

I.	Opérations basiques et procédés d'extraction.....	12
I.1	De l'olivier à l'huile d'olive	12
I.2	Les opérations préliminaires.....	12
I.3	Séparation des phases	13
I.4	Les procédés d'extraction de l'huile d'olive	13
I.4.1	Procèdes en discontinue ou système a presse.....	13
I.4.2	Procédés en continue ou par centrifugation	13
I.4.3	Comparaison entre les procédés en discontinu et en continu.....	16
II.	Margine	16
II.1	Définition.....	16
II.2	Origine des margines	17
II.3	Caractéristiques physico-chimiques et composition des margines.....	18
II.3.1	Composition des résidus secs à 180°C	19
II.3.2	Composition des substances minérales	19
II.3.3	Composition des substances organiques	20
III.	Problématique environnementale des margines.....	20
III.1	Pollution des eaux.....	21
III.2	Pollution des sols.....	21
III.3	Air et paysage	21
III.4	Réseau d'assainissement.....	22
III.5	Les dangers des margines sur la ville de FES	22
III.5.1	Sous oxygénation	23
III.5.2	Couleur, turbidité et odeur	23
III.5.3	Eutrophisation	23
IV.	Techniques de traitement des margines	23

IV.1	Processus thermique	24
IV.1.1	Evaporation naturelle	24
IV.1.2	Évaporation forcée	25
IV.2	Procédés physico-chimiques.....	27
IV.2.1	Ultrafiltration-Filtration	27
IV.2.2	L'adsorption.....	27
IV.2.3	Coagulation	28
IV.3	Procédés biologiques	29
IV.3.1	Traitements anaérobies.....	29
IV.3.2	Traitements aérobies	30
V.	Valorisation des margines	31
V.1	Obtention de biogaz.....	31
V.2	Le compostage	32
V.3	Epandage et fertilisation des sols.....	33
V.4	Utilisation en alimentation animale.....	34
V.5	Utilisation en génie civil.....	35
VI.	Conclusion.....	35
VII.	Reference bibliographique :	36

Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Carte de répartition des huileries dans le Quartier Industriel Dokkarat, Fès..... 14

Figure 2: Carte de répartition des huileries dans le Quartier Bab ftouh, Fès. 15

Figure 3 : Rejet des margines dans un Oued.	17
Figure 4 : Les principaux composants des margines (Nefzaoui, 1991).	19
Figure 5 : Blocs de pierres extraites d'un regard du réseau dokkarat (24-4-2014).	22
Figure 6: Bassin de stockage/évaporation des margines.	25
Figure 7: Bassins d'évaporation des margines de la RADEEF (prise le 05/05/2014).	25
Figure 8: Schéma explicatif de l'évaporation forcée.	26
Figure 9: Influence de la masse de charbon actif sur le rendement d'élimination de la DCO de la margine (Boudoukhana Hocine , 2008).	28
Figure 10 : Schéma général du principe de l'électrocoagulation et bio méthanisation pour le traitement des margines. (Ben Yahia et Zein K, 2003).	32
Figure 11: le compostage des margines.	33
Figure 12: L'épandage des margines.	34
Figure 13 : briques non cuites.	35
Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques et composition des margines (Fiestas, 1981 et Hamdi, 1993).	187
Tableau 2 : Concentrations des Cations et des Anions dans les margines issues d'un système par pression (omww1) et d'un processus par centrifugation (omww2) (Arienzo et Capasso 2000).	209
Tableau 3 : Traitement biologique anaérobie des margines. (Ergüder et al., 2000)	29
Tableau : Composition chimique de la pâte des margines obtenue par le procédé Dalmolive. (Martillotti 1993).	343

Liste des abréviations

CEC : Capacité d'Echange Cationique.

CFE : Compagnie Fessie d'Electricité.

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

MAPM : Ministère d'Agriculture et de Pêche Maritime.

MG : Matière Grasse.

MIC : Ministère de l'Industrie et du Commerce.

Omww : Olive millwaste water (eaux usées de pressoirs à olives).

PIB : Produit Intérieur Brut.

Q.I : Quartier Industrielle.

RADEEF : Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de lawilaya de Fès.

Introduction

Au Maroc, le secteur oléicole a une double vocation économique et sociale. La superficie arboricole nationale est en grande partie composée de la culture de l'olivier érigeant ce dernier en tant que principale culture fruitière du pays. Ainsi, la filière oléicole participe à hauteur de 5% au PIB (Produit Intérieur Brut) agricole et de 15% aux exportations agroalimentaires. La province de Fès constitue le premier pôle de concentration des unités industrielles (42% des huileries marocaines). On estime que pendant la période oléicole, les margines pourraient représenter les 2/3 de la pollution biodégradable industrielle de la ville et environ la moitié de la pollution totale de l'agglomération de Fès. De ce fait, durant cette période, l'Oued Sebou peut être exempté d'oxygène sur plusieurs dizaines de kilomètres.

Dans la région des Fès Boulemane, le secteur de trituration d'olive est caractérisé par la coexistence de moulins traditionnels (maâsars) et d'unités semi-industrielles et industrielles. Les critères de la pollution des margines sont représentés par trois facteurs principaux : l'acidité, la conductivité élevée due à l'ajout du sel lors du stockage des olives avant leur trituration, et la concentration élevée en matière organique. Leur effet nocif dérive en grande partie de leur contenu en composés phénoliques qui peuvent inhiber la croissance des micro-organismes, spécialement les bactéries.

Les margines représentent un impact négatif à la fois sur le réseau public d'assainissement, géré par la RADEEF, mais également sur la qualité des eaux à l'aval de l'oued Fès et de l'oued Sebou l'exutoire de la totalité des eaux usées de la ville sur environ 77 Km. Le rejet des margines, constitue aussi un risque de contamination des installations de traitement des eaux au niveau des stations de production d'eau potable des localités de Kariat Ba Mohammed et Mkansa qui connaissent donc plusieurs arrêts de fonctionnement durant la campagne oléicole.

Notre travail a pour but, l'étude des techniques de traitement et mettre en évidence les différents domaines qui peuvent bénéficier de la valorisation des margines. Dans un premier temps, nous allons commencer par définir les margines, leurs origines, leurs caractéristiques physico-chimiques et leurs compositions. Dans un deuxième temps, nous allons étudier la pollution environnementale causée par les margines au niveau des eaux, des sols, de l'air, du paysage, et du réseau d'assainissement. Ceci va nous conduire par la suite aux différents traitements des margines pouvant être appliqués (thermique, physico-chimique, biologique), et les principales technologies disponibles pour l'épuration des déchets générés dans la production de l'huile d'olive. Nous terminerons par recommander les techniques de traitement pour la valorisation des margines.

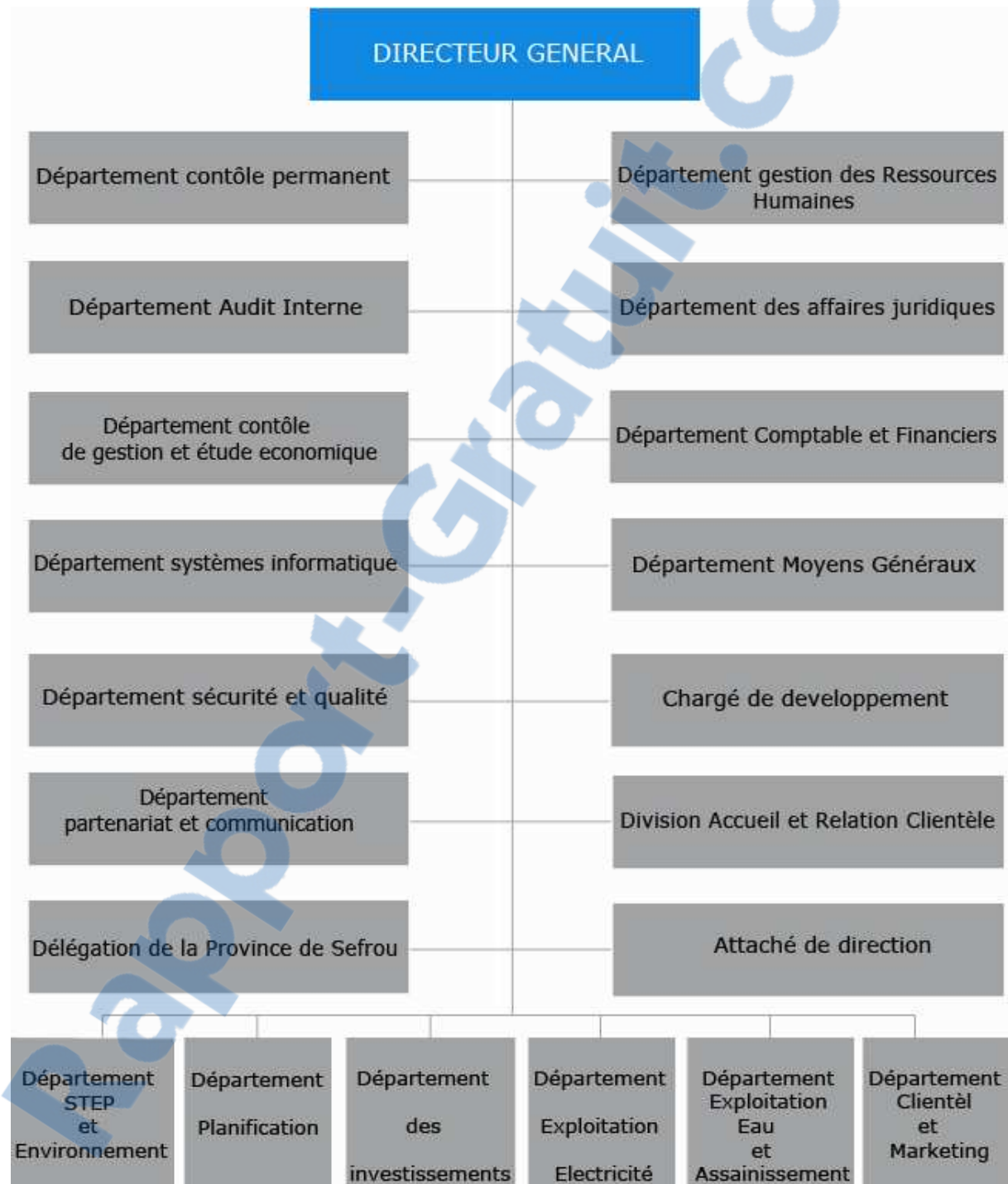
PRESENTATION GENERALE de la RADEEF

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'intérieur. La RADEEF a été créée par délibération du conseil municipal de la ville de Fès en date du 30 avril et 29 août 1969 en vertu du Dahir n° 1.59.315 du 23 Juin 1960 relatif à l'Organisation communale, et ce après l'expiration du contrat de concession dont bénéficiait la Compagnie Fassiè d'Electricité (CFE) au titre de la distribution de l'énergie électrique. Par arrêté du 25 Décembre 1969, le Ministre de l'Intérieur a approuvé la délibération du conseil communal de la ville de Fès en date du 29 Août 1969 concernant la création de la RADEEF, fixant la dotation initiale établissant son règlement intérieur ainsi que son cahier des charges.

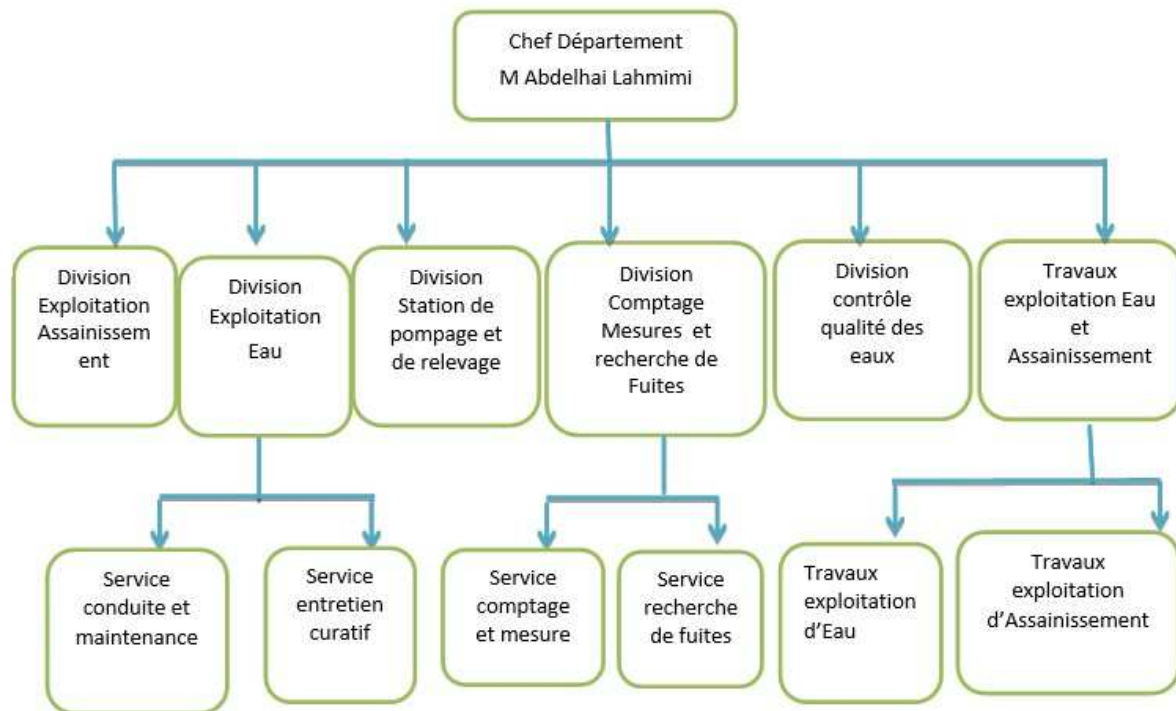
En Janvier 1970, la RADEEF s'est substituée, d'une part à la « Compagnie Fassiè d'Electricité » pour la gestion du réseau électrique, et d'autre part à la ville de Fès pour la gestion du réseau d'eau potable. La dotation en capital de la Régie, à sa création, fut constituée par l'apport initial auquel se sont ajoutés la valeur des installations, du matériel et du stock remis par la ville ainsi que les fonds détenus pour le compte de celle-ci par l'ancien concessionnaire. Par la suite, la RADEEF a été transformée en Régie Intercommunale suite à l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n°3211 du 02-10-1985 portant autorisation de créer le nouveau syndicat des communes pour la gestion du Service de l'Eau potable dans 19 communes. A compter du 1er Janvier 1996, la RADEEF a été chargée de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès en vertu de l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n° 2806-95 du 3 Juin 1996 approuvant les délibérations du conseil de la Communauté Urbaine de Fès et des conseils communaux relevant de cette communauté, lesquelles délibérations ont chargé la RADEEF de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès. Par ailleurs, la RADEEF est assujettie au contrôle des finances de l'Etat en vertu du Dahir n° 1-03-195 du 11 Novembre 2003 portant promulgation de la loi N° 69-00 relative au contrôle financier de l'Etat sur les entreprises publiques et autre organismes.

Actuellement, la RADEEF assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Ain Chkef. Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Séfrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Tabouda, Sidi Harazem, Ain Timgnai, OuledTayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait El Kadi.

ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION



Organigramme du département Eau et Assainissement



I. Opérations basiques et procédés d'extraction

I.1 De l'olivier à l'huile d'olive

La production de l'huile d'olives a toujours été le principal objectif de la culture de l'olivier. Les méthodes d'extraction ont évolué mais, le processus d'extraction d'huile d'olives dans la région de Fès, reste toujours le même (traditionnel et semi moderne). Il inclut quatre opérations principales : les opérations préliminaires (lavage, broyage, malaxage) et la séparation des phases liquides (huile et eau) (Chimi. H, 1997).

I.2 Les opérations préliminaires

Une fois cueillies, les olives sont triées afin d'éliminer les brindilles et les feuilles puis lavées à l'eau froide, sont ensuite broyées à l'aide d'un broyeur métallique (à marteaux, disques dentés ou cylindres striés) et aboutit à la formation d'une pâte (Di Giovacchino.L, 1991; Alba et al, 1994). Pour faciliter l'extraction de l'huile, ce type de broyage doit être complété par un malaxage, étape permettant de réunir en une phase continue les gouttes d'huiles dispersées dans la pâte. Puis la filtration sélective, qui se base sur le fait que l'huile a une tension superficielle inférieure à celle de l'eau de végétation. Ces extracteurs peuvent être utilisés pour une extraction partielle, avant de soumettre les pâtes à la pression (pressage à froid) ou à la centrifugation (pour récupérer l'huile.).

I.3 Séparation des phases

Cette opération consiste à la séparation des phases liquides-solides, le broyage et le malaxage aboutissent à la formation d'une pâte qui contient de la matière solide et des fluides. La matière solide appelée grignon est formée de débris de noyaux, d'épiderme, de parois cellulaires...etc, alors que la partie fluide est composée de l'huile et de l'eau de végétation appelée margine. Et la séparation des phases liquides-liquides, entre la phase aqueuse de la phase huileuse se fait essentiellement par simple décantation ou par centrifugation. Elle est basée sur la différence de densité entre l'huile d'olive et l'eau de végétation.(CAR/PP, 2000).

I.4 Les procédés d'extraction de l'huile d'olive

I.4.1 Procèdes en discontinue ou système a presse

Dans la région de Fès-Moulay yaacoub, et selon le ministère d'agriculture et de pêche maritime (MAPM) il existe 150 unités traditionnelles (maâsars) qui utilisent des systèmes classiques. Les olives sont d'abord triturées par une roue de granit d'un mètre cinquante de diamètre et de 50 centimètres de largeur. Cette meule roulante (fiyacha) attelé à un âne ou un mulet qui, en tournant, la fait mouvoir sur une meule gisante (mfrch), une cuve en fait, en granit aussi, et faiblement inclinée vers le centre. Pendant cette opération de broyage, le paysan, armé d'une pelle (bala), entraîne régulièrement la pâte sous la meule roulante, réalisant ainsi le malaxage. La pâte obtenue est répartie en couche sur des scourtins (disques en fibre naturelle ou synthétique), permettant la filtration lors de la pression. Ces disques sont empilés les uns sur les autres pour être ensuite pressés, à raison de 5 à 10 Kg de pâte/scourtin, on obtient deux phases: une liquide, l'huile et l'eau de végétation (marges), et une solide les grignons (pulpe et noyaux) qui reste entre les scourtins. Ce système a une capacité de trituration maximale de 10 tonnes/jour.

I.4.2 Procédés en continue ou par centrifugation

L'extraction d'huile d'olive se fait à travers des phases successives, contrairement au procédé discontinu. Les olives sont lavées, broyées, mélangées avec l'eau chaude et malaxées. Les phases liquides et solides sont séparées par centrifugation (horizontale). Le moût subit à son tour une centrifugation (verticale) pour séparer l'huile des margines. Ce système à une capacité de trituration minimale est supérieur à 10 tonnes/jour(CAR/PP, 2000).

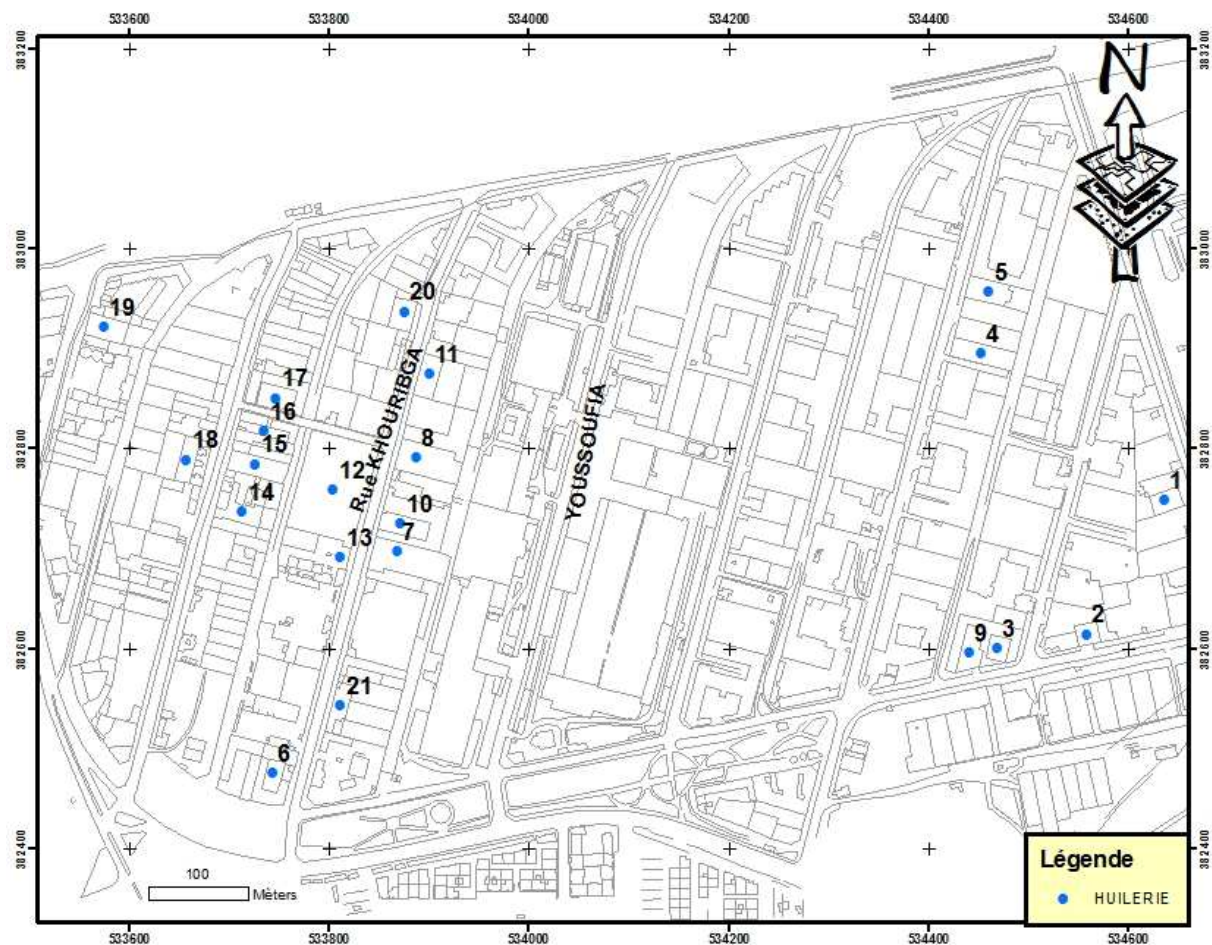
I.4.2.1 Système continue à trois phases

Le plus utilisé dans la ville de Fès, il s'agit d'un système de type mouture / centrifugation à trois phases (système à cycle continu). Le broyage est réalisé par des broyeurs mécaniques à disques ou à marteaux. Ces broyeurs fonctionnent en continue et la pâte est alors obtenue instantanément. Cette pâte est ensuite malaxée dans un bac en inox, dans lequel tourne une spirale ou une vis sans fin, également en inox. La pâte malaxée est injectée par une pompe dans une centrifugeuse horizontale appelée aussi décanteur. Cette dernière étape permet la séparation des trois phases (huiles, grignons et margines). Cette séparation des pâtes huileuses en grignons et mélange huile/eau se fait par centrifugation continue, l'huile est séparée des

margines par une autre centrifugeuse (verticale). Les margines issues de ce système sont évidemment moins concentrées.

La région de Fès constitue le premier pôle de concentration des unités industrielles avec 45 unités (Figures 1 et 2). Elle est suivie par la région de Marrakech et par la région de Meknès. Ces trois provinces assurent la trituration d'environ 50% de la production nationale en Olives (MIC).

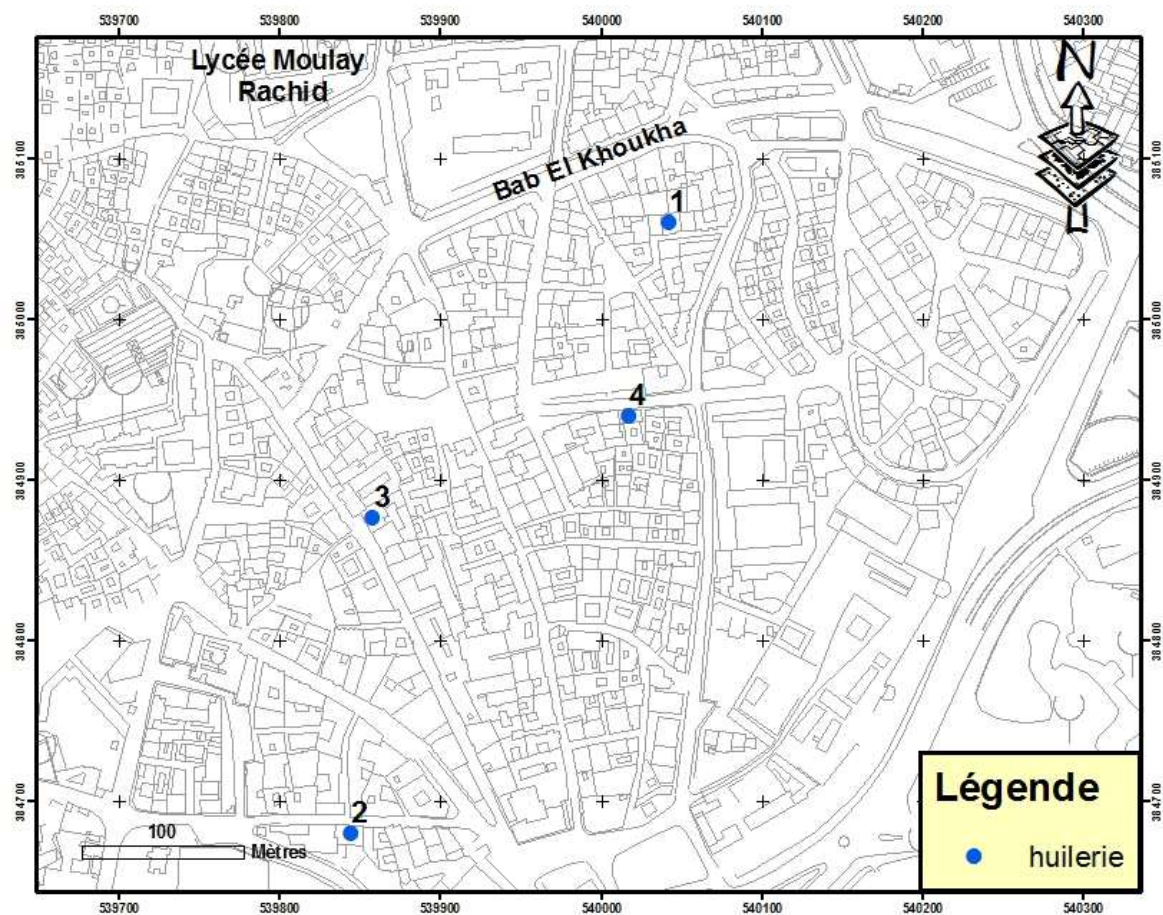
Figure 1 : Carte de répartition des huileries dans le Quartier Industriel Dokkarat, Fès.



- 1 : Société SOYAD , 76 RUE NADOR QI DOKKARAT
- 2 : HUILERIE IDRISIA , RUE CASABLANCA N° 21 Q.I DOUKKARATE
- 3 : ERRAHMOUNI ABDELLAH , RUE CASABLANCA N°18 Q.I DOUKKARATE
- 4 : BOUAYAD & FILS , RUE NADOR N°74 Q.I DOUKKARATE
- 5 : Société LARABI DES HUILES ET CÉRÉALES , 27 RUE DE NADOR QI DOKKARATE
- 6 : HUILERIE ABBOU MED , RUE KHOURIBGA Q.I DOUKKARATE
- 7 : Société SOHNA , 48 RUE KHOURIBGA QI DOKKARAT
- 8 : HAJ HANOUN AHMED , N° 37 RUE KHOURIBGA Q.I DOKKARATE
- 9 : MDAGHRI ALAOUI NAJIB ET HASSAN , RUE IBN ZAIDOUNE Q.I DOUKKARATE
- 10 : LAKHAL MOHAMED , 6 RUE JERADA Q.I DOUKKARATE
- 11 : MARZOUKI ALI & DAHBI MED , RUE IBN TIMIA Q.I DOUKKARATE

- 12 : BOUAYAD BOUBKER ET BOUANANE , RUE IBN ZAIDOUNE QI DOKKARATE
- 13 : SONOHA , RUE JOULES Q.I DOUKKARATE
- 14 : Société BOUNOU , LOT 54 RUE AIN SBA ZI DOKKARAT
- 15 : Société SICOC , RUE KHOURIBGA Q.I DOKKARATE
- 16 : HUILERIE ANNASSR , N°10 RUE JACARD QI DOKKARATE
- 17 : SABHOC , 10 RUE BOUKRAA QI DOKKARAT
- 18 : HUILERIE ABBES BEN MAKHLOUF , RUE ABBAS MAKRI N°32 Q.I DOUKKARATE
- 19 : HUILERIE KENZA AMMOR ET FILS , 54 RUE KHOURIBGA QI DOKKARATE
- 20 : SOMATAZI , RUE IBN ZAIDOUNE QI DOKKARAT
- 21 : SIOF : 29, RUE HAZIM KATAGENI QI DOKKARAT

Figure 2: Carte de répartition des huileries dans le Quartier Babftouh, Fès.



- 1 : HUILERIE BEN CHEKROUN & JAMAI , AV DE LA GARE N°40 BAB EL KHOUKHA
- 2 : Société HUILE BABFTOUH , RUE YOUSSEF IBN TACHFINE N 68 BIS
- 3 : CHEMS EL KHEIR BOUAYAD , RUE CAID EL KHAMMAR N°51 BAB FTUOH
- 4 : HUILERIE HERITIERS BOUANANE , RUE FEKHARINE N022 BIS

I.4.2.2 Procédé continu à deux phases ou procédé écologique

Variante du système précédant, ici la centrifugeuse horizontale(décanteur) sépare l'huile et mélange le grignon et les eaux de végétation en une unique phase appelée grignon humide ou grignon à deux phases. Alors il n'y a pas de production des margines, tous les polluants restant inclus dans les grignons. Ce système a des nombreux avantages, le rendement est légèrement meilleur que celui du système à trois phase, il permet de réaliser une économie en eau et en énergie, fournit une huile de meilleure qualité, riche en antioxydants. Dans un autre sens il est plus simple de construire un décanteur à deux phases qu'un décanteur à trois phase, ce qui baisse le prix d'acquisition. Cependant, l'inconvénient de ce système réside dans la production de grignons humide. Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP, 2000).

I.4.3 Comparaison entre les procédés en discontinu et en continu

La différence entre les deux procédés réside dans la durée des opérations et le rendement en termes de quantité et de qualité de l'huile par quintal d'olives traitées. Les installations à cycle continu permettent de réduire la main d'œuvre et d'augmenter la capacité de production globale d'huile d'olive. Néanmoins, ces installations présentent des inconvénients dus principalement à la consommation élevée d'eau chaude dont le volume peut parfois dépasser celui des olives mises en œuvre, ce qui se traduit par une production accrue de margines. Dans les systèmes traditionnels, l'extraction se fait sans addition significative d'eau, ce qui se répercute sur la charge des margines en matières organique et en suspension. En effet, les margines des unités traditionnelles sont plus chargées et plus concentrées que ceux des unités modernes. Certains auteurs rapportent que la DCO des margines provenant d'un procédé d'extraction par centrifugation varie entre 20 et 200 g d'O₂/l de margines (Di-Giovacchino et al., 1988 ; Martin et al., 1991 ; Hamdi, 1993). Celle des margines produites par les systèmes d'extraction par pression varie entre 100 et 390 g d'O₂/l de margines (Di-Giovacchino et al., 1988 ; Mouncif et al., 1993). Ainsi que les huiles d'olives extraites par le système continu ont une acidité inférieure à 1%, tandis qu'en système discontinu elle est supérieure à 1 % (M. Mouawad, 2005). Dans un autre sens, les huiles des systèmes continus contiennent des taux élevés en polyphénols ce qui leur confèrent une résistance contre l'oxydation pour un stockage à long terme.

II. Margine

II.1 Définition

Les margines sont le résidu aqueux qui est généré lors de la phase de séparation solide-liquide par centrifugation ou sédimentation après le pressage, les margines ou eaux de végétation proviennent pour 40 à 50% du fruit et, de l'eau utilisée pour la trituration. Ainsi que par l'eau contenue dans les cellules de la drupe, les eaux de lavage et celles liées au processus de traitement. À cause de leur charge organique très élevée et de leur teneur en phénols et

polyphénols difficilement dégradables, ces effluents posent d'importants problèmes pour leur élimination.

Figure 3: Rejet des margines dans un Oued.



II.2 Origine des margines

Lors du processus de production d'huile d'olive deux sous-produits sont engendrés, le premier c'est un résidu liquide nommé **margine** ou **eau de végétation**, le deuxième est un résidu solide appelé **grignon** formé de pulpe et de noyaux, et en cas de système à deux phases, il y a production de grignon humide. L'ensemble de déchets liquides ce qu'on appelle typiquement les margines est constitué en fonction du système de séparation utilisé dans l'opération d'extraction, à savoir : Les eaux de lavage du fruit : la quantité utilisée varie entre 80 et 120 litres par tonne d'olive et qui dépend du type de produit qui arrive de la campagne. Elles sont constituées de particules de poussière ou de terre, ainsi que des petites quantités de matière grasse (MG) issues du fruit plus ou moins abîmés. Ces eaux sont facilement recyclables par simple opération de décantation et/ou de filtrage en raison de leur faible contenu organique, les eaux de rinçage des trémies de stockage, les eaux de végétation de l'olive elle-même, tel que, 40 à 50 % d'eau provient du fruit d'olive, les eaux de nettoyage d'huile : ce sont les eaux issues de la dernière centrifugation de l'huile où, on ajoute des proportions d'eau chaude. Elles représentent l'ensemble des déchets aqueux contenu dans l'huile d'extraction et de l'eau chaude ajoutée. Ce déchet est incorporé traditionnellement au déchet liquide généré lors de l'extraction dans le premier pressoir ou le premier décanteur et l'ensemble constituant la margine. Dans les huileries fonctionnant avec le système continu à 2 phases, ces eaux constituent le seul déchet liquide existant, étant donné qu'il n'y a pas production de margine au cours de l'extraction, et les eaux ajoutées au cours du malaxage.

La qualité et la quantité de la margine générée est variable, elle dépend du système d'extraction, de la variété d'olive, de l'eau utilisée. En moyenne 1 m³ de margine est générée par tonne d'olives triturées et la charge polluante moyenne est de 70 kg de DCO (Demande Chimique en Oxygène) par tonne d'olives.

II.3 Caractéristiques physico-chimiques et composition des margines

La composition chimique des margines est assez variable, complexe et hétérogène. Elles contiennent une variété de composés organiques et minéraux, de nature et de concentration très différentes. Cette variation est due essentiellement aux facteurs suivants :

Stade de maturation des olives, conditions climatiques, variété des oliviers, système de culture, situation géographique, temps de stockage des olives avant la trituration, techniques et lieu de stockage, nature de conservation des olives, procédé d'extraction d'huile d'olive qui représente l'élément le plus important.

Tableau 1: Caractéristiques physico-chimiques et composition des margines (Fiestas, 1981 et Hamdi, 1993).

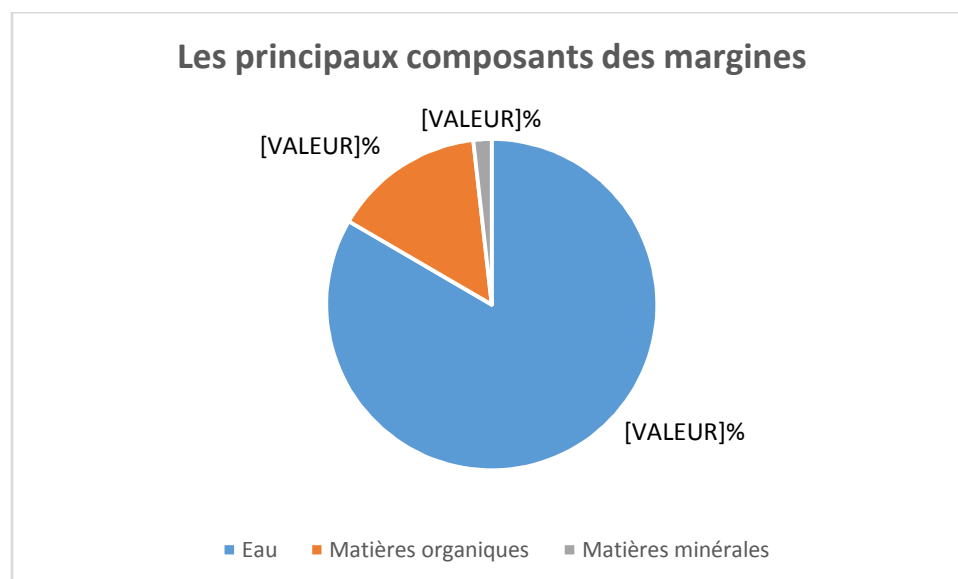
Paramètres	Système d'extraction	
	Discontinu	Continu
pH	4,5 à 5	4,7 à 5,2
Conductivité (ms/cm)	16	8
Demande chimique en oxygène DCO (g/l)	120 à 130	45 à 60
Demande biologique en oxygène DBO5 (g/l)	90 à 110	35 à 48
Matières en suspension MES (g/l)	1 à 2	6 à 9
Matières sèches MS (g/l)	120 à 170	50 à 60
Matières volatiles MV (g/l)	88 à 105	44 à 55
Principaux éléments (mg/l)		
Phosphore : P	1.100	96
Potassium : K	7.200	1.200
Calcium : Ca	700	120
Magnésium : Mg	400 à 6.000	48
Sodium : Na	900	45
Fer : Fe	70	15
Substances organiques (g/l)		
Sucres totaux	20 à 80	10
Substances azotées	5 à 20	2,8
Acides organiques	5 à 10	-
Polyalcools	10 à 15	1,1
Pectines-mucilages et tannins	10 à 15	3,7
Polyphénols	10 à 24	5
Graisses	0,5 à 1	3 à 10

Ce tableau montre que les margines ont un pH acide avec des valeurs comprises entre 4.5 et 5.2, la conductivité électrique est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature, dans le cas des margines, les valeurs de cette conductivité varient entre 8 et 16ms/cm, les margines sont très riches en potassium, ce qui a conduit plusieurs chercheurs à tester leur pouvoir fertilisant. La différence de concentration, en minéraux et métaux lourds des margines entre les deux procédés, peut être expliquée par le fait que, durant la trituration des olives par le procédé continu, on ajoute de l'eau chaude, ce qui entraîne une diminution de la concentration des éléments minéraux.

Les margines ont un aspect trouble, une coloration brun-rougeâtre à noire. Cette couleur est fonction de l'état de dégradation des composés phénoliques et des olives dont ils dérivent.

Leur odeur rappelle celle de l'huile d'olive, mais elle peut devenir gênante lors de phénomène de fermentation anaérobie. Les composés fondamentaux des margines sont: l'eau (83,4%), substances organiques (14,8%), substances minérales (1,8%), et ils contiennent en moyenne 170 Kg de résidus secs par m³ de margine.

Figure 4 : Les principaux composants des margines (Nefzaoui, 1991).



II.3.1 Composition des résidus secs à 180°C

Les résidus secs contiennent 20 Kg de substances minérales et 150 Kg de substances organiques par m³ de margine.

II.3.2 Composition des substances minérales

Les margines contiennent des quantités significatives de sels minéraux, dont 80% sont solubles (phosphates, sulfates et chlorures) et 20% insolubles (carbonates et silicates). Les

éléments les plus représentatifs sont : le potassium (47%), les carbonates (21%), les phosphates (14%) et le sodium (7%).

Tableau 2: Concentrations des Cations et des Anions dans les margines issues d'un système par pression (omww1) et d'un processus par centrifugation (omww2) (Arienzo et Capasso 2000).(Omww = olive millwaste water = eaux usées de pressoirs à olives).

Cation	Cations (g.l ⁻¹)		Anion	Anions (g.l ⁻¹)	
	omww ₁	omww ₂		omww ₁	omww ₂
K ⁺	17,10 ± 0,31	9,80 ± 0,12	Cl ⁻	1,63 ± 0,06	1,3 ± 0,02
Mg ²⁺	2,72 ± 0,13	1,65 ± 0,11	H ₂ PO ₄ ⁻	1,07 ± 0,06	0,85 ± 0,04
Ca ²⁺	2,24 ± 0,14	1,35 ± 0,10	F ⁻	0,57 ± 0,01	0,53 ± 0,01
Na ⁺	0,40 ± 0,17	0,162 ± 0,08	SO ₄ ⁻	0,53 ± 0,05	0,42 ± 0,02
Fe ²⁺	0,129 ± 0,05	0,033 ± 0,01	NO ₃ ⁻	0,023 ± 0,01	0,011 ± 0,008
Zn ²⁺	0,0630 ± 0,001	0,0301 ± 0,001			
Mn ²⁺	0,0147 ± 0,001	0,0091 ± 0,001			
Cu ²⁺	0,0086 ± 0,001	0,0098 ± 0,001			

Ces résultats montrent que les margines issues du système de centrifugation sont moins concentrées en cations et en anions. Ceci est dû à leur dilution par l'eau durant l'extraction d'huile d'olives.

II.3.3 Composition des substances organiques

Les margines comportent deux fractions organiques : une fraction insoluble constituée essentiellement de pulpes d'olives qui représente la matière en suspension et colloïdale et une fraction soluble dans la phase aqueuse qui contient les sucres, les lipides, les composés azotés, les vitamines, les acides organiques et les composés phénoliques.

III. Problématique environnementale des margines

Les margines, posent de sérieux problèmes de pollution par leur concentration élevée en matières organiques et en polyphénols. Des études de toxicité et de biodégradabilité ont montré que les composés phénoliques qui sont de nature humiques et responsables de la coloration noire sont très peu toxiques et très difficilement biodégradables, par contre, les composés tanniques sont très toxiques mais biodégradables. En effet, le rejet des margines reste jusqu'à présent un problème écologique prépondérant ainsi qu'un redoutable souci pour les pays producteurs d'huile d'olive où de larges volumes sont produits dans des intervalles de temps très brefs s'étendant de novembre à avril. L'absence de méthodes de traitement adaptées

pousse les propriétaires d'huileries à rejeter ces eaux dans la nature sans aucun contrôle ou à surcharger avec ces substances toxiques un réseau d'assainissement non adapté.

III.1 Pollution des eaux

En Italie, (Amirante1999), estime que la transformation d'une tonne d'olives engendre 36 kg de DBO5, correspondant à la pollution domestique journalière de 650 habitants, il est facile donc d'imaginer l'impact que peut avoir l'activité des huileries sur la qualité de notre environnement. Les margines sont rejetées le plus souvent dans des récepteurs naturels, des cours d'eau, sans aucun contrôle préalable et nuisent fortement à la qualité de ces eaux de surface, la très forte charge en matières organiques empêche ces eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances. Ils sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras volatiles, insecticides, etc...) qu'elles contiennent. La coloration des eaux naturelles due aux tanins est l'un des effets les plus visibles de la pollution. De plus, la teneur élevée en sucres réducteurs provoque la prolifération des micro-organismes qui y profitent comme substrat, ceci diminue la disponibilité de l'oxygène pour d'autres organismes vivants et entraîne un déséquilibre de l'écosystème aquatique, de même que l'accumulation du phosphore provoque l'eutrophisation des eaux et favorise la multiplication de pathogènes(Lacomelli, 2000). En outre, l'épandage des margines, très riches en éléments azotés, peut causer la pollution des nappes souterraines situées dans la zone ou à proximité du site d'épandage et souiller la qualité de l'eau potable, or dans le bassin méditerranéen, les ressources en eau sont rares et leur préservation, quantitative et qualitative, est capitale. Ensuite, les lipides présents dans les margines forment un film impénétrable à la surface des rivières et ses bords empêchent la pénétration de la lumière et l'oxygène.

III.2 Pollution des sols

Les composés phénoliques, les acides organiques, le pigment catéchol mélaninique et la haute salinité (conductivité élevée) peuvent causer des effets phytotoxiques sur les oliviers. Ils provoquent une diminution de la matière sèche en diminuant la disponibilité de l'azote, en plus de leur toxicité pour certains micro-organismes. Les acides, les éléments minéraux et les substances organiques aboutissent à une destruction de la capacité d'échange cationique du sol (CEC), par suite, une réduction de la fertilité du sol. La forte acidité des margines a un impact négatif sur le sol et ses constituants. La microflore bactérienne du sol peut être détruite suite à l'acidification du milieu. Par ailleurs le caractère visqueux des margines entraîne la formation d'un dépôt huileux qui provoque l'imperméabilisation du sol dans un premier lieu et son asphyxie par la suite.

III.3 Air et paysage

Les fortes teneurs en sels des margines, leur forte charge et leur acidité sursaturent le milieu récepteur et provoquent des conditions d'anaérobioses propices aux dégagements d'odeurs désagréables liées à la formation d'acide H_2S lors du processus de fermentation. Les odeurs incommodes fortement les riverains du cours d'eau.

III.4 Réseau 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 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, si les activités des huileries sont arrêtées, 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 qui nécessite une intervention rapide des gens de curage manuel de la RADEEF.

Figure 5: Blocs de pierres extraites d'un regard du réseau dokkarat (24-4-2014).



Un bloc de pierre extrait d'un regard (quartier industriel dokkarat), se caractérisant par une densité moyenne et une longueur d'environ 87 cm. Parmi ses constituants on distingue un mélange de calcaire et du graisse consolidé avec autres déchets, le regard ci-dessus (deuxième photo) s'est barré par ce bloc et ses agrégats ce qui engendre des problèmes gênants dans la zones qui l'entoure non seulement au niveau environnementaliste (pollution), mais aussi au niveau de la population (complications olfactives).

III.5 Les dangers des margines sur la ville de FES

Les margines constituent une source d'inquiétude au Maroc. Elles créent d'importantes nuisances et perturbations du milieu récepteur, ces effluents sont acides et extrêmement chargés en matières organiques qui contiennent essentiellement des composés phénoliques provenant de la pulpe d'olive (Vasquez et al, 1974). D'où la forte activité polluante des margines sur les eaux de surface. L'Oued de Sebou pendant la période oléicole, présente une

si grande dégradation de sa qualité que l'ONEP s'est trouvé dans l'obligation d'arrêter le traitement de ses eaux avant la confluence dans 3 stations. De ce fait, la ville de Fès a connu une pénurie d'eau potable en janvier 1992, principalement pour la population résidant l'ancien médina (Scandiaconsult, 1992). Les concentrations des phénols existantes dans les margines constituent un risque de pollution important pour les nappes souterraines, les oueds étant des milieux favorables à une alimentation directe de la nappe.

III.5.1 Sous oxygénation

Lorsque les charges importantes de matières organiques sont apportées au milieu via des rejets ponctuels, les processus naturels de régulation ne peuvent plus compenser la consommation bactérienne d'oxygène. On estime que la dégradation de 7 à 8 mg de matières organiques par des microorganismes, suffit pour consommer l'oxygène contenu dans un litre d'eau (Manahan, 1994).

III.5.2 Couleur, turbidité et odeur

L'accumulation des matières organiques et minérales dans les cours d'eau induit l'apparition de mauvais goût, prolifération bactérienne, odeurs pestilentielles et colorations anormales. En dehors de l'aspect inesthétique, les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission de la lumière dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques. La couleur des eaux est due à des acides humiques, grosses molécules qui sont très peu biodégradables, elles ont un pouvoir complexant vis-à-vis des métaux de transition.

III.5.3 Eutrophisation

Sous l'action des microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel, les ions minéraux induits en quantité trop importante peuvent devenir toxiques pour la vie piscicole et altérer la production d'eau potable, leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et conduit à l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau et des eaux stagnantes. Il suffit d'une concentration de 4 mg/l pour provoquer ces conditions d'eutrophisation.

IV. Techniques de traitement des margines

Traditionnellement, les margines étaient traitées par la RADEEF en la déposant dans des bassins de sédimentation où la dégradation aérobie, ne pouvait se faire de manière adéquate, du fait que les bassins étaient insuffisamment aérés, ce qui favorisait la digestion incontrôlée et l'émission de mauvaises odeurs, ou déversées directement dans la nature.

L'accroissement de la production oléicole et l'introduction de techniques modernes de trituration des olives (systèmes continus) ont placé la filière oléicole en position de pollueur

potentiel. Phénomène qui a pris de l'ampleur avec l'avènement des systèmes continus à trois phases utilisant beaucoup d'eau par rapport au système à deux phases qui génère moins d'effluents. Les volumes de margines rejetés deviennent énormes, les charges polluantes créent des conditions telles que cette pollution ne peut-être résorbée dans le milieu naturel et bien au contraire, stoppe les phénomènes d'autoépuration, d'une part en raison de fortes charges organiques diverses, d'autre part, du fait de la présence de grandes quantités d'éléments toxiques. C'est ainsi que des efforts sont consentis par la communauté internationale pour élaborer et proposer des procédés d'épuration de ces effluents basés sur les traitements thermiques, physico-chimiques ou biologiques. Les déchets liquides ou margines, exigent des traitements spécifiques.

Dans cette section, vont être exposées les principales technologies disponibles pour le traitement et / ou l'épuration des déchets générés dans la production de l'huile d'olive.

Dans le contexte actuel, et à la lumière des techniques de traitement existantes, le stockage des margines dans des bassins d'évaporation demeure pour le moment comme la solution la plus utilisée dans les pays méditerranéennes malgré les nuisances occasionnées au milieu naturel.

IV.1 Processus thermique

IV.1.1 Evaporation naturelle

L'évaporation apparaît très intéressante au vu des caractéristiques des margines qui présentent une teneur en eau très élevée (83 à 88%) et en fonction du climat relativement chaud et sec, favorisé par l'action du soleil et du vent. Utilisée la première fois en Espagne par la direction générale de l'environnement en 1980. Des études et actions menées par la RADEEF ont abouti en 1997, à la réalisation du projet pilote d'évaporation naturelle des margines rejetées par les huileries du quartier industriel de Dokkarat. Cette méthode consiste à accumuler les margines dans des bassins de profondeur variant entre 60 et 70 cm, c'est le mode d'élimination le moins coûteux dans des conditions favorables pour les pays méditerranéens.

Le processus d'évaporation naturelle nécessite de grandes surfaces, et pose le problème d'infiltration dans le sol, de prolifération des bactéries, d'insectes et de dégagement des mauvaises odeurs. En plus, la formation d'une couche huileuse sur la surface du bassin peut limiter l'évaporation jusqu'à 50% et les boues de fond rendent la vidange difficile. Lors de l'évaporation il y a production du ' concentrât ' qui peut être utilisé en compostage, comme un carburant ou comme un additif pour le développement des matériaux de construction.

L'évaporation naturelle a des avantages comme la réduction de la DBO à moitié en deux mois, sans oublier la simplicité du processus: absence de technologie, une fois les bassins aménagés, le processus se fait naturellement. Mais, elle a aussi des limites et conditions d'application tel que la nécessité de grandes superficies ($1\text{m}^2 / \text{m}^3$ de marge), aussi que la période oléicole est en hiver, saison pendant laquelle le bilan d'évaporation est presque nul, le traitement prendra beaucoup de temps, l'évaporation se faisant au printemps et surtout en été. Et en raison de la formation d'une couche huileuse en surface qui empêche l'action des rayons

solaires, l'évaporation sera insuffisante, avec l'émission de mauvaises odeurs et attraction d'insectes, de plus le danger d'infiltration avec la formation de boues de fond, et difficultés de vidange et d'utilisation.

Figure 6: Bassin de stockage/évaporation des margines.



Figure 7: Bassins d'évaporation des margines de la RADEEF (prise le 05/05/2014).

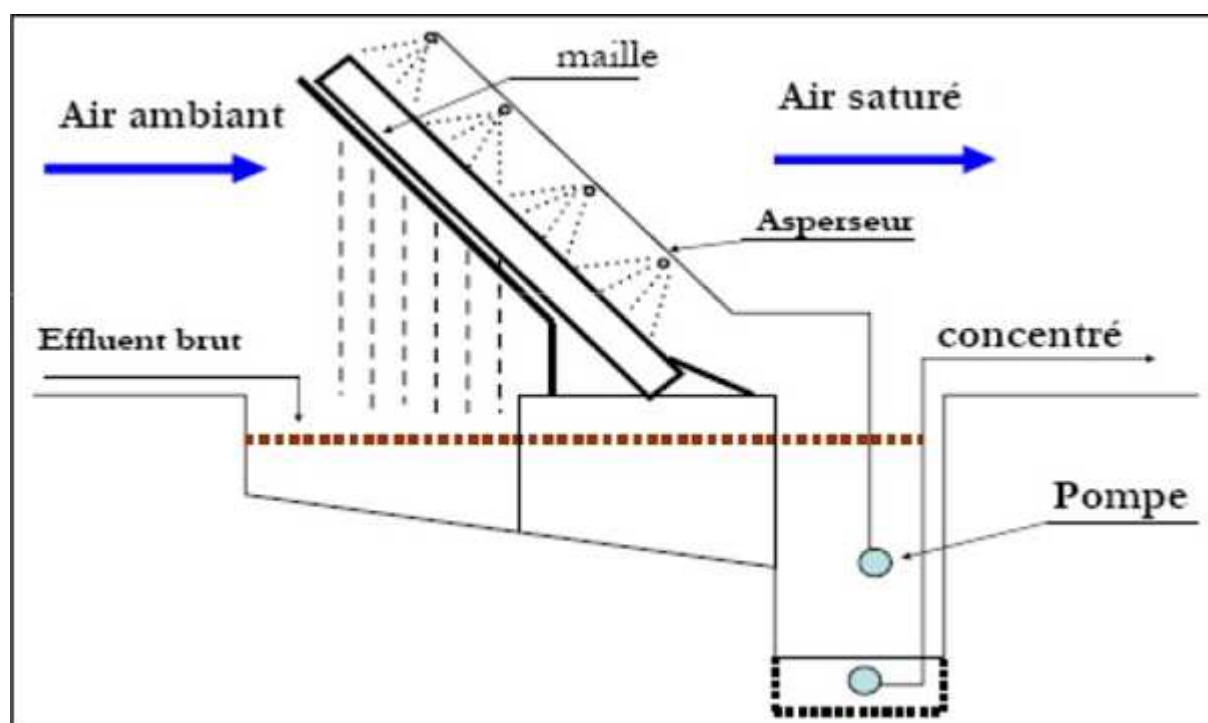


IV.1.2 Évaporation forcée

Le principe est identique à celui de l'évaporation libre. C'est un procédé qui consiste à introduire des panneaux évaporateurs au niveau des bassins de stockage des margines pour faciliter leur évaporation. En effet cette opération multiplie par 100 la quantité d'eau évaporée par m^2 occupée au sol, en augmentant la surface d'échange et en la développant en hauteur, zone plus favorable car la vitesse du vent y est plus élevée. Des panneaux alvéolés présentant un rapport surface/volume très élevé sont montés à proximité du bassin

destockage. Les effluents d'huileries d'olive sont pompés à partir de bassins de stockage, puis projetés par des asperseurs sur des panneaux juxtaposés, ayant une importante surface d'échange avec l'air. Ce système est généralement applicable lorsque la température de l'air est supérieure à 10°C et le taux d'hygrométrie (correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante (ou tension de vapeur) à la même température.) inférieur à 80%. En effet, plus la température est élevée, plus l'hygrométrie relative est faible et plus les quantités d'eaux évaporées par l'air avant la saturation sont importantes. Lorsque le niveau d'évaporation souhaité est atteint dans le réservoir, l'aspersion est stoppée. Le concentrât est alors pompé dans un second bassin prévu à cet effet.

Figure 8: Schéma explicatif de l'évaporation forcée.



Parmi les avantages de l'évaporation forcée on a une grande surface d'évaporation concentrée dans un espace de panneaux très réduit, avec la suppression de la contrainte des bassins : surface- profondeur qui régit l'évaporation libre, aussi la réduction du risque de formation de la couche étanche, limitant l'évaporation, le système d'aspersion brassant régulièrement l'effluent, ensuite la possibilité d'évaporer en toute saison, également la limitation de développement de mauvaises odeurs vu le haut niveau d'oxygène transféré pendant l'évaporation. En revanche il excite des inconvénients à savoir la nécessite un investissement de base important pour l'aménagement des bassins (l'installation des panneaux évaporants et les systèmes de circulation des effluents), une alimentation en électricité sera requise en

raison de Recours au procédé technologique. Après traitement, le problème de l'élimination du concentrât va se poser.

Il existe d'autres processus thermiques ; tel que l'**incinération** qui consiste à éliminer les effluents d'huileries d'olive par combustion. Mais Ce procédé est complexe et coûteux tant à l'investissement qu'à l'exploitation, ainsi on trouve la **distillation**, ce processus permet de réduire le volume de ces effluents de 70% et le résidu peut être utilisé comme combustible pour chauffer le distillateur ou comme fertilisant dans l'agriculture. L'eau condensée peut être réutilisée après une épuration adéquate dans les processus des huileries.

IV.2 Procédés physico-chimiques

Les traitements physico-chimiques sont fondés sur la séparation des constituants solubles et insolubles des margines, bien que ce processus ne soit pas le plus adéquat pour épurer une eau résiduelle avec une charge organique élevée, il a été appliqué sur les margines et utilisé comme un pré- traitement pour les applications postérieures.

IV.2.1 Ultrafiltration-Filtration

L'ultrafiltration est un procédé de séparation physique utilisant une membrane. Elle s'applique à la séparation des particules de 0.005 à 0.1 μm . Cependant, pour les particules les plus petites, on utilise la nano filtration. On obtient une phase liquide contenant les polluants dissous d'une part et une phase pâteuse contenant les polluants solides. Ce procédé a des avantages comme la rétention des solides et l'élimination d'une grande partie des composés organiques dissous. Tandis que des inconvénients à savoir l'engorgement du filtre et le pouvoir polluant élevé du concentrât résultant, et le coût d'investissement trop élevé.

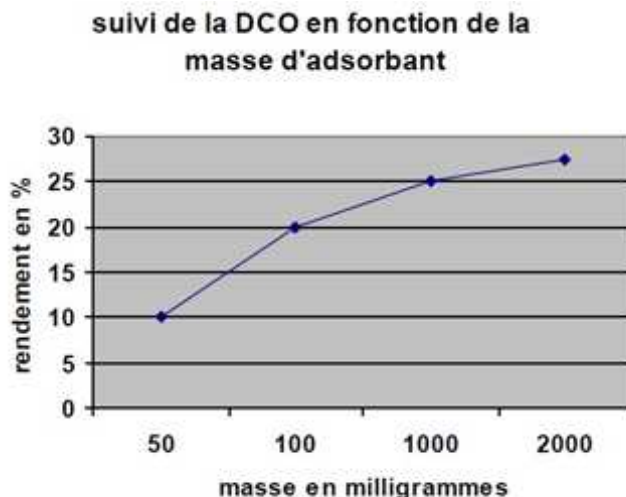
IV.2.2 L'adsorption

L'adsorption est un processus où un solide est employé pour enlever une substance soluble de l'eau. Ce processus consiste à la concentration du polluant organique dans un support solide avec une grande superficie spécifique, généralement du charbon actif (500—1500 m^2/g). Dans le traitement des margines, le principal objectif de l'adsorption est celui de biodégrader les composés organiques ayant des effets bactéricides, inhibiteurs ou colorants (tanins, phénols).

Les principaux avantages de l'adsorption tiennent à la faible pollution que génère ce type de traitement sur le sol, dans l'air ou l'eau et à la nécessité réduite du personnel qualifié.

Les principaux inconvénients sont l'impossibilité de réutilisation du charbon actif, du fait de son pouvoir calorifique élevé, peut être employé dans des procédés de combustion, et la nécessité de faire un prétraitement.

Figure 9: Influence de la masse de charbon actif sur le rendement d'élimination de la DCO de la margine (BoudoukhanaHocine , 2008).



D'après les résultats de tableau, on peut dire que le traitement par adsorption sur charbon actif a donné des résultats satisfaisants de sorte que le rendement en pourcentage de la réduction de la charge polluante est important.

IV.2.3 Coagulation

Elle consiste à favoriser l'agglomération des particules hydrophiles par des tensioactifs. Les principaux agents de coagulation utilisés sont à base du sel d'aluminium et du fer. Dans certains

cas, des produits synthétiques tels, le chlorure ferrique et la chaux sont utilisés. On obtient une phase liquide où les polluants sont dilués et des boues dans lesquelles les polluants sont concentrés.

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% . Dans une autre étude,(Aktas et al.,2001) ont proposé le prétraitement des margines par la chaux pour réduire la pollution. Ce traitement physico-chimique offre une solution partielle et nécessite un traitement secondaire. D'autre part, il produit une grande quantité de déchets qui cause d'autres problèmes environnementaux. On trouve aussi la **floculation et la clarification** qui consistent à traiter les effluents d'huileries d'olive avec des produits tensioactifs afin d'éliminer les solides et les colloïdes en suspension. Mais L'inconvénient majeur de ce procédé réside dans le fait qu'on a seulement un transfert de la pollution de l'état solide à l'état pâteux.

IV.3 Procédés biologiques

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

Par ce procédé, les margines peuvent donc être revalorisées en eau d'irrigation (eau traitée), en biogaz et en biomasse riche en protéine valorisable en aliment de bétail.

IV.3.1 Traitements anaérobies

Utilisés pour le traitement et l'exploitation des effluents d'huileries d'olive à cause de leur charge élevée en matière organique, c'est un procédé biochimique de fermentation dans lequel les substances organiques telles que les protéines, les lipides ou les hydrates de carbone, sont dégradés par fermentation, ce traitement demande peu d'énergie et produit peu de rejets que le traitement biologique aérobie. Le produit résultant de ce traitement est utilisé pour l'agriculture. Les digesteurs anaérobies peuvent être facilement redémarrés après plusieurs mois de fermeture des moulins. Les métabolites produits sont : le gaz carbonique, le méthane et l'eau. Dans ce mode de traitement, ils utilisent des réacteurs cloûts qui occupent nettement moins d'espace au sol que les stations d'épuration classiques. Mais ces dispositifs nécessitent souvent une épuration aérobie complémentaire. La digestion anaérobie permet une réduction de 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). Cependant, cette digestion peut être inhibée par les acides gras à chaînes longues, notamment l'acide oléique. 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.

Ces traitements anaérobies permettent de réduire la consommation en énergie et la production des boues. Ils présentent aussi l'avantage de produire du méthane et de limiter les dégagements de mauvaises odeurs. Par contre, ils sont aussi très limités et c'est 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. (Rober et al., 1999), (Ergüder et al., 2000) ont trouvé dans une étude de traitement anaérobie des margines, que le taux de réduction de la DCO est élevé (85,4 à 93,4 %), et le traitement d'un litre de marge permet de produire $57,1 \pm 1,51$ litres de gaz de méthane.

Tableau 3: Traitement biologique anaérobie des margines. (Ergüder et al., 2000)

Le temps de rétention	DCO initiale (g d'O ₂ /l)	La vitesse d'élimination (Kg DCO/m ³ .jour)	Le 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	4,40	75
- 3,2 jours	25	7,80	92

Ce tableau 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 rétention de l'échantillon.

IV.3.2 Traitements aérobies

Ces effluents doivent être dilués plusieurs fois (70 à 100 fois) avant de procéder à un traitement biologique aérobie et peuvent être traités efficacement seulement pour des concentrations en DCO de l'ordre de 1g/l. Ce mode de traitement est utilisé comme une étape de prétraitement pour améliorer la digestion anaérobie des margines, dont le but est de réduire la teneur en polyphénols et leur toxicité associée. 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, *Pleurotus ostreatus*, et *Aspergillus niger* en raison de leur grand pouvoir à dégrader les composés phénoliques. Les tests de toxicité ont montré une diminution de la toxicité des effluents d'huileries d'olive après traitement par ces microorganismes. En effet, les microorganismes aérobies dégradent les composés organiques par oxydation avec l'oxygène de l'air ou l'oxygène pur et utilisent la plupart de ces composés organiques présents dans le milieu pour leur nutrition et leur reproduction.

Les procédés aérobies tels que les boues activées sont aussi utilisés pour éliminer les polluants dissous et colloïdaux à faibles concentrations dans les eaux usées. Toutefois, les concentrations élevées en matière organique peuvent être tolérées lorsque le temps de rétention est long et/ou avec un pourcentage de recyclage élevé. Les effluents d'huileries d'olive étant très chargés en matière organique ne peuvent pas être traités directement par ces procédés. L'inconvénient majeur du traitement aérobie est la consommation importante d'oxygène. Dans le but de réduire cette consommation ainsi que la toxicité des effluents d'huileries d'olive vis-à-vis des microorganismes épurateurs, des prétraitements physiques de ces déchets (filtration, distillation, évaporation) ont été recommandés par plusieurs auteurs. Il existe des microorganismes aérobies (bactéries et champignons) qui peuvent dégrader en totalité les composés poly aromatiques complexes et de hauts poids moléculaires, comme les lignines, les tanins et les polyphénols. (Rober et al., 1999), (Mantzavinos et

Kalogerakis,2005) ont étudié l'effet du prétraitement aérobie, utilisant différentes cultures avant la digestion anaérobie. Ils ont trouvé que la vitesse de dégradation anaérobie avec prétraitement est environ 2,5 à 4,5 plus grande que la dégradation anaérobie sans prétraitement. Ce prétraitement aérobie a permis de réduire respectivement la DCO, la concentration des polyphénols et la toxicité d'environ : 63 à 75%, 65 à 95% et 59 à 87% pour les différentes cultures utilisées. Dans une autre étude, (Fountoulak et al.,2002) ont trouvé que le prétraitement aérobie par *Pleurotus ostreatus* est capable d'améliorer les performances de la digestion anaérobie qui le suit. Ce traitement biologique aérobie peut se faire par une culture d'*Aspergillus terreus*. Les vitesses d'élimination de la DCO sont de 126 mg/l.h durant 24 h, et 77,3 mg/l.h durant 72 h pour une DCO initiale de 43,35 g d'O₂/l. Beaucoup de chercheurs ont traité les margines par des micro-organismes des sols et par des levures à pH acide. Seules les levures s'adaptent au pH acide des margines. La réduction de la DCO de 22,47 et 58,77%, respectivement à pH initial, en présence de levures et à pH neutralisé. En terme de polyphénols, les abattements sont respectivement : 29, 57 et 60%. L'inconvénient de l'utilisation des dispositifs aérobies se heurte au coût de la construction et l'exploitation des installations et les temps requis qui sont élevés, entre 15 et 25 jours ce qui augmente le temps de stockage.

V. Valorisation des margines

Parallèlement aux recherches réalisées sur le traitement des margines, des études de valorisation ont été effectuées. Les margines sont riches en éléments nutritifs minéraux et organiques. Ce critère a amené les chercheurs à mettre au point de nombreux procédés de valorisation et d'exploitation des margines aussi bien à l'échelle de laboratoire qu'à l'échelle pilote (Fiestas Ros de Ursinos, 1981). Cette valorisation a pour objectif l'élimination des composés phénoliques d'une part et l'utilisation des margines dans les domaines de la biotechnologie, de la chimie et de l'agriculture d'autre part.

V.1 Obtention de biogaz

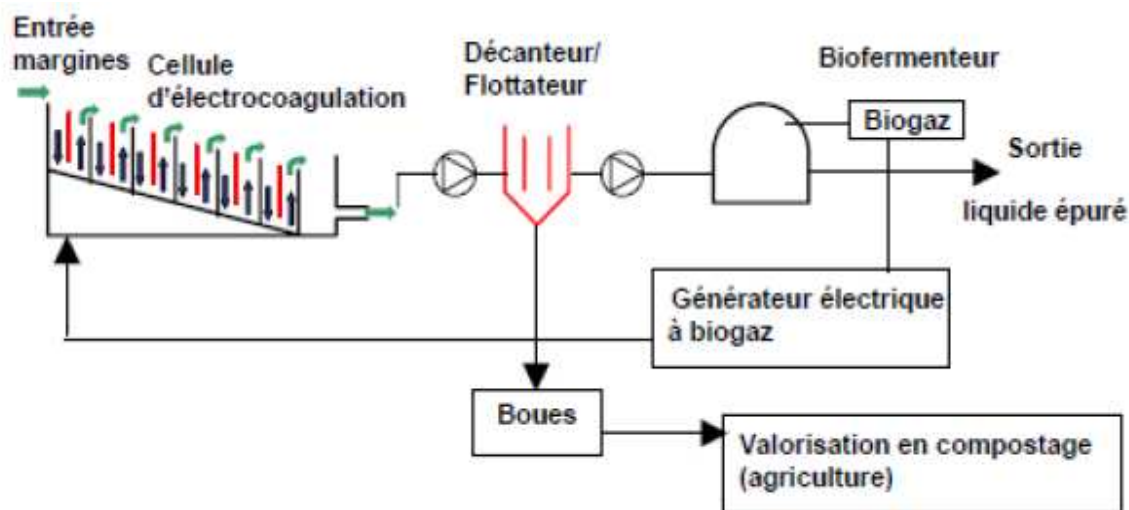
La digestion anaérobie pour produire du bio méthane est une technique bien établie et largement étudiée, depuis déjà un demi-siècle (Nefzaoui A. 1988). Elle permet de transformer environ 80% des substances organiques en biogaz (65 à 70% de méthane). Ce processus présente l'avantage par rapport aux procédés 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.

Informations pratiques :

1 m³ de marge à 70 kg de Demande Chimique en Oxygène (DCO) produit quelques 24,5 m³ de méthane (Fiestas Ros de Ursinos et al., 1983). L'énergie du méthane peut être utilisée sous la forme thermique ou convertie en énergie électrique. Ainsi, pour une huilerie équipée avec

un système de trituration «continu», dont la capacité de broyage est de 35 tonnes/jour, la production de margines est de l'ordre de 50 mètres cubes/jour, ce qui rapporte une production de 1368m³ de biogaz/jour (soit 57 m³/heure).Ce biogaz peut être utilisé pour la production d'énergie électrique, avec des moteurs à combustion interne, pour obtenir 1,5 KWh et 50 litres d'eau à une température de 80°C. Ceci représente une production de 85,5 KWh et 2850 litres d'eau à 80°C par heure.(Fiestas Ros de Ursinos et al., 1983).La comparaison de cette production par rapport aux besoins d'une telle huilerie, nous permet de constater que l'épuration anaérobie des margines permet de parvenir à l'autonomie énergétique, voire à un léger excédent.

Figure 10: Schéma général du principe de l'électrocoagulation et bio méthanisation pour le traitement des margines. (Ben Yahia et Zein K, 2003).



V.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, afin de limiter l'utilisation d'engrais chimiques (connus pour leurs effets pervers) afin de protéger l'environnement et promouvoir le développement agricole.

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 Ros de Ursinos, 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 grosse quantité vers les nappes.

Les opérations se déroulent en trois phases : La première, est la préparation du support carboné: le support carboné (paille par exemple) est disposé dans une cuve bassin étanche, la deuxième est la macération où la marge est épandue sur le support carboné et l'imprègne durant 24 heures, et enfin le mélange est mis sur une aire de compostage expérimentalement une tonne de paille, à 5% d'humidité, absorbe trois fois son poids (3m³ 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, Lacassin 2002) .

Figure 11: le compostage des margines.



V.3 Epandage et fertilisation des sols

À partir de leurs teneurs élevées en minéraux, les margines peuvent être utilisées comme fertilisant. Elles peuvent aussi constituer une fertilisation adaptée à l'olivier, vigne et certaines cultures annuelles, et ainsi être utilisées dans l'irrigation en raison de leur richesse en eau et en minéraux nutritifs. Elles apportent, 3,5 à 11 kg de K₂O et de 0,6 à 2 kg de P₂O₅ et de 0,15 à 0,5 kg de MgO par mètre cube (Fiestas Ros de Ursinos, 1986).

Les avantages d'utilisation des margines comme fertilisant sont due à leurs richesse en potassium, leurs quantité moindre d'azote, du phosphore et du magnésium et le contenu organique améliore le développement des microorganismes du sol, ce qui se traduit par une amélioration de ses caractéristiques physiques et chimiques.



L'utilisation des margines comme fertilisant n'est pas sans inconvénients car elles présentent une salinité élevée provient du sel ajouté lors du stockage avant la trituration, une acidité élevée, ceci risque de poser un problème dans les sols neutres ou acides. Les Polyphénols sont des molécules organiques ont des effets phytotoxiques, les margines se comportent comme des herbicides vis-à-vis des plantes vertes.

Figure 12: L'épandage des margines.



V.4 Utilisation en alimentation animale

Les margines ont été utilisées directement comme aliment pour le bétail. Cependant, cette pratique reste à risque, en raison des taux élevés en sodium et en composés phénoliques pouvant engendrer un effet antitrypsique. De même, elles ont été fournies aux volailles à la place de l'eau potable. Cette expérience a montré qu'il y avait un léger abaissement du taux de mortalité de ces animaux. L'apport des margines déshydratées a provoqué des diarrhées chez les ruminants .Le procédé Dalmolive décrit par Martillotti en 1993 semble remédier au problème. Il consiste à mélanger 50 kg de margines avec 20 kg de grignons et 12,6 kg de divers résidus et sous-produits agricoles pour réduire l'effet inhibiteur des composés phénoliques. Ceci produit 29 kg d'aliments en pellettes dont la composition est indiquée dans le tableau.

Tableau 4: Composition chimique de la pâte des margines obtenue par le procédé Dalmolive. (Martillotti 1993).

composant	Valeur (%de la matière sèche totale)
Matière azotée totale	21 ,6
Matière grasse	4,0
Cellulose brute	13,1

Matière minérale	8,9
Extrait non azoté	52,5
Matière azotée digestible	17,2

On remarque que la pâte des margines obtenue par le procédé Dalmolive est riche en matière azotée totale et digestible .

V.5 Utilisation en génie civil

Les principales investigations pour ne pas dire les seules dans ce domaine 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 de 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 des briques non cuites 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 13: briques non cuites.



VI. Conclusion

La production d'huile d'olive représente un secteur économique important pour notre pays, et également dans la région de Fès. Actuellement, la production est en constante croissance et se fait au dépend de l'environnement. La culture des olives présente déjà de graves problèmes environnementaux et suite à l'arrêt du fonctionnement des bassins d'évaporation de la

RADEEF, les margines sont souvent rejetées dans l'oued de Sebou sans aucun traitement, Or, les ressources en eau sont rares et leur préservation dans notre région, tant quantitativement que qualitativement, est capitale. Et d'après notre étude sur les techniques de traitement et valorisation des margines dans la région de Fès il s'est avéré que les techniques de l'utilisation du système bi phasique ou bien celle de l'amélioration du système tri-phasique par l'installation d'un système de prétraitement (physico-chimique et biologique) dans les huileries, permettent d'éliminer les phénols et polyphénols (substances toxiques pour les micro-organismes) afin de minimiser l'impact sur les ressources hydriques et de les préserver en plus ces techniques permettent une valorisation des margines. Pour cela et durant notre enquête, nous avons proposé aux huileries les solutions décrites précédemment, mais due aux contraintes économiques ces solutions ne sont malheureusement pas encore adoptées. Face à la problématique des margines dans la région de Fès, la wilaya a fait des efforts afin de trouver des solutions à ce problème tel que la séparation des zones industrielles qui est toujours en cours d'application et la mise en œuvre obligatoire du système bi phasique en appui à ce qui renforce nos conclusions, alors que la RADEEF à son tour est sensé à ouvrir les bassins pour assurer une résolution temporaire au problème en attendant que le système à 2 phases ou le prétraitement soit mis en place.

Partant du principe, produire mieux tout en préservant un environnement sain, afin de profiter des nouvelles technologies et de nos ressources naturelles, l'implantation d'un nouveau mode de gestion des ressources naturelles et de la production de déchets, devient une priorité et permettra donc de promouvoir le secteur oléicole, à travers le recours aux biotechnologies et aux innovations scientifiques afin de relever les défis d'amélioration des qualités des produits de l'olivier, et l'augmentation des quantités d'huile d'olive afin de profiter de ses vertus bénéfiques sur le plan santé et diététique.

VII. Reference bibliographique :

- Aktas E.S., Imre S., Ersoym L., 2001. Characterization and lime treatment of olive millwastewater. Water Research 35 (9), 2336-2340.
- Amirante P. 1999. Traitement et utilisation des sous-produits. Séminaire international sur les innovations scientifiques et leur application en oléiculture et oléotechnie. Florence. Italie. Eds COI 1999. 44 p.
- Arienzo et Capasso (2000) Arienzo M., Capasso R. (2000) Analysis of metal cations and inorganic anions in olive oil millwaste waters by atomic absorption spectroscopy and ion chromatography. Detection of metals bound mainly to the organic polymeric fraction. J Agric Food Chem., 48 (4), 1405-10.

- Ben yahia et Zein K, 2003; Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solution récemment développée. Contribution spéciale de sustainable business associates (Suisse) à Sesec (Southeast Seattle Education Coalition).
- BoudoukhanaHocine (2008) impacts des margines sur les eaux de oued bouchtata (wilaya de skikda). memoire de magister l'universite du 20 aout 1955 skikdafaculte des sciences et des sciences de l'ingeniorat, 101p.
- Cadillon, Lacassin 2002 la valorisation agronomique des margines societe du canal de provence et d'amenagement de la region provençale.
- 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.
- Chimi H. (1997). Sous-produits de la transformation des olives: possibilités de valorisation et de traitement des margines. Cours international sur l'amélioration de la qualité de l'huile d'olive. 30-11.
- Di Giovacchino, 1999; Alba, 1994 La centrifugazione della pate de olive senza acqua di diluizione. La rivista italiana della sostanza Grasse.
- Di-Giovacchino et al., 1988 ,Cicolani B., Seghetti L., D'Alfonso S., Di Giovacchino L., 1993. Spargimento delle acque di vegetazione dei frantoioleari su terrenocoltivatoagrano: effetti sullapedofauna. L'InformatoreAgrario, 34:69-75.
- EL HAJJOUJI Houda 2007. Evolution des caractéristiques physico-chimiques, spectroscopiques et écotoxicologiques des effluents d'huileries d'olive au cours de traitements biologique et chimique. Thèse présentée pour obtenir le titre de docteur de l'institut national polytechnique de toulouse, 148p.
- Ergüder T.H., Güven E., Demirer G.N., 2000. anaerobic treatment of olive millwastes in batch reactors. processbiochemistry 36, 243-248. memoire de magister de l'universite m'hamedbougara-boumerdes ,154 p.
- Fiestas Ros de Ursinos, 1983; Ranalli, 1998,2000[29]-Fiestas., R. "the anaerobic digestion of wastewater from olive oil extraction", anaerobic digestion, Travemund, 1981.
- Fiestas, 1981 ; Hamdi, 1993 Fiestas Ros De Ursinos, J.A., Borja, R. 1992: Use and treatment of olive millwastewater: current situation and prospects in Spain. Grasas y Aceites, 43, pp.101-106.

- FIESTAS ROS URSINOS J.A., G.R. NAVARRO, A.J. GARCIA, G.M. MAESTRO (1983). Épuration des margines par digestion anaérobie en vue de leur utilisation comme source d'énergie. Val. sous-prod. olivier, 131-139.
- Fountoulakis M.S., Dokianakis S.N., Kornaros M.E., Aggelis G.G., Lyberatos G., 2002. Removal of phenolics in olive millwastewaters using the white-rot fungus *pleurotus ostreatus*. water res 36; 4735-44. memoire de magister de l'universite m'hamedbougara-boumerdes ,154 p.
- Gomri Aicha 2013, diversité et propriété fonctionnelles des bactéries lactiques isolées des margines d'olive fermentés, faculté des sciences departement de biologie mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en microbiologie fondamentale et appliquée, 95p.
- HalahAissam 2003. Etude de la biodégradation des effluents des huileries (margines) et leur valorisation par production de l'enzyme tannase présentée pour l'obtention du diplôme de doctorat national faculté des sciences dhar el mehrazfes p156.
- Imre S., Ersoym L., 2001. Characterization and lime treatment of olive millwastewater. Water Research 35 (9), 2336-2340. memoire de magister de l'universite m'hamedbougara-boumerdes , 154 p .
- Lacomelli, A, 2000, olive millwaster & Sapadaptd by Bacroncontracting parties-work shop on agro-industry development in the coastal areas, with special focus on the olive oil industry-Beirut Lebanon.
- LAKHTAR Hicham 2009, Culture du *Lentinula edodes* (Berk.) Peler sur résidus oléicoles en fermentation en milieu solide : Transformation des polyphénols des margines, thèse présentée pour obtenir le grade de docteur de l'université paul cézanne faculté des Sciences et Techniques - Saint Jérôme, 154p.
- Manahan, SE, Environnement chemistry, 6ème Ed, USA, Lewis Publisher, 1994.
- 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. memoire de magister de l'universite m'hamedbougara-boumerdes , 154 p.
- Martin et al., 1991 : Martin, A. C. R., Cheetham, J. C. & Rees, A. R. (1991). Molecular modelling of antibody combining sites. Meth. Enzymol. 203, 121-153.

- Mouawad.M, 2005 : Rejets des huileries, développement d'un procédé intégré pour la biodégradation des polyphénols dans les margines. CMPPNEWS n°1.
- Mouncif et al., 1993 : Mouncif M., Tamoh S., Faid M. et Achkari B. A., 1993. A study of chemical and microbiological characteristics of olive mill wastewater in morocco. Grasas y Aceites. 44: 335-338.
- Nefzaoui A. (1988). Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits. Option méditerranéennes. p 153-173.
- Nefzaoui, A., 1991. Valorisation des sous-produits de l'olivier. Options Méditerranéennes. Série A. Séminaires Méditerranéens, p:101-108.
- Rober P., Alazard D., Gaime-Perraud I., Garcia J.L., Labat M., Roussos S., 1999. Les recherches à l'IRD sur la dépollution et la valorisation de déchets agricoles et agro-industriels. Laboratoire de microbiologie de l'institut de recherche pour le développement IRD, pp 13.
- Scandiaconsult ,1992 :«Projet de gestion de l'environnement, Etude Institutionnelle, Juridique et de la pollution ». Rapport de consultant préparé par Groupement SWEEP-SCANDIACONSULT, Suède, Commandité par la Banque Mondiale.
- Vasquez Rancero,A, Maestro Durand,R, et Graciani Constante,E 1974 Componentes fenolicos de la aceituna, II, polifenoles del Alpechin-Grasas y aceites, 25 (6) 341p.