



Université A. Mira-Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Génie Des Procédés



## Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences et Génie de  
l'Environnement

Option : Génie des Procédés de l'Environnement

Présenté par

M<sup>lle</sup> KHERMANE Tassadit

M. AHMIEM Houdaifa

**Thème**

**Les margines: Etat de l'art sur leur production, leur  
composition, leurs impacts environnementaux et leurs  
traitement et valorisation**

Soutenu le 29/09/2020

Devant le jury composé de

M <sup>me</sup> N. CHERCHOUR	Maitre de conférences classe A à l'Université de Béjaïa	Présidente
M. M. HAMACHI	Professeur à l'Université de Béjaïa	Examineur
M. M. AZZOUG	Maitre de conférences classe A à l'Université de Béjaïa	Encadreur
M <sup>me</sup> O. SENHADJI	Professeur à l'Université de Béjaïa	Co-Encadreur

## REMERCIEMENTS

*Nous remercions dieu de nous avoir donné le courage et la volonté de réaliser ce modeste travail.*

*Nos remerciements les plus sincères à Mr AZZOUG et Mme SENHADJI pour leurs enseignements et leurs précieux conseils, dans l'élaboration de ce mémoire.*

*Nos remerciements pour les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre présentation et notre travail.*

*Nous remercions également le responsable de l'université, faculté de technologie, le département de génie des procédés et toute la promotion  
2020*

*Nous remercions aussi toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour rédiger ce travail.*

## *Dédicace*

*A Mes Très chers Parents*

*Je dédie ce mémoire à mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études.*

*Trouvez ici, chère mère et cher père, dans ce modeste travail, le fruit de tant de dévouements et de sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude et de mon profond amour.*

*Puisse Dieu leur accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie leurs vieux jours.*

*A Mon cher grand-père paternel*

*Que Dieu vous préserve santé et longue vie.*

*A*

*la mémoire de mon grand-père maternel,*

*la mémoire de mes grand-mères*

*Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.*

*À mes chères sœurs, mes chers frères*

*Kahina, Bournane, Hania, Katia, Idir et Amazigh*

*Pour leur appui et leur encouragement*

*A mon oncle AIT IGHIL Tahar et toute sa famille*

*À mon binôme Houdaifa qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail*

*A toutes mes amies*

*A toute la famille KHERMANE et la famille AIT KHELIFA.*

*Tassadit*

## *Dédicace*

*A mes très chers parents*

*Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer toute ma reconnaissance et tout l'amour que je vous porte.*

*Ce travail représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices, et vos encouragements.*

*Jamais il n'aurait vu le jour sans les conseils que vous avez consentis pour mon éducation.*

*Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.*

*A mes très chères sœurs et mes chers frères.*

*Pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de la réalisation de ce travail.*

*A mes amis et collègues.*

*A toute la famille AHMIEM.*

*Houdaifa*

## LISTE DES ABREVIATIONS

**BREF** : (Best Available Technique Référence Documents) Meilleure Référence Technique Disponibles des Documents

**°C** : Celsius

**CEE** : Communauté Européenne Economique

**cm** : centimètre

**COT** : Carbone organique total

**DBO** : Demande Biologique en Oxygène

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**DSA** : La Direction des Services Agricoles

**€** : euro

**FAO** : (Food and Agriculture Organization) L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

**g**: gramme

**ha** : hectare

**hl** : hectolitre

**IPPC** : (Integrated Pollution Prevention and Control) Prévention Intégrée de la Pollution et de Contrôle

**J** : joule

**K**: kelvin

**kg**: kilogramme

**kJ**: kilojoules

**KWh**: kilowatt-heure

**l** : litre

**m** : mètre

**m<sup>3</sup>** : mètre cube

**MADR** : Ministère De l'Agriculture et du Développement Rural

## LISTE DES ABREVIATIONS

**MES** : Matière En Suspension

**mg** : milligramme

**MPa** : Mégapascal

**mS**: milli siemens

**OI** : Osmose Inverse

**OMWW** : (Olive Mill WasteWater) Les margines

**pH**: Le potentiel hydrogène

**ppm** : partie par million

**PT** : Polyphénols Totaux

**Qx** : Quintaux

**t** : tonne

**UE** : Union Européenne

**UF** : Ultrafiltration

**USAB** : (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) Réacteur Anaérobie à Flux Ascendant

**WAO** : (Wet Air Oxydation) Oxydation par Voie Humide

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. 1: Repartition de la production de l'huile d'olive dans le monde .....	2
Figure 1.2 : Zone oléicole en Algérie .....	4
Figure 1.3 : Evolution de la production oléicole en Algérie .....	4
Figure 1.4 : Types et nombre d'huileries à Béjaïa .....	6
Figure 1.5 : Les processus d'extraction de l'huile d'olive .....	7
Figure 1.6 : Meule de granit a deux roues (A), Presse hydraulique (B), Scourtins contenant Les grignons secs à la sortie de la presse (C).....	9
Figure 1.7 : Diagramme de production de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif du système traditionnel.....	11
Figure 1.8 : Diagramme de production de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif du système d'extraction a trois phases.....	13
Figure 1.9 : Diagramme de production de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif d'extraction a deux phases .....	14
Figure 2.1: Echantillon de la margine pour analyse au laboratoire.....	18
Figure 2.2 : Structure de noyau phénol.....	20
Figure 2.3 : Bassin de stockage/évaporation (A). Margines jetées dans le la nature sans traitement préalable (B) A Marrakech (Maroc) .....	22
Figure 2.4 : Blocs de pierre extrait d'un réseau d'assainissement à Fès (Maroc).....	24
Figure 2.5 : Impacts environnementaux des rejets des margines dans le milieu naturel.....	25
Figure 3.1 : Brique non cuite obtenues à partir des margines .....	35
Figure 3.2 : Principales voies de valorisation et de traitement des margines .....	35
Figure 3.3 : Bassin d'évaporation naturelle des margines .....	37
Figure 3.4 : Schéma explicatif de l'évaporation forcée .....	38
Figure 3.5 : Schéma général et bilan approximatif du traitement anaérobie .....	40
Figure 3.6 : Schéma général et bilan approximatif du traitement aérobie de la margine .....	41
Figure 3.7 : Schéma explicatif du phénomène de l'adsorption .....	43
Figure 3.8 : Isotherme de Langmuir .....	44
Figure 3.9 : Isotherme de Freundlich.....	45
Figure 3.10: Schéma et bilan de matière approximatif du procédé de biofiltration.....	47
Figure 3.11 : Schéma général du principe de l'électrocoagulation et bio méthanisation pour le traitement des margines .....	49
Figure 3.12 : Usine pilote de traitement des eaux usées issues de l'extraction de l'huile d'olive à Kandano (une Region de Chania, Crète) .....	56
Figure 3.13 : Usine pilote de traitement des eaux usées d'un moulin à huile d'olive dans la région de Kalyvia, Attique .....	57





## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Production mondiale de l'huile d'olive ( $10^3$ tonnes).....	3
Tableau 1.2 : Type et nombre d'huileries dans l'industrie oléicole Algérienne.....	5
Tableau 1.3 : Evolution de la production d'olive, de l'huile d'olive et du rendement oléicole dans la région de Béjaïa depuis la saison 2014/2015.....	5
Tableau 1.4 : Production oléicole dans certaines communes de la wilaya de Béjaïa.....	6
Tableau 1.5 : Analyse "input-output" des matières et de l'énergie pour les trois systèmes d'élaboration de l'huile d'olive.....	15
Tableau 2.1 : Caractéristiques physico-chimiques des margines .....	18
Tableau 2.2 : Composition des margines.....	19
Tableau 2.3 : Composés minéraux des margines.....	19
Tableau 2.4 : Les principaux composés phénoliques des margines .....	21
Tableau 2.5 : Valeurs limites Algériennes des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels .....	26
Tableau 2.6 : La composition de margine comparée à la norme tunisienne.....	27
Tableau 2.7 : Volumes annuels maximums de margine autorisés à être éliminés pour les moulins à olive à centrifugeuse biphasée à chypre .....	30
Tableau 2.8: Volumes annuels maximums de margines autorisés à être éliminés pour les moulins à olives à centrifugeuse triphasée à chypre .....	31
Tableau 3.1 : Apports en éléments fertilisants.....	32
Tableau 3.2 : Traitement biologique anaérobie des margines .....	39
Tableau 3.3 : Différents systèmes d'oxydation avancée utilisés pour le traitement des margines	51
Tableau 3.4: Etudes de quelques traitements des margines en Algérie .....	59

## **LISTE DES TABLEAUX**

Sommaire

Introduction générale -----1

**Chapitre 1 : Production de l’huile d’olive et impacts environnementaux**

1. Production de l’huile d’olive et impacts environnementaux -----2  
1.1. Introduction -----2  
1.2. Production mondiale de l’huile d’olive -----2  
1.3. Production oléicole algérienne -----3  
1.4. Oléiculture à Bejaïa -----5  
1.5. Systèmes d’extraction de l’huile d’olive -----7  
1.5.1. Système traditionnel -----8  
1.5.2. Système continu à trois phases -----9  
1.5.3. Système continu à deux phases -----12  
1.6. Consommation d’eau par le secteur de production d’huile d’olive -----15  
1.7. Sous-produits d’extraction de l’huile d’olive -----16  
1.8. Conclusion -----16

**Chapitre 2 : Les margines**

2. Les margines -----17  
2.1. Introduction -----17  
2.2. Définition -----17  
2.3. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des margines -----17  
2.3.1. Caractéristiques physico-chimiques -----17  
2.3.2. Caractéristiques microbiologiques -----18  
2.4. Composition des margines -----19  
2.4.1. Fraction minérale -----19  
2.4.2. Fraction organique -----20  
2.4.3. Composés phénoliques des margines -----20  
2.5. Pouvoir polluant des margines -----21  
2.6. Impacts environnementaux des margines -----22  
2.6.1. Pollution de l’eau -----23  
2.6.2. Pollution de l’air -----23

2.6.3. Pollution des sols -----	23
2.6.4. Réseaux d'assainissement -----	23
2.7. Cadre législatif et normatif sur les rejets d'eaux usées du secteur oléicole -----	26
2.7.1. Algérie-----	26
2.7.2. Tunisie -----	27
2.7.3. Italie -----	28
2.7.4. Espagne -----	29
2.7.5. Portugal -----	29
2.7.6. La République de Chypre -----	30
2.8. Conclusion -----	31

### **Chapitre 3 : Traitement et valorisation des margines**

3. Traitement et valorisation des margines -----	32
3.1. Introduction -----	32
3.2. Valorisation des margines -----	32
3.2.1. Fertilisation des sols agricoles -----	32
3.2.2. Le compostage -----	33
3.2.3. Obtention de biogaz -----	34
3.2.4. Utilisation en alimentation animale -----	34
3.2.5. Utilisation en génie civil -----	34
3.3. Traitements des margines -----	36
3.3.1. Procédés thermiques -----	36
3.3.2. Procédés biologiques -----	38
3.3.3. Procédés physiques -----	42
3.3.4. Procédés physico-chimiques -----	48
3.3.5. Traitement d'oxydation avancée -----	49
3.4. Études de cas sur les traitements des margines dans le monde -----	52
3.4.1. En Espagne -----	52
3.4.2. En Grèce -----	55
3.4.3. En Italie -----	57
3.4.4. En Tunisie -----	58
3.4.5. Algérie -----	58

3.5. Conclusion-----	60
Conclusion générale -----	61

## **Introduction générale**

Sur la campagne de 2019-2020, le monde a produit près de 3 200 000 000 de litres d'huile d'olive (3,121 millions de tonnes) (**Commission Européenne, 2020**). La production se concentre principalement dans les pays méditerranéens avec 95% du produit mondial. Le plus gros producteur est l'union européenne, c'est aussi le premier consommateur de cette denrée. Le rendement moyen d'extraction de l'huile d'olive est d'environ un cinquième (1/5), autrement dit, pour chaque 20 kg d'huile, il y aura 80 kg de déchets (produits secondaires : grignon solide et margines liquides) qui sont créés, auxquels s'ajoute une certaine quantité d'eau injectée aux différentes étapes du process d'extraction d'huile d'olive. L'industrie oléicole est une activité économique importante. En Algérie, l'oléiculture est la première richesse arboricole du pays, elle constitue une source de subsistance de milliers de familles dans certaines régions, notamment la Kabylie. Cependant, les déchets générés par cette activité sont très peu valorisés dans le monde en général et en Algérie en particulier, notamment les margines. Elles posent de sérieux problèmes environnementaux car elles sont chargées en matières organiques minérales et en polyphénols.

Ce travail de fin d'étude du cycle Master se propose de traiter la problématique des margines à travers une synthèse bibliographique. Il s'articulera autour de trois chapitres. Le premier chapitre traitera du secteur de production d'huile d'olive. Le deuxième chapitre est lui consacré aux margines générées par ce secteur, leur composition, leurs impacts sur les milieux naturels et enfin le troisième chapitre est un bref aperçu des techniques de traitement et de valorisation de ces effluents liquides.

## Chapitre 1

### Production de l'huile d'olive et impacts environnementaux

#### 1. Production de l'huile d'olive et impacts environnementaux

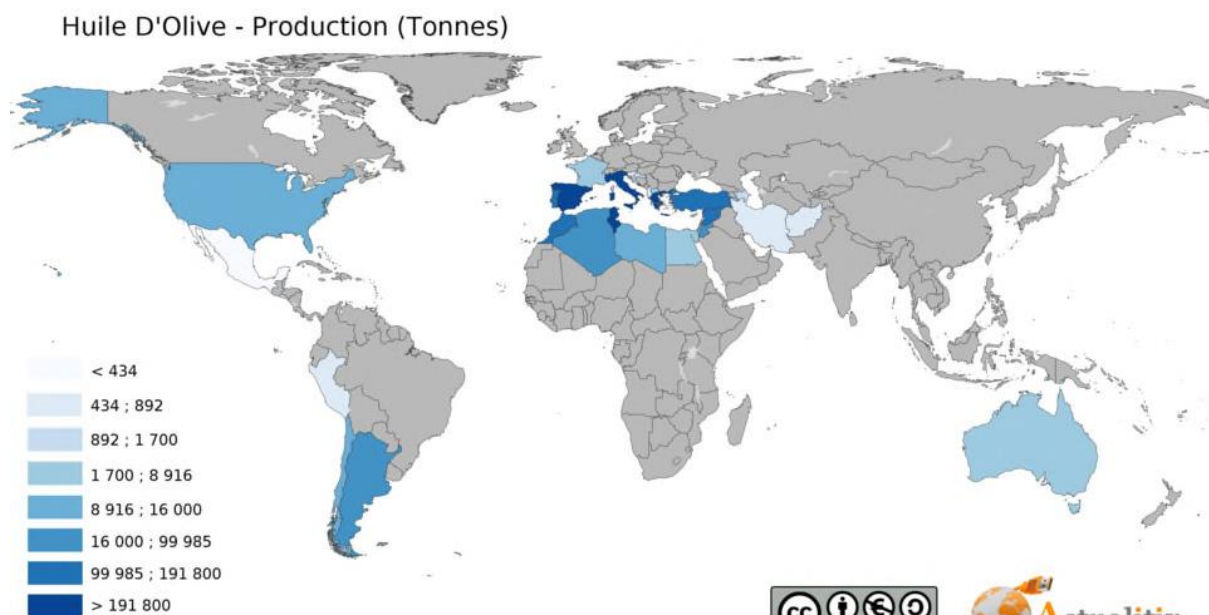
##### 1.1. Introduction :

La culture des olives fait partie de la tradition des pays méditerranéens, parmi lesquels notre pays l'Algérie. C'est un symbole de civilisation et en même temps un délice nécessaire sur leur table. En plus, le fruit d'olivier est utilisé pour extraire une des principales huiles alimentaires, l'huile d'olive.

L'huile d'olive est très appréciée pour sa saveur caractéristique qui est fortement influencée par plusieurs paramètres tels que : la maturité des olives, la variété de ces dernières, les techniques culturales et le mode d'extraction.

##### 1.2. Production mondiale de l'huile d'olive :

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), la production d'huile d'olive se concentre principalement dans les pays du pourtour méditerranéen : Espagne, Italie, Grèce, Turquie, Syrie, Tunisie et Maroc (Figure 1.1).



**Figure 1.1 : Répartition de la production de l'huile d'olive dans le monde (FAO, 2016)**

La Commission Européenne a estimé que la production mondiale de l'huile d'olive a atteint 3,121 millions de tonnes au cours de la campagne 2019/2020. L'Union Européenne



(UE) 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 1.1). 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 tonnes<sup>1</sup> (+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).

**Tableau 1.1 : Production mondiale de l'huile d'olive (10<sup>3</sup> tonnes) (Commission Européenne, 2020)**

<b>Production</b>	<b>2018/2019</b>	<b>2019/2020</b>	<b>variation</b>
<b>Espagne</b>	1790	1230	-31%
<b>Italie</b>	174	322	85%
<b>Tunisie</b>	140	350	150%
<b>Grèce</b>	120	300	150%
<b>Turquie</b>	194	225	16%
<b>Maroc</b>	200	145	-28%
<b>Portugal</b>	100	120	20%
<b>Algérie</b>	97	82	-15%
<b>Total UE</b>	2264	1989	-12%
<b>Total monde</b>	3178	3121	-2%

### 1.3. Production oléicole Algérienne :

L'Algérie fait partie des principaux pays méditerranéens dont le climat est des plus propices à la culture de l'olivier. Elle se positionne après l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie qui sont par ordre d'importance, les plus gros producteurs d'huile d'olive. La filière oléicole occupe 389 000 ha (**Lamani et Ilbert, 2016**).

L'oléiculture est concentrée dans le nord du pays (figure1.2), exclusivement au niveau de 6 principales wilayas, trois wilayas de la région du Centre, qui représente plus de 50% de

la surface oléicole nationale (Bejaia, Tizi-Ouzou, Bouira) et trois de la région Est (Bourdj Bou Arreridj, Sétif et Jijel). Quant au reste du verger oléicole plutôt consacré à la production d'olives de table, il se trouve essentiellement dans trois autres wilayas (Tlemcen, Mascara et Relizane) (Lamani et Ilbeert, 2016). Le département de l'agriculture des États-Unis (USDA) a estimé, à 80 mille tonnes la production algérienne d'huile d'olive pour la campagne 2019/2020 (figure 1.3)



Figure 1.2 : Zone oléicole en Algérie (Oreggia et Marinelli, 2017)

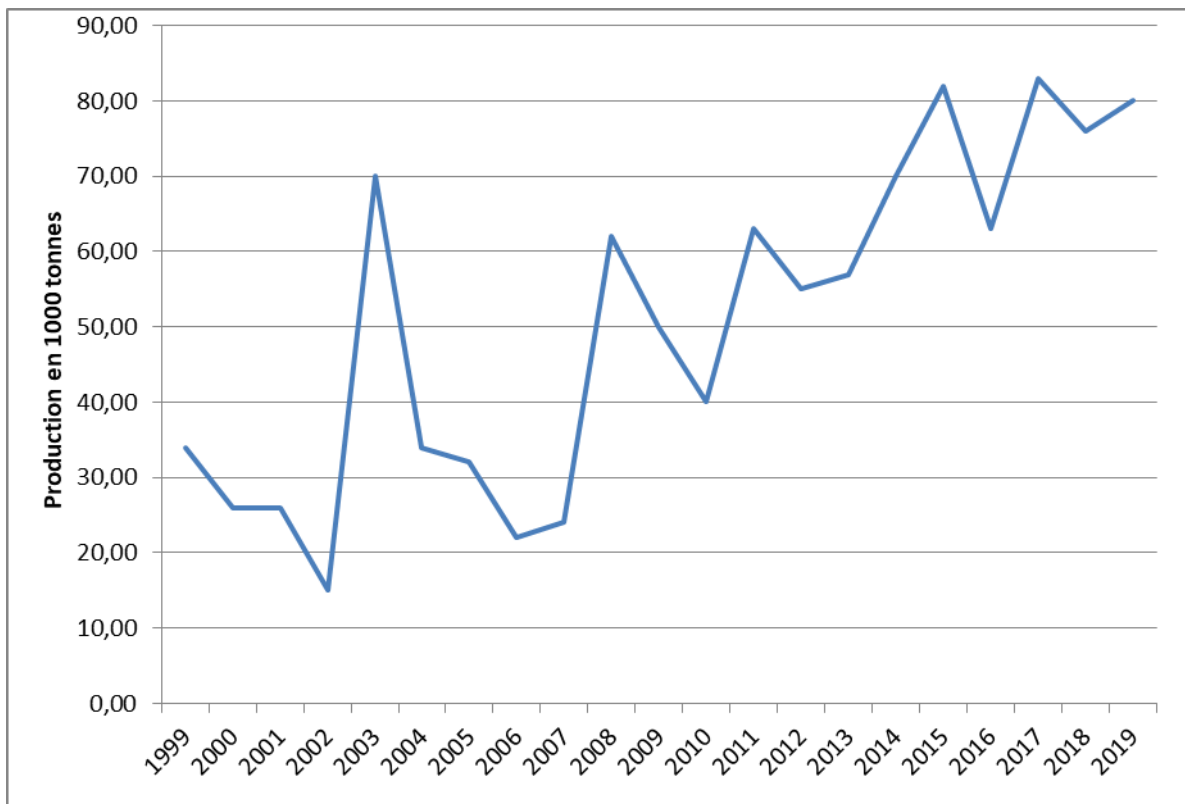


Figure 1.3 : Evolution de la production oléicole en Algérie (USDA,2019)

Des données collectées auprès des Directions des Services Agricoles des wilayas, font ressortir un nombre d'huileries qui s'élève à 1680 huileries à travers le territoire national.

Selon le Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural (**MADR**) l'industrie oléicole algérienne comporte trois types d'huileries ; les huileries traditionnelles (56% du parc de transformation), les huileries super presse (21%) et enfin les huileries chaînes continues (23%) (Tableau1.2).

**Tableau 1.2 : Type et nombre d'huileries dans l'industrie oléicole algérienne (MADR,2014)**

	Huileries Traditionnelles	Huileries semi-automatiques	Huileries Automatiques (modernes)	Total
<b>Nombre</b>	930	363	386	1680
<b>%</b>	56	21	23	100

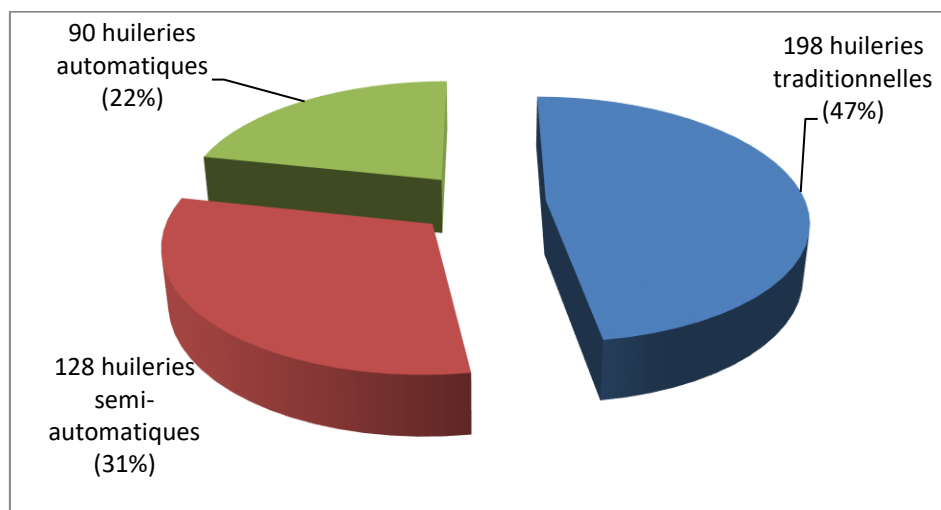
#### 1.4. Oléiculture à Béjaïa :

L'arboriculture rustique reste la base de l'agriculture dans la région de Kabylie (Béjaïa, Tizi Ouzou, Bouira). Les arbres fruitiers les plus cultivés sont l'olivier, le figuier, l'amandier et l'abricotier. Cependant, l'oléiculture reste de loin celle qui marque fortement la vie sociale, économique et culturelle de la région (**Lamani, 2014**). En Kabylie, Béjaïa fait figure de première wilaya productrice de l'olive et de l'huile d'olive à l'échelle régionale et même au niveau national, avec une production instable résultante des conditions climatiques principalement (Tableau 1.3).

**Tableau 1.3 : Evolution de la production d'olive, de l'huile d'olive et du rendement oléicole dans la région de Béjaïa depuis la saison 2014/2015 (Direction des Services Agricoles, 2019)**

Campagnes agricoles	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
<b>Quantité d'olives triturée(Qx)</b>	893428	1001690	600550,75	987520,60	890332,91
<b>Quantité d'huile(hl)</b>	193312	212725,80	124167,87	181363,45	194712,91
<b>Rendement (l/Qx)</b>	21,64	21,24	20,68	18,36	22

Cette production est répartie sur plusieurs communes (Tableau 1.4) et assurée par 198 huileries traditionnelles avec une capacité de trituration de 5337 quintaux par jour, 128 huileries semi-automatiques assurant la trituration de 5745 quintaux par jour et enfin 90 huileries automatiques d'une capacité totale de 111 00 quintaux par jour (**Direction des Services Agricoles, 2019**) (figure 1.4).



**Figure 1. 4 : Types et nombre d'huileries à Bejaia (Direction des services agricoles, 2019)**

**Tableau 1. 4 : Production oléicole dans certaines communes de la wilaya de Béjaïa (Direction des Services Agricoles, 2019)**

Commune	Superficie (ha)	Quantité d'olive (Qx)	Quantité d'huile d'olive (hl)	Rendement (hl/ha)
<b>Beni Maouche</b>	3019, 40	38880, 96	9720, 25	3, 21
<b>Ait Arzine</b>	4444, 5	90130	18930	4, 25
<b>Ighil Ali</b>	3619	65530	13765	3, 8
<b>Boudjlil</b>	4062	79557	16692	4, 1
<b>Bouhamza</b>	2927	34818, 9	8704, 72	2, 97
<b>Amizour</b>	2407, 5	32156	6752, 76	2, 8
<b>Amalou</b>	2520, 5	29731, 7	7432, 92	2, 94
<b>Seddouk</b>	2387, 88	25106, 78	6276, 7	2, 62
<b>Akbou</b>	1546.5	27360	5472	3.53
<b>Tazmalt</b>	1707.25	42318	8879	5.2

Selon la Direction des Services Agricoles (DSA), la wilaya de Béjaïa totalise 416 huileries qui génèrent des déchets liquides (margines) d'environ 433067.05 hl/an et des déchets solides (grignons) d'environ 373313 Qx/an (DSA, 2019).

### 1.5. Systèmes d'extraction de l'huile d'olive :

L'huile d'olive a été élaborée pendant des siècles au moyen d'un système de pression utilisant différents mécanismes, des presses à vis ou à piston, aux presses hydrauliques, en passant par la presse à poutre, très diffusée dans divers cultures méditerranéennes. C'est à partir de la fin des années 60 et du début des années 70, même si les premières expériences datent de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, qu'ont été introduits, au niveau industriel et de façon significative, les systèmes d'élaboration basés sur la force centrifuge, appelés systèmes continus de même que la substitution de la presse et de ses éléments auxiliaires, les scourtins, par les décanteurs centrifuges (figure 1.5). Cette transformation, lente au début, s'est généralisée dans les pays producteurs jusqu'à représenter plus de 80% des systèmes d'extraction (Mendoza, 1999 ; Amirantes, 1999).

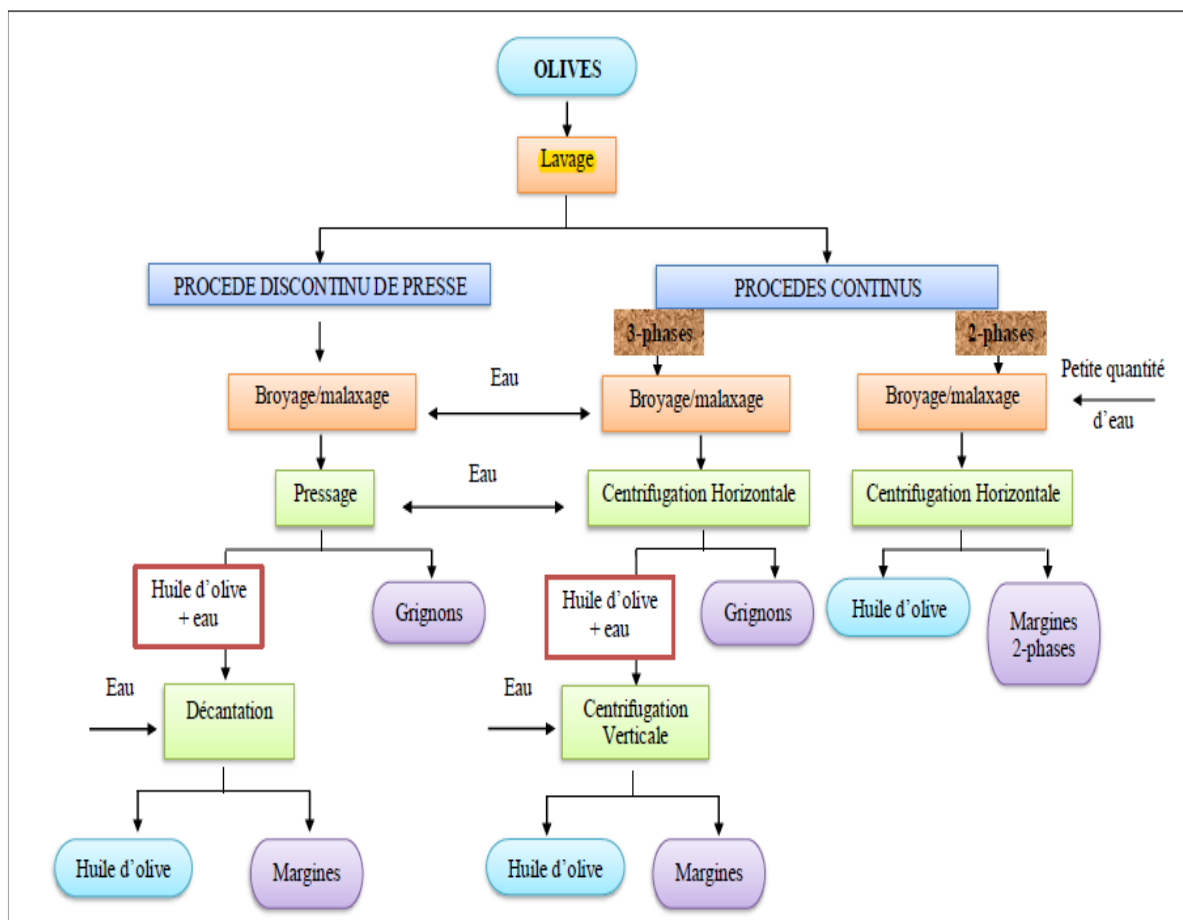


Figure 1.5 : Les processus d'extraction de l'huile d'olive (Morillo et al., 2009)

### 1.5.1. Système traditionnel :

Traditionnellement, et jusqu'à l'apparition des méthodes modernes d'extraction par centrifugation, la méthode d'extraction par pression était l'unique procédé d'obtention d'huile d'olive. Avec cette méthode, l'olive, stockée et lavée dans la cour de l'huilerie, est broyée dans un moulin en pierre (figure1.6). La pâte solide qui en résulte est étendue en fines couches sur des disques de matière filtrante (toile ou plus récemment fibre plastique) appelés scourtins (figure1. 6). On entasse les scourtins les uns sur les autres dans un wagonnet, et ils sont guidés par une aiguille centrale. L'ensemble formé par le wagonnet, l'aiguille et les scourtins entassés enduits de pâte porte le nom de **charge**. On soumet cette charge au pressage à l'aide d'une presse hydraulique (figure1.6). La pression subie est générée par un groupe de pompes hydrauliques situées dans la **boîte à pompes**.

Cette opération est discontinue et compte 3 étapes :

- formation de la charge
- pressage
- nettoyage des scourtins

Une fois la charge formée, on commence à appliquer la pression et on obtient un liquide qui coule sur le wagonnet. Au début, le liquide obtenu est un moût riche en huile ; avec l'augmentation de la pression d'extraction, sa qualité diminue. Le pressage terminé, on transpose la phase liquide dans des réservoirs (puits ou citernes) ; on laisse alors la décantation naturelle se produire (séparation de la phase aqueuse et de la phase huileuse), et on obtient de l'huile d'olive vierge et de la margine (environ 40-60 l de margine pour 100 kg d'olives). Afin d'accélérer et d'améliorer l'efficacité de la décantation, on peut utiliser une centrifugeuse verticale qui séparera l'huile et la margine.

L'étape de pressage terminée, on procède au nettoyage des scourtins. Une fois le résidu solide ôté, résidu qui présente un taux d'humidité d'environ 26%-30% et une teneur en gras d'environ 8%(figure 1.7). On effectue le lavage et le nettoyage des scourtins, qui doit s'effectuer avec une attention toute particulière afin de garantir l'élimination totale des particules qui auraient pu rester dans le tissu et qui, étant donné les conditions d'humidité et de température, commencent à développer de rapides processus hydrolytiques et oxydants pouvant transmettre à l'huile un mauvais goût et une acidité élevée.

Le résidu solide toujours présent dans les scourtins, le grignon, est un sous-produit qui, préalablement séché, est utilisé conjointement à des solvants organiques pour extraire l'huile de grignon dans les usines d'extraction d'huile de grignon.



**Figure 1. 6 : Meule de granit à deux roues (a), presse hydraulique (b), scourtins contenant les grignons secs à la sortie de la presse (c) (Veillet, 2010)**

### 1.5.2. Système continu à trois phases :

Le système continu est apparu dans les années 70, avec l'application des nouvelles technologies dans le domaine de l'extraction de l'huile d'olive. Cette conception moderne de l'extraction remplace le pressage traditionnel ; elle utilise des **centrifugeuses horizontales** appelées "**décanteurs**", ce qui améliore considérablement les rendements et la productivité des huileries.

Voici les avantages que présente cette nouvelle méthode comparativement à la méthode traditionnelle :

- Simplification mécanique,
- Élimination des scourtins,
- Production en continu,
- Besoin de main-d'œuvre moins important,
- Superficie occupée par l'installation plus faible.

A l'instar de la méthode traditionnelle, la méthode d'extraction continue nécessite un broyage préalable effectué dans des moulins à marteaux ou à disques. Le broyage terminé, et à l'aide d'une pompe doseuse à vitesse variable, on envoie la pâte vers une centrifugeuse horizontale. Là, il y a séparation en 3 phases : le grignon, l'huile, et la margine.

La phase solide, appelée grignon ou **grignon à trois phases**, renferme la majeure partie des solides présents dans l'olive : la peau, la pulpe, le noyau et une petite portion d'huile. On envoie le grignon dans les usines d'extraction d'huile de grignon afin d'extraire l'huile restante et obtenir l'huile de grignon.

Le résidu aqueux appelé margine est à l'origine un liquide rougeâtre sombre ; très vite, en raison d'une série de processus enzymatiques, il se dégrade et se transforme en margine, liquide noir et nauséabond fortement polluant. La quantité et la qualité de la margine générée est variable, elle dépend du système, du type d'olive, de l'eau utilisée, etc. La phase aqueuse renferme une petite quantité d'huile qui se sépare et soumet la margine à une nouvelle centrifugation dans une centrifugeuse verticale. En moyenne, 1 m<sup>3</sup> de margine est générée par tonne d'olives, et la charge polluante moyenne est de 70 kg DCO/t d'olives.

La phase liquide huileuse, qui renferme une petite quantité de margine, doit être purifiée par une centrifugation, plus énergique, dans une centrifugeuse verticale.

La consommation d'eau du système à trois phases est clairement supérieure à celle du système traditionnel ; en effet, elle atteint un total approximatif de 100 –130 l pour 100 kg d'olives. Voici comment se répartit la consommation d'eau dans les huileries :

- Pendant le lavage, souvent en cycle fermé, la consommation atteint environ 10-12 l / 100 kg d'olives.
- Pendant le broyage, on doit parfois ajouter de l'eau chaude pour éviter l'adhésion de la pâte à la superficie ; la consommation moyenne est alors d'environ 25 l/kg d'olives.
- Pendant le malaxage, on utilise de l'eau chaude en circuit fermé.
- Lors de l'étape de séparation ou de centrifugation, c'est dans le décanteur que l'on utilise la plus forte quantité d'eau : celle-ci doit être chaude afin de faciliter le transport. Les dépenses se produisent au cours de deux étapes : une étape préalable à la centrifugation (débit, environ 80-100 l/kg d'olives) et pendant celle-ci (ajout d'environ 20 l d'eau /100 kg d'olives afin d'améliorer la séparation.) (figure 1.8).



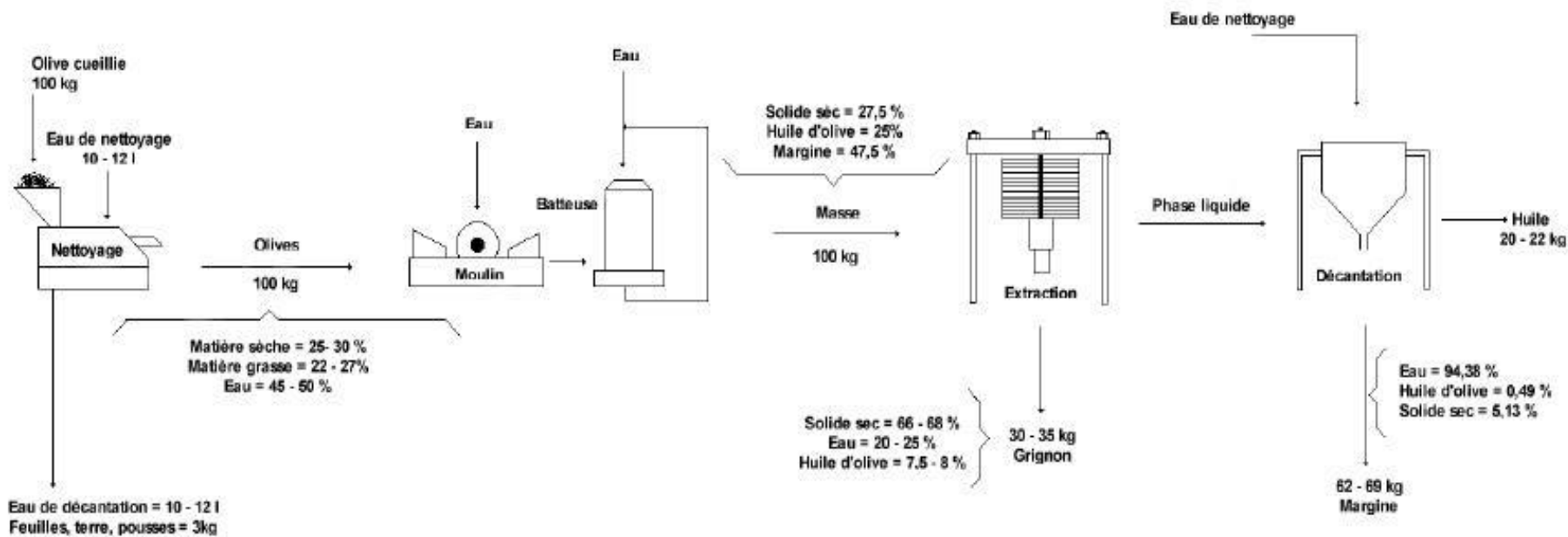


Figure 1.7 : Diagramme de production de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif du système traditionnel (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).

**1.5.3. Système continu à deux phases :**

La forte quantité de résidus générés au cours de l'extraction de l'huile d'olive (méthode à trois phases) ainsi qu'une législation relative au traitement et à la gestion des résidus d'huilerie dans certains pays de plus en plus exigeante ont renforcé le développement de nouvelles technologies et le nouveau système continu à deux phases.

La principale nouveauté de ce système est qu'il permet l'élaboration d'huile d'olive vierge sans qu'il soit nécessaire d'ajouter de l'eau dans le "décanteur" ; pour cette raison, on n'observe pratiquement aucune génération de margine. Cette technologie extractive présente l'avantage d'économiser une grande quantité d'eau et d'énergie et d'atténuer l'impact sur l'environnement (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**).

Le système à deux phases modifie les conditions d'opération car on n'a plus besoin d'ajouter d'eau chaude pendant celle-ci. Il faut de plus modifier le "décanteur". Au cours de l'opération, deux courants sont générés : l'un renferme l'huile, et l'autre contient la majeure partie des solides ainsi que la presque totalité de l'eau de constitution, appelée grignon humide (figure1.9) ; par analogie avec le système à trois phases, cette eau pourra également être appelée **grignon à deux phases**. L'huile directement obtenue dans le "décanteur" doit être soumise à une centrifugation plus énergique dans une centrifugeuse verticale afin d'être nettoyée (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**).

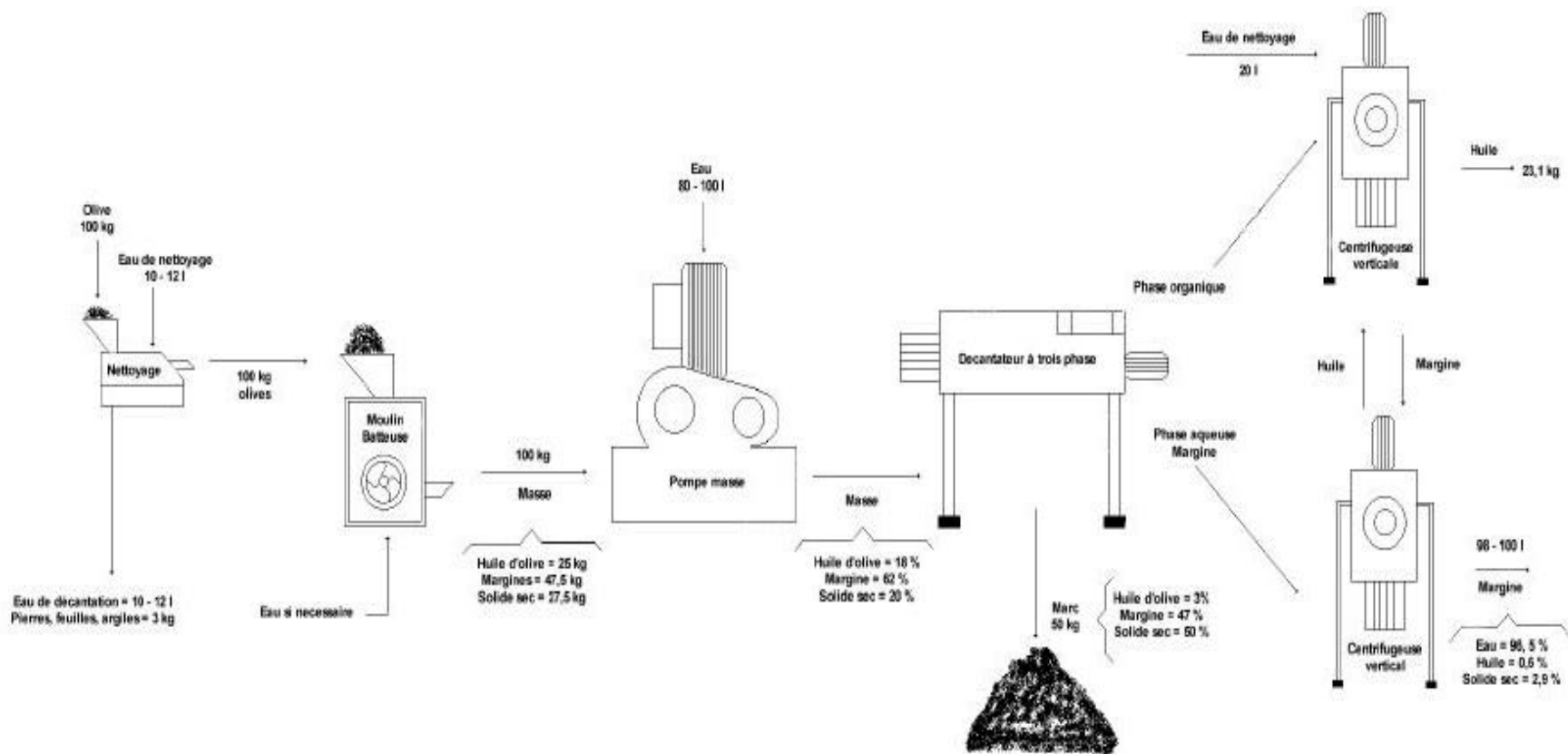


Figure 1.8 : Diagramme de production de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif du système d'extraction à trois phases (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).

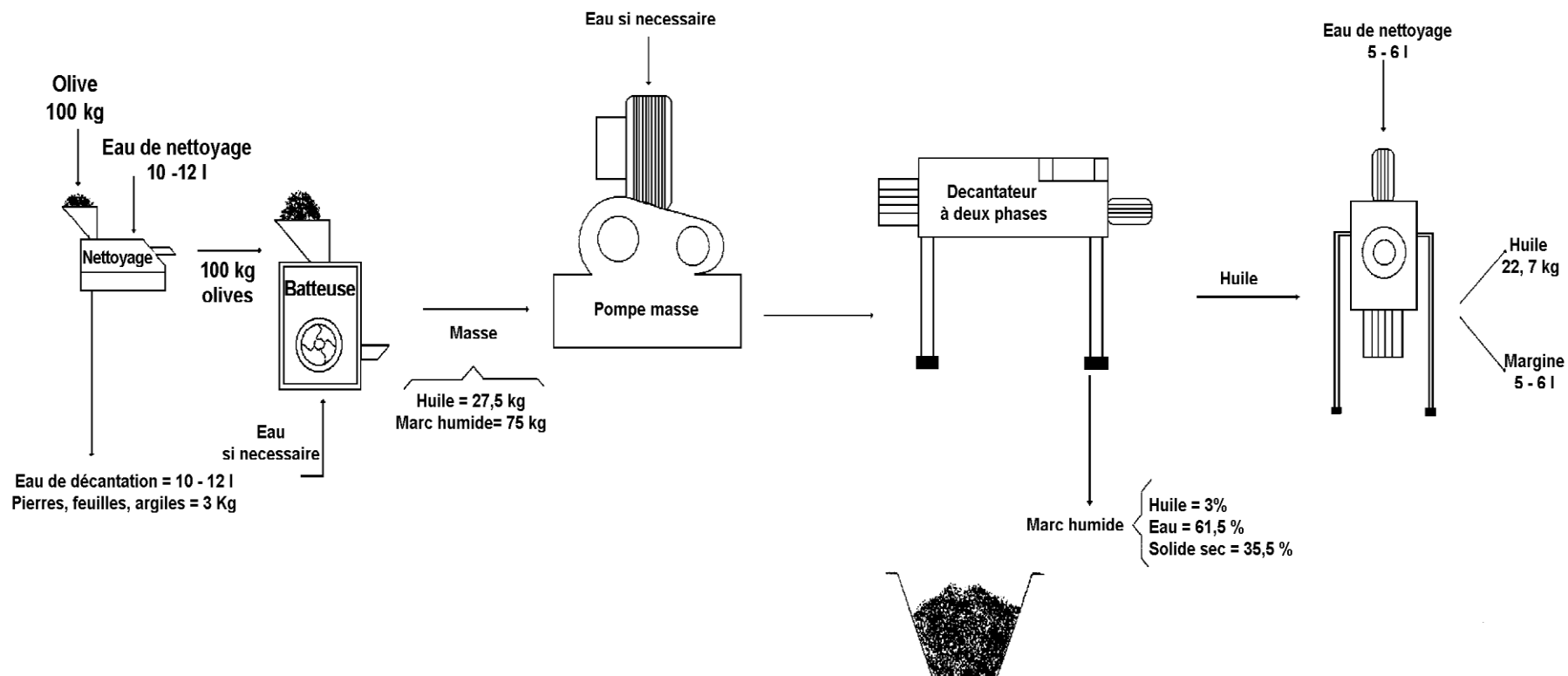


Figure1.9 : Diagramme de production de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif d'extraction à deux phases (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).

## 1.6. Consommation d'eau par le secteur de production d'huile d'olive :

Pour la production d'olives, le stade agricole est responsable d'une énorme consommation d'eau douce, y compris l'eau utilisée pour l'irrigation, la fertilisation et la lutte antiparasitaire. Une étude a été menée par **Avraamides et Fatta (2008)** à Chypre évaluant la consommation d'eau à différents stades de production d'huile d'olive. Les auteurs ont signalé qu'un total de 3914 l d'eau douce sont consommés pour la production de 1 l d'huile d'olive. Cependant, lors de la transformation des olives, seulement 3,51 l d'eau sont consommées pour chaque litre d'huile d'olive produite. Cette étape produit 4,34 kg de margines et 2,07 kg de déchets solides (noyau d'olive) pour chaque litre d'huile d'olive produite (**Avraamides et Fatta, 2008**).

Dans le processus de production d'huile d'olive, l'eau est principalement utilisée pour le lavage des olives, la malaxation, le pressage ou centrifugation sur décanteurs triphasés, centrifugation finale et pour le nettoyage général. Contrairement aux décanteurs triphasés, dans les décanteurs à deux phases, aucune eau n'est ajoutée. En conséquence, la production en deux phases est plus écologique, non seulement parce qu'il réduit la pollution, mais aussi parce que c'est un processus moins exigeant en eau.

Le tableau ci-dessous (Tableau 1.5) présente le bilan de consommation de l'eau et de l'énergie pour les trois systèmes d'extraction :

**Tableau1.5 : Analyse “input-output” des matières et de l'énergie pour les trois systèmes d'élaboration de l'huile d'olive. (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).**

Système	Entrées	Quantité	Sorties	Quantité
<b>Presse</b>	Olive Eau de lavage Energie	1 tonne 100-120 l 40-60 kWh	Huile Grignon (26% eau, 7% huile) Margine (88% eau)	200 kg 400-600 kg 400-600 l
<b>Système continu à trois phases</b>	Olive Eau de lavage Eau rajoutée Energie	1 tonne 100-120 l 700-1000 l 90-117 kWh	Huile Grignon (40% eau, 4% huile) Margine (94% eau, 1% huile)	200 kg 500-600 kg 1000-1200 l
<b>Système continu à 2 deux phases</b>	Olive Eau de lavage Energie	1 tonne 100-120 l <90-117 kWh	Huile Grignon humide (60% eau, 3% huile) Eau de nettoyage de l'huile	200 kg 800 kg 100-150 l

### **1.7. Sous-produits d'extraction de l'huile d'olive :**

Le processus de trituration des olives produit principalement l'huile d'olive vierge et l'huile de grignon (huile secondaire extraite par des solvants organiques) et engendre deux résidus l'un liquide (les margines) et l'autre solide (les grignons). Les olives contiennent environ 20% d'huile, 30% de grignons et 50% d'eau de végétation (Aissam, 2003).

### **1.8. Conclusion :**

L'analyse de la situation du secteur oléicole que nous avons effectué a montré que ce secteur est un secteur économique important dans le monde et notamment dans notre pays. Actuellement, la production est en constante croissance or la dominance du système d'extraction traditionnel et celui d'extraction à 3 phases consomment énormément d'eau et par conséquent génèrent de très grandes quantités de margines qui sont souvent rejetées dans la nature sans aucun traitement.

## Chapitre 2

### Les margines

## 2. Les margines :

### 2.1. Introduction :

Le processus d'extraction de l'huile d'olive génère un rejet liquide qu'on appelle : margine. Ces rejets ont une composition et des caractéristiques particulières ce qui les rend nocifs pour l'environnement. La gestion de ces derniers pose un sérieux problème pour de nombreux pays surtout les pays méditerranéens.

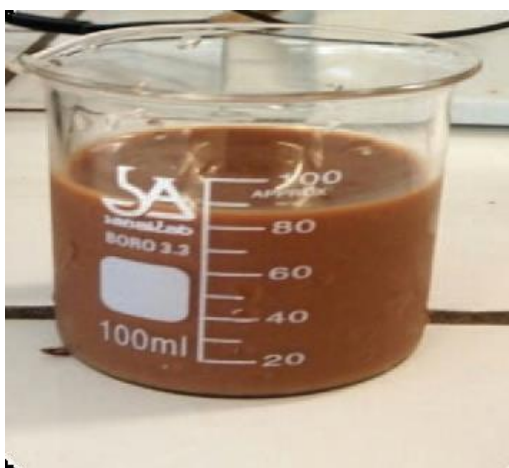
### 2.2. Définition :

Les margines, l'ensemble de déchets liquides, sont constituées, 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 et des eaux de végétation de l'olive elle-même, qui représentent à elles seules 40 à 50% des eaux (Nefzaoui, 1991).

### 2.3. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des margines :

#### 2.3.1. Caractéristiques physico-chimiques :

Les effluents d'huileries d'olive présentent une composition plus au moins variable. Elle dépend de la qualité des olives, de leur degré de maturité, du système d'extraction et de la qualité d'eau rajoutée lors de la phase d'extraction de l'huile. Les effluents sont généralement constitués de : 83,2% d'eau, 15% de substances organiques et de 1,8% de substances minérales (Fiestas et al., 1992). Les margines se présentent comme un liquide résiduel aqueux, de couleur brune rougeâtre à noire (figure 2.1) avec une forte odeur d'olive et un aspect trouble (Ranalli et al., 1991). Ces effluents ont une forte charge saline et sont très acides, riches en matières organiques et en polyphénols peu biodégradables (Ait Baddi et al., 2003). Ces eaux sont caractérisées par un pH de 4,5 à 5 et une conductivité de l'ordre de 10 mS/cm, due surtout aux ions Potassium, Chlorure, Calcium et Magnésium (Tableau 2.1). La DCO (demande chimique en oxygène) peut varier de 50 à 220 g/l (Anderson et al., 2003).



**Figure 2.1 : Echantillon de la marge pour analyse au laboratoire (Bekri, 2017)**

**Tableau 2.1 : Caractéristiques physico-chimiques des margines (Amirantes, 1999)**

Paramètres	Valeurs
DCO (mg/l)	60000-180000
DBO (mg/l)	20000-55000
pH	5,0-5,5
Chlorures (mg/l)	5-6
Phosphores (mg/l)	50-70
Phosphates (mg/l)	170-190
Azote ammoniac (mg/l)	100-150
Azotes nitrique (mg/l)	3-4
Azote nitreux (mg/l)	5,5-6,5
Phénol (mg/l)	4-5
Potassium (mg/l)	4000-6000
Sodium (mg/l)	15-25
Résidu sec (mg/l)	30-120

### 2.3.2. Caractéristiques microbiologiques :

Les études microbiologiques effectuées sur plusieurs échantillons de margines ont confirmé l'absence totale de micro-organismes pathogènes. Donc ces effluents ne posent aucun problème hygiénico-sanitaire. Les levures et les champignons sont capables de s'y développer mieux que les bactéries (Aissam, 2003).



## 2.4. Composition des margines :

Les composés fondamentaux des margines sont données dans le Tableau 2.2 :

**Tableau 2.2 : Composition des margines ( Sancoucy ,1984 )**

Composant	Teneur en %
Eau	83---88
Matières organiques	10---15
Matières minérales	1.5---2
Matières azotées totales	1,25---2,4
Matières grasses	0,08---1
Poly phénols	1---1,5

### 2.4.1. Fraction minérale :

Les margines contiennent des quantités significatives de sels minéraux, leur teneur varie de 4 à 42 g/l pour celles issues de l'extraction par pression et 0,4 à 12,5 g/l pour celles de centrifugation. La fraction minérale a été complètement analysée par **Salvemini (1985)** et rapportée dans le tableau 2.3 :

**Tableau 2.3 : Composés minéraux des margines (Salvemini 1985).**

Eléments	Concentration (mg/L)
Phosphore ( $\text{PO}_4^{2-}$ )	800,60
Chlore (Cl)	270,20
Sodium	5370,90
Potassium	15295,50
Calcium	1167,60
Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	16,68
Magnésium	410,30
Fer	103,40
Aluminium	8,34
Chrome	0,66
Nickel	3,36
Cobalt	1,33
Manganèse	1,66
Cadmium	0,83
Oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ )	41,70
Zinc	10,00

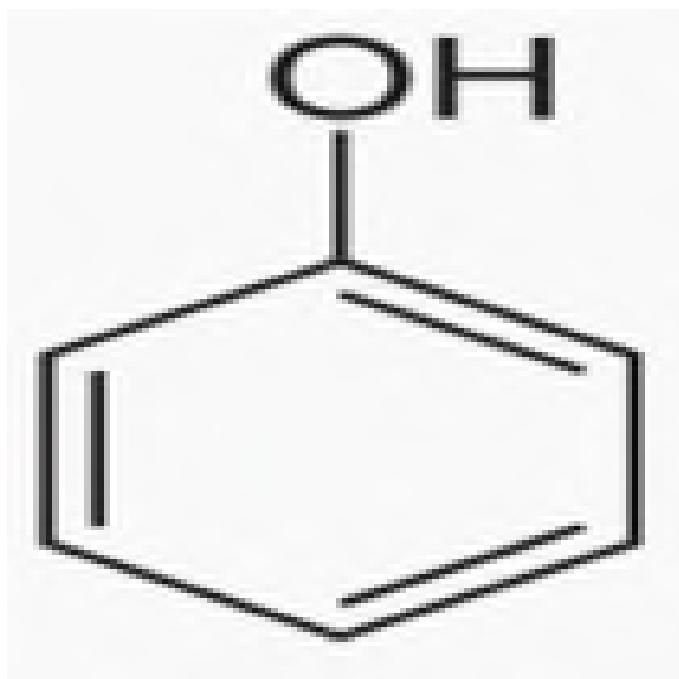
### 2.4.2. Fraction organique :

Les margines comportent deux fractions organiques:

- une fraction insoluble constituée essentiellement de pulpes d'olives qui représente la matière en suspension et colloïdale.
- une fraction soluble dans la phase aqueuse qui contient les sucres, les composés azotés, les vitamines, les acides organiques, les lipides et les composés phénoliques (Fki *et al.*, 2005).

### 2.4.3. Composés phénoliques des margines :

Les polyphénols sont des molécules bioactives présentes dans les plantes, aux structures très hétérogènes ayant pour point commun la présence d'au moins un noyau aromatique (groupement phénol) sur lequel sont présents plusieurs groupements hydroxyles (-OH) (Crozier *et al.*, 2004). La figure suivante (figure 2.2) montre la structure de noyau phénolique :



**Figure 2.2 : Structure de noyau phénol (Sarni-Manchado et Cheyner, 2006).**

Les composés phénoliques des margines proviennent de l'hydrolyse enzymatique des glucides et des esters de la pulpe d'olive au cours du processus d'extraction. Ils sont très divers (Tableau 2.4) et leur structure est très variable, ils sont plus solubles dans les eaux de végétation, ce qui explique leur concentration élevée dans les margines (Ranalli, 1991). La couleur des margines est fonction de l'état de dégradation des composés phénoliques et des olives dont ils dérivent (Hamdi et Ellouz, 1993).

Tableau 2.4 : Les principaux composés phénoliques des margines (LEULMI, 2011).

Les différents types des polyphénols			
Monomères aromatiques		Composés phénoliques à haut poids moléculaires principalement les Tanins	
Acides phénoliques	Alcools phénoliques	Tanins hydrolysables	Tanins condensés (flavotanin)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide caféique</li> <li>- Acide p-coumarique</li> <li>- Acide protocatéchuique</li> <li>- Acide vanillique</li> <li>- Acide 4-hydroxyphénylacétique</li> <li>- Acide syringique</li> <li>- Acide p-hydroxybenzoïque</li> <li>- Acide vératricque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4-Hydroxyphényléthanol</li> <li>- 3,4-dihydroxyphényléthanol</li> <li>- Syringaldéhyde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esters d'acides phénoliques</li> <li>- Esters d'acides phénoliques et sucres</li> <li>- Glucosides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le catécholmélaninique</li> </ul>

## 2.5. Pouvoir polluant des margines :

Le pouvoir polluant des margines est dû à des causes diverses (Fernández, 1991), parmi lesquelles nous soulignons les principales :

- Le pH, qui est la première cause directe de la mort des poissons lorsque la marge est déversée dans des fleuves.
- La teneur en matière grasse, qui provoque la formation d'une couche à la surface de l'eau empêchant sa correcte oxygénation et le passage de la lumière solaire, et faisant obstacle au développement normal de la faune et la flore au sein des fleuves.

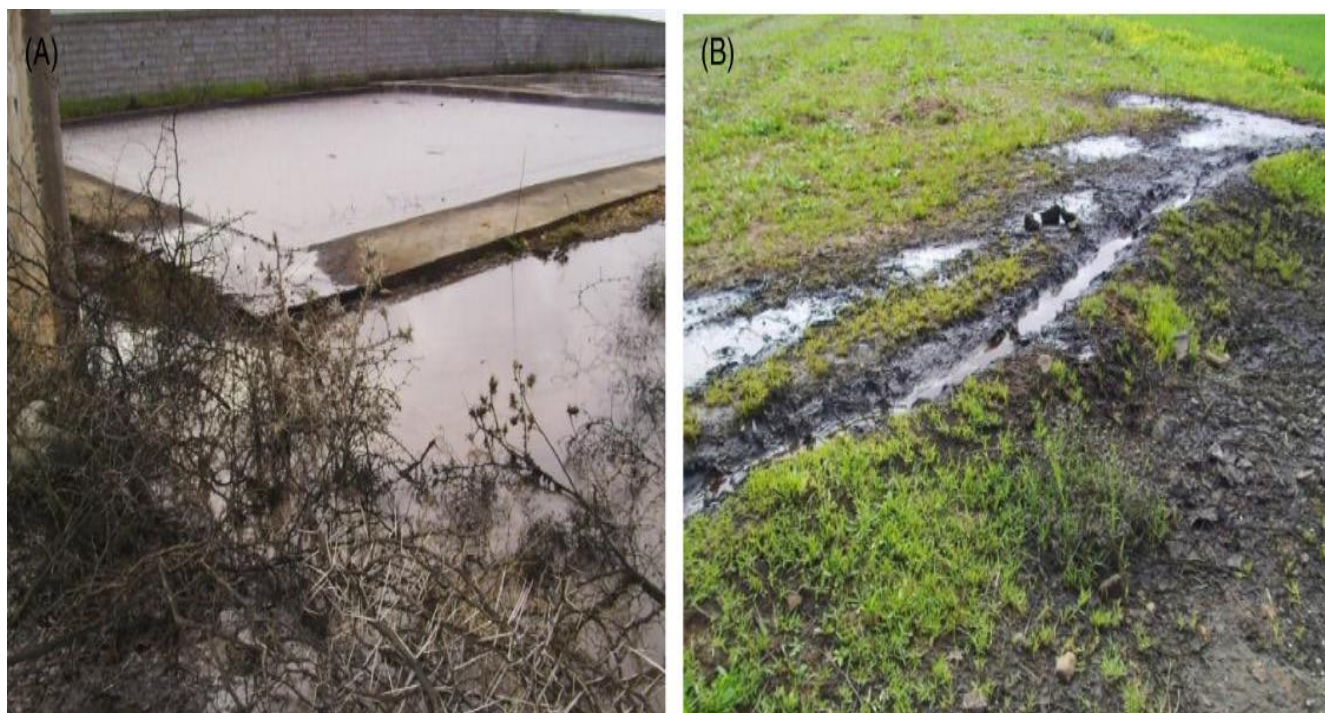
- Les substances phénoliques sont partiellement toxiques et inhibent le développement des microorganismes aussi bien en présence ou en l'absence d'Oxygène. L'équipe Vaquez (**Vaquez et al., 1974**) a identifié en 1974, un certain nombre de flavonoïdes, de phénols et de glucosides phénoliques. Il s'agit en particulier, de l'oleuropéine qui a la propriété d'inhiber le développement de certaines bactéries, dont les lactobacilles et des Champignons.

Le pouvoir polluant de la marge est évaluable, en termes de DBO5.

## 2.6. Impacts environnementaux des margines:

Comme les margines sont un sous-produit de la trituration des olives, on peut supposer sans risque qu'elles sont entièrement biodégradables. Cependant, les phénols et les lipides se décomposent à des vitesses de réactions beaucoup plus lentes que d'autres constituants, tels que les sucres ou les acides volatils à chaîne courte (**Kapellakis et al., 2008**). Cette résistance à la biodégradation, avec un taux de matière organique élevé, un pH acide et une demande chimique (DCO) et biologique (DBO) en oxygène (respectivement, 110 g/l et 170 g/l) (**Ouzounidou et al., 2010**) sont à l'origine de plusieurs impacts environnementaux. Cette situation est aggravée par le caractère saisonnier de la production de l'huile d'olive et les volumes importants de margines générées approchant les 30 millions de m<sup>3</sup>/an, dont 98% sont concentrés dans les pays du pourtour méditerranéen (**Koutrotsios et Zervakis, 2014**).

Dans la plupart des pays méditerranéens, les eaux usées des moulins à huile sont souvent évacuées dans des bassins d'évaporation, cependant, dans certains cas, elles sont jetées dans le milieu récepteur sans traitement préalable (figure 2.3).



**Figure 2.3 : Bassin de stockage/évaporation (A). Margines jetées dans la nature sans traitement préalable (B) à Marrakech (Maroc) (Galanakis, 2017)**

### 2.6.1. Pollution de l'eau :

Souvent rejetés dans des récepteurs naturels sans aucun traitement préalable, les margines nuisent fortement à la qualité des eaux de surfaces. La coloration des eaux naturelles due aux tannins est l'un des effets les plus visibles de la pollution (**Kapellakis et al., 2008**).

Les margines déversées dans l'eau réduisent sa disponibilité en oxygène. Ce phénomène est accentué par la forte concentration des sucres réducteurs, qui peuvent stimuler la respiration microbienne, ce qui induit un déséquilibre de la totalité de l'écosystème (**Kapellakis et al., 2008**). A forte teneur en phosphore, les margines peuvent mener à l'eutrophisation (**McNamara et al., 2008**). Les lipides forment un film sur la surface des eaux, ce qui empêche la pénétration de la lumière du soleil et l'oxygène, inhibant ainsi la croissance des plantes (**Kapellakis et al., 2008**). Les effets environnementaux négatifs comprennent aussi la décomposition et, par conséquent, l'hypoxie, qui induisent des réductions dans d'autres populations animales (poissons).

La très forte charge en DCO et surtout en DBO empêche les eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances (**Mebirouk, 2002**).

### 2.6.2. Pollution de l'air :

La décharge des margines dans les bassins d'évaporation à ciel ouvert, sur les terres ou dans les eaux naturelles génère des processus de fermentation et l'émission de plusieurs gaz, notamment le méthane (CH<sub>4</sub>), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) (**Niaounakis et Halvadakis, 2004**). Ce dernier conduit une pollution considérable par les odeurs même à grandes distances, en particulier au cours de la période de trituration des olives (**Niaounakis et Halvadakis, 2004**). La pollution de l'air a un impact négatif sur les activités économiques en zones touristiques et archéologiques.

### 2.6.3. Pollution des sols :

L'épandage direct des margines sur les sols provoque un colmatage des sols et une diminution de leur qualité. Ces déchets sont à l'origine de l'augmentation de la salinité des sols (**Fiestas et Borja, 1992**) et de la diminution du pH, qui pourrait être à l'origine du changement de leurs caractéristiques physico-chimiques. De même, les substances toxiques contenues dans ces effluents se fixent dans les sols. Certaines de ces substances telles que les phénols peuvent inhiber l'activité microbienne et détruire la microflore du sol (**Marisot et Tournier, 1986**).

### 2.6.4. Réseaux d'assainissement :

Le rejet des margines sans aucun traitement préalable provoque le blocage du réseau public et équipement d'assainissement (corrosion, diminution de débits). Les huiles et graisses des margines déversées dans un réseau d'égout se figent sur les parois des canalisations. Elles forment une

couche graisseuse qui réduit à long terme la capacité du réseau. Il y a fermentation des composés organiques et formation d'hydrogène sulfureux ( $H_2S$ ). L'acidité des margines attaque et dégrade le béton et les parties métalliques, les effluents forment avec le calcaire de gros blocs de pierres, en effet les eaux usées dans le réseau contiennent du calcaire dissout, et puisque la chaleur favorise la précipitation de ce dernier, il s'agglomère avec la matière organique contenue dans les margines, donnant des agrégats qui provoquent des blocages au niveau de la canalisation (figure 2.4) (Amrani et Bendidi, 2004) .



**Figure 2.4 : blocs de pierre provoqués par les margines extraits d'un réseau d'assainissement à Fès (Maroc) (Amrani et Bendidi, 2004)**

La figure 2.5 résume les impacts environnementaux des rejets des margines dans le milieu naturel :



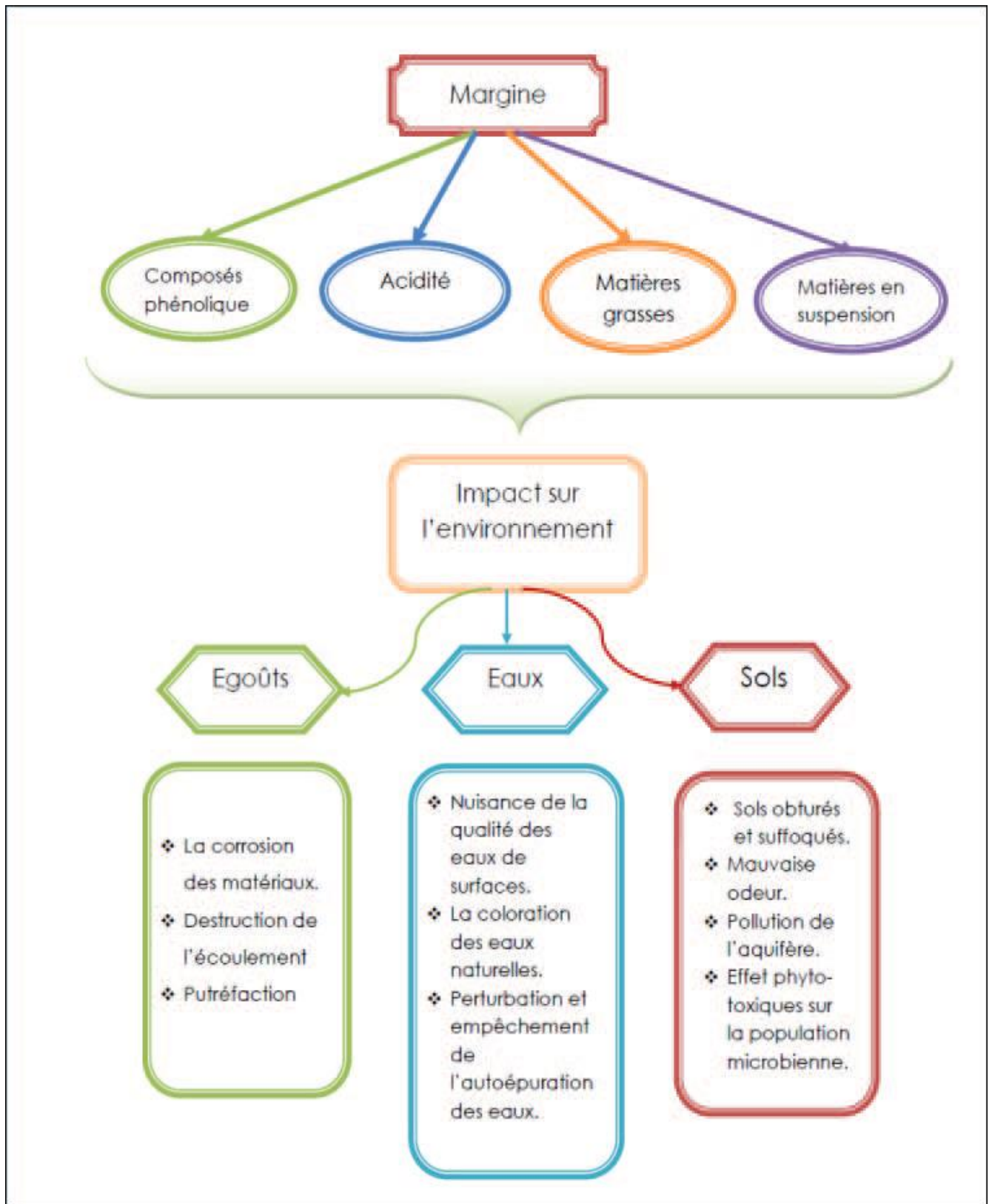


Figure 2.5 : Impacts environnementaux des rejets des margines dans le milieu naturel (Iboukhoulef, 2014).

## 2.7. Cadre législatif et normatif sur les rejets d'eaux usées du secteur oléicole :

Les quantités importantes de margines et de grignons d'olives ont amené les autorités compétentes à réfléchir sur les moyens d'assurer une meilleure exploitation de ces résidus connus pour leur apport en minéraux et en matières organiques, mais aussi pour leur taux très élevé de salinité et d'acidité.

### 2.7.1. Algérie :

D'après le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006, l'article 4 précise que toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies dans le tableau 2.5 et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée. L'article 2 du même décret explique que les rejets d'effluents liquides industriels sont tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.

**Tableau 2.5 : Valeurs limites algériennes des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (Journal officiel, 2006)**

Paramètres	Unité	Valeurs limites	Tolérances aux valeurs limites anciennes installations
Température	°C	30	30
pH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	"	30	40
Phosphore total	"	10	15
DCO	"	120	130
DBO5	"	35	40
Aluminium	"	3	5
Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
Cyanures	"	0,1	0,15
Fluor et composés	"	15	20
Indice de phénols	"	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	"	10	15
Huiles et graisses	"	20	30
Cadmium	"	0,2	0,25
Cuivre total	"	0,5	1
Mercure total	"	0,01	0,05
Plomb total	"	0,5	0,75
Chrome total	"	0,5	0,75
Etain total	"	2	2,5
Manganèse	"	1	1,5
Nickel total	"	0,5	0,75
Composés organiques chlorés	"	5	7



## 2.7.2. Tunisie :

Dans la législation Tunisienne, le rejet de ces déchets (à forte valeur ajoutée) dans la nature est interdit afin d'éviter des problèmes environnementaux. D'après le Décret n°2000-2339 du 10 octobre 2000, ces déchets sont considérés comme déchets dangereux et la loi n°96-41 du 10 juin 1996 dans l'article 7 précise que les opérations de leur élimination par incinération ne doivent avoir lieu que dans des établissements autorisés conformément aux dispositions de la présente loi. Le tableau 2.6 confirme le caractère pollueur des margines (selon la norme NT106-02) (Galanakis, 2017). D'autres lois sont en cours de préparation concernant l'émission de polluants lors de la combustion de la biomasse, et en particulier des grignons d'olives (Galanakis, 2017).

**Tableau 2.6 : La composition de margine comparée à la norme tunisienne (NT106-02) (Galanakis, 2017)**

Caractéristiques	margine	Norme de rejet en milieu naturel	Norme de rejet dans le réseau d'assainissement
<b>Humidité</b>	87,9	non déterminé	non déterminé
<b>pH</b>	5,5	6,5	6,5-9
<b>Conductivité (mS.cm<sup>-1</sup>)</b>	18,6	non déterminé	non déterminé
<b>DCO (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	105000	90	1000
<b>DBO<sub>5</sub> (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	55000	30	400
<b>Matière organique (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	107000	non déterminé	non déterminé
<b>Sucre réducteurs (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	11400	non déterminé	non déterminé
<b>Glucose (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	3900	non déterminé	non déterminé
<b>Phénol (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	5800	0,002	1
<b>Matière grasse (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	4500	10	30
<b>Matière minérale (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	13700	non déterminé	non déterminé
<b>Azote (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	1400	1	100
<b>Phosphate (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	320	0,05	10
<b>Potassium (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	7500	50	50
<b>Magnésium (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	6500	200	300
<b>Sodium (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	1310	500	1000
<b>Calcium (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	710	500	non déterminé
<b>chlorures (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	560	600	700

### 2.7.3. Italie :

Le décret législatif no. 152 de 1999, transposition des directives européennes 91/271 / CEE et 91/676 / CEE, réglemente la protection de l'eau contre la pollution (**CEE, 1991a, b**). L'article 38 de cette loi fait référence à la loi italienne n ° 574 de 1996 relative à l'utilisation agronomique des boues d'épuration et d'autres déchets tels que les margines. Avec la loi no. 574, l'utilisation agronomique de ces sous-produits est autorisée en raison de leur composition et des caractéristiques des sols. Une telle utilisation doit être autorisée chaque temps par l'autorité publique compétente sur la base d'une simple documentation mais subordonnée à limitations, vérifications et sanctions éventuelles afin d'éviter toute activité frauduleuse pouvant polluer les nappes phréatiques (**MORE, 2008**). Cette loi permet l'application directe des marges sans traitement (**Kapellakis et al., 2008**).

Certains aspects techniques selon la loi italienne 574/96 sont (**MORE, 2008 ; RES-HUI, 2006**):

1. limite maximale de tolérance pour les sols: 50 m<sup>3</sup>/ ha/ an pour les marges provenant des moulins traditionnels (systèmes d'extraction discontinus) et 80 m<sup>3</sup>/ ha/an pour l'eau végétale provenant de l'extraction centrifuge (systèmes d'extraction continue) ;
2. possibilité pour le maire de toute commune de modifier ces limites ou de suspendre la fertigation en cas de risque environnemental ;
3. remise du rapport agronomique à la Municipalité au moins 30 jours avant l'épandage. Le rapport doit être rédigé par un technicien expert et doit couvrir des sujets tels que les caractéristiques du sol et les moyens d'épandage ;
4. un épandage uniforme est nécessaire pour éviter le ruissellement de surface ;
5. il est interdit d'épandre de l'eau végétale sur :
  - a. les sols situés à moins de 300 m des zones de préservation pour la collecte des eaux destinées à la consommation humaine ;
  - b. les sols situés à moins de 200 m des zones habitées ;
  - c. les sols cultivés avec des cultures maraîchères ;
  - d. les sols où les nappes phréatiques ont une profondeur inférieure à 10 m ;
  - e. les sols gelés, recouverts de neige, inondés ou saturés d'eau.
6. Le stockage des déchets dans le moulin à huile doit durer moins de 30 jours (limite prolongée à 3 mois.

Le décret du 6 juillet 2005, «Critères et règles techniques de régulation régionale de la utilisation des eaux usées des oléiculteurs et autres déchets des moulins » fait référence à l'article no. 38 du décret no. 152, tandis que d'autres exclusions de terres sont ajoutées (**RES-HUI, 2006**) comme suit :

- distance <10 m des berges du fleuve

- distance <10 m de la rive sablonneuse ou de l'eau du lac
- terres avec pente > 15% et manque de cadre hydraulique et agricole
- les bois
- jardins et espaces publics
- carrières

#### 2.7.4. Espagne :

Suite à l'introduction du procédé en trois phases dans les années 1970, la production de grandes quantités de margines a causé d'importants problèmes de pollution des eaux de surface. En 1981, le gouvernement espagnol a adopté un cadre juridique pour interdire le rejet des margines non traitées dans les rivières et a subventionné la construction d'environ 1000 bassins pour son stockage pendant la période de broyage, visant l'évaporation de son eau pendant l'été chaud andalou (**Kapellakis et al., 2008**). Le résultat de ces initiatives était l'amélioration de la qualité de l'eau dans les rivières et les ruisseaux voisins. De 1991 à 1992, un changement du système triphasé au système biphasé a été mis en œuvre, ce qui a réduit la production des eaux usées. De nos jours, plus de 90% des moulins à huile fonctionnent avec le système biphasé qui génère du grignon humide au lieu de margine (**Kapellakis et al., 2008**).

Le décret 4/2011 récemment publié par le gouvernement régional d'Andalousie permet l'utilisation des eaux usées produites par les moulins à huile comme amendement du sol en agriculture. En particulier, l'art 7 précise :

- Le volume d'effluent à épandre sur les terres agricoles ne doit en aucun cas dépasser 50 m<sup>3</sup>/ ha/ an.
- Les applications doivent être conçues de manière à ne pas générer de ruissellement de surface, de lessivage ou de lésions invasives de la nappe phréatique du sol.
- L'application sur le terrain de l'effluent sera soumise aux zones d'exclusion suivantes:
- Les zones situées à moins de 500 m des zones urbaines.
- La bande côté terre de 100 m de largeur de chaque côté, comptée à partir de la ligne délimitant le lit de la rivière.

#### 2.7.5 .Portugal :

La loi n ° 626/2000 prévoit une autorisation spéciale qui permet l'épandage de margines sur terre, similaire à la pratique italienne (**Kapellakis et al., 2008**). La limite de tolérance maximale pour les sols est de 80 m<sup>3</sup>/ha/an.

Les rejets d'eau généraux sont réglementés par le Decreto Lei 236/98. Les limites de rejet des eaux usées sont définies dans son annexe XVIII. Les Valeurs Limites d'Emission sont fixées au niveau national (**IPPC BREF, 2006b**).

### 2.7.6. La République de Chypre :

La gestion des margines doit être menée conformément à l'ordonnance chypriote n ° 254/2003 sur l'eau , ordonnance de 2003 sur le contrôle de la pollution (permis d'élimination des déchets), journal officiel du gouvernement chypriote N ° 3649. Les flux de déchets générés par les moulins à huile diffèrent selon le procédé utilisé pour l'extraction de l'huile ; par exemple, centrifugeuse biphasée ou triphasée. Les types et quantités margines autorisées à déposer sont présentés dans les tableaux 2.7 et 2.8 (ECOIL, 2005; Anastasiou et al., 2011). Quel que soit le type de procédé utilisé (biphasé ou triphasé) (ECOIL, 2005):

- les déchets liquides [types de déchets (a) et (b) dans les tableaux 2.7 et 2.8 doivent être stockés temporairement dans des réservoirs scellés. Le mélange ou la séparation des flux dépend de la méthode d'élimination.
- les boues [résidus d'olive - type (c) dans les tableaux 2.7 et 2.8 doivent être stockées temporairement dans une zone couverte avec plate-forme en béton. Les liquides provenant de fuites ou de ruissellements de déchets solides temporaires ou les zones de stockage des boues doivent être collectées et transférées vers les réservoirs de déchets liquides, en plein air avec tuyaux étanches.

**Tableau 2.7 : Volumes annuels maximums de margine autorisés à être éliminés pour les moulins à olives à centrifugeuse biphasée à Chypre (Galanakis, 2017).**

Flux de déchets généré	Quantités annuelles maximales de déchets autorisées (m <sup>3</sup> )
a. Déchets liquides du lavage des olives	180
b. Déchets liquides (eau et eaux usées minimales du moulin à huile d'olive) provenant des décanteurs de centrifugation, où la séparation des liquides végétaux du fruit de l'huile a lieu.	400
c. Boues provenant du décanteur.	750
d. Dépassement des boues dans les réservoirs d'évaporation des déchets liquides	—
e. Feuilles de la défoliation.	—

**Tableau 2.8 : Volumes annuels maximums de margines autorisés à être éliminés pour les moulins à olives à centrifugeuse triphasée à Chypre(Galanakis, 2017)**

Flux de déchets généré	Quantités annuelles maximales de déchets autorisées (m3)
a. Déchets liquides du lavage des olives	1600
b. Déchets liquides (eau et eaux usées minimales du moulin à huile d'olive) provenant des décanteurs de centrifugation, où la séparation des liquides végétaux du fruit de l'huile a lieu.	1400
c. Déchets solides (résidus d'olive) provenant du décanteur centrifuge horizontal.	750
d. Dépassement des boues dans les réservoirs d'évaporation des déchets liquides	—
e. Feuilles de la défoliation	—

## 2.8. Conclusion :

Les margines avec leurs propriétés physico- chimiques et microbiologiques ont des effets néfastes sur l'environnement et les écosystèmes et représentent l'un des problèmes les plus importants auxquels sont confrontés la plupart des pays oléicoles sachant que l'Algérie fait partie, même ceux les plus avancés comme l'Espagne la Grèce et l'Italie, d'où la nécessité de leur traitement ou de leur valorisation.

## Chapitre 3

### Traitement et valorisation des margines

#### 3. Traitement et valorisation des margines :

##### 3.1. Introduction :

Jusqu'à nos jours, le traitement des margines constitue un problème complexe vue la qualité et la quantité des substances chimiques qu'elles renferment. En effet, l'application d'un traitement simple s'avère insuffisant et incomplet (**Ranalli, 1991a**).

Plusieurs traitements de dépollution des margines ont été testés et proposés pour faire face à leur impact environnemental. A noter que la plupart de ces applications sont seulement décrites dans la littérature scientifique (**Dermeche et al., 2013**) mais ne sont pas ou difficilement applicables sur le terrain.

##### 3.2. Valorisation des margines :

###### 3.2.1. Fertilisation des sols agricoles :

Les margines contiennent des quantités appréciables d'éléments nutritifs minéraux qui peuvent remplacer une partie de la fumure classique. En outre, étant constituées principalement de matière organique, elles sont un excellent substrat pour le développement de la microflore qui favorise l'amélioration des propriétés physico-chimique des sols. (**Paredes et al., 1999 ; Sierra et al., 2001 ; Cereti et al., 2004**). Des apports moyens en éléments fertilisants (Tableau 3.1) sur la base de 100m<sup>3</sup> de marge par hectare et par an correspondent à des fumures de fond ou d'entretien (**Cadillon et al., 1991**).

**Tableau 3.1: Apports en éléments fertilisants des margines (Cadillon, 1991)**

Paramètres	Formule	Apport (kg/ha)
<b>Matière organique</b>	M.O	400 à 1800
<b>Azote total</b>	N	50 à 200
<b>Phosphore</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	65 à 200
<b>Potasse</b>	K <sub>2</sub> O	350 à 1100
<b>Magnésie</b>	MgO	15 à 150
<b>Calcium</b>	CaO	15 à 100

Ces enrichissements justifient l'intérêt de cette valorisation agronomique, ils correspondent à des fumures de fonds ou d'entretien. Néanmoins des recommandations spécifiques relatives à l'épandage sont à prendre en considération notamment :

- La protection des eaux souterraines et superficielles.
- L'étude du sol.
- Les variations de la qualité des margines.
- Les précautions à prendre vis-à-vis des cultures.
- Le travail du sol.
- Les conditions climatiques.

### **3.2.2 : Le compostage :**

Le compost s'obtient principalement par dégradation aérobie- anaérobie de la substance organique des résidus solides ( margines – résidus agricoles ), afin que ce processus se réalise il faut plonger les résidus agricoles dans des margines dont le contenu en substances organiques et minérales est approprié pour mener à bien le processus d'obtention du compost (éléments nutritifs pour les microorganismes et enrichissement du produit final après évaporation naturelle). C'est ainsi que dans certaines régions d'Espagne, les margines sont stockées dans des bassins d'évaporation et on y ajoute d'autres résidus agricoles ( bois de taille) pour les absorber, on retourne le résidu dégradé avec une pelleteuse et on l'utilise directement comme fertilisant.

Le compost produit à partir des margines est totalement libre des microorganismes, pathogènes et plus riche en phosphate et en potassium que le compost obtenu à partir des résidus solides urbains (**Fiestas , 1983; Ranalli, 1998; 2000**).

L'apport du compost peut s'effectuer en fonction d'un calendrier agricole traditionnel; dans cette solution les éléments fertilisants sont mieux intégrés dans le complexe humique et sont mis progressivement à la disposition de la plante par la biodégradation de la matière organique. De ce fait ils sont moins susceptibles de migrer en grosses quantités vers les nappes. Les opérations se déroulent en trois phases :

- la préparation du support carboné : le support carboné (paille par exemple) est disposé en vrac dans une cuve bassin étanche.
- la macération: la margine est épandue sur le support carboné et l'imprègne durant 24 heures.
- le mélange est mis sur une aire de compostage.

Expérimentalement une tonne de paille, à 5% d'humidité absorbe trois fois son poids (3m<sup>3</sup> de margines).

Le traitement des margines par leur absorption sur un substrat carboné, et le compostage de l'ensemble, peut constituer une solution valable sur le plan technique et économique à condition toutefois d'avoir un substrat très absorbant et peu coûteux à l'achat (**Cadillon et Lacassin, 2002**).

### 3.2.3 .Obtention de biogaz :

La digestion anaérobie pour produire du bio méthane est une technique bien établie et largement étudiée, depuis déjà un demi-siècle (**Nefzaoui, 1988**). Elle permet de transformer environ 80% des substances organique en biogaz (65 à 70% de méthane). Ce processus présente l'avantage par rapport aux procédés aérobie classiques, entre autres d'être moins consommateur en énergie et de produire du méthane qui peut être utilisé pour l'obtention de l'énergie mais avec un investissement de base important.

1 m<sup>3</sup> de margine à 70 kg de Demande Chimique en Oxygène (DCO) produit quelques 24,5 m<sup>3</sup>de méthane (**Fiestas et al., 1983**).

### 3.2.4. Utilisation en alimentation animale :

Les margines ont été utilisées directement comme aliment pour les animaux de rente. Elles ont été distribuées sous forme d'eau de boisson à des volailles (**Fedeli et Camurati, 1981**) ce qui semble avoir permis de réduire les coûts de production et la mortalité des animaux. Plus récemment, distribuées pendant 3 mois à hauteur de 5 % dans l'alimentation de truites en croissance, les margines ont entraîné une réduction de la croissance (probablement par un effet antinutritionnel des polyphénols sur les protéines de la ration), une modification de la formule sanguine et une augmentation des quantités de récepteur aux œstrogènes ce qui pourrait indiquer une activité phyto-oestrogénique de certains de ces composés et avoir des conséquences sur la reproduction et les fonctions sexuelles des animaux à long terme (**Sicuro et al., 2010**). Cependant, aucune anomalie n'a alors pu être détectée sur la physiologie et l'activité digestive.

### 3.2.5. Utilisation en génie civil :

Les principales investigations pour ne pas dire les seules dans le domaine de génie civil, ont été effectuées en Tunisie (**Nefzaoui, 1991**). Les méthodes d'épuration des margines sont certainement coûteuses et nécessitent un investissement assez important au départ. L'alternative proposée par les chercheurs de l'école Nationale des Ingénieurs de Tunisie a remédié partiellement à ce problème. Il s'agit en l'occurrence de stabiliser les pistes agricoles ou de fabriquer des briques en remplacement du ciment et de la chaux. En effet, le traitement des sols avec les margines diminue leur perméabilité et augmente leurs caractéristiques physiques et chimiques surtout après traitement à la chaleur. La fabrication de briques non



cuites (figure 3.1) en substitution aux briques cuites classiques a été essayée en utilisant différents types de liants (ciment, asphalte, paille, margines). En tenant compte du rapport qualité et prix du produit obtenu, les margines constituent le meilleur produit.



Figure 3.1 : Briques non cuites obtenues à partir des margines (Amrani et Bendidi, 2014)

La figure 3.2 résume les voies principales de valorisation des margines :

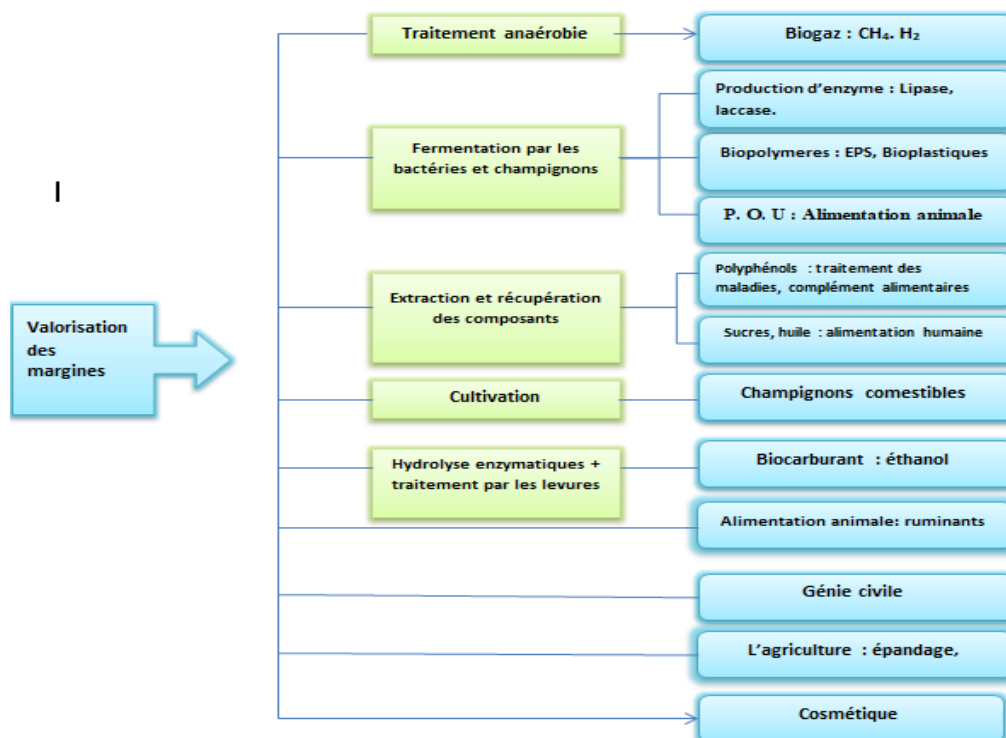


Figure 3.2 : Principales voies de valorisation et de traitement des margines (Fiorentino et al., 2003 )

### 3.3. Traitements des margines :

#### 3.3.1. Procédés thermiques :

➤ 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 faibles profondeur (0,7 à 1,5 m). Elles sont ensuite séchées pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois selon les conditions climatiques. Cette méthode simple permet d'éviter le rejet des margines dans les égouts et dans les rivières (**Roiga, 1992**).

Durant leur séjour dans les bassins d'évaporation (figure 3.3), 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.

Les travaux de **Cabello et Fiestas, (1981)** ont montré qu'au cours de ces processus, une série de modifications est observée. Elle se manifeste par :

- une faible variation des microorganismes dépendant de la température ambiante et de la profondeur des bassins,
- une diminution de la matière organique n'intervenant que pendant le premier mois du séjour,
- une légère modification du pH.

D'autres critères ont été signalés par (**Balice et al., 1986**), notamment une diminution progressive de la quantité de matières organiques solubles, tels que les tannins. Par contre, la quantité des matières en suspension décroît rapidement durant les deux premiers mois du stockage. Cependant, il s'est avéré que ce système présente plusieurs inconvénients, tels que :

- problèmes d'esthétiques et odeurs nauséabondes,
- faible biodégradation,
- formation d'une pellicule lipidique étanche à la surface qui entrave la pénétration de la lumière et limite l'évaporation naturelle.

La faible biodégradation dans les bassins est compensée par l'augmentation de la surface des bassins d'évaporation. Cette compensation est traduite par l'occupation de grandes surfaces de terrain qui sont relativement difficiles à aménager dans les zones peuplées. Ainsi, en essayant d'éviter une pollution hydrique, on risque d'entraîner une pollution atmosphérique par dégagement d'odeurs fétides (**Hamdi, 1993**).



**Figure 3.3: Bassin d'évaporation naturelle des margines (Amrani et Bendidi, 2014)**

➤ Evaporation forcée :

Pour pallier aux problèmes de l'évaporation naturelle, **Fiestas et Borja, (1992)** ont introduit des panneaux évaporateurs dans les bassins de stockage des margines. Elles sont pompées puis projetées par des asperseurs sur les panneaux juxtaposés (figure 3.4), ayant une importante surface d'échange d'air. Cette installation permet de faciliter l'évaporation de la phase aqueuse des margines de 100 à 300 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> 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 a l'avantage d'utiliser une superficie réduite des bassins d'évaporation et permet de multiplier par 40 à 100 fois la quantité d'eau par m<sup>3</sup> occupé du sol. Tandis que, les huiles et les graisses sont récupérées manuellement. Parmi les inconvénients de cette méthode, le dégagement de mauvaises odeurs et l'importance du coût et de l'énergie dépensée.

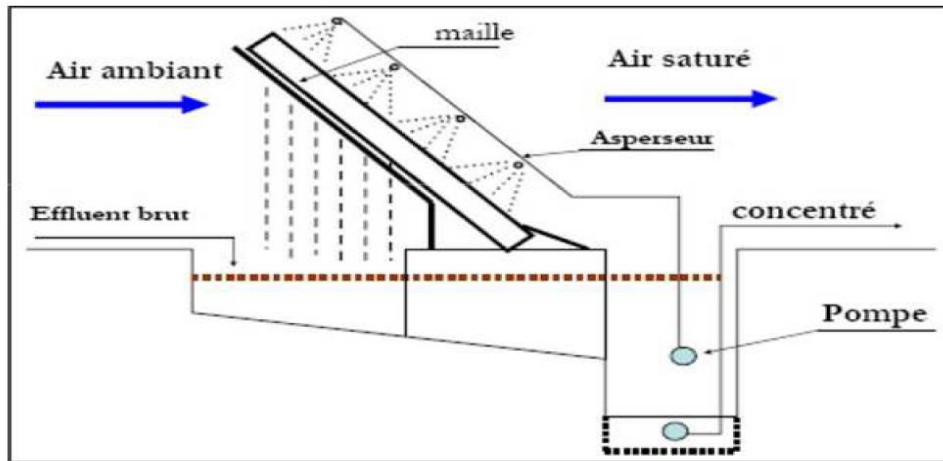


Figure 3.4 : Schéma explicatif de l'évaporation forcée (Amrani et Bendidi, 2014)

➤ Incinération :

L'incinération est une technique coûteuse complexe et extrêmement gourmande en énergie. Elle paraît 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 brûler ensuite les matières organiques (Yahiaoui, 2012).

### 3.3.2. Procédés biologiques :

Les procédés biologiques consistent à utiliser les microorganismes pour dégrader les composés organiques des effluents d'huileries d'olive. Ils sont subdivisés en processus aérobie et anaérobie.

➤ Traitements anaérobies :

Les traitements anaérobies sont adaptés à plusieurs types de résidus : biomasse humide, sous-produits agricoles, déchets des eaux résiduaires. Ils sont les plus utilisés pour le traitement et l'exploitation des effluents d'huileries d'olive à cause de leur charge élevée en matière organique.

Des études ont montré que pour une efficacité d'épuration de 80%, il faut un temps de rétention de seulement 20 jours, avec en plus l'avantage de produire une quantité non négligeable du biogaz : 855 l/kg de matière organique digérée (El Alami, 2000). La digestion anaérobie permet une réduction de la DCO de l'ordre de 70 à 85%. Son rendement est

proportionnel à la concentration en microorganismes et varie largement selon la nature du support (montmorillonite ou sépiolite) (Fiestas., 1991).

Cependant, cette digestion peut être inhibée par les acides gras à chaînes longues, notamment l'acide oléique (Koster, Cramer, 2000). De même à partir d'une concentration de 100 mg/L d'acides phénoliques dans les effluents d'huileries d'olive, les bactéries méthanogènes sont inhibées (Hamdi, 1991).

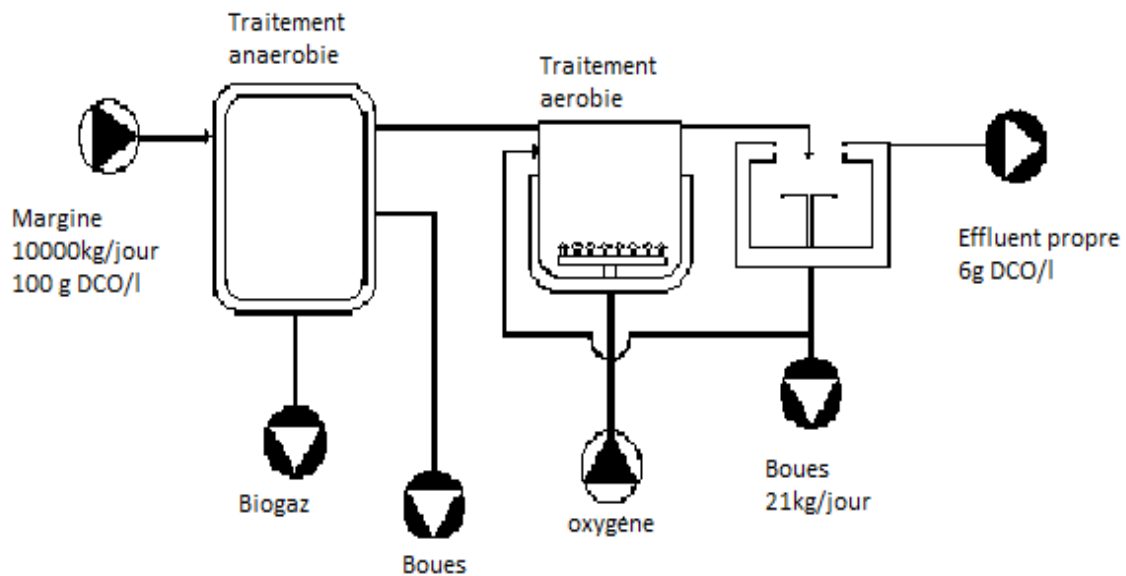
Ces traitements anaérobies permettent de réduire la consommation en énergie et la production des boues (Borja et al., 1995). Ils présentent aussi l'avantage de produire du méthane et de limiter les dégagements de mauvaises odeurs. Par contre, ils sont aussi très limités à cause de la toxicité élevée des composés phénoliques et des tanins, de la faible biodégradabilité des polymères de couleur foncée et de l'acidification des réacteurs (Mouncif et al., 1995).

Le tableau 3.2 regroupe les résultats de quelques études de traitement anaérobie et montre que la vitesse et le taux d'élimination de la DCO dépend de la DCO initiale et de temps de l'échantillon.

**Tableau 3.2 : Traitement biologique anaérobie des margines. (Ergüder et al., 2000)**

le temps de rétention	DCO initiale (g d'O <sub>2</sub> /l)	Vitesse d'élimination (kg DCO/m <sup>3</sup> .jour)	Taux d'élimination(%)
-1 jour	10	5-18 5,25-18,65 3	75 70-80 65
-18 heures	6	8	89
-7 jours	10-30	4,4	75
-3,2 jours	25	7,8	92

Le traitement anaérobie suivi d'un traitement aérobie permet la réduction de la DCO à 94% et une production de boues équivalente à 21 kg/jour (figure 3.5) (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).



**Figure 3.5 : Schéma général et bilan approximatif du traitement anaérobie (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).**

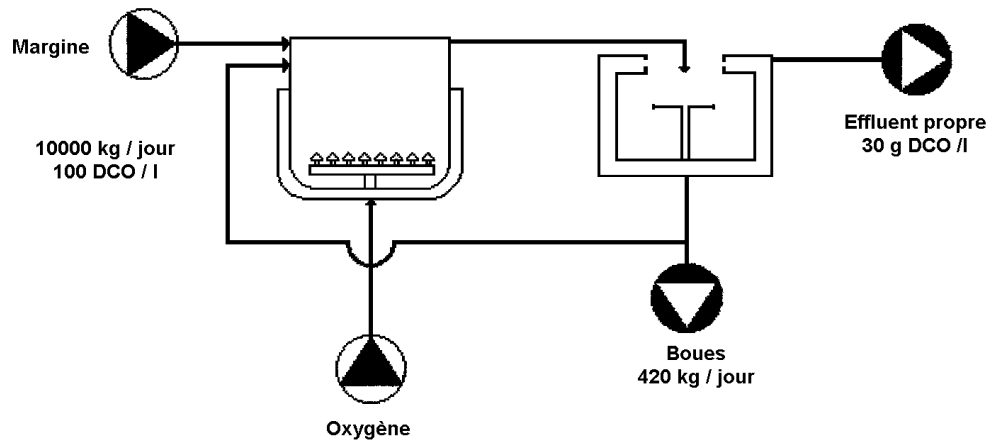
➤ Traitement aérobie :

Les effluents d'huileries d'olive étant très chargés en matière organique, ils ne peuvent pas être traités directement par voie aérobie. De ce fait plusieurs auteurs ont recommandé de les diluer avant leur traitement, soit avec l'eau (El hajjouji et al., 2007), soit avec des eaux usées domestiques (Annaki,1999). Balice et al., 1988 ont recommandé de diluer les effluents d'huileries d'olive 70 fois avec de l'eau claire non polluée lors de leur épuration avec les boues activées.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur le traitement et le prétraitement des effluents d'huileries d'olive par voie aérobie en utilisant des souches de microorganismes telles que les basidiomycètes (DiasAlbino et al., 2004), (Fountoulakis et al., 2002) en raison de leur grand pouvoir de dégrader les composés phénoliques (Hamidi et Ellouz, 1993). D'autres auteurs ont utilisé des suspensions mixtes de microorganismes et ont abouti à des abattements très importants en termes de DCO et de poly phénols (Zenjari et al., 1999).

Ces abattements sont très variables et varient en fonction de la performance des souches sélectionnées. Certaines souches de bactéries et de champignons ont été également testées pour décolorer les effluents d'huileries d'olive et réduire leur toxicité, mais les effluents d'huileries d'olive étant très chargés en matière organique ne peuvent pas être traités

directement par ces procédés. Le traitement aérobie réduit la DCO de l'effluent de 70% (figure 3.6) (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).



**Figure 3.6 : Schéma général et bilan approximatif du traitement aérobie de la margine (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).**

➤ Traitement par lagunage :

Le principe est basé sur la biodégradation des composés contenus dans les margines par lagunage ; les effluents sont collectés temporairement dans un bassin situé en aval des sites polluants. Un milieu riche en matière organique est créé dans le bassin et des conditions anaérobies s'y développent. Les matières organiques sont ainsi dégradées sous l'action des microorganismes et l'on peut aussi obtenir une dénitrification des eaux. En aval, l'eau obtenue est de qualité physico- chimique acceptable et peut être rejetée dans le milieu naturel. Ce mode de régénération des eaux nécessite par contre de grandes surfaces car les bassins de rétention doivent avoir une faible profondeur.

L'inconvénient que peut revêtir cette méthode d'évacuation est qu'en essayant d'éviter une pollution hydrique, nous risquons de provoquer une pollution de l'environnement en raison des problèmes de manque d'esthétique et de mauvaises odeurs que présentent les bassins d'évaporation. Cette technique a été utilisée par exemple dans une huilerie située à proximité de Fès (Maroc). Elle permet de réduire la DCO et les polyphénols des margines à 80% (Kapelakis et al., 2012).

### 3.3.3. Procédés physiques :

#### ➤ Procédés membranaires :

Dans le cas du traitement des margines par l'ultrafiltration **UF** et l'osmose inverse **OI**, le courant liquide est déversé directement dans le lit des fleuves, et le courant concentré contient les composants polluants de la margine d'origine.

Récemment, (**Dhaouadi et Marrot, 2008**) ont utilisé un bioréacteur équipé d'une membrane d'UF, pour le traitement des margines diluées. Ils ont proposé d'utiliser ce type de traitement en stade de prétraitement pour éliminer les composés phénoliques avant le traitement biologique conventionnel.

Ces procédés permettent d'éliminer 100% de la DCO initiale. En revanche, ils nécessitent un prétraitement, une demande énergétique élevée d'où un coût élevé de l'ensemble du procédé (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**), et l'altération rapide des membranes utilisées (**Drouiche et al., 2004 ; Mameri et al., 2000**).

#### ➤ Procédés d'adsorption et biofiltration :

L'adsorption est le processus où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce phénomène est utilisé pour éliminer des molécules indésirables dispersées dans le fluide.

La fixation provient de l'établissement (entre le solide et les molécules) de liaisons de Van Der Waals " liaisons de types électrostatiques de faible intensité.

L'adsorption physique met en jeu de très faibles interactions entre entités moléculaires comme les forces d'attraction de Van Der Waals et des interactions électrostatiques de polarisation. Elle est réversible et peu spécifique. Elle est rapide et généralement limitée par les phénomènes de diffusion. La force des interactions mises en jeu peut être estimée par l'énergie d'adsorption qui est comprise entre 5 et 40 kJ/ mole est considérée comme faible.

Par contre l'adsorption chimique met en jeu des forces d'interaction de plus grandes intensités (liaisons de type covalentes), et qui modifie la structure moléculaire du soluté, ce qui rend en général le processus irréversible.

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant. Ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant en plusieurs étapes (figure 3.7):

- le transfert de la particule (étape très rapide).



- le déplacement de l'eau liée jusqu'à être en contact du charbon.
- la diffusion à l'intérieur du charbon sous l'influence du gradient de concentration (phase lente).
- l'adsorption dans un micropore (phase rapide).

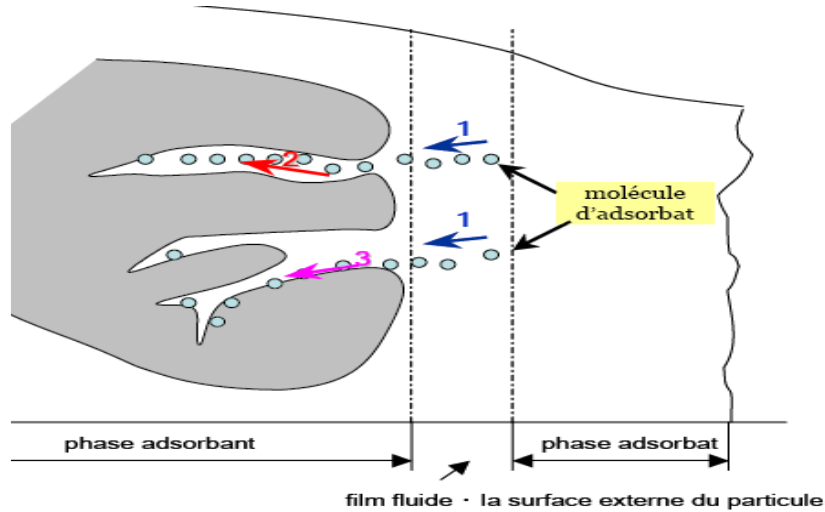


Figure 3. 7 : Schéma explicatif du phénomène de l'adsorption (CREANGĂ ,2007)

**✚ Modèles d'isotherme d'adsorption :**

Les modèles d'adsorption permettent de comprendre les mécanismes d'interaction entre la surface de l'adsorbant et l'élément adsorbé.

La quantité de soluté adsorbée est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m} = \frac{X}{m}$$

Soit :

$q_e$  : quantité de soluté adsorbé à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant (mg/g)

$C_0$  : concentration initiale de soluté (mg/l)

$C_e$  : concentration de soluté à l'équilibre (mg/l)

$V$  : volume de la solution (l)

$m$  : masse d'adsorbant (g)

$X$  : quantité de soluté adsorbé à l'équilibre (mg);  $X = (C_e - C_e) \cdot V$

**a) Isotherme de Langmuir :**

Cette isotherme est représentée par l'équation suivante :

$$Q_e = \frac{a \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e}$$

Sachant que :

$Q_e$  : est la quantité de substance adsorbée à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant (mg/g).

$C_e$  : La concentration du substrat en adsorbat à l'équilibre (mg/l).

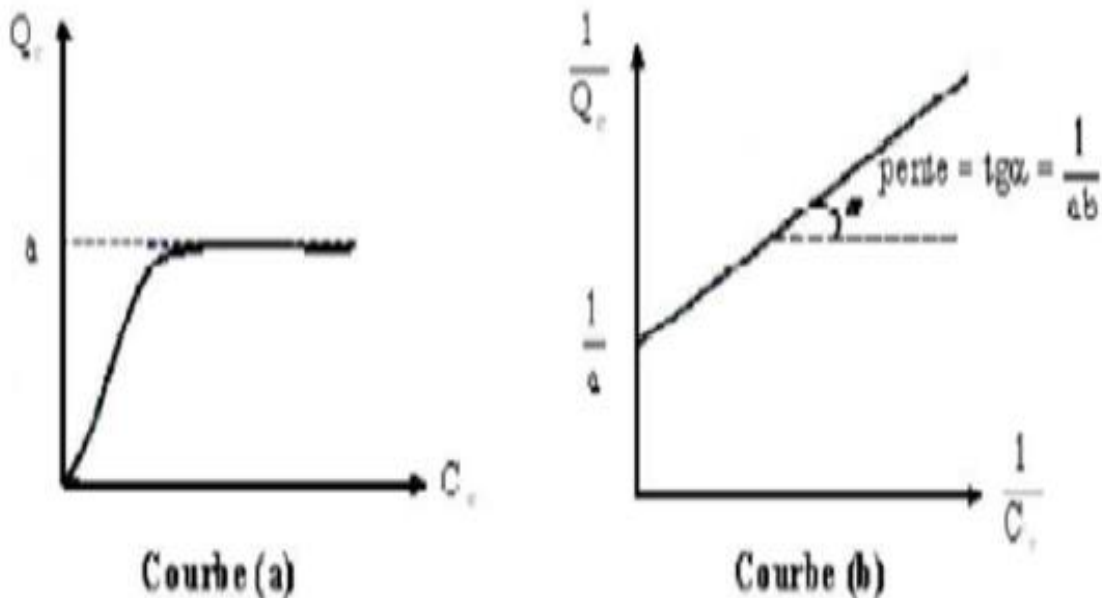
$a$  : Correspond la capacité d'adsorption à la saturation (mg/g) et qui correspond à la formation d'une monocouche (c'est aussi le nombre de sites actifs par unité de masse de la phase solide).  
 $b$  : Le coefficient d'adsorption (l/mg), c'est également la constant d'adsorption spécifique de l'adsorbant sur l'adsorbant. Cette constante est liée à la température et au système (adsorbant-adsorbant).

$a \cdot b = KL$  : constante d'équilibre de Langmuir (l/g).

La linéarisation de l'équation précédente conduit à l'équation suivante :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{a \cdot b \cdot C_e} + \frac{1}{a}$$

Le schéma ci-dessous illustre l'isotherme de Langmuir (figure 3.8) :



a) Courbe expérimentale, b) Modélisation

Figure 3.8 : Isotherme de Langmuir (Rebahi et Kheloufi, 2015)

### b) Modèle de Freundlich (1906)

Les isothermes concaves sont les plus fréquentes. Le premier modèle utilisé dit de Freundlich

était empirique (Freundlich, 1909).

Ce modèle établit une relation entre la quantité de soluté adsorbée et la quantité restante en phase liquide, cette équation est basée sur une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption, elle s'exprime par la relation suivante :

$$Q_e = K_f \cdot C_e^n$$

$Q_e$  et  $C_e$  : étant la capacité d'adsorption en mg/g et la concentration du substrat en adsorbat à l'équilibre (l/mg) respectivement.

$K_f$  et  $n$  : constantes de Freundlich, sont indicatifs de l'intensité et de la capacité d'adsorption.

La linéarisation de la première équation conduit à l'équation suivante :

$$\ln Q_e = \ln k_f + n \ln C_e$$

Dans la figure 3.9 sont présentées les courbes de l'isotherme de Freundlich :

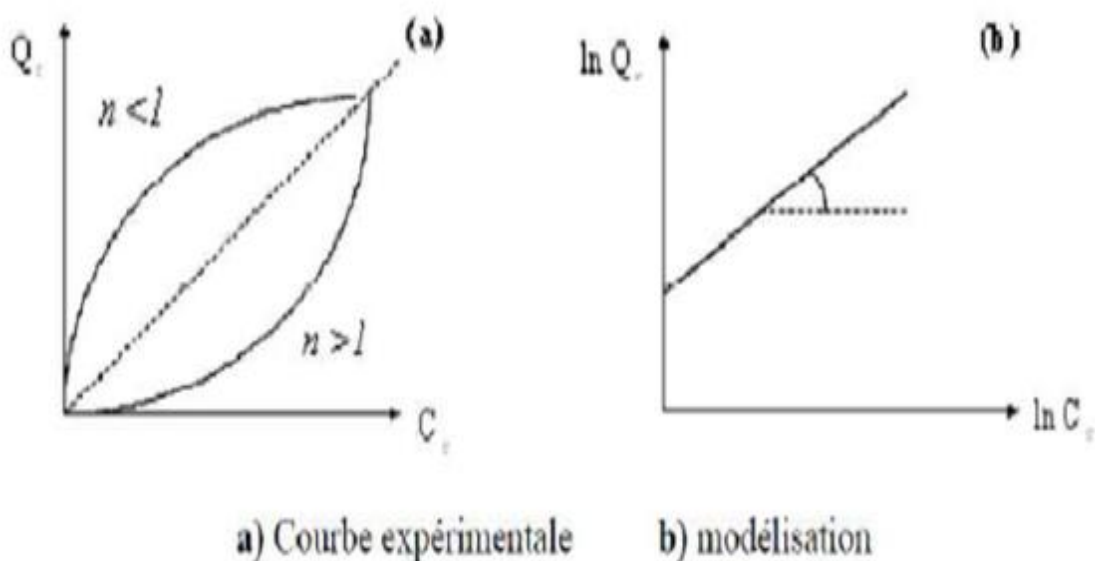


Figure 3.9 : Isotherme de Freundlich (Rebahi et Kheloufi, 2015)

### *c) Isotherme d'adsorption de Brunauer, Emmet et Teller (BET)*

Le point de départ est la généralisation des hypothèses admises pour le modèle B.E.T. en multicouches et dont les principales sont les suivantes :

L'adsorption se produit sur des centres d'adsorption déterminés, dont on ne connaît pas la nature physique. On considère que chaque centre d'adsorption peut fixer seulement une molécule de gaz et on suppose de plus, que la surface ne contient qu'une seule sorte déterminée de centres d'adsorption caractérisée par une chaleur d'adsorption uniforme. Les sites d'adsorption sont identiques et la chaleur d'adsorption est indépendante du degré de recouvrement.

Il n'existe aucune interaction entre les molécules adsorbées, c'est à dire que la solidité du lien d'une molécule donnée avec un centre donné n'est conditionnée que par la nature de la molécule, et de la nature du centre, et ne dépend pas de la présence ou de l'absence de molécules sur les centres voisins.

Dans le cas des margines, le principal objectif de l'adsorption est celui de biodégrader les composés organiques ayant des effets bactéricides, inhibiteurs ou colorants.

L'isotherme de B.E.T a peu d'application, surtout en phase aqueuse, comparativement à celles plus utilisables de Langmuir et de Freundlich (Seljko et Dekker., 1985).

### *d) Isotherme d'adsorption de Temkin*

La dérivation de l'isotherme de Temkin suppose que l'abaissement de la chaleur d'adsorption est linéaire plutôt que logarithmique, et l'adsorption est caractérisée par une distribution uniforme des énergies de liaison jusqu'à une certaine énergie maximale de liaison (Temkin et Pyzhev, 1940 ; Kim et al, 2004 ; Aharoni et Ungarish, 1977). L'isotherme de Temkin est donnée par l'équation suivante (Temkin et Pyzhev., 1940) :

$$q_e = \frac{RT}{b_T} \cdot \ln(K_T \cdot C_e)$$

Avec :

$q_e$  : quantité d'ions métalliques adsorbés (mg/g) ;

$C_e$  : concentration du soluté à l'équilibre (mg/l) ;

R : constante universelle des gaz parfaits (J/mol. K) ;

T : température absolue (K) ;

$b_T$  : variation de l'énergie d'adsorption (J. mol/g.mg) ;

$K_T$  : constante d'équilibre (l/mg).

(Galiatsatou et al., 2002) ont effectué une étude permettant l'élimination des composés phénoliques par adsorption sur différents charbons actifs préparés par activation physique à partir du noyau d'olive ou de pulpe d'olive. Les deux charbons préparés par des méthodes différentes, ont permis d'avoir des taux d'élimination des polyphénols de l'ordre de 73 % après 8h, par contre le maximum d'élimination de la DCO est de 33,65 % pour un temps de 5 h.

Pour l'adsorption, le charbon actif utilisé est non réutilisable, mais il peut être employé comme combustible (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).

Dans la biofiltration, le filtre sert en plus de nutriments pour les bactéries donnant lieu à un procédé de dégradation biologique des substances organiques dissoutes (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).

L'inconvénient de la biofiltration est le risque d'engorgement du filtre, en plus du pouvoir polluant élevé du concentrât résultant.

Le bilan de matière approximatif du procédé de biofiltration est représenté dans la figure

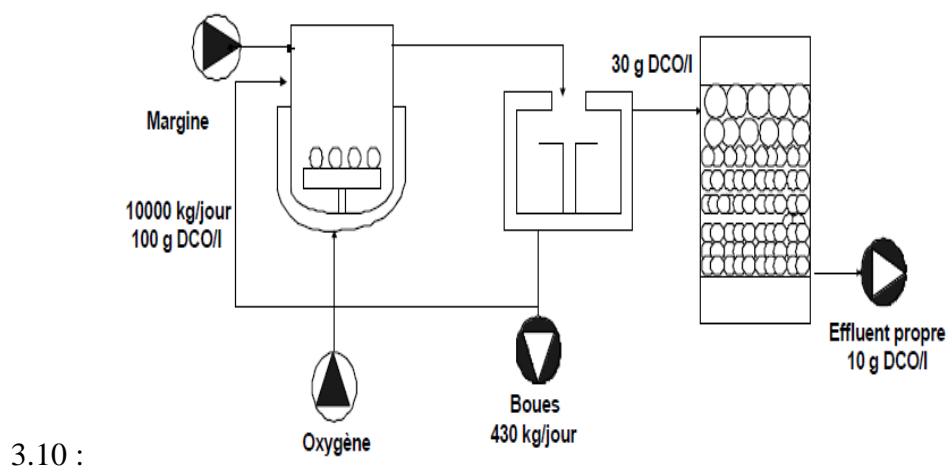


Figure 3.10 : Schéma et bilan de matière approximatif du procédé de biofiltration (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000).

### 3.3.4. Procédés physico-chimiques :

➤ La coagulation-floculation :

Le prétraitement des margines par coagulation-floculation couplée aux différents matériaux inorganiques et poly-électrolytes organiques est investigué. Le couplage de la chaux ou du sulfate de fer avec des poly-électrolytes cationiques, permet une élimination quantitative de la matière solide en suspension, par contre la réduction de la DCO et des phénols totaux varie respectivement, entre 10-40% et 30-80%. Pour améliorer la dégradation de la matière organique, le coagulant à base de fer est couplé au peroxyde d'hydrogène (réaction de Fenton) ce qui augmente la réduction de la DCO jusqu'à 60% (**Ginos et al., 2006**). En 2006 **Roig** et son équipe ont utilisé l'hydroxyde de calcium et de sulfate d'aluminium pour réduire la DCO de 20 à 30%. Dans une autre étude, **Aktas** et son équipe ont proposé en 2001, le prétraitement des margines par la chaux pour réduire la pollution. D'une part ce traitement physico-chimique offre une solution partielle et nécessite un traitement secondaire. D'autre part, il produit une grande quantité de déchet qui cause d'autres problèmes environnementaux (**Meysami et Kasaeian, 2005 ; Sarika et al., 2005**).

➤ L'électrocoagulation :

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

Les boues produites après l'électrocoagulation des margines sont extraites et vont au compostage. Les liquides sont acheminés vers le biométhaniseur qui permet la transformation de la matière organique en substances chimiques diverses en condition d'anaérobiose et sous l'action des bactéries présentes dans le milieu (production de gaz). Le principe de l'électrocoagulation et bio méthanisation pour le traitement des margines est schématisé dans la figure 3.11.

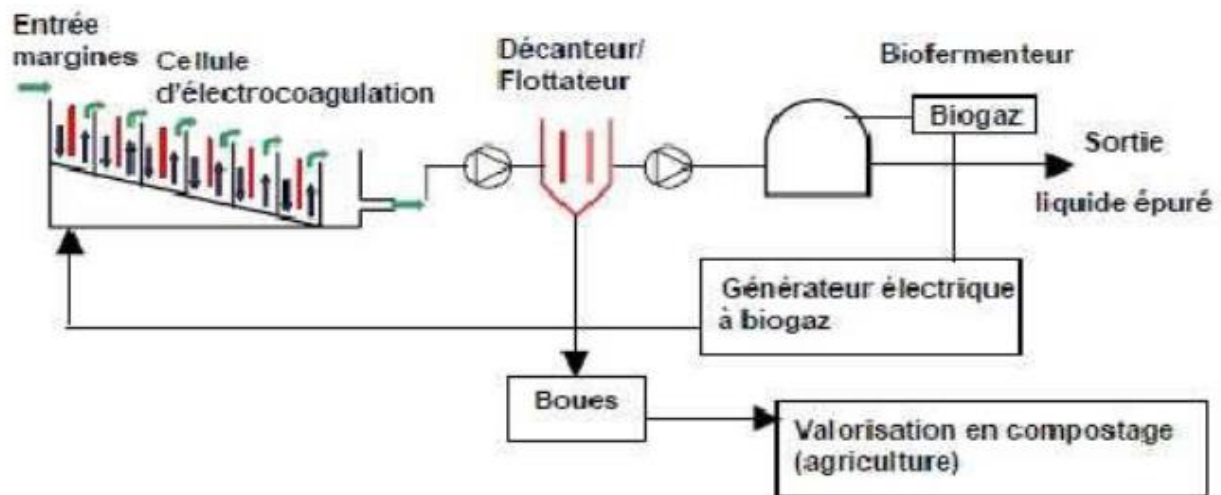


Figure 3.11 : Schéma général du principe de l'électrocoagulation et bio méthanisation pour le traitement des margines (Barry et Diarra, 2018)

### 3.3.5. Traitement d'oxydation avancée :

#### ➤ Traitement par oxydation humide :

Dans le cas de l'oxydation humide, les composés difficilement biodégradables ou non biodégradables sont transformés en fragments biodégradables. Pour améliorer ce processus, des catalyseurs comme les métaux nobles, peuvent être utilisés sous des conditions de températures et de pression modérées. Cette technique a été investiguée en 2006 par **Pharm Minh et son équipe** pour oxyder les composés phénoliques présents dans les margines. Les catalyseurs utilisés sont le platine (Pt) et le ruthénium (Ru). Les principaux points forts de cette technique résident dans le peu d'espace qu'elle requiert, et dans le fait que l'eau traitée peut être évacuée normalement dans les lits de fleuves (**Pharm Minh et al., 2006**). Toutefois, les désavantages sont dus à la demande énergétique importante qu'exige ce mode de traitement (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**), le coût élevé de l'installation et la nécessité du matériel qui résiste à la corrosion et aux conditions de pression et de température de travail (**Kestioglu et al., 2005**).

#### ➤ Ozonation :

L'ozonation constitue le traitement chimique principal, basée sur l'utilisation de l'ozone. Ce dernier est certes un oxydant puissant, mais il n'est pas capable d'oxyder complètement la charge organique des margines. **Andreozzi et Caprio** ont montré en 1999 que les taux de réduction de la DCO durant l'ozonation, dans les conditions les plus

favorables, ne dépassent pas 20 à 30 %. **Canizares et Lobato (2007)**, ont trouvé que l'ozonation des margines à pH alcalin n'a pas permis d'atteindre une minéralisation complète de la charge organique.

**Benitez et Heredia(1996)**, ont montré que ce procédé peut être amélioré par l'utilisation des radiations UV permettant une réduction de la DCO de 5 à 10 % et l'élimination des phénols taux à 97,5 %.

➤ Procédés électrochimiques :

Des études ont été menées sur la possibilité de prétraitement des margines afin de réduire les concentrations des phénols et des polyphénols avant de procéder à un traitement biologique. Différents types d'anodes ont été utilisés pour le traitement des margines comme : Titane-Tantale- Platine-Iridium (Ti-Ta-Pt-Ir) (**Giannes et al., 2003 ; Gotsi et al., 2005**), Titane-Platine (Ti-Pt) (**Israilides et al., 1997**), des électrodes spéciales parallèle d'aluminium (**Adhoum et Moncer., 2004**), une anode plate parallèle à base d'un mélange d'oxydes de Titane et Ruthénium (**Panizza et Carisola., 2006**).

**Cañizares et al., (2007)** ont étudié l'oxydation par une anode en diamant qui permet d'atteindre une minéralisation complète de la DCO et COT.

**Tzagaroulakis et al., (2005)** ont montré que le traitement combiné aérobie-anaérobie est 10 fois moins coûteux que le processus d'électro-oxydation.

➤ Procédés Fenton :

Le procédé Fenton est un procédé convenable au traitement d'une large variété des effluents sans égard de la concentration et de la nature des contaminants. C'est un système économique, caractérisé par sa simplicité et la possibilité d'utiliser des réacteurs agités. **Rivas et al., (2001)** ont fait une étude de traitement des margines diluées par des effluents urbains par le réactif de Fenton et des modèles pseudo-empiriques sont construits. Pour un excès de peroxyde d'hydrogène, le maximum de réduction de la DCO et carbone total après 24 h est, respectivement, de 70 et 55%. Dans un autre travail, en traitant des margines brutes, il a été mis en évidence pour une concentration de  $Fe^{2+}$  donnée, l'élimination de la DCO et de COT augmente avec l'augmentation de la concentration de  $H_2O_2$ . Le meilleur taux d'élimination de la DCO est de 70% pour une concentration en  $H_2O_2$  supérieure à 25 kg/m<sup>3</sup>. Dans ce même travail, le traitement combiné : Fenton-Electrochimique (électrode en diamant) a permis une minéralisation complète de la pollution (**Cañizares et al., 2007**). Ce dernier a aussi été utilisé par **Chen et al., (2002) ; Panizza et al., (2000) ; Khoufi et al., (2006)** et **Israilides et al., (1997)**.



Ces procédés d'oxydation avancée ont été extensivement étudiés pour le traitement des margines. Quelques résultats de ces études sont représentés dans le tableau 3.3

**Tableau 3.3 : Différents systèmes d'oxydation avancée utilisés pour le traitement des margines (Mantzavinos et Kalogerakis., 2005)**

Le système d'oxydation	Efficacité	Commentaires
Photo-Fenton avec des rayons solaires	74% de DCO et 87% PT après 19 h. $[\text{Fe}^{2+}] = 5 \text{ mM}$ et $[\text{H}_2\text{O}_2] = 20 \text{ g/l}$ . $\text{DCO}_0 = 81 \text{ g/l}$	la photolyse solaire de $\text{TiO}_2$ est plus effective que le procédé photo-Fenton
Electrochimique : l'anode est en Ti-Ta-Pt-Ir, et l'électrolyte est le NaCl.	$\text{DCO}_0 = 45\text{-}60 \text{ g/l}$ , 71% de DCO après 8h et élimination totale d'odeur et des solides en suspension.	la DCO résiduelle est toxique pour <i>Daphnia Magna</i> et <i>Artemia Salina</i>
Fenton suivi par coagulation.	~ 65% DCO, ~30% $\text{DBO}_5$ et 100% de phénols après 2 h avec 2 g/l de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ et 5ml de $\text{H}_2\text{O}_2$ à 20°C. $\text{DCO}_0 = 80,3 \text{ g/l}$ .	le rapport $\text{DCO}/\text{DBO}_5$ diminue de 3,1 à 1,79 après l'oxydation.
Fenton.	élimination de 85-90% de DCO après 3-4 h avec 10 mM de $\text{Fe}^{2+}$ et 1 M de $\text{H}_2\text{O}_2$ à 50°C. $\text{DCO}_0 = 14,7\text{g/l}$ .	les margines sont dilués 10 fois avant l'oxydation.
Ozonation.	élimination de 22% de DCO après 8h et élimination totale des phénols après 2h. $\text{DCO}_0 = 34\text{g/l}$ .	les margines sont dilués ~ 3 fois avant l'ozonation.
Oxydation humide supercritique.	réduction de : 79% de DCO, 79% de COT, et 98% de phénols totaux après 18h à 500°C et 25 MPa, $\text{DCO}_0 = 3,3 \text{ g/l}$ .	ajout de 0,2 M de $\text{H}_2\text{O}_2$ pour améliorer les vitesses d'oxydation. Facteur de dilution : 50 fois.
Oxydation humide supercritique couplée au procédé Fenton.	77% DCO, 69% COT éliminées et décoloration complète après 1h à 200°C. $\text{DCO}_0 = 50\text{g/l}$ .	la DCO résiduelle est dégradée en aérobie par un mélange de culture de bactéries et levures.

### 3.4. Études de cas sur les traitements des margines dans le monde :

De nombreux procédés différents ont été proposés pour traiter les margines, tels que les méthodes physiques (évaporation ouverte bassins, concentration par évaporation, filtration et ultrafiltration / osmose inverse), méthodes chimiques (oxydation de Fenton, oxydation humide, oxydation électrolytique, combustion et neutralisation avec chaux), des méthodes physico-chimiques (floculation, coagulation, électrocoagulation et échange d'ions), et méthodes biologiques (boues activées, digestion anaérobie, biofiltration, lagunage ou arrosage direct champs et compostage) (Rozzi et Malpei, 1996). Le classique bien connu physique et physico-chimique les méthodes de traitement se sont avérées non durables alors que les méthodes de traitement biologique bien qu'elles puissent être efficaces et viables, elles se sont avérées inapplicables en raison de la lenteur de dégradation des margines. Très peu de méthodes proposées précédemment ont été matérialisées à partir des recherches en laboratoire sur les procédures appliquées dans de véritables usines d'oliviers et aucune d'elles n'a été prouvées être techniquement réalisable et à la fois rentable (Dogruel et al., 2009). Cependant, l'application de ces technologies a indiqué qu'une combinaison de méthodes doit être mise en place pour avoir un résultat satisfaisant de traitement des eaux usées. La mise en place d'un traitement biologique (digestion anaérobie, traitement aérobie et compostage) ne pourrait être une solution viables pour traiter les margines que si la forte toxicité de ces déchets est considérablement réduite. Ce qui peut être acquis avec des processus d'oxydations avancées (Mantzavinos et Psillakis, 2004).

#### 3.4.1. En Espagne :

L'Espagne est le gros producteur de l'huile d'olive et produit donc de grandes quantités de margines. Pour résoudre ce problème l'Espagne est passée dans les années 1990 du système d'extraction de l'huile d'olive à trois phases au système biphasé. Elle a aussi adopté plusieurs techniques de traitement que nous allons aborder dans cette section.

##### a) Évaporation naturelle :

La méthode d'évaporation naturelle en bassins fut le premier traitement appliqué pour résoudre le problème des margines en Espagne, proposé par la Direction Générale de l'Environnement en 1980. De nombreuses coopératives de Jaen et de Córdoba l'ont adoptée. Dans la province de Jaen, il y a 998 bassins, d'une superficie totale occupée de 250

ha et d'une capacité de 2,5 millions de m<sup>3</sup>. À Córdoba, il y a 369 bassins, d'une superficie occupée de 62 ha et d'une capacité de 0,9 millions de m<sup>3</sup> (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**).

**Coûts :** Cela dépend de l'endroit, de la disposition de terrain libre et de la proximité de noyaux urbains importants. Le coût opérationnel est inférieur à 0.03€/m<sup>3</sup> de marge (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**).

#### **b) Procédés de membranes :**

En 1991-92, des expériences pilotes ont été réalisées, subventionnées par la Confédération hydrographique du Guadalquivir (Espagne) (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**) :

- Ultrafiltration : réalisée par Fernández Saro S.A., pour l'huilerie Molino de las Torres de Alcaudete (Jaen).
- Ultrafiltration : réalisée par Scandiavision S.A., pour l'huilerie Martínez Montañéz de Alcalá Real (Jaen).
- Osmose inverse : réalisée par Itin-Indelpa S.A. pour l'huilerie Coop. N<sup>a</sup> S<sup>a</sup> de la Merced en Montoro (Córdoba).

**Rendement :** Le procédé permet d'éliminer 100 % de la DCO.

**Coûts :** Dans tous les cas, les coûts sont aussi très élevés, entre 150.000 et 180.000€ d'installation (3-4.2€/m<sup>3</sup> de marge traitée) et d'exploitation d'environ 6€/m<sup>3</sup>.

#### **c) Traitement anaérobie :**

Il existe une expérience pilote du système Alpechín, S.A. subventionnée par la Confédération hydrographique du Guadalquivir en 1991-92 (Espagne) (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**).

La méthode consiste en l'épuration en phase anaérobie, moyennant l'emploi d'une unité de réaction. L'installation comprend : un réservoir de margines, un réservoir d'homogénéisation où est réglé le pH et où sont ajoutés, si nécessaire, des nutriments, plusieurs réservoirs digesteurs anaérobies et un équipement d'osmose inverse.

Une fois que la marge a été prétraitée dans la citerne d'homogénéisation, elle est chauffée en vue d'être introduite dans le réacteur anaérobie. Le procédé s'accompagne d'un

dégagement de gaz méthane, utilisé pour le chauffage du digesteur anaérobie et pour divers emplois dans la propre huilerie. Lors de l'étape de digestion anaérobie. L'effluent issu du digesteur est soumis à un procédé d'osmose inverse où il est filtré, obtenant ainsi de l'eau pratiquement propre et déversable dans les lits des fleuves ou utilisable comme eau d'arrosage.

**Rendement :** on obtient une réduction de 86 % de la DCO et il ne se produit pratiquement pas de boues.

**Le coût :** environ 180.000€ d'investissement pour 4 000 m<sup>3</sup> de marge, c'est-à-dire 3.6 €/m<sup>3</sup> de marge traitée, avec des coûts d'exploitation d'environ 6 €/m<sup>3</sup>.

#### **d) l'oxydation et ozonation à l'air humide (WAO):**

**Cas I :** Un travail considérable a été consacré au processus intégré d'oxydation à l'air humide et de biodégradation aérobie dans le traitement des eaux usées de la transformation des olives dans la province de Badajoz, Espagne . Les paramètres les plus représentatifs sont le COD et DBO<sub>5</sub>, avec des valeurs de 24,45 et 14,8 g O<sub>2</sub> / l respectivement, et une teneur en phénol de 833 mg phénol/l. Le traitement a été réalisé par WAO dans des conditions relativement douces (443–483 K et 3,0–7,0 MPa de pression totale avec de l'air). L'utilisation des catalyseurs tels que les promoteurs de radicaux (peroxyde d'hydrogène) ont conduit à une plus grande efficacité du procédé (entre 16 et 33% d'amélioration de l'élimination des DCO, selon les conditions de fonctionnement) (**Rivas et al., 2001**).

Les tests de biodégradabilité effectués après le prétraitement d'oxydation ont montré l'effet positif de le prétraitement WAO sur l'oxydation biologique aérobie des eaux usées.

#### **Rendement :**

- Conversion de la DCO comprise entre 30 et 60% (6 heures de traitement).
- Elimination significative du phénol contenu à la fin du processus WAO avec des valeurs de conversion de 95%.

**Cas II :** Les eaux usées d'origine d'olive noire ont été obtenues à partir d'une olive de table usine de transformation dans la communauté d'Estrémadure (Espagne). Le traitement a été réalisé par ozonation, dégradation biologique aérobie et combinaison de deux étapes successives: un processus biologique aérobie suivi d'ozonation. A cet effet, la demande chimique d'oxygène (DCO), le contenu aromatique total (A) et le contenu phénolique total (Tph), étaient sélectionnés comme paramètres représentatifs pour suivre le processus global

de purification. Les résultats expérimentaux donnés pour l'ozonation, où la température (10, 20 et 30°C) et le pH (7,9 et 13,6) ont été modifiés (**Beltran-Heredia et al., 2000**).

**Rendement :**

- les conversions en DCO variaient entre 42 et 55% selon les conditions de fonctionnement.
- les conversions du total des composés phénoliques et aromatiques sont respectivement d'environ 75 et 67%.

**3.4.2. En Grèce :****a)Evaporation naturelle :**

C'est la méthode couramment utilisée pour le traitement des margines en Grèce .Il y a environ 400 installations en Grèce (**Vlyssides, 2012**).

**b) Traitement anaérobie :**

**Cas I :**La recherche d'un procédé de traitement économique des eaux usées d'une usine d'extraction d'huile d'olive à Kandano (région de La Canée, Crète) a conduit au concept d'une usine pilote(figure3.12) (**FIW**).Description de l'usine:

- livraison, conteneur de stockage;
- décanteur d'une capacité de 650 m<sup>3</sup>;
- digesteur anaérobie (volume: 16 m<sup>3</sup>) pour les boues;
- Réacteur UASB (couverture de boues anaérobies à flux ascendant) (volume: 18 m<sup>3</sup>) pour la liqueur de boue.

L'usine peut recevoir un sixième du volume total des eaux usées produites. Le quotidien l'influent est de 30 m<sup>3</sup>. Les eaux usées sont collectées dans un conteneur de stockage où leur qualité est analysée. Les eaux usées brutes sont ensuite conservées pendant 10 jours dans le décanteur où les substances particulières se déposent.

La liqueur de boue préclarifiée et la boue primaire retirée sont toutes deux anaérobies traitées en parallèle. Il existe un risque de formation d'une couche d'écume dans le décanteur, ce qui peut entraîner des fortes odeurs. Ce problème peut être résolu en recouvrant le réservoir ou en utilisant un pont racleur.

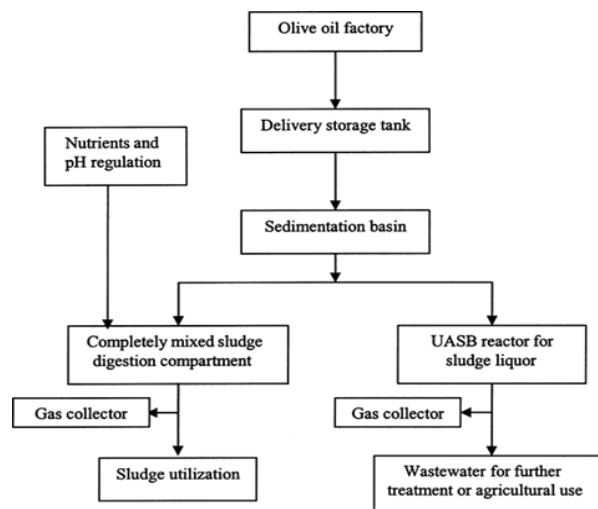
La liqueur de boue préclarifiée est préchauffée et introduite dans le réacteur UASB. Le biogaz obtenu est soutiré de la partie supérieure du réacteur et conduit vers la chambre de stockage de gaz.

La phase liquide est soumise à une sédimentation, puis stockée dans un conteneur. Après l'ajout de nutriments et la régulation du pH, la boue primaire, montrant une eau élevée

contenu (65–80%), est introduit dans un digesteur complètement mélangé. Le biogaz est à nouveau retiré de la partie supérieure du digesteur et conduit à la salle de stockage de gaz. La phase liquide traitée est conduite au décanteur puis au récipient collecteur. À ce stade, le biogaz est incinéré.

La phase liquide, destinée à être épandue sur des terres agricoles, est stockée dans une fosse à ciel ouvert. Après séchage, les solides peuvent être vendus comme matériau d'amélioration du sol ou comme humus après avoir été mélangés avec résidus végétaux. Il n'y a pas de nuisances olfactives causées par les liquides qui s'échappent des digesteurs.

**Couts :** le cout de la c construction de l'usine qui traite  $30 \text{ m}^3$  / jour, une surface d'au moins 1 ha est nécessaire, au prix de environ 150 000 €.



**Figure 3.12 : Usine pilote de traitement des eaux usées issues de l'extraction de l'huile d'olive à Kandano (une région de Chania, Crète) (FIW)**

**Cas II.** Une usine pilote a été exploitée entre janvier 1993 et avril 1994 pour traiter les eaux usées d'un moulin à huile dans la région de Kalyvia / Attique (figure3.13) (FIW).

Description de l'usine :

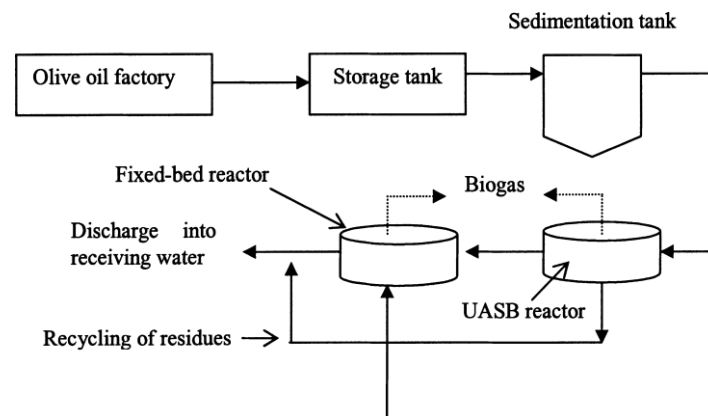
- livraison, cuve de stockage d'un volume de  $20 \text{ m}^3$  pour la quantité totale de margines produit;
- décanteur d'un volume de  $4 \text{ m}^3$ ;
- Réacteur UASB d'un volume de travail de  $2 \text{ m}^3$ , équipé d'un échangeur de chaleur pour maintenir la température pendant la phase mésophile;

- réacteur à lit fixe d'un volume utile de 2 m<sup>3</sup>, un échangeur de chaleur haute performance, et système de recirculation;
- salle de stockage de gaz;

**Rendement :** - La charge organique a été dégradée de 88 à 89% ;

-la teneur en phénol était réduite de 74 à 75% ;

- la production de biogaz était de 21 à 23 L de gaz par litre.



**Figure 3.13 : Usine pilote de traitement des eaux usées d'un moulin à huile d'olive dans la région de Kalyvia, Attique(FIW)**

### 3.4.3. En Italie :

#### a) Concentration thermique :

Les systèmes de concentration thermique ont été recommandés et adoptés dans une demi-douzaine d'installations de Puglia et de Basilicata, avec une capacité totale d'épuration d'environ 25 m<sup>3</sup> de margine à l'heure (capacités unitaires de 5 à 8 m<sup>3</sup>/h). Les dérivés au m<sup>3</sup> de

marges traitées obtenus avec ce système sont les suivants (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**) :

- 350 kg/h d'un mélange hydro-alcoolique obtenu dans la première phase, avec un pourcentage d'alcool oscillant entre 2,5 et 15 %.
- 400 Kg/h de condensât (eau distillée), séparée dans la deuxième phase, avec une DCO moyenne de 1 500-2 000 ppm.
- 150 kg/h de concentrât avec une humidité de 47 % (53 % de matière sèche) et une teneur élevée en carbone, en azote et en potassium.

**Coût** : d'après des sources italiennes, les niveaux de coût rapportés sont les suivants :

- Investissement (pour 5 m<sup>3</sup>/h) : 300.000 € ;
- Coût opérationnel : 13,19 €/m<sup>3</sup>.

#### **3.4.4. En Tunisie :**

##### **a) Evaporation naturelle :**

Des étangs de grande dimension ont été construits, parmi lesquels on peut citer ceux de Kalaa Kébira (30 000 m<sup>3</sup>) et plus de 40 dans la ville de Sfax (**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2000**). À l'heure actuelle c'est la seule technique adoptée en Tunisie.

#### **3.4.5. En Algérie :**

D'après l'enquête auprès des propriétaires des unités de production de l'huile d'olive que nous avons visité, la gestion des margines consiste à les déverser directement dans les canalisations des eaux usées municipales, sans aucun traitement préalable. Aucune information trouvée dans la littérature sur les traitements des margines en Algérie, or quelques études ont été menées au niveau des universités algériennes qui ont examiné l'efficacité de certaines techniques de traitement en établissant des expériences en laboratoire les résultats sont présentés dans le tableau 3.4.



Tableau 3.4: Etudes sur quelques traitements des margines en Algérie

Traitement	Efficacité	Conclusion	Références
<b>Couplage Fenton/adsorption (Bois naturel)</b>	-% DCO éliminée = 52,07 après 6h -DCO <sub>0</sub> = 138,24 g/l -Masse adsorbant =0.4g	Les meilleurs pourcentages d'élimination de la DCO ont été trouvé que le système combiné Fenton/adsorption avec charbon carbonisé à 400°C est (61,11%) et mieux que le bois naturel (52,07%).	<b>Bernou et Boucendala, 2015</b>
<b>Couplage adsorption (Bois naturel) /Fenton</b>	-% DCO éliminée = 41,66 après 6h -DCO <sub>0</sub> = 138,24 g/l -Masse adsorbant =0.4g		
<b>Couplage Fenton/adsorption (charbon-400°C)</b>	-% DCO éliminée = 61,11 après 6h -DCO <sub>0</sub> = 138,24 g/l -Masse adsorbant =0.4g		
<b>Couplage adsorption (charbon-400°C)/Fenton</b>	-% DCO éliminée =37,5 après 6h -DCO <sub>0</sub> = 138,24 g/l -Masse adsorbant =0.4g		
<b>Adsorption sur charbon actif</b>	-% DCO éliminée =23,8% après 30 mn -Masse charbon actif =2g	L'adsorption sur charbon actif est limitée et ne peut être adaptée pour traiter les margines.	<b>Boudoukhana, 2008</b>

**3.5. Conclusion :**

Divers procédés de traitement des margines ont été développés : procédés physiques, chimique, et même biologiques, et les tendances actuelles visent l'intégration de diverses technologies pour traiter les margines à faible cout. Les différents types de traitement des margines étudiés jusqu'à présent ne résolvent qu'une partie du problème. En effet, certaines de ces techniques n'éliminent pas la totalité de la pollution, d'autres sont très couteuses ou génèrent une pollution secondaire qui nécessite un traitement postérieur.

## Conclusion générale

L'objectif de notre étude est d'analyser la situation de la production oléicole qui représente un secteur économique important pour notre pays, notamment pour la wilaya de Béjaïa. Actuellement, la production est en constante croissance or la dominance du système d'extraction traditionnel et de celui d'extraction à 3 phases, consomment énormément d'eau et par conséquent génère de très grandes quantités de margines qui sont souvent rejetées dans l'environnement sans aucun traitement.

L'huile d'olive est un produit faisant partie de la composante méditerranéenne dont l'Algérie. Elle a une place très particulière en Kabylie. Cependant ni la question de l'impact écologique de sa production ni celle du traitement des margines ne sont à l'ordre du jour. En effet, les margines avec leurs propriétés physico-chimiques ont des effets néfastes sur l'environnement et les écosystèmes et représentent l'un des problèmes les plus importants auxquels sont confrontés la plupart des pays oléicoles comme l'Algérie.

C'est là que notre travail a trouvé tout son intérêt. Afin de répondre à la problématique, nous avons étudié la littérature ayant traité du sujet, une enquête de terrain a été faite auprès de plusieurs responsables/propriétaires de huileries de la région de la Soummam. L'enquête de terrain a surtout apporté des éléments d'informations sur le cas de Béjaïa qu'on ne trouve pas dans la littérature ni auprès des autorités compétente. Comme dans divers secteurs, l'aspect économique/financier prend souvent le dessus sur l'aspect écologique. En effet, nous avons pu voir que plusieurs procédés ont été développés pour résoudre ce problème, malheureusement ils ne dépassent pas souvent les seuils des portes des laboratoires. Plusieurs procédés pour l'évacuation et le traitement (physique, physico-chimique, biologique) ont été proposés à partir des recherches en laboratoire mais très peu ont été matérialisées dans de véritables usines d'oliviers et aucune d'elles n'a été prouvée être techniquement réalisable et à la fois rentable.

Mais il reste nécessaire de recourir à une méthode pour résoudre ces problèmes environnementaux. Les traitements classiques comme le lagunage et l'évaporation naturelle sont des techniques qui peuvent être adoptées dans notre pays vu qu'ils n'exigent pas d'apport d'énergie électrique et leur exploitation reste aisée. L'épuration par ces derniers permet de réduire la DCO et en polyphénols des margines jusqu'à 80%. Or, une distance d'au moins 200 m est recommandée entre les bassins d'épuration et les premières habitations à cause du dégagement d'odeurs fétides.

De plus, pour remédier à ces problèmes depuis la source, on propose la propagation du système de trituration à deux phases (système écologique), qui n'utilise qu'une faible quantité d'eau, et qui ne forme que deux types de sous-produits : huile d'olive et grignons humide. Le sous-produit résultant de l'obtention d'huile d'olive dans les huileries à deux phases est le grignon gras. Ces huileries ont le système à deux phases, sans production de margine, mais là le grignon humide a une plus grande humidité que les grignons obtenus par les systèmes conventionnels (presse et trois phases). Suite à cette proposition, il faut encourager des investisseurs pour réaliser des usines d'extraction d'huile de grignon. Lorsque toutes les mesures sont prises, ce procédé s'avère complètement propre et le circuit se ferme d'une manière satisfaisante, rentable et écologique.



## Références bibliographiques

### A

- Adhoum N., Monser L. (2004).** Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation. *Chemical. Engineering. Process* 43, 1281-1287.
- Aissam H. (2003).** Etude de la biodégradation des effluents des huileries (margines) et leur valorisation par production de l'enzyme tannase. *Microbiologie de l'environnement. Thèse de 3ème cycle.* Université sidi Mouhamed Ben Abdellah , 162.
- Ait Baddi G. Hafidi M. Gilard V. et Revel J. C. (2003).** Characterization of humic acids produced during composting of olive mill wastes, elemental and spectroscopic analyses (FTIR and <sup>13</sup>C NMR), *Agronomy*, 23 (7). 661-666.
- Aharoni, C., Sideman, S., Hoffer E.(1979).** Adsorption of phosphate ions by colloid ion coated alumina. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 29, 404-12 .
- Aktas E.S., Imre S., Ersoym L.( 2001).** Characterization and lime treatment of olive mill wastewater. *Water Research* 35 (9), 2336-2340.
- Anderson M. Elliott M et Hickson C. (2003).** Factory-scale proving trials using combined mixtures of three by-product wastes (including incinerated sewage sludge ash) in clay building bricks. *Journal Chemistry Technology Biotechnology*, 77: 345-351.
- Alba Mendoza J. (1999).** El orujo de aceituna. Un reto para ia investigacion y la tecnologia. *Foro de la industria oleicola y la calidad. Ponencia. Simposium Cientifico-Técnico Expoliva* Octubre 1997. Jaén (Espana).
- Amirante P. (1999).** Nuove technologie di estazione e loro influenza sull utilizzo dei sotto prodotti.
- Amrani O., Bendidi O.(2014).**Techniques de traitement et de valorisation des margines.Memoire licence. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
- Annaki A, Chaouch M, Rafig M ;** Elimination des margines par évaporation naturelle. *L'eau, L'industrie, Les nuisances: 1, (1999a), 99-107.*
- Anastasiou, C.C., Christou, P., Michael, A., Nicolaidis, D., Lambrou, T.(2011).** Approaches to olive mill wastewater treatment and disposal in Cyprus. *Environ. Res. J.* 5 (2), 49–58.
- Avraamides, M., Fatta, D. (2008).** Resource consumption and emissions from olive oil production: a life cycle inventory case study in Cyprus. *J. Clean. Prod.* 16 (7), 809–821.

### B

- Balice V, Carriera C, Cera O, Difacio A.(1986).** Naturel biodegradation in olive mill effluents stored in opened basins. In: *International Symposium on olive by products valorization* FAO, Seville, Spain, , 101-118.

**Balice V, Carieri C, Cera O, Rindone B.(1988).** The fate of tannin-like compounds from olive mill effluents in biological treatment. In: Hall, E. R. and hobson, P. N. (Eds). Proceedings of the Fifth International Symposium: On Anaerobic Digestion. Bologna, (1988),275-280 Academic Press. Italy

**Barry A.I., Diarra A.(2018).**Traitement des margines par énergie solaire.Memoire licence. Université Cadi Ayad

**Bekri I.(2017).** Adsorption de la margine par des matériaux issus de déchets agro-alimentaires Mémoire de Master, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès,, 138p.

**Beltran-Heredia, J.; Torregrosa, J.; Dominguez, J.R.; Garcia, J.** Treatment of black-olive wastewaters by ozonation and aerobic biological degradation. J. Wat. Res. 2000, 34 (14), 3515–3522.

**Benitez F.J, Beltran-Heredia J, Torregrosa J, Acero L.A;** Treatment of wastewater from olive oil mills by UV radiation and by combined ozone-UV radiation; Toxicological and environmental Chemistry: 61 (1996),173-185.

**Bernou A., Boucendala M.(2015).** Essai de traitement des effluents d'huileries d'olives par l'adsorption et combinaison avec le procédé Fenton. Mémoire de Master. Université A. M. Oulhadj - Bouira

**Borja R, Banks C.J, Alba J. (1995a),** A simplified method for determination of kinetic parameters to describe the aerobic biodegradation of two important phenolic constituents of olive mill wastewater treatment by a heterogeneous microbial culture. Eniro, Sci. Health., A., 30 (3) 607-626.

**Boudoukhana H.(2008).** Impacts Des Margines Sur Les Eaux De Oued Bouchtata (Wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université du 20 Août 1955 Skikda

## C

**Cabello L, Fiestas Ros de Ursinos J.A .(1981).;**Différentes utilisations des margines. Séminaire international sur la valorisation des sous-produits de l'olivier. FAO, Tunis. Tunisie.

**Cadillon M. (1991).** Traitement et valorisation des eaux résiduaires du secteur viticole et oléicole en méditerranée.

**Cadillon M., Lacassin J.C. (2002).** La valorisation agronomique des margines societe du canal de provence et d'amenagement de la region provençale.

**Canizares P, Lobato J, Paz R, SaezC.Roddigo M.A.(2007).** Advanced oxidation processes for the treatment of olive-oil mills wastewater; Chemosphere: 67, 832–838.

**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP, 2000).** Prévention de la pollution dans la production d'huile d'olive. Ministre de l'environnement, Espagne.

**Chen X., Chen G., Yue P.L.( 2002).** Novel electrode system for electroflotation of wastewater. Environ. Sci. Technol 36 (4), 778-783.

**Commission européenne(2020)** . [https://ec.europa.eu/info/index\\_fr](https://ec.europa.eu/info/index_fr)

**Creangă C (2007)**, ‘Procédé AD-OX d’élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique)’, mémoire de doctorat, Institut de Toulouse, pp.8.

**Crozier A. Jaganath I.B. and Clifford M.N. (2004)**. Dietary phenolics, chemistry, bioavailability and effects on health. National Product Reports, 26(8) : 1001-43.

## **D**

**Dermeche, S., Nadour, M., Larroche, C., Moulti-Mati, F. & Michaud, P. (2013)**. Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. Process Biochemistry, 48, 1532-1552.

**Dhaouadi H., Marrot B.( 2008)**. Olive mill wastewater treatment in a membrane bioreactor: process feasibility and performances. Chemical engineering journal, doi :10.1016/j.cej.2008.04.017.

**Direction des Services Agricoles (2019)**, Béjaia.

**Drouiche M., LeMignot V., Lounici H., Belhocine D., Grib H., Pauss A., Mameri N., (2004)**. A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining of and UV/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> techniques. Desalination 169, 81-88.

**Dias Albino A, Bezerra M, Nazare P.N.(2004)**. Activity and elution profile of laccase during biological decolorization and dephenolization of olive mill waste water. Bioresource Technology. 92, 7-13.

**Dogruel, S., Olmez-Hanci, T., Kartal, Z., Arslan-Alaton, I., Orhon, D., 2009**. Effect of Fenton’s oxidation on the particle size distribution of organic carbon in olive mill wastewater. Water Res. 43, 3974–3983.

## **E**

**ECOIL, 2005**. LIFE+ project, Life Cycle Assessment (LCA) as a Decision Support Tool (DST) for the coproduction of olive oil, Deliverable 2, TASK 1, Recording and assessment of the existing situation, Chania, Greece.

**EEC. (1991a)**. Council Directive 91/271/EEC concerning urban wastewater treatment was adopted on 21 May 1991 to protect the water environment from the adverse effects of discharges of urban waste water and from certain industrial discharges.

**EEC.( 1991b)**. Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources

**El Alami B.(2000)**. Contribution à l’étude de l’activité anti-oxydante de la fraction phénolique des margines. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle ; institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc. 93.



**El hajjouji H, Fakharedine N, Ait Baddi G, Winterton P, Bailly J.R, Revel J.C , Hafidi M.(2007).** Treatment of olive mill waste-water by aerobic biodegradation: An analytical study using gel permeation chromatography, ultraviolet–visible and Fourier transform infrared spectroscopy, *Biores. Technol.* 98 (2007) 3513-3520.

**Ergüder T.H., Guven E., Demirer G.N. (2000).** Anaerobic treatment of olive mill wastes in batch reactors. *Process Biochem.*36 (3): 243-248.

## **E**

**FAO,2016.** Production de l'huile d'olive.

**Fedeli E. & Camurati F. (1981).** *In* : Séminaire International sur la Valorisation des sous-produits de l'olivier. PNUDFAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981, 111-113

**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.

**Fiestas Ros de Ursinos, (1983); Ranalli, (1998,2000); Fiestas., R.(1981)** "The anaerobic digestion of wastewater from olive oil extraction", anaerobic digestion, Travemund.

**Fiestas Ros Ursinos J.A., Navarro G.R., Garcia A.J., Maestro G.M. (1983).** Épuration des margines par la digestion anaérobie en vue de leur utilisation comme source d'énergie. *Val. sous-prod. olivier,* 131-139.

**Fiorentino A, Gentili A, Isidori M, Monaco P, Nardelli A, Parella A, Temussi F (2003).** Environmental effects caused by olive mill waste waters: toxicity comparison of lowmolecular-weight phenol components. *Journal of agricultural and food chemistry.*51, 1005-1009.

**Fki I. Allouche N. et Sayadi S. (2005).** The use of polyphenolic extract, purified hydroxytyrosol and 3,4-dihydroxyphenyl acetic acid from olive mill wastewater for the stabilization of refined oils: a potential alternative to synthetic antioxidants. *Food Chemistry,* 9

**FIW (Forshungsinstitut für Wasser and Abfallwirtschaft, RWTH Aachen, Germany)–** IMPROLIVE web site. [www.fiw.rwth-aachen.de/improlive/improlive.htm](http://www.fiw.rwth-aachen.de/improlive/improlive.htm).

**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 (19) , 4735-44. 3: 197-204.

**Freundlich H (1909).** *kapillarchemie,* Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, Germany.

## **G**

**Galanakis , C.M. (2017).** Olive Mill Waste . Academic Press.

**Galiatsatou P, Metaxas M, Aropoglou D, Kasselouri-Rigopoulou V (2002).** Treatment of olive mill waste water with activated carbons from agricultural by-products. *Waste Management.* 22,803-812.

**Giannes A., Diamadopoulou E., Ninolakis M.( 2003).** Electrochemical treatment of olive oil mill wastewater using a Ti/Ta/Pt/Ir electrode. In Vegelpohl A (Ed). Third International Conference on Oxidation Technologies for Water and Wastewater Treatment. CUTEC Publication, Goslar, pp 147-152.

**Ginos A, Manios T et Mantzavinou D (2006).**Treatment of olive mill effluents by coagulation flocculation –hydrogen peroxide oxidation and effect on phytotoxicity. Journal of Hazardous Materials. 133,135-142

**Gotsi M., Kalogerakisa N., Psillakisa E., Samarash P., Mantzavinou D.( 2005).** Electrochemical oxidation of olive oil mill wastewater. Water Research 39, 4177–4187.

## **H**

**Hamdi M.(1993a)** Future prospects and constraints of olive mill waste waters use and treatment : A. Review. Bioprocess Engineering, 8, 209-214

**Hamdi M. et Ellouz R. (1993).** Treatment of detoxified olive mill wastewaters by anaerobic filter and aerobic fluidized bed processes. Environmental Technology,14: 183-188.

**Hermoso Fernández, et al. (1991)** “Elaboración de aceite de oliva de calidad”.Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla,.

## **I**

**Iboukhoulef H. (2014)** « Traitements des margines des huileries d’olive par les procédés d’oxydation avancée basés sur le système Fenton-Like (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Cu), Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, thèse de doctorat, 2014, 124p

**IPPC BREF.(2006a).** Integrated pollution prevention and control, reference document on best available techniques in the, food, drink and milk industries, European Commission

**Israilides C.J., Vlyssides A.G., Mourafeti V.N., Karvouni G.(1997).** Olive oil wastewater treatment with the use of an electrolysis system. Bioresource Technology 61, 163-170.

## **J**

Journal officiel de la république Algérienne démocratique et populaire **(2006)**

## **K**

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

**Kapellakis I.E., Paranychianakis N.V., Konstantinos P. Tsagarakis and Andreas N. Angelakis.(2012)** .Treatment of Olive Mill Wastewater with Constructed Wetlands 4, 260- 271

**Kestioglua K., Yonara T., Azbarb N.( 2005).** Feasibility of physico-chemical treatment and Advanced Oxidation Processes (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent (OME). *Process Biochemistry* 40, 2409–2416.

**Khoufi S., Aloui F., Sayadi S.(2006).** Treatment of olive oil mill wastewater by combined process electro-Fenton reaction and anaerobic digestion. *Water Research* 40, 2007-2016.

**Koster W.I, Cramer.A;** Inhibition of methanogenesis from acetate in granular sludge by long-chain fatty acids. *Appl. Environ. Microbiol*: 53 (2000), 403-409.

**Koutrotsios G. & Zervakis G.I. (2014).** Comparative examination of the olive mill wastewater biodegradation process by various wood-rot macrofungi. *Bio Med Research International*, Article ID 482937, 14 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/482937>

**Kim, Y., Kim, C., Choi, I., Rengraj, S., Yi, J.(2004).** Arsenic removal using mesoporous alumina prepared via a templating method. *Environmental Science and Technology*, 38, 924-31

## **L**

**Lamani O. (2014).** Institutions et acteurs locaux dans la valorisation des produits de terroir. Quelle démarche locale de valorisation de l'huile d'olive de Beni-Maouche en Kabylie. Thèse de Doctorat, filière économie et gestion, spécialité science de gestion. Ecole nationale supérieure d'agronomie E.N.S.A. El Harrach Alger. 331 pages

**Lamani O., Ilbeert H.(2016).** Spécificités de l'oléiculture en montage (région kabyle en Algérie) : pratiques culturelles et enjeux de politique oléicole publique. Montpellier : CiHEAM - P151- .

**Leulmi N. (2011).** La valorisation nutritionnelle des margines et de leur impact sur la réduction de la méthanogénèse ruminale chez l'ovin. Thèse de magistère. ISN. Université de Constantine, 101p.

## **M**

**MADR, (2014):** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

**Mameri N., Halet F., Drouiche M., Grib H., Lounici H., Pauss A., Piron D., Belhocine D. (2000).** Treatment of Olive mill washing water by ultrafiltration. *Can. J. Chem. Eng.* 78, 590-595.

**Mantzavinos, D., Psillakis, E.(2004).** Enhancement of biodegradability of industrial wastewaters by chemical oxidation pre-treatment. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 79, 431– 454.

**Mantzavinos D., Kalogerakis N.( 2005).** Treatment of olive mill effluent: Part I. Organic matter degradation by chemical and biological processes. *Environment International* 31, 289- 295.

**Marisot A., Tournier J.P. (1986).** Répercussions agronomique de l'épandage d'effluents et déchets de moulins à huile d'olive. *Agronomie*. 6, 235-241.

**McNamara C.J., Anastasiou C.C., O'Flaherty V. & Mitchell R. (2008).** Bioremediation of olive mill wastewater. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 61, 127-134.

**Meysami B., Kasaeian A.B.( 2005).** Use of coagulants in treatment of olive oil wastewater model solutions by induced air flotation. *Bioresour.Technol* 96, 303-307.

**Mébirouk M.( 2002).**Rejet des huileries, développement d'un procédé intégré pour la biodégradation des polyphénols.

**MORE, (2008).** Market of olive residues for energy, Intelligent Energy for Europe (IEE) project, Deliverable 3.1,One joint report for the 5 Regional "state of the art" reports from each involved area describing the current olive-milling residues market with a focus on energy uses.

**Morillo J.A, Antizar-Ladislao B., Monteoliva-Sa´Nchez M., Ramoscormenzana A., Russell NJ. (2009).** Bioremediation and biovalorisation of olive mill wastes. *ApplMicrobiolBiotechnol*, 82:25- 39p.

**Mouncif M, Tamoh S, Faid M, Achkari-Begdouri A, L'Hadi K.(1995).** Biotechnological valorization and treatment of olive mill waste waters by selected yeast strains. *Grasas y aceites*. 44 (1995), 335-338.

## **N**

**Nefzaoui A. (1988).** Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits. *Option méditerranées*.p 153 -173.

**Nefzaoui, A.(1991).** Valorisation des sous -produits de l'olivier. *Options Méditerranéennes. Série A. Séminaires Méditerranéens*, p:101- 108.

**Niaounakis M, Halvadakis CP (2004)** Olive mill waste management. Literature Review and Patent Survey. *Typothito-George Dardanos*. Athens, Greece, pp xiv, 430

## **Ω**

**Orregoia M., Marinelli L.(2017).** Flos Olei. Del tribunal Di Roma. Italy.

**Ouzounidou G., Zervakis G.I. & Gaitis F. (2010).** Raw and microbiologically detoxified olive mill waste and their impact on plant growth. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 4, 21-38

## **P**

**Panizza M., Bocca C., Cerisola G.( 2000).** Electrochemical treatment of wastewater containing polyaromatic organic pollutants. *Water Res* 34 (9), 2601-2605.

**Panizza M., Cerisola G.( 2006).** Olive mill wastewater treatment by anodic oxidation with parallel plate electrodes. *Water research* 40, 1179 – 1184.

**Paredes C., Cegarra J., Roig A., Sañchez-Monedero M.A., & Bernal M.P.(1999).** Characterization of olive mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresour Technol*; 67:111– 5.

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

## **R**

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

**Rebahi I., Kheloufi F.(2015).** Recyclage et traitement des rejets d’huilerie.Mémoire master.Université Akli Mohand oulhaj Bouira,68p.

**RES-HUI, (2006).** Integrated Management of Olive Oil-Mill residues and wastewater/RES- HUI, Project num. C3-06, INTEREG IIIC project, Dipartimento di Energetica “Sergion Stecco”, Università degli Studi di Firenze.

**Rivas F.J., Beltrán F.J., Gimeno O., Frades J.(2001).** Treatment of olive oil mill wastewater by Fenton’s reagent. *J.Agric. Food Chem* 49, 1873-1880.

**Rivas, F.J.; Beltran, F.J., Gimeno, O.; Alvares, P.(2001)** Chemical-biological treatment of table olive manufacturing wastewater. *J. Environ. Engng ASCE*, 2001, 127 (7), 611–619.

**Roberto Andreozzi, Vincenzo Caprio, Amedeo Insola, Raffaella Marotta.(1999)** Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery ; *catalysis Today* : 53 , 51-59.

**Roiga A, Cayuela M, Sanchez-Monedero.M.A.(2006).** An overview on olive mill wastes and their valorisation methods,*Waste Management* 26 , 960-969

**Rozzi, A., Malpei, F. (1996).** Treatment and disposal of olive mill effluents. *Int. Biodeter. Biodegr.* 38 (3–4), 135–144.

## **S**

**Salvemini F. (1985).** Composizione chimica e valutazione biologica di un Mangime ottenuto essicando tercemente le acque di vegetazione delle olive. *Riv. Delle Sostanze Grasse*, 112 : 559-564p.

**Sancoucy R. (1984).** Utilisation des sous-produits de l’olivier en alimentation animale dans le bassin méditerranéen. Etude FAO production et santé animale synthèse no. 43FAO PubRome.

**Sarika R., Kalogerakis N., Mantzavinos D.(2005).** Treatment of olive mill effluents: Part II. Complete removal of solids by direct flocculation with poly electrolytes. *Environ. Int* 31, 297- 304.

**Sarni-Manchado P. et Cheynier V. (2006).** Les polyphénols en agroalimentaire. Editions Tec et Doc Lavoisier, 02-11.

**Slejko E. L. and Dekker M.(1985).** Adsorption Technology ; A step by step approach to process avaluation and application (Chap 2, P 37) Ed M. Dekker, New York .

**Sicuro B., Badino P., Daprà F. Gai F., Galloni M., Odore R. & Palmegiano G.B. (2010).** Elisabetta Macchi Physiological effects of natural olive oil antioxidants utilization in rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) feeding. *Aquacult Int* 18, 415-431.

## **T**

**Temkin M. J. Et Pyzhev V.(1940).** Recent modifications to Langmuir isotherms.

**Tzagaroulakis Mari, I.E., Mantzavinos D. (2005).** Evaluation of technical, economic and legal aspects of the environmental impact of olive mills operation: the case of Crete, Greece, in: Tsagarakis K.P.(Ed.). Proceedings of the International Conference on Water Economics, Statistics and Finance, 385-394.

## **U**

**USDA,2019 :** Le département de l'agriculture des États-Unis.

## **V**

**Vasquez Rancero A, Maestro Durand R, et Graciani Constant E.(1974).** Ccomponentes fenolicos de la aceituna, II, polifenoles del Alpechin-Grassas y aceites, 25(6):341

**Veillet S. (2010).** Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : Entre Tradition et Innovation. These de Doctorat en Sciences de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.153 pp

**Vlyssides A.G.(2012) .**Sustainable olive oil production. National Technical University of Athens

## **Y**

**Yahiaoui, N. (2012) :** Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite de charbon actif. 129p

## **Z**

**Zenjari B, Hafidi M, ElHadrami I , Bailly J.R, Nejmeddine A.(1999).** Traitementaérobic des effluents d'huilerie par les micro-organismes du sol. *Agrochimica*. XLIII, , 34-43.

## **Résumé :**

Le secteur oléicole et en particulier celui de l'extraction de l'huile d'olive nécessite des grandes quantités d'eau, par conséquent l'obtention de l'huile d'olive génère deux sous-produits, l'un liquide (les margines) et l'autre solide (les grignons) qui sont moins valorisées et peu considérées surtout en Algérie. Les margines sont la phase aqueuse issue de la trituration des olives, engendrent des problèmes environnementaux inquiétants. Plusieurs procédés pour l'évacuation et le traitement (physique, physico-chimique, biologique) ont été proposés à partir des recherches en laboratoire mais très peu ont été matérialisées dans de véritables usines. Les recherches montrent qu'il faudrait s'orienter vers l'utilisation de techniques de production plus appropriées, comme des procédés d'extraction d'huile continus à 2 phases, au lieu de 3 phases. De tels systèmes permettent non seulement d'économiser de l'eau (moins d'eau injectée avant extraction) mais aussi de réduire les quantités de margines produites. D'autre part, le lagunage et l'évaporation naturelle sont des techniques efficaces qui permettent de réduire la DCO et les polyphénols des margines jusqu'à 80% avec de faibles coûts. Cependant, elles doivent être appliquées loin des zones peuplées car elles dégagent des odeurs fétides.

**Mots clés:** Margines, systèmes d'extraction, environnement, huile d'olive, traitement, pollution, grignon, oléiculture, huilerie.

## **Abstract:**

The olive sector and in particular that of olive oil extraction requires large amounts of water, therefore obtaining olive oil generates two by-products, one liquid (OMWW) and the other solid (pomace) which are less valued and little considered especially in Algeria. OMWW are the aqueous phase resulting from the crushing of olives, causing worrying environmental problems. Several processes for disposal and treatment (physical, physicochemical, biological) have been proposed from laboratory research but very few have materialized in real factories. Research shows that there is a need to move towards using more appropriate production techniques, such as continuous 2-phase, rather than 3-phase oil extraction processes. Such systems not only save water (less water injected before extraction) but also reduce the quantities of vegetable water produced. On the other hand, lagooning and natural evaporation are effective techniques that reduce COD and polyphenols in OMWW up to 80% with low costs. However, they must be applied far from populated areas because they release foul odors.

**Keywords:** OMWW, extraction systems, environment, olive oil, treatment, pollution, pomace, olive growing, oil mill.