzoique(mM)	0,03
Acide trans-cinnamique(mM)	0,33± 0,08

- **Les polymères phénoliques**

- Les anthocyanes : c'est une famille de molécules aux formules chimique très diverses dont les couleurs varient du bleu au rouge. Leur structure porte plusieurs fonction hydroxyle dont l'une est glycosylée par différentes oses (glucose, galactose, rhamnose, arabinose), oligosides ou hétérosides. La fraction osidique des anthocyanes assure leur solubilité dans le milieu aqueux des vacuoles **(Samouelian et al., 2009).**

-Flavonoïdes : tels que les flavone et les flavanols ; les produits de condensation des flavones ont à l'origine d'un groupe important de tannins et les isoflavonoïdes **(Macheix et al.,2015).**

-Les tannins : regroupe des composés polyphénoliques caractérisés par leurs propriétés de combinaison aux protéines **(Boubekri,2014).** Ils sont classés conventionnellement en tanins hydrolysables et tannins condensé.

- ✓ **Les tannins hydrolysables :** Ils sont caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyses chimiques ou enzymatiques. Ils libèrent alors une partie non phénolique (souvent glucose) et une partie phénolique **(Macheix et al., 2015).**
- ✓ **Les tannins condensés :** contrairement aux tannins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seuls des attaques chimiques forte permettent de les dégrader, ainsi par

traitement acide à chaud, ils se transforment en pigment rouges et oligomères sont dénommés « Proanthocyanidines » **(Macheix et al., 2015).**

II-4-3) - Caractéristiques microbiologiques des margines

Les études microbiologiques effectuées des margines ont confirmé l'absence totale de micro-organismes pathogènes. Des analyses microbiologiques ont montré que les levures et les champignons sont capables de se développer mieux que les bactéries. Ces micro-organismes supportent la salinité élevée et le pH acide caractéristique de ces effluents résistent plus que les bactéries aux substances phénoliques **(Aissam,2001).**

II-4-4) Propriétés biologiques des antioxydants des margines

Parmi les principaux mécanismes de l'activité antioxydante des polyphénols on cite :

- ➢ Le piégeage des espèces oxygénées réactives (EOR).
- ➢ L'inhibition des enzymes impliqués dans le stress oxydatif et la chélation des traces métalliques (fer) responsable de la production des EOR **(Halliwell, 1994 Turkmen et al., 2007 ; Bouzid et al., 2011).**

Les composés phénoliques en général et les flavonoïdes en particulier exercent diverses propriétés physiologiques comme les activités antiallergique, antiathérogéniques, anti-inflammatoire,hépatoprotective,antimicrobienne,antivirale,anti-thrombotique, cardioprotectrice et vasodilatoire **(Middleton et al.,2000 ;Ksouri et al.,2007).**Cependant l'action antimicrobienne des phénols est liée à la capacité à dénaturer les protéines et sont généralement classés comme agents agissant en surface **(Caturla et al.,2005 ;Casas-Sanchez et al.,2007).**Leur action conduirait à la fuite des constituants cellulaires tels que les protéines, potassium et le phosphate à partir des bactéries suite à la destruction du peptidoglycane ou aux dommages de la membrane cellulaire ainsi qu'une perturbation des fractions lipidiques de la membrane plasmique des micro-organismes **(Domineco et al.,2005).**

II-5) -Pouvoir polluant des margines

Les margines sont des déchets industriels, produits lors de la production de l'huile d'olive en tant que sous-produit **(Zghari et al.,2018).** Le rejet des margines non traitées et extrêmement chargées en matières organiques pose un problème écologique majeur pour les pays producteurs de l'huile d'olive en raison de la charge organique fortement toxique

(Dermeche et al.,2013), l'acidité et la forte demande chimique et biologique en oxygène (DBO et DCO), les margines présentent une activité polluante très élevée **(Aharonov-Nadborny et al.,2017 ; Suna Erses Yay et al.,2012).**

II-5-1) - La pollution des eaux

Les margines sont rejetées le plus souvent dans des récepteurs naturels, des cours d'eau sans aucun contrôle préalable et nuisent fortement à la qualité de ces eaux de surfaces. La très forte charge en matières organiques empêche ces eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances **(Mebirouk,2002).**

Les margines sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras volatiles, insecticides etc…) qu'elles contiennent **(Belaid et al,2002).** La coloration des eaux naturelles dû aux tannins est l'un des effets les plus visibles de la pollution. De plus, la teneur élevée en sucres réducteurs provoque la prolifération des micro-organismes qui y profitent comme substrat, ceci diminue la disponibilité de l'oxygène pour d'autres organismes vivants et entraine un déséquilibre de l'écosystème aquatique, de même que l'accumulation du phosphore provoque l'eutrophisation des eaux et favorise la multiplication de pathogènes **(Lacomelli,2000) (figure 12).**

Figure 12 : Impact des margines sur l'environnement **(Soualah, 2018)**.

II-5-2) -La pollution des sols

Les substances toxiques contenues dans ces déchets liquides se fixent dans les sols. Certaines de ces substances telles que les phénols peuvent inhiber l'activité microbienne du sol **(Benyahia et Zien, 2003).** L'épandage direct des effluents d'huileries d'olive sur les sols provoque un colmatage et une diminution de leur qualité **(Ghatas, 2004).**

II-5-3) - La pollution de l'air

Cette pollution est causée généralement par la décomposition de ces effluents. Les fortes teneurs en sels des margines, leur forte charge et leur acidité sursaturent le milieu récepteur et provoquent des conditions d'anaérobioses propices aux dégagements d'odeurs désagréables

liées à l'émission de méthane et d'autres gaz irritants tels que le sulfure d'hydrogène H_2S lors du processus de fermentation **(Niaounakis et Halvadakis, 2004) (figure 13).**

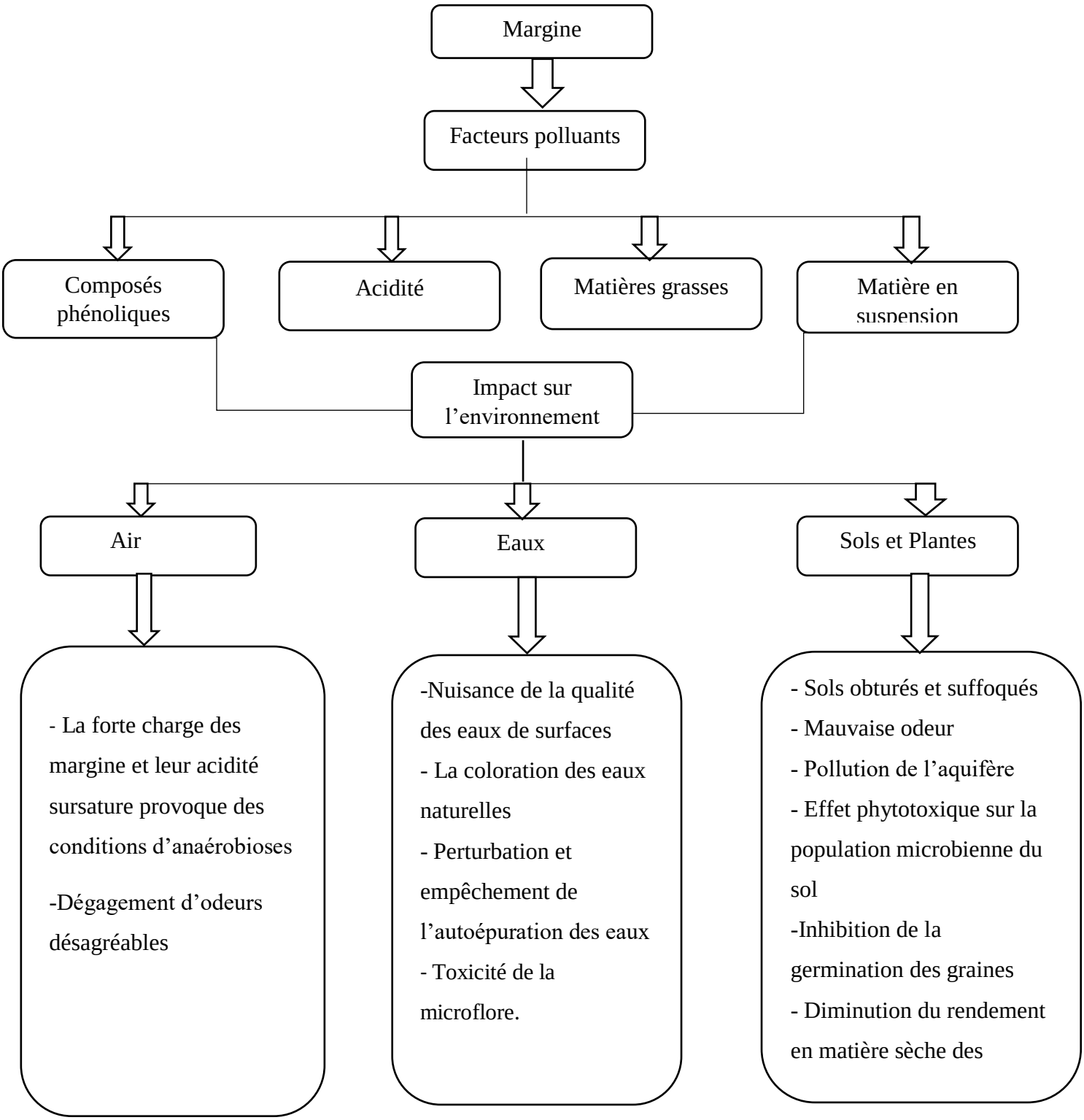

Figure 13 : Conséquences environnementales des rejets de margines dans le milieu naturel **(Niaounakis et Halvadakis, 2004 ; Taleb, 2018).**

Chapitre III : Traitements et valorisation des margines

III-1) -Technologies de traitement des margines

A partir des années soixante-dix, ces effluents ont été l'objet d'une grande attention de la plupart des institutions scientifiques, des entreprises et des organismes publics. Le but commun est d'étudier et de proposer les meilleures stratégies et technologies de minimisation, de bonne valorisation ou d'élimination de l'effet polluant de ces effluents. Les margines ont été testés et proposés pour faire face à leur impact environnemental **(Dermeche et *al*., 2013).** Il existe plus de vingt procédés applicables au traitement des margines. Il s'agit dans la plupart des opérations élémentaires ou combinées, testées en laboratoire ou dans une installation pilote, le choix du système de traitement approprié est lié à plusieurs facteurs : le procédé d'extraction d'huile, la charge produite par les huileries et la voie de valorisation des margines **(Arda et al., 2010)**.

III-1-1) - Processus thermiques

III-1-1-1) – Evaporation naturelle

L'évaporation naturelle est tributaire des conditions climatiques. En effet, elle dépend étroitement de la vitesse du vent, du degré d'ensoleillement et de l'humidité de l'air. Ce procédé consiste à stocker les margines dans des bassins de faible profondeur (0,7 à 1,5 m) **(Benitez et al, 1996).** Durant leur séjour dans les bassins d'évaporation, les margines subissent une autoépuration naturelle par une série de processus de fermentation aérobie et anaérobie. Les agents de cette biodégradation sont surtout des levures qui se trouvent à l'origine dans les olives **(Mantzavinos, 2003).** Cependant, cette méthode pose de nombreux problèmes comme les mauvaises odeurs, la prolifération d'insecte et l'infiltration **(Bouraoui et Ben Nejma, 2019).**

Bouraoui et Ben Nejma. (2019) ont développé un processus de séchage des eaux d'une oliveraie en serre séchoir solaire ; la masse totale de liquide évaporé obtenue à partir de janvier à décembre sous la serre sèche et sous le soleil montre que l'effet d'activité semble étroitement dépendant des variations, la progression totale de la masse liquide évaporée était globalement dépendante de la température ambiante moyenne et du rayonnement solaire maximal. D'autre part, l'énergie ne varie pas seulement d'une saison à l'autre mais aussi d'un endroit à l'autre en fonction de la situation géographique.

III-1-1-2) Evaporation forcée (incinération)

L'incinération est une technique couteuse complexe et extrêmement gourmande en énergie. Elle parait d'autant moins appropriée lorsque les margines sont composées à plus de

80% d'eau. Elle permet d'évaporer d'abord la phase aqueuse des margines et de bruler ensuite les matières organiques **(Yahiaoui, 2012).**

Le principe est identique à celui de l'évaporation libre. C'est un procédé qui consiste à introduire des panneaux évaporateurs au niveau des bassins de stockage des margines. Cette installation permet de faciliter l'évaporation de la phase aqueuse des margines de 100 à 300 m^2/m3 du bassin. Cette technique est basée sur la différence du potentiel hydrique entre les mailles des panneaux et l'eau. La déshydratation des margines est donc plus facile par arrosage sur un élément générateur de la surface exposé au vent. Cette méthode requière une superficie réduite des bassins d'évaporation **(Jagaba et al., 2019)**. L'incinération est un simple processus qui permet l'élimination de toute matières organiques. L'inconvénient de cette méthode est le coût élevé **(Crimi et Lichtfouse, 2019)**.

III-1-2) - Procédés physiques

Les traitements physiques des margines consistent à l'épaississement des matières polluantes organique et minérale (soluble et insoluble) et à leur séparation de la phase liquide. Ces procédés sont à l'origine d'une importante charge polluante solide et sont extrêmement coûteux en énergie rendant difficile leurs utilisations par les petites entreprises productrices **(El Hajjouji et al., 2007).** Les procédés à membranes comme l'ultra filtration et l'osmose inverse, s'emploient souvent dans le traitement de certains courants liquides résiduaires, ceci permet d'éliminer les polluants de l'eau en générant un courant liquide et un courant concentré **(Zawlotzki., 2004).**

a) Nano filtration

Sanches et al. (2016), ont étudié différents tests de nanofiltration en variant certains facteurs. Les données ont montré que la nanofiltration peut être exploitée à des facteurs de réduction volumique considérablement élevés et qu'il est toujours efficaces vers la suppression de plusieurs composants, un déclin de flux d'environ 50% a été observé au facteur de réduction du volume le plus élevé, principalement en raison de l'augmentation de la pression osmotique. Des rejets considérablement élevés ont été obtenue dans toutes les expériences de solides en suspension totaux (83 à > 99%), du carbone organique total (64 à 99%), de la demande d'oxygène chimique (53 à 77%) et de pétrole et de graisse (67 à > 82%) avec récupération potentielle des composés phénoliques. La nanofiltration est économiquement réalisable.

b) Osmose inverse

L'osmose inverse permet de séparer une solution en deux phases : l'une concentrée et l'autre diluée sous une pression allant jusqu'à 80 bars. Ce procédé permet d'éliminer 100% de

la DCO initiale. En revanche, il nécessite un prétraitement, une demande énergétique élevée, par contre une altération rapide des membranes utilisées a été constatée **(Drouiche et al., 2004).**

Les études portantes sur l'efficacité de l'osmose inverse ont montré que cette méthode est capable de récupérer les effluents d'égouts traités à utiliser comme eau d'irrigation pour les cultures alimentaires. L'osmose inverse convient à la remise en état des eaux usées en raison du rejet élevé des ions dissous. L'eau d'irrigation la plus appropriée et la plus économique a été obtenue à l'aide d'une pression d'alimentation de 14 bars et d'un débit de 3,5 lpm **(Hafiz et al., 2020).**

c) Ultrafiltration-filtration

C'est un système de filtration à travers une membrane qui permet la rétention des macromolécules dont la masse moléculaire est supérieur à 500mg/mol. Des investigations ont eu lieu, par l'utilisation d'un bioréacteur muni d'ultrafiltration afin de traiter les margines diluées, toutefois cette méthode de traitement doit être utilisée en phase de prétraitement pour éliminer les composées phénoliques **(Dhaouadi et Marrot, 2008).**

Lounici et al. (2016) ont étudié le traitement des margines par un réacteur électrochimique avec l'ultrafiltration comme prétraitement. Lors de l'ultrafiltration des margines, une chute de l'ordre de 30% de perméabilité de la membrane a été enregistrée. Ce résultat permet d'affirmer que la technique membranaire constitue un bon choix comme pré traitement et que le phénomène de colmatage et d'adsorption ne sont pas un obstacle pour l'application de cette technique. La DCO du perméat de l'ordre de 1011 mg d'O_2/l permet de confirmer l'efficacité de l'ultrafiltration comme procédé principal de traitement alors que les margines présentaient une DCO de l'ordre de 28000 mg d'O_2/l.

L'application du couplage de deux procédés ultrafiltration réacteur bipolaire permet de réduire considérablement le taux d'abattement (d'épuisement) de la DCO des margines. En effet, un abattement supérieur à 99% a été obtenue, lors de l'expérience la valeur de DCO de margine atteignant 78mgO_2/l (**Lounici et al., 2016)**.

III-1-3) - Procédés chimiques

Le traitement chimique des margines est réalisé afin de réduire l'intensité de la coloration et de la charge organique. Il peut être utilisé en tant que prétraitement ou traitement de finition après épuration biologique**.** Ces techniques sont basées généralement sur les phénomènes de coagulation-floculation ou d'adsorption (Messaoudene et Touatioui, 2018).

III-1-3-1) - Coagulation-floculation

La coagulation est l'une des méthodes les plus efficaces pour éliminer les matières organiques en suspension. Elle consiste à traiter les margines avec des produits tensioactifs ou

certains coagulants. Ce type de traitement reste le plus global et certainement le moins couteux par rapport à la matière éliminée **(Sbai et Loukili, 2015).**

Les tests de coagulation-floculation menés par **Sbai et Loukili. (2015)** en utilisant le sulfate d'aluminium à une dose de 1,5 g/L permettent d'éliminer 42 % de DCO, 58 % des matières en suspension (MES), 22 % des polyphénols, 83% de turbidité, et 42 % de coloration. La Coagulation-floculation est un traitement peu coûteux, présente une faible consommation d'oxydants, d'empreinte carbone et de consommation énergétique, parmi les inconvénients de cette méthode : une élimination partielle de la DCO (45%) et des phénols (65%) **(Zagklis et al., 2013).**

III-1-3-2) - Neutralisation

L'étude réalisée par **Ouaboul et al. (2014)** concernant le traitement des margines a montré que la distillation doit être suivie d'une neutralisation par la chaux à cause de l'acidité élevée du distillat. Les résultats obtenus après une neutralisation ont montré que les meilleurs abattements de DCO et des composés phénoliques étaient de 48% et 70% respectivement sont obtenus à pH 7,47. L'application de la chaux à 20 g/l permet d'éliminer 28% des phénols volatiles responsables de la toxicité des margines et de la forte concentration de la DCO. Les phénols ayant deux fonctions OH en position ortho (catéchine) sont éliminés totalement, les phénols ayant une fonction OH et une fonction carboxylique (acide vanilique, acide syringique) sont éliminés partiellement. Par contre, les phénols qui ont soit une fonction OH soit une fonction carboxylique ne sont pas affectés par la chaux.

III-1-3-3) - Précipitation

La précipitation est une technologie simple, elle est économiquement avantageuse et efficace, adaptée aux polluant de charge élevée, très efficace pour les métaux notamment l'élimination du fluor, et assure ainsi une réduction significative de DCO, mais elle produit une quantité élevée de boues **(Crimi et Lichtfouse, 2019).**

L'utilisation du chlorure de magnésium a une concentration entre 1 et 11 g/l pour la coagulation des échantillons d'eaux de végétation ont montré qu'après 2h d'installation, l'élimination de la DCO était supérieure à 60%, tandis qu'après un temps compris entre 30min et 1h, au cours de laquelle la précipitation et le dépôt du précipité ont achevés, les solides précipités ont été séparées du liquide par filtration sur filtre à membrane (**Pantziaros et al. (2017).**

III-1-3-4) - Electrocoagulation

L'électrocoagulation est un procédé d'électrolyse qui permet la séparation des margines en boues et en liquides biodégradables, par ailleurs, les polyphénols et certains autres produits toxiques (métaux lourd) sont éliminés.

Les boues sont extraites et vont au compostage. Les liquides sont acheminés vers le bio-méthaniseur qui permet la transformation de la matière organiques en substances chimiques diverses en conditions d'anaérobiose et sous l'action des bactéries présentes dans le milieu (production de gaz) **(Khoufi, 2007) (figure 14).**

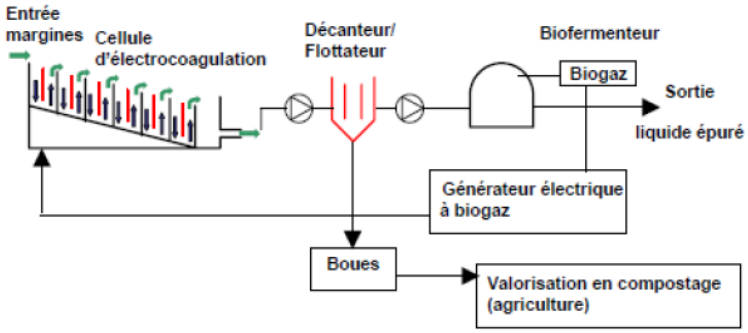

Figure 14 : Principe de l'électrocoagulation et biométhanisation appliqué au traitement des margines **(Benyahia et Zein, 2003).**

Le travail mené par **Rais et al. (2017**) portant sur le traitement des margines par électrocoagulation a permis la réduction de leur charge polluante globale (14% de polyphénols, 99.7% du phosphore, 95,8% de potassium, 37% du sodium), ce qui explique la réduction de la matière minérale et de la conductivité électrique (environ 85,7%). Ceci est fort probablement dû à l'élimination des sels dissous suite à leur liaison avec les hydroxydes d'aluminium lors des réactions subies au cours de processus d'électrocoagulation. En effet, les margines traitées sont neutres et portent une très faible charge biodégradable, le rapport de la demande chimique en oxygène (DCO) sur la demande biochimique en oxygène (DB05) est de 0,54 soit une élimination de 92% de la matière organique non biodégradable.

L'électrocoagulation est la méthode la plus efficace et la plus rapide pour la séparation de la matière organique que la coagulation traditionnelle, mais elle exige l'ajout de produits chimiques (coagulants, floculants pour cémentation, sels) **(Crimi et Lichtfouse, 2019).**

III-1-3-5) – Adsorption

L'adsorption à l'interface soluté/solide est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des molécules présentes dans des effluents liquide ou gazeux, se fixent à la surface d'une solide. Ce phénomène dépond à la fois de cette interface et des propriétés physico-chimiques de l'adsorbat **(Barka., 2008).**

Chahid et al. (2015), ont comparé les caractéristiques physico-chimiques des margines brutes et celles obtenues après décantation et ont constaté une diminution des matières sèches totales dues à l'adsorption des grosses molécules sur les particules en suspension. Les autres caractéristiques sont similaires pour les deux cas avec un léger abattement de la DCO. La décantation durant une période de trois mois ne semble pas affecter les caractéristiques physico-chimiques des margine. Ceci montre que ces rejets sont stables et qu'il est nécessaire d'appliquer d'autres procédés de traitement pour diminuer leurs effets sur l'environnement. Un prétraitement utilisant les boues hydroxydes en tant que coagulant et absorbant d'un rejet de margine semble être une solution efficace et facile à mettre en œuvre pour réduire la pollution particulaire et dissoute des effluents.

La détermination du pouvoir dépolluant des boues vis-à-vis de rejets industriels ainsi que l'évaluation de leur effet coagulant et adsorbant se manifeste par leur capacité à réduire la pollution des margines issus de l'industries oléicole. L'introduction de la boue, à un dosage de 100 mg/l à pH optimal est suffisante pour atteindre des rendements importants en termes de réduction de la charge du rejet, de l'ordre de 93,5% pour l'élimination de la turbidité, 49,4% pour l'abattement de la DCO et une bonne décoloration **(Chahid et al., 2015).**

III-1-4) - Procédés biologiques

La biodégradation pourrait être définie comme étant la décomposition de la matière par le biais d'un agent biologique en particulier les micro-organismes. Ces derniers jouent un rôle très important dans le processus de dépollution et permettent la réduction de la toxicité des éléments polluants engendrés par l'activité naturelle ou humaine. La dégradation biologique**,** à l'opposé des procédés physico-chimiques, est considérée comme une méthode plus saine, efficace et moins coûteuse pour la réduction des polluants **(Entezari et al., 2003).** On distingue deux modes de traitement :

III-1-4-1) - Traitements aérobies

Les margines sont très chargées en matière organique, et ne peuvent pas être traitées directement par voie aérobie. Plusieurs auteurs ont recommandé leur dilution avant le traitement car l'efficacité de ces procédés a été notée pour des DCO de l'ordre de 1g/l **(Kuznetsova et al., 2007., Azbar et al., 2008).**

L'étude menée par **Benamar et al. (2020**), portée sur le traitement des effluents de l'huilerie par la méthode de percolation et suivi ainsi du traitement biologique utilisant les microorganismes du sol (flore total aérobie) ; les résultats ont montré que la réduction totale des paramètre indicateurs de pollution après les deux traitements une baisse importante estimée à 87,86 ; 87,39 et 81,59% pour la DCO, la DBO5 et les polyphénols, respectivement, en effet, ces paramètres ont baissé instantanément après chaque traitement.

Les résultats ont également indiqué que le prétraitement des effluents de l'huilerie pourrait être réalisé avant traitement biologique pour aboutir a une réduction satisfaisante **(Benamar et al., 2020)**.

Selon **Zagklis et al. (2013)**, le traitement aérobie est un traitement peu coûteux, assure une bonne performance, et une élimination de 75% de la DCO et des phénols, mais elle présente certains inconvénients **:** il est considéré comme un traitement de longue durée, et qui nécessite une dilution de 70 à 100 fois.

III-1-4-2) - Traitement anaérobie

La fermentation anaérobie des margines a pour but la production du d'énergie et de biogaz (méthane, H_2O, CO2), par la dégradation de la matière organique par des microorganismes anaérobiques (levure et champignons filamenteux).

Cependant, les bactéries méthanogènes sont sensibles aux composés phénoliques existants dans les margines. Donc un prétraitement aérobie pour réduire le taux de ces composés aromatiques semble nécessaire **(Mann et al.,2010)**.

Amor et al. (2015), ont étudié l'application du procédé impliquant la réaction Fenton combiné à une digestion anaérobie pour traiter les effluents de l'huilerie ; parmi les bactéries utilisées en trouve les actinomycètes. Ce traitement a permis d'atteindre des réductions de 17,6 et 82,5% de la demande chimique en oxygène (DCO) et des polyphénols totaux, respectivement.

La biodégradabilité anaérobie est caractérisée permet une valorisation du biogaz produit (ex : eubactéries et archaebactéries), par contre elle est inadaptée à la charge organique très élevée et à la fraction phénolique, donc élimination limitée des phénols (55%) **(Zagklis et al.,2013)**.

III-2) -Procédés de valorisation des margines

La production de l'huile d'olives génère des quantités considérables de margines, un polluant puissant déversé dans la nature sans aucun traitement préalable mais qui pourrait être considéré comme une source potentielle de produits naturels de haute valeur additive, en raison de leur teneur en composés phénoliques et d'autre antioxydants naturels. La richesse en matière organique et en nutriments fait des margines un biofertilisant à bas coût et une source d'eau d'irrigation dans les pays Méditerranéens où les précipitations sont de plus en plus rares **(Caputo et *al.*, 2013 ; Aggoun, 2016).**

Ces sous-produits de l'industrie oléicole paraissent être une source intéressante de substances phénoliques biologiquement actives jouant un rôle d'agents anti-inflammatoires et antimicrobiens **(Dermeche et *al*., 2013).** Cependant, l'importance quantitative de ces effluents impose la diversité des domaines de leur valorisation.

III-2-1) - Usage agricole

Le contenu élevé en eau, matière organique et nutriments font des margines un bon candidat pour sa bioconversion en engrais après l'élimination des composés phénoliques **(Mekki et al, 2009 ; Piotrowska et al, 2011).**

III-2-1-1) - Utilisation des margines en compostage

Le compostage est également l'une des technologies assurant la transformation des margines en fertilisant. La richesse en matière organique et en nutriments fait des margines un biofertilisant à bas coût et une source d'eau d'irrigation dans les pays méditerranéens où les précipitations sont de plus en plus rares **(Mekki et al., 2012 ; Caputo et al., 2013 ; Ben Abbou, 2014).**

Rais et al. (2017) ont étudié l'effet de traitement et de valorisation des margines dans la germination des graines de tomate et dans la filière de compostage. Le traitement des margines a été réalisé par électrocoagulation, utilisées à l'état brut ou traité afin d'aboutir à une matière organique riche en fertilisants, Ils ont démontré que ;

- Les tests de germination des graines de tomates par les margines traitées donnent les meilleurs résultats ;
- L'utilisation des margines dans l'humidification des composts est techniquement faisable et économiquement, rentable. Le temps de maturation du composé élaboré est de trois mois et demi.

III-2-1-2) -Utilisation des margines comme fertilisant

Plusieurs auteures considèrent que les margines peuvent être une source de fertilisation potentielle en particulier pour les sols sableux, grâce à leur concentration très élevée en potassium et en matière organique.

L'étude menée par **Rouina et al. (2010),** concernant l'utilisation des margines comme fertilisant par épandage direct a montré :

- Une nette amélioration de la fertilité du sol : ses teneurs en matière organique, azote et potassium ont augmenté, par contre le contenu du sol en phosphate et le pH restent invariables. L'augmentation de la teneur en matière organique de 0,3 % à 1 % s'est accompagné d'une amélioration de la capacité de rétention en eau du sol sableux perméable.
- Aucun effet négatif sur l'environnement n'a été enregistré en utilisant des doses ne dépassant pas 100 m^3 par hectare. Il en découle que dans les oliveraies où l'élevage a disparu, l'épandage de margine pourrait contribuer à restaurer le niveau de la matière organique des sols et donc de diminuer l'instabilité de la structure et améliorer d'une manière hautement significative l'intensité de l'activité biologique générée suite à l'apport organique.

L'étude de **Dakhli (2017),** portante sur l'effet des différentes doses de margines sur le comportement microbien du sol (suivi de la minéralisation du carbone) a montré que :

- Quel que soit la date séparant l'épandage, l'application de margines a engendré une augmentation de la teneur du sol en carbone minéral. Cependant, cette hausse se trouve limitée par plusieurs facteurs notamment :

- L'épuisement d'une bonne partie de la fraction labile génératrice de la matière organique.
- A un certain seuil, elle se manifeste par des défaillances du processus de minéralisation corrélée avec l'augmentation de la quantité des margines. Ceci est attribué aux limites des performances des microorganismes dans un milieu riche en margines (pH, salinité et polyphénols).

III-2-2) -Usage industriel

III-2-2-1) -Produits issus de la production de l'hydrogène

La production photobiologique de l'hydrogène à partir des margines par des bactéries phototrophes pourpres non sulfureuses génère des produits de valeur tels que les polyhydroxyalcanoates (PHA) et des pigments caroténoïdes **(Eroglu et al, 2004 ; Ntaikou et al, 2009 ; Alique et al., 2020)**. Les pigments caroténoïdes peuvent avoir des utilisations

commercialement viables comme des agents anticancéreux, des colorants alimentaires et des antioxydants naturels ou, alternativement, comme une source de provitamine A.

Alique et al. (2020), ont étudié la valorisation des effluents de l'huilerie pour la production d'hydrogène dans les réacteurs à membrane. L'exploitation de cette source d'hydrogène issue de l'environnement nécessite des conditions expérimentales optimales.

III-2-2-2) -Autres biopolymères

Les margines ont été proposés comme un substrat de faible coût pour la production de xanthane par *Xanthomonas campestri*. La mise en culture sur les margines diluées (30 à 40%), comme unique source de nutriment, a donné un rendement de 4,4 g/L de xanthane. Un enrichissement avec de l'azote et/ ou de sels a augmenté considérablement les rendements de xanthane, jusqu'à un maximum de 7,7 g/L **(Lopez et al., 2001).**

Différentes souches de *Paenibacillus jamilae* ont également été exploitées pour la production d'exopolysaccharides en utilisant les margines comme sources de nutriments et d'énergie, réduisant ainsi la toxicité des déchets. Le rendement le plus élevé de la production d'exopolysaccharide était de l'ordre de 5,1 g/L avec 80% de margines **(Morillo et al, 2007 ; Aguilera et al, 2008).**

Zerva et al. (2017) ont étudié la production de polysaccharides par des basidiomycètes sélectionnés en culture submergée. Les effluents de l'huilerie ont été testées comme substrat potentiel pour la production de polysaccharides par des souches de champignons, en se basant sur la dégradation et la valorisation simultanée de ces déchets. En effet, la valorisation de ces effluents pourrait se réaliser en utilisant des souches de champignons, conduisant à la formation de produits importants, tels que les glucanes.

III-2-2-3) -Production d'enzymes

La production industrielle des enzymes est possible par les levure et champignons filamenteux en utilisant les margines. Les principaux enzymes obtenus à travers le traitement par ces microorganismes sont lipases, peroxydases et pectinases qui sont produits à partir des margines inoculés par *Cryptococcus albidusmais.* Des lipases ont été également obtenues à partir de souche *Yarrowia lipolytica* **(Goncalves et al., 2010).** Par ailleurs, **Paz et al. (2020)** ont utilisé les effluents de l'huilerie pour la croissance des souches de *Bacillus Aryabhatti Ba03.*

III-2-3) -Autres usages

Les margines ont été traditionnellement utilisées pour fabriquer des savons tels que le savon Marseille. Cependant, d'autres auteurs ont étudié les applications non biologiques des

sous-produits oléicoles, notamment pour valoriser leur grande capacité d'adsorption. **Meksi et al. (2012)** ont rapporté une autre approche pour la valorisation des margines en tant que ressource possible pour la teinture de matières textiles telles que la laine.

Elkacmi et al. (2017), ont mis en évidence l'élaboration d'un nouveau procédé basé sur la séparation de deux phases, huileuse et aqueuse à partir des margines brutes, la première présente une matière première pour la préparation d'un savon biodégradable et de la glycérine pure, et la phase aqueuse a été destinée à l'extraction des polyphénols totaux par une extraction liquide -liquide.

- **Récupération de quelques composants**

  Il s'agit en particulier de la récupération des composés aromatiques, phénoliques et des solutions de glucides, Les phénols et les substances antioxydantes sont des composés qui peuvent être utilisés en industries pharmaceutique et cosmétique **(Yaakoubi et al., 2009 ; Aissa et al.,2017 ; Akretche et al.,2019).**

- **Utilisation des margines comme source naturelle d'antioxydants**

  Il est bien connu que les margines renferment divers d'antioxydants en particulièrement les ortho-diphénols. Parmi ces produits naturels figurent l'acide caféique et plus particulièrement l'hydroxytyrosol **(Allouche et al., 2004).**

  D'autre part, Aissa et al. (2017) ont procédé à l'estérification du tyrosol et de l'hydroxytyrosol extraits à partir des margines avec divers acides gras a été réalisée. Lors de la synthèse, les esters tyrosiques et hydroxytyrosiques de butyrate, caprate, laurate et palmitate ont été isolés et évalués pour leurs activités antioxydante et antibactérienne ; les résultats ont montré que les dérivés de laurate sont les plus efficaces pour prévenir l'oxydation des lipides et inhiber la croissance des souches pathogènes. Dans la perspective d'une utilisation industrielle, des dérivés de tyrosol et d'hydroxytyrosol ont été incorporés dans une formulation d'hydratant pour remplacer l'antioxydantes commercial d'hydroxyltoluène butyle **(figure 15).**

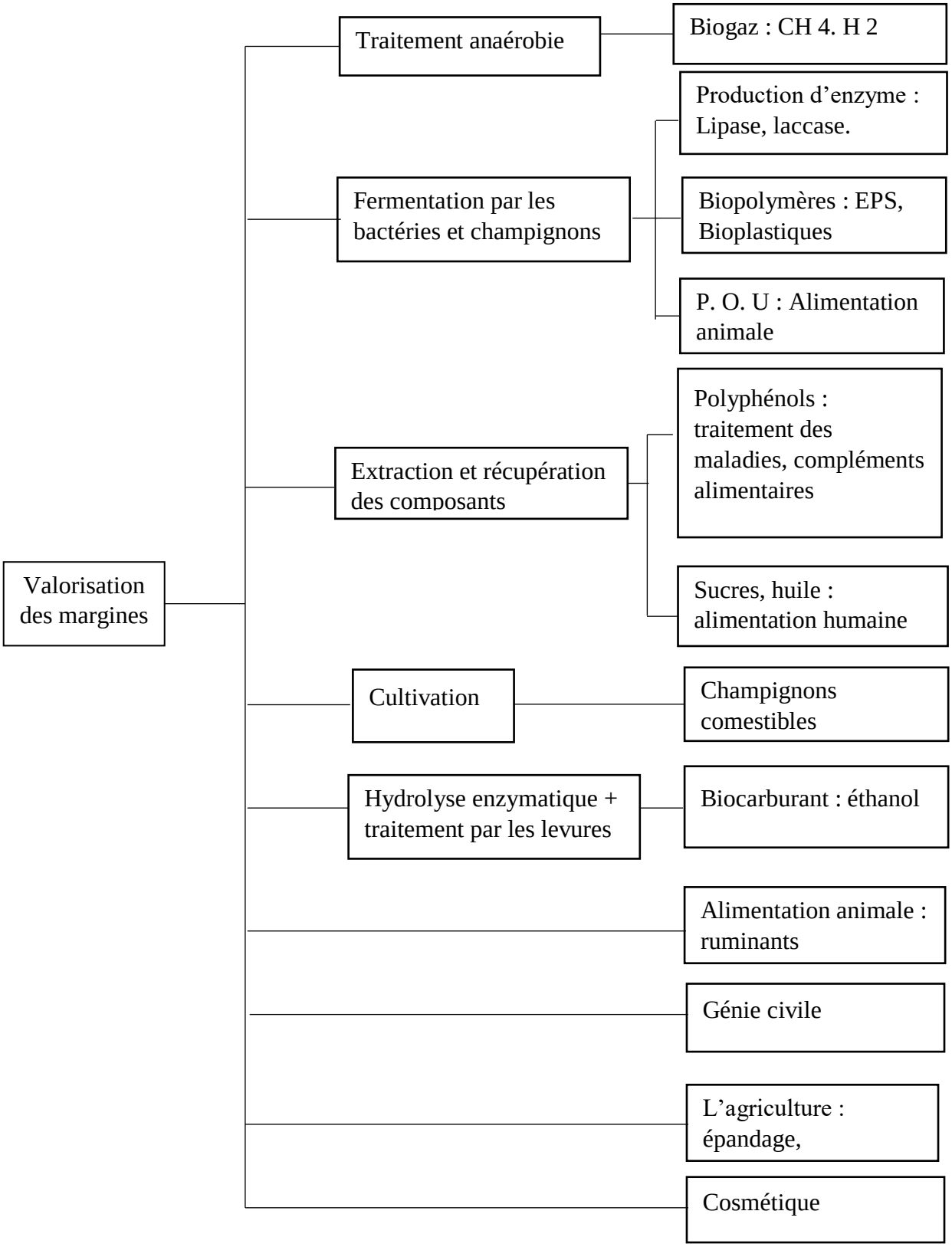

Figure 15 : Principales voies de valorisation et de traitement des margines **(Fiorentino et al., 2003).**

Conclusion

Conclusion

Cette étude rapporte les différentes méthodes de traitements et valorisation des margines issues de la production de l'huile d'olive. Les caractéristiques physico chimiques des margines ont révélé que ces sous-produits sont très riches en composées organiques peu dégradables et qui sont à l'origine de la pollution de l'environnement.

Pour l'élimination de ces polluants plusieurs méthodes de traitement physique, biologique, chimique, ont été rapportées. Certaines de ces techniques ne permettent pas d'éliminer la totalité de la pollution, d'autre sont souvent coûteuse ou génèrent une pollution secondaire nécessitant un traitement postérieur. Parmi ces méthodes on cite l'électrocoagulation qui est un traitement par les électrodes d'aluminium est un procédé compact et efficace permet la réduction de 85,7% de la conductivité électrique, un rapport de (DCO/ DBO5) est de 0,54 et une élimination de 92% de la matière organique non biodégradable, mais le seul problème rencontré dans cette méthode c'est qu'elle exige l'ajout de produits chimiques (coagulants, floculants pour cémentation, sels)**.** D'autre part, la nanofiltration, un traitement physique plus efficace qui permet la récupération potentielle des composés phénolique, et une réduction de 50% de la charge des effluents, solides en suspension totaux (83 à 99%), du carbone organique total (64 à 99%), de la demande d'oxygène chimique (53 à 77%) et de graisse (67 à 82%).

Les résultats rapportés dans ce travail, montre que l'utilisation de traitement chimique reste le moyen le plus efficace rapide pour la séparation de la matière organique, et pour résoudre le problème de pollution des rejets oléicoles. Il peut être aussi utilisé en tant que prétraitement ou traitement de finition après épuration biologique.

Les résultats de ces traitements ont montré leurs efficacités et la possibilité de valorisation dans différents domaines, en compostage qui relevait des résultats fiables et rentables, dans l'épandage agricole qui permet l'amélioration de la teneur de carbone minéral des sols. Par ailleurs, ces polluants peuvent être utilisés dans le domaine industriel notamment dans la production d'hydrogène, enzymes, des biopolymères, mais également comme antioxydants dans le domaine du cosmétique.

L'implantation d'un nouveau mode de gestion des ressources naturelles et de la production des déchets, devient une priorité et permettra donc de promouvoir le secteur oléicole, à travers le recours aux biotechnologies et aux innovations scientifiques afin de relever les défis d'amélioration de la qualité des produits oléicoles.

Références bibliographiques

Référence Bibliographiques

A

Amouretti. M-C., Comet. G, le livre de l'olivier, édition Edisud,1985.173 pages.

Argenson, Christian. Cueillette et stockage des olives. *O.C.L.* Janvier Février 1999, No 1, V 6, p.48.

Amic A et Dalmasso C. (2013). Unité de valorisation complète de déchets oléicoles par lombricompostage : Production de produits à haute valeur ajoutée : lombricompost, savon, collagène et lombrics. Thèse, Université Aix-Marseille (AMU). Faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme. P32

Achak M., Hafidi A., Ouazzani N., Sayadi S., Mandi L. (2009). Low cost biosorbent "banana peel" for the removal of phenolic compounds forme olive mill wastewater : Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials,* 166, 117–125.

Achak M., Ouazzani N., et Mandi L.2011. Élimination des polluants organiques des effluents de l'industrie oléicole par combinaison d'un filtre à sable et un lit planté. Revue des sciences de l'eau. vol. 24. N°1. p. 35-51.

Al Mallah K., Asma O.J., Abu Lail N.I. 2000. Olive mill effluent (OME) wastewater posttreatment using activated clay. Separation and Purification Technology. 20, 225-234.

Aharonov-Nadborny R., Tsechansky L., Raviv M., Graber E.R, 2017. Impact of spreading olive mill waste water on agricultural soils forleaching of metal micronutrients and cations. Chemosphere. ;179 :213-221 ; Availableon. https://www.researchgate.net/publication/315650642

Ángela Anglada, Ane Urtiaga, Inmaculada Ortiz, Dionissios Mantzavinos, Evan Diamadopoulos, 2011. Treatment of municipal and leachate by catalytic wet air oxidation: Assessment of the role of operating parameters by factorial design, waste management, 31, 1833-1844.

Arda Y., Nazli B. P., Semra Y.T. 2010. Performance evaluation on the treatment of olive mill waste water in vertical subsurface flow constructed wetlands. *Desalination*, 262 : 209–214.

Aguilera M., Quesada MT., Guerra del Aguila V., Morillo JA., Rivadeneyra MA., Ramos-Cormenzana A. et Monteoliva-Sanchez M. (2008). Characterisation of Paenibacillus jamilae strains that produce exopolysaccharide during growth on and detoxification of olive mill wastewaters. *Bioresource Technol*. 99 :5640–4.

Allouche. N, Fki. I, Sayadi. S, 2004. Toward a high yeild recovery of antioxidants and purified hydroxytyrosol from olive mill wasewaters. J Agric Food Chem. 52 : 267-73.

Akretche Hassina, Guillaume Pierre, Ramdane Moussaoui, Philippe Michaude, Cédric Delattre, 2019. Valorisation of olive mill wastwater for the development of biobased polymer films with antioxidant properties using ecofriendly prococesses. Green Chemistry 21 (11), 3065-3073.

Aissa Imen, Nadia Kharrat, Fatma Aloui, Mohamed Sellami, Mohamed Bouaziz, Youssef Gargouri, 2017. Valorisation des antioxydants extraits des eaux usées des moulins à huile, Biotechnologie et biochimie appliquée 64 (4), 579-589.

Aggoun-Arhab Moufida, 2016. Caractérisation de la composition en microconstituants des margines issues de la production oléicole et utilisabilité comme complément dans la ration chez la vache laitière, Doctorate thesis. Institut National de l'Alimentation et des Technologies Agroalimentaire (INATAA), Constantine, Algeria.

Azbar N., T.Keskin, E. Catalaya, 2008. Improvement in anaerobic degradation of olive mill effluent by chemical pretreatment using batch systems, Biochemical engineering journal, 38, 379-383.

Amor Carlos, Marcos S. Lucas, Juan Garcia, Joaquin R. Dominguez, J. Beltrain De Heredia & José A. Peres, 2015. Combined treatment of olive mill wastewater by Fenton's reagent and anaerobic biological. Page 161 -168.

Alique David, Giacomo Bruni, Raul Sanz, José Antonio Calles, Silvano Tosti, 2020. Ultra-pure hydrogen via co-valorization of olive mill wastewater and bioethanol in pd-membrane reactors, Processes 8 (2), 219.

B

Bianchi G., 2003. Lipids and phenols in table olive. European Journal of lipids And Science Technology 105 : 229-242.

Benyahia Nadia., Zein Karim, 2003, analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développée. Contribution spéciale de « Sustainable Business Associates » à l'atelier « pollution and Development issues in the Mediterranean Basin », 2ème Conférence Internationale « Swiss Environmental Solution for Emerging Countries » (SESEC II). Du 28-29 janvier 2003 à Lausanne, Suisse

Boskou D., Blekas G et Tsimidou M., 2006.Olive oil composition.DANS D.Bouskou (Ed)Olive oil,chimistry and technology(2nd editionà. Champaign II inois: American oil chemists Society.USA.pp41-72.

Benrachou N. 2013. Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition Biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est algérien. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie. 112p.

Benlemlih M. Ghanam J, Henri Joiyeux., 2016. Préface du livre « Polyphénols d'huile d'olive, trésors santé. »

Benlemlih M., H. Aissam, K. Szndide, 2001. Etude et traitement biologique préliminaire de la pollution azotée et phosphoée contenue dans les effluents d'industries agro-alimentaires. Ann.Chim. Sci.Mat :26, 391-396.

Bruneton J., 1999. Pharmacognosie, Phytochimie et plantes médicinales. Edition Technique et Documentation-Lavoisier, 3e édition, Paris, 421- 499

Beltran G., Jimenez A., del Rio C., Sanchez S. & Martinez L., Uceda M. & Aguilera M.P. 2010. Variability of vitamin E in virgin olive oil by agronomical and genetic factors. Journal of Food Composition and Analysis, 23, 633–639.

Ballus C.A., Meinhart A.D., de Souza Campos Jr., de Oliveira da Silva, L.F., de Oliveira, A.F. & Godoy, H.T. 2014. A quantitative study on the phenolic compound, tocopherol andfatty acid contents of monovarietal virgin olive oils produced in the southeast region of Brazil.Food Research International, 62, 74-83.

Benito M., Lasa J.M., Gracia P., Oria R., Abenoza M. & Varona L. 2013. Olive oil and functional bioactives in different parts of olive (Olea europaea L.)- A review. International Journal of Molecular Sciences, 13, 3291-3340

Boubekri.C.2014 ; Etudes de l'activité antioxydante des polyphénols extrais de Solanum melongena par des techniques électrochimiques.2014.

Bouzid W., M. Yahia1, M. Abdeddam, M.C.Aberkane et A.Ayachi, 2011. Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de l'aubepine monogyne.Leban.Scien.J.,12 :1-8.

Bandino G., and Dettori S., 2001. Manuale di olivi coltura. Italy. Ed. Regione Autonoma della Sardegna – Consorzio Interprovinciale per la Frutticoltura Cagliari-
Oristano-Nuoro,Cagliari 378 p.

Belaid, C, Kalled, Met Elleuch,2002. Identification de nouveaux composes phénoliques présents dans les rejets liquides d'huilerie d'olives (margines). Déchets. SCIENCES ET TECHNIQUES.27PP30634.

Ben Rouina Bechir, Mounir Abichou, Kamel Gargoui, 2010. Chercheeurs, Institut de l'Olivier, Tout sert, Rien ne se Perd.

Benamar A., F. Z. Mahjoubi, N. Barka, F. Kzaiber, K. Boutoial, Gomaa A. M. Ali, A. Oussama, 2020. Olive mill wastewater treatment using infiltration percolation in column followed by aerobic biological treatment.

Benitez FJ, Beltrán-Heredia J, Torregrosa J and Acero LJ, 1996. Treatment of wastewaters from olive oil mills by UV radiation and by combined ozone-UV radiation. *Toxicol. Environ. Chem.* 61, 173-185.

Ben Abbou M, 2014. Impact des déchets sur la qualité des ressources hydriques du bassin versant de l'Oued Inaouen et leur valorisation par compostage. Thèse de doctorat, Univ. Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc, 248 p.

Brka N., 2008. L'élimination des colorants de synthèse par l'adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photos catalytique sur TiO_2 supporté ; thèse doctorat. Faculté des sciences Agadir.

Bouraoui Chaima, Fayçal Ben Nejma, 2019. Numeracal study of the greenhose solar drying of olive mill wastewater under different conditions.

C

Cuellar. L. R, **1990.** Amélioration de la qualité de l'huile d'olive, Collection : Manuel pratique (Conseil Oléicole International).

Camato A, 1990. La qualité de l'huile d'olive vierge et les facteurs agronomiques. Oliva, vol31 ;20-31pp.

Clodoveo M.L, 2012. Malaxation: Influence on virgin olive oil quality. Past, present and Future. Trends in Food Science & Technology 25, 13-23.

Capasso R., De Martino A., Aienzo M, 2002. Recovery and characterization of the metal polymeric organic fraction(polymerin)from olive oil mill wastewaters.J Agric Food Chem.,5(10),2846-55.

Capasso R.,De Martino A.,Cristinzio G, 2002. Production, characterization,and effects on tomato of humic acid-like polymerin metal derivatives from olive oil mill waste waters.J Agric Food Chem.,50(14),4018-24p.

Casa, R. Dannibale. A, Pierucceti.F, Stazi. S. R, giovazzisermani. G et Lo casacio. B,2003. Reduction of phenolic components in olive-mill waste water by an enzyme treatement and its impact on durum wheat.Germinability chemosphere 50(8),959-966.

Chanforan C, 2010. Stabilité de micro-constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Thèse de doctorat, université d'Avignon et des pays de Vaucluse académie d'Aix-Marseille. Pp388.

Caturla N., Perez-Fons L., Estepa A.et Micol V, 2005. Differential effects of oleuropein,a biophenol from Olea europeae,on anionic and zwiterionic phospholipid model membranes.Chem.Phys.Lipids.137,2-17.

Casas-Sanchez J., Alsina M.A., Herrlein M.K.and Mestres C, 2007. Interaction between the antibacterial compound,oleuropein,and model membranes.ColloidPolym Sci.28 :131-1360.

Caputo M.C., De Girolamo A.M. & Volpe A, 2013. Soil Amendment with Olive Mill Wastes: Impact on Ground Water. Journal of Environnemental Management, 131, 216-221.

Chahid L., A. Yaacoubi, A. Bacaoui, E. Lakhal, 2015. Valorization of drinking water treatment sludge (DWTS) : Characterization and application as coagulant and sorbent for Olive Mill Wasterwater (OMW).

D

DI Giovacchino L, 1991. L'extraction de l'huile des olives par les systèmes de la pression, de la centrifugation et de la percolation : incidences des techniques d'extraction sur les rendements. Olivae, N°56, p. 15-38.

DSA. « Bilan de Direction des Services agricoles », Une production inattendue de plus de 25 millions de litre d'huile d'olive à Bejaïa. Publication : 10 Mars 2020.

DSA, 2020. « Direction des Services agricoles », Oléiculture : Une production prévisionnelle de plus de 22 millions de litre d'huile d'olive. Publication : Ouyougoute, 2020.

Dermeche S., Nadour M., Larroche C., Moulti-Mati F., Michaud P, 2013. Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. Process Biochem. 2013 ; 48 : 15321552.Available on :
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511313003917

De Muriel Cathode,2019. Docteur es science. Livre : Chlorella : Le super Alimant Santé, p40.

Dacosta, Y.2003 : Les phytonutriments bioactifs.Ed YvsDacosta.Paris.317p.

Derbel S., Ghedira k. (2005). Phytothérapie et nutrition : les phytonutriments et leur impact sur la santé. Phytothérapie.1 :28-34.

Daâssi D., Lozano-Sánchez J., Borrás-Linares I., Belbahri L., Woodward S., Zouari-Mechichi H., Mechichi T., Nasri M. & Segura-Carretero A, 2014. Olive oil mill wastewaters:Phenolic content characterization during degradation by Coriolopsis gallica. Chemosphere, 113,62–70

Domineco T.,Francesco C.,Maria G.S.,Vinceza V.,Maria Teresa C.D.,Antonella S.,Gabriela M.,Giusepe B, 2005.Mecanisms of Antibacterial Action of Three Monoterpes.Antimicrobial Agents and Chemotherapy.49 :2474-2478.

Drouiche M, Mignot. V, Lounici H, Belhocine D, Grib H, Pauss A, Mameri N, 2004. Acompa et process for the treatment of olive mill wastewater by combining of and UV/ H_2O_2 techniques. Desalination, 169, 81-88.

E

El Hajjouji Houda, 2007. Evolution des caractéristiques physico-chimiques, spectroscopiques et écotoxicologiques des effluents d'huileries d'olive au cours de traitements biologiques et chimique. Thèse de doctorat, institut polytechnique de Toulouse (France).

Eroglu E., Eroglu I., Gündüz U., Yücel M, 2008. Effect of clay pretreatment on photo fermentative hydrogen production from olive mill wastewater", Bioresource Technology, 99, 2008, 6799-6808.

Esmail A., Chahboun.N., Mennane.Z., Amiyare R., Abed H., Barrahi M., Qebibo A., Ouhssine M., Berny E.H. 2015. Étude de l'activité antimicrobienne des margines issues de Fès Boulman vis-à-vis de souches pathogènes [Study of antimicrobial activity of olive mille wastewater (OMWW) from Fez Boulman against some pathogenic strains]. J.Mater. Environ. Sci. 6 (3) 869-876.

El hadjjoudji. H, Fakhredine.NG.A, Wintterton.P, Bally.J.C, Hafid.M.2007. Treatment of olive mill waster by aerobic bioldegradation: an analytical study.Using gel permeation chromatography,ultra violetvisible and fourrier transform infrared spectroscopy.Bioresource technology.P.98.

Eroglu E., Gunduz U., Yucel M., Turker L. et Eroglu I,2004. Photobiological hydrogen production by using olive mill wastewater as a sole substrate source. Int J Hydrogen Energy. 29(2) :163–71.

Entezari Mohammad, Christian Petrier, Pierre Devidal, 2003. Sonochemical degradation of phenol in water : a comparison of classical equipment with a new cylindrical reactor, Ultrasonics Sonochemistry 10, 103-108.

F

Fourati H. Khlif M et Cossentini M, 2003. Etude comparative des caractéristiques Phomologiques et physicochimique d'une trentaine de cultivars d'olivier. Olivae, N° 42, p. 22 – 35.

Fiestas Ros de Ursinos J.A., Borja R, 1992. Use and treatment of olive mill wastewater : Current situation and prospects in Spain. Grasas y Aceites, 2 : 101-106.

Fistas Ros de Ursinos J.A., 1981. Differentes utilisations des margines.actes du Seminaire International sur la valorisation des sous-produits de l'olivier.Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture(FAO),Tunisie(1981),65.

Fezzani B., Ben Cheikh R, 2009. Extention of the biodegradation odel N0.1 (ADM1) to include phenolic compounds biodegradation process for the simulation of anaerobic co-digestion of olive mill wastes at thermophilic temperature. Journal of Hazardous Materials, 162, 1563-1570.

Fountoulakis M.S., Dokianakis S.N., Kornaros M.E., Aggelis G.G., Lyberatos G, 2002. Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the White-Rot Fungus Pleurotus Ostreatus. Water Res 36, 2002, 35-44.

Folly P, 2000. Catabolisme de la chlorophylle b structures, mécanismes et synthèse, 200p. Doctorat en sciences naturelles : Friboug (Suisse) : Faculté des sciences de L'université de Fribourg.

Fiorentino F.,Garofalo A.,De Santi G.,Bono.,G.B.Giustog.Norrito 2003. Spatio-temporel distribution of recruits(o group) of Merluccius and Phycisblennoides(Pisces ;Gadiformes)in the Strait of Sicily (Central Mediterranean).Hydrobiologie 503 :223-239p.

Fiorentino A., Gentili A., Isidori M., Monaco P., Nardelli A., Parrella A., Temussi F. 2003. Environmental effects caused by olive mill Waste waters : toxicity comparison of low molecular-weight phenol Components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 : 1005–1009.

G

Ghzelaoui M.,2011. Influence de la variété, nature du sol et les conditions climatiques sur la qualité des huiles d'olives des variétés Chemlal, Sigoise et d'Oléastre dans la wilaya de Tlemcen. Mém. Mag. Uni. Tlemcen, P 213.

Ghattas D.2004. Valorisation des margines par digestion anaérobie. Mémoire de diplôme d'études approfondies (DEA). Contrôle et gestion de qualité. « Application à l'agroalimentaire › ›. Institut de recherches agronomiques Libanais.p39.

Grégorio Crini, Eric Lichtfoune, 2019. Advantages and disadvantages of tehnques used for wastewater treatment. Environnemental Chemistry Lettres, Springer Verlag, 2019, 17 (1), pp. 145-155. 10.1007/s10311-018-0785-9. hal- 02082890.

Goncalves C., Pereira C., Belo I, 2010. Comparison of batch and fed-batch lipase production from olivemill wastewater by *Yarrowia lipolytica* and *Candida cylindracea. J Biotechnol*. 150S : S1–576. In Special Abstracts

H

Hammadi Chimi, 2006. Technologies d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PANTA. N^0 141 Juin. Maroc.

Hammadi Chimi (IVA Hassan II) et Ahmidou Ouaouich (ONUDI), expert national, 2000. Guide du producteur de l'huile d'olive, préparé dans le cadre du projet de développement du petit entreprenariat agro-industriel dans les zones périurbaines et rurales des régions prioritaires avec un accent sur les femmes au Maroc, cas de Kalaât Bni Rotten à Chefchaouen et de Jabryne à Ouazzane. Organisation des nations unies pour le développement industriel, Vienne.

Hamdi M. 1993. Valorisation et épuration des effluents des huileries d'olive, l'utilité de la microbiologie industrielle. Olivae. (46). p 20-24

Halliwell B. 1994. Free radicals and antioxidants:A personal view.Nutr.Rev.,52:253-265.

Hennebelle T., Sahpaz S.,Bailleul F, 2004. Polyphénols végétaux,sources,utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif ,phytothérapie.1 :3-6.

I

Imani,2018. En dépit de l'augmentation de la production oléicole. Bejaia : le prix de l'huile d'olive demeure élevé.

Itski Marom, 2016. Alamy banque d'image.

J

Jean-Jacques Macheix, Annie Fleuriet, Christian Jay-Allemand, 2015. Livre : les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires, importantes econimiqes.

Jagaba Ahmad Hussaini, Abbas Shuaibu, Ibrahim Umaru, Saifullahi Musa, Ibrahim Mohammed Lawai, Sule Abubakar, 2019. Stabilization of Soft Soil by Incinerated Sewage Sludge Ash from Municipal Wastewater Treatment Plant for Engineering Construction. Department of Civil Engineering, Abubakar Tafawa Balewa University Bauchi, Nigeria.

K

Kailis S., and Harris D., (2007). Table olive processing : général aspects. CSIRO Publishing, Landlinks Press Collingwood P131-189.

Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P. & Crowther J.C, 2008. Olive oil history, production andby-product management. Reviews in Environmental Science and Biotechnology 7, 1-26.

Ksouri R., Megdiche, W., Debez ,A.,Falleh,H .,Grignon,C.,Abdelly C, 2007. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte Cakile maritime.Plant.Physisiol Bioch.45:244-249.

Karapinar M., Worgan M, J, T, 1983. Bioprotein production from the waste products olive oil extraction, J. Chem.Tech. Biotechnol.,33,18-188.

Kadi K., R. Mrah, S. Hamli, S. Lekmine, D. Dib, D. Addad, S. Boukeria, Z. Guebouji, I. Hafsaoui, 2020. Evaluation of the anticoagulation activity of margines from olives extraction in the khenchela region. Journal of Fundamental and Applied Sciences.

L

Loussert R. et Brousse G., 1978. L'olivier. Ed. Maisonneuve, Paris, p25.

Lounici Hakim, Mameri Nabil, Andre Pauss, O. Yahiaoui, 2016. Traitement des margines par un procede couplant l'ultrafiltration et un reacteur bipolaire a electrodes en fer plans.

Lacomelli A. 2000. Olive mill waste water & SAP adopted by BACRON contracting parties. Work Shop on Agro- industry development in the coastal areas, with special focus on the olive oil industry. Beirut –Lebanon, 4- 6 December.

Lopez MJ., Moreno J. ET Ramos-Cormenzana A, 2001. Xanthomonas campestris strain selection for xanthan production from olive mill wastewaters. *Water Res*. 35 :828–1830.

M

Morilo R. J,1992. L'huile d'olive vierge du Bas Aragon.Olivae.Ed vol.42,36-39p.

Mendil M. & Sebai A. 2006. L'Olivier en Algérie. Institut Technique de L´Arboriculture Fruitiére et de la Vigne, Argel, Algeria. 48–86.

Mendil M. 2009. L'oléiculture : Expériences algériennes. Filaha Innove, 1111, 4762, p 06.

Mantzavinos, 2003. Removal of Benzoic Acid Derivatives from Aqueous Effluents by the Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide. *Original Research Article Process Safety and Environmental Protection*, 81, p 99-106.

Morillo JA., Guerra del Aguila V., Aguilera M., Ramoscormenzana A. et Monteoliva-Sanchez M. 2007. Production and characterization of the exopolysaccharide produced by Paenibacillus jamilae grown on olive mill-waste waters. World J Microbiol Biotechnol. 23 :1705–10.

Michelakis N. 1992. L'amélioration de la qualité de l'huile d'olive en grec. Passé, présent et avenir. Olivae, 1992, N° 42, p. 22-28.

McDowell, L.R. 2000. Vitamins in animal and human nutrition. Ames : Iowa State University Press.

Morillo J.A., Antizar-Ladislao B., Monteoliva-Sanchez M., Ramos-Cormenzana A.,Russell N.j.,2009. Bioremediation and biovalorisation of olive-mill wastes.Appl Microbiol Biotechnol,82,2-39.

Mekki H., Anderson M., Ben Zina M., Ammar E., 2008. Valorization of olive mill wastewater by its incorporation in building bricks. Journal of Hazardous Materials 158, 308–315.

Mébirouk M.,2002, Rejets es huileries,développement d'un procédé intégré pour la biodégradation des polyphénols dans les margines.CMPP NEWS n°1.

Middleton E., Kandaswami C.and Theoharides T.C. 2000.The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. Pharmacol Rev.52:673-839.

MhdAmmar Hafiz, Alaa H. Hawari, Radwan Alfahel, 2020. Treatment of Wastewater Using Reverse Osmosis for Irrigation Purposes.

Mekki A., Dhouib A. et Sayadi S. 2009. Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Prog Nat Sci.* 19 :1515–21.

Meksi N., Haddara., Hammamia S. et Mhenni Mf. 2012. Olive Mill Wastewater : a potential source of natural dyes for textile dyeing. *Ind Crop Prod*. 40 :103–9.

Mekki A, F. Aloui, A. Dhouib et S. Sayadi, 2012. Effects of Phanerochaete chrysosporium on biologic activity of soil amended with olive mill wastewater. J. Soli Sci. Environ. Manage, 3 (1), 1-8.

Mann J, Markham J.L, Peiris P, Nair N, Spooner- Hart R.N, Holford P, 2010. Screening and selection of fungi for bioremediation of olive mill wastewater. World J Microbiol Biotechnol, 26,567-571.

Messaouden S., Touatioui S. 2018. Développement de nanoparticules à base d'oxydes pour le traitement des margines des huileries d'olive par photocatalyse.

N

Niaounakis. M., Halvaakis.C. P, 2006. Olive Processing Waste Management,2nd Edition, Elsevier.

Nefzaoui. A, 1987. Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits, OLIVAE IV Tunisie.

Nefzaoui A. 1991. Valorisation des sous-produits de l'olivier. Option Méditerranéennes. Série n 16 : 101-108

Nefzaoui A. 1984. Importance de la production oléicole et des sous-produits de l'olivier. In : Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie. Étude FAO production et santé animales 43, Rome.

Naomi Tupper, 2012. Entreprise : Le marc d'olive breveté comme substrat pour la croissance des champignons.

Niaounakis M, Halvadakis CP, 2004. Olive mill waste management. Literature Review.

Nefzaoui A.1991. Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits. Option méditerranéennes,16,101-108.

Ntaikou I., Kourmentza C., Koutrouli ec., Stamatelatou K., Zampraka A., Kornaros M. et Lyberatos G, 2009. Exploitation of olive oil mill wastewater for combined biohydrogen and biopolymers production. Bioresource Technol.100 :3724–30.

O

ONAGRI, 2020. Le marché de l'huile d'olive au niveau nationale et mondial et mécanisme de régulation. Observation Nationale de l'Agriculture ONAGRI, 3 février 2020, Source : commission européenne, page1.

Oléiculture, 2020. Une production pressionnelle de plus de 22 millions s de litre d'huile d'olive. Publication :13 Janvier 2020.

Ochando-Pulido., Javier Miguel., Fragoso., Rita., Macedo., Antónia, et al. 2016. A Brief Review on Recent Processes for the Treatment of Olive Mill Effluents. In : Products from Olive Tree. University of Granada. Spain, 284-300.

Obied H., Allen M., Bedgood D., Prenzler P., Robards K., Stockmann R. Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste. Journal of agrical Food Chemistry,53, 2005, 823-837.

Oualid Soualah. M'Chedallah-Rejets polluants des huileries, Menace sur l'écosystème. Journal : dépêche de Kabylie. 10 Décembre 2018.

Ouabou E., A. Anouar, S. Hilal, 2014. Traitement de la margine brute d'huile d'olive par distillation suivi de neutralisation par la chaux. Journal of Applied Biosciences 79 : 6867-6872.

P

Pharm Minh D., Gallezot P.,Besson M.,2006. Degradation ofolive oil mill effluents by catalyc wet air oxidation.1. Reactivity of p-coumaric acid over Pt and Ru supported catalysts.Applied Catalysis B:Environmental 63,68-75.

Piotrowska A., Raoma., Scotti R. et Gianfreda L. 2011. Changes in soil chemical and biochemical properties following amendment with crude and dephenolized olive mill waste water (OMW). *Geoderma*.161 :8–17.

Pantziaros Alexis G, Sofia Jaho, Isidora Karga, Ikovos C Iakovides, Petros G Koutsoukos and Christakis A Paraskeva, 2017. Struvite precipitation and COD reduction in a two-step treatment of olives mill wastewater. J Chem Technol Biotechnol.

Paz Alicia, Nikolaivits Efstratios, Evangelos Topakas, 2020. Valorization of olive mill wastewater towards the production of L-asparaginases, Biomass Conversion and Biorefinery, 1-8.

Parinos C.S., C.D. Stalikas, Th. S. Giannopoulos, G.A. Pilidis, 2007. Chemical and physicochemical profile of wastewaters produced from the different stages of Spanish style green olives processing, Journal of Hazardous Materials, 145, 339-343.

R

Roehlly Y. 2000. La fabrication de l'huile d'olive. Une étude bibliographique. Ed : Ecole supérieure d'Agronomie Tropicale de Montpellier.

Rodreguez G., lama A., Rodreguez R., Jimenez A., Guillen R., et Fernandez-Bolanos J., 2008. Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds. Bioressource Technology 99 : 5261-5269.

Robards K. (2003). S trategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. Journal of Chromatography A, 1000, 657–691

Ranalli A. 1991. The effluent from olive mills : Proposals for re-use and purification with reference to Italian legislation. Olivae, 37 : 30-39.

Rodis P.S., Karathanos V.T., Mantazavinou A., 2002. Partitioning of olive oil antioxidants between oil and water phases.Journal of agricultural and food chemistry 50,596-601.

Ranalli A, 1991. L'effluent des huiles d'olives : propositions en vue de son utilisation et son épuration. Références aux normes italiennes en la matière. Olivae. 39, 18-34.

Rja Dakhli, 2017. Etude de l'effet de margines sur le comportement microbienndu sol : Suivi de la minéralisation du carbone, Laboratoire d'Erémologie et lutte contre le Desrtification, Institute des Région Arides 4119 Médénine Tunisie.

Reda Elkacmi, Noureddine Kamil, Mounir Bennajah, 2017. Nouvelle Méthode de Récupération des Polyphénols et d'autre Composants à partir des Margines Marocaines, Revue de l'Entrepreneuriat et de l'Innovation.

Rahmani Djedjiga, 2019. Huile d'olive : 80 % des sous-produits à valoriser.

Rais Zakia, Mounia EL Haji, Mohammed Benabbou, Zineb Majbar, Kenza Lahlou, Mustapha Taleb, Youness Zaytouni, Rabie Rheribi, Hassan Bouka et Mostafa Nawdali, 2017. Margine : traitement, valorisation dans la germination des grains de tomate et dans la filière de compostage, Revue des sciences de l'eau, Journal of Water scince.

S

Sansoucy R. 1984. Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen. Étude FAO Production et santé animale Synthèse no. 43 FAO Pub Rome.

Salvemini F.1985. Compositione chimica e valorizationebiologgica di un mangimeottenutoessicandotercamente le acque di vegetazionedelle olive.Riv.Delle SostanzaGrasse,112 :559-564p.

Sekour B., 2012. Phytoprotection de l'huile d'olive vierge (H.O.V) par ajout des plantes végétales (thym,ail,romarin). Mag.Université de Boumerdesse, p127.

Sifoun N.2008. Traitement des effluents des huileries d'olive par oxydation au H202, rapport,91p.

Shahidi F, Naczk M, 2003. Phenolics in food and nutraceuticals. Boca Raton, FL, USA : CRC Press; 21,37-53.

Salvemini F, 1985. Composizione chimica e valutazione biologica di un mangime ottenuto essicando tercamente le acque di vegetazione delle olive.Riv. Delle Sostanze grasse, 112, 559-564.

Suna Erses Yay A., Volkan Oral H., Turgut Onay T., Yenigün O. A, 2012. Study on olive oil mill wastewater management in Turkey: A questionnaire and experimental approach. Resour. Conserv. Recy.; 60 : 64-71. Available on : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344911002424

Sanche S., M. C. Fraga, N. A. Silva, P. Nunes, J. G. Crespo, V. J. Pereira, 2016. Pilot scale nanofiltration treatment of olive mill wastwater : a technical and economical evaluation. Environmental Science and pollution Research, 24, 3506-3518

Sadoudi M. ; Production et commercialisation de l'huile d'olive en Algérie ; Documentation du ministère de l'agriculture et de pêche, (1996).

Sbai Ghita, Mouhamed Loukili, 2015. La décoloration des rejets liquides de textile (noir de soufre) par voie électrochimique, Laboratoire des Sciences et Technologiques du Génie des procédés, Ecole Supérieure de Technologie, Route d'Imouzzer BP 2427 Fès, Maroc.

Sbai G., M. Loukili, 2015. Traitement des margines par un procédé couplant la coagulation-floculation et la voie électrochimique, Laboratoire des procédé, Energie Renouvelables et Environnement, Ecole Supérieure de Technologie, Fès- Maroc. European Scientific Journal March 2015, édition vol.11, No.9 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

Samouelian Frank, Valérie Gaudin, Martine Boccara,2009. Livre : Génétique moléculaire des plantes. P21.

T

Turkmen N., Veioglu Y.S., Sari F., Polat G.2007.effect of extraction conditions on measured total Polyphénols contents and antioxidant and antibacterial activites of black tea. Molecules,12,484-496.

Taleb Safia, 2018. Valorisation de la pollution engendrée dans la production d'huile d'olive : une résurrection bénéfique à notre environnement.

Thea, 2020. Green, Peloponnese, Messinia, Kalamata, Olive oil mill, extra virgin olive oil extraction, olive cleaning and washing process.

V

Villa.P,la culture de l'olive,Edition De Vecchi,2006, P 143.

Vekiari S.A., **Papadopoulou P**. **and Koutsaftakis A. (2002)**. Comparison of different olive oilextraction systems and the effect of storage conditions on the quality of the virgin olive oil. Grasas Aceites. **53** : 324–9.

Y

Yahyaoui N., 2012. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif. Mémoire de magister. Université de Mouloud Mammeri. Tiziouzou.p129.

Youy J. Fedelli E. Nawari V, 1988. Riva sa Italiana dell sostanze Grasse, Italie vol. 65 (4), 196-199.

Yaakoubi. A, a. Chahlaoui, m. Rahmani, m. Elyachioui et y. Oulhote, 2009. Effet de l'épandage des margines sur la microflore du sol, agrosolutions, septembre, 20, 20-25.

Z

Zahari A., Tazi A., Azzi M.2014. Optimisation des conditions de traitement des margines par un superoxydant K3FexMny08[Optimization of treatment conditions of olive Oil Mill Wastewater by superoxidant K3FexMny08]. J. mater. Environ.Sci.,5(2)484-489p**.**

Zawlotzki Guivarch E, 2004. Traitements des polluants organiques en milieu aqueux par procédé de l'éléctrochimique d'oxydation avancér « Electro-fenton », Application à la minéralisation des colorants synthétiques ? Thèse de doctorant. Université de Marne – la-Vallée.

Zghari Badreddine, Fatima Benyoucef, Abdellatif Boukir, 2018. Impact environnemental des margines sur les eaux d'oued oussefrou : Caracterisation physico-chimique et evaluation par chromatographie gazeuse couplee a la spectrometre de masse (CPG-SM). American journal

of innovative Research and Applied Sciences. ISSN 2429- 5396/ www.american-jiras.com. P276 ,277.

Zarva A., L-M. Papaspyridi, E. Topakas, 2017. Valorisation of olive mill wastwater for the production of B-glucan from selected basidiomycetes. Waste and Biomass Valorisation, 8,1721-1731.

Zagklis D.P., E.C.Arvantini, V.G.Paraskeva, 2013. Sustainability analysis and benchmarking of olive mill wastewater treatment methods,J.Chem. Technol.Biotechnol. 88, 742-750.

Site web

(www.depechedekabylie.com)

(Https ://www.agrimaro.net).

(alamyimages.fer/photos-image-en-appuyant-sur-l-huile-d-olive)

Résumé

Les margines constituent un sous-produit de l'industrie oléicole, dont le rejet sans aucun traitement préalable nuit à l'environnement et pose de sérieux problèmes en raison de leur richesse en matière organiques. D'où l'objet de ce travail qui consiste à rapporter les résultats récents des différentes méthodes de traitement des margines et en proposer des voies de valorisation. L'étude comparative de ces procédés a révélé que le traitement le plus efficace pour la réduction de la charge polluante sur l'environnement est celui de l'électrocoagulation. Néanmoins d'autres traitements chimiques sont très utilisés en raison de leur facilité et moindre coût. En plus de leur utilisation pour le compostage et l'épandage des sols, les margines sont une source de composés phénoliques qui peuvent être récupérés et utilisés dans différents domaines : pharmaceutique, cosmétique et autres.

Mots clés : margine, traitement, composés phénoliques, valorisation

Abstract

The oil mill wastewaters is a by-product of the olive industry, the discharge of which without any prior treatment harms the envirenment and poses serious problems due to their richness in organic matter. Hence the purpose of this work, which consists in reporting the recent results of thevarious methods of treating vegetable waters and proposing ways of valuing them. The comparative study of these processes revealed that the most effective treatment for reducing the pollutant load on the environment is that of electrocoagulation. However, other chemical treatments are widely used because of their ease and lower cost. In addition to their use for composting and soil spreading, vegetable waters are a source of phenolic compounds that can be recovered and used in different fields : pharmaceutical, cosmetic ant others.

Keywords : olive mill wastewater, treatment, phenolic compounds, recovery.