

MÉDITERRANÉE

Prévention de la pollution dans la Production d'huile d'olive

production PROPRE

Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP)
Plan d'Action pour la Méditerranée



Ministère de l'Environnement
Espagne



Gouvernement Autonome de la Catalogne
Ministère de l'Environnement
Centre d'Initiatives pour la Production Propre

Note : Cette publication peut être reproduite intégralement ou partiellement à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale du Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP), à condition que sa source soit proprement mentionnée. Le CAR/PP serait reconnaissant de recevoir un exemplaire de toutes les publications qui ont utilisé ce matériel comme source.

Cette publication ne peut être vendue ni utilisée à quelque fin commerciale que ce soit sans autorisation préalable de la part du CAR/PP.

Si vous trouvez quelque part de cette étude que peut être perfectionnée ou il y a quelque imprécision, nous vous serons très reconnaissants si vous pouviez nous informer.

Document fini au janvier 2000

Document publié au novembre 2000

Demande de copies supplémentaires ou d'informations peuvent être adressées à :

Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP)

C/ París, 184 – 3^a planta

08036 Barcelona (Espagne)

Tf. +34 93 415 11 12 – Fax +34 93 237 02 86 – e-mail: cleanpro@cipn.es

Web page : <http://www.cipn.es>

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE	6
PLAN D'EXPOSITION.....	6
CHAPITRE I. CARACTÉRISATION DU SECTEUR DE L'HUILE D'OLIVE.....	8
1.1. LA PRODUCTION	8
1.1.1. <i>Concentration</i>	10
1.1.2. <i>Dimension moyenne</i>	11
1.2. LA CONSOMMATION.....	11
1.3. LES ÉCHANGES MONDIAUX	12
1.4. LA CHAÎNE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE DE L'HUILE D'OLIVE	13
1.4.1. <i>Les produits</i>	13
1.4.2. <i>Les agents du secteur</i>	14
CHAPITRE II : LES PROCÉDÉS INDUSTRIELS D'ÉLABORATION DE L'HUILE ET LES RÉSIDUS ET SOUS-PRODUITS GÉNÈRES	16
2.1. VUE D'ENSEMBLE DE L'INDUSTRIE DE L'HUILE D'OLIVE.....	16
2.1.1. <i>Traitement en huilerie</i>	16
2.1.2. <i>Traitement des grignons</i>	17
2.1.3. <i>Le raffinage</i>	18
2.2. DESCRIPTION GÉNÉRALE ET OPÉRATIONS BASIQUES DU PROCÉDÉ D'EXTRACTION HUILERIE. 20	20
2.2.1. <i>Opérations de réception</i>	20
2.2.2. <i>Opérations de pressage et extraction</i>	20
2.3. SYSTÈME TRADITIONNEL	22
2.4. SYSTÈME CONTINU À TROIS PHASES.....	25
2.5. SYSTÈME CONTINU À DEUX PHASES	28
2.6. COMPARAISON DES SYSTÈMES A DEUX ET TROIS PHASES	30
2.7. COMPARAISON ENTRE LES TROIS SYSTÈMES UTILISÉS.....	30
CHAPITRE III : CARACTÉRISATION ET PROBLÉMATIQUE GÉNÉRÉE PAR LES DÉCHETS DE HUILERIE.....	32
3.1. INTRODUCTION.....	32
3.2. PRINCIPAUX DÉCHETS LIQUIDES : MARGINES	33
3.2.1. <i>Composition</i>	33
3.2.2. <i>Production</i>	35
3.2.3. <i>Pouvoir polluant</i>	37
3.2.4. <i>Valeur fertilisante</i>	38
3.3. AUTRES DÉCHETS LIQUIDES.....	40
3.3.1. <i>Eaux de lavage de l'olive</i>	40
3.3.2. <i>Eaux de lavage de l'huile</i>	40
3.3.3. <i>Les margines du système à 2 phases</i>	41
3.4. DÉCHETS SOLIDES : GRIGNONS	42
3.4.1. <i>Caractérisation</i>	42
3.4.2. <i>Pouvoir calorifique</i>	43
3.4.3. <i>Valeur alimentaire pour le bétail</i>	44
<i>Composition</i>	44
3.5. DÉCHETS PÂTEUX : LE GRIGNON HUMIDE OU GRIGNON A DEUX PHASES.....	46
3.6. RESTES ORGANIQUES ISSUS DU NETTOYAGE.....	47
CHAPITRE IV : TRAITEMENT ET VALORISATION DE DÉCHETS ET DE SOUS- PRODUITS DE HUILERIE.....	50
4.1. INTRODUCTION.....	50
4.2. LES EFFLUENTS LIQUIDES : MARGINES	52

4.2.1. Introduction.....	52
4.2.2. Systèmes utilisables.....	53
4.2.3. Emploi de margines pour la fertigation.....	54
4.2.4. Évaporation naturelle.....	59
4.2.5. Concentration - évaporation thermique.....	62
4.2.6. Épuration.....	66
4.2.7. Systèmes combinés et autres.....	76
4.3. TRAITEMENT DE SOLIDES : GRIGNONS D'OLIVES.....	85
4.3.1. Introduction.....	85
4.3.2. Utilisation pour l'extraction d'huile résiduelle.....	86
4.3.3. Autres utilisations.....	88
4.4. TRAITEMENT DE SOLIDES: GRIGNONS HUMIDES D'OLIVES.....	89
4.4.1. Introduction.....	89
4.4.2. Compostage des grignons humides d'olives.....	92
4.4.3. Séchage et extraction d'huile de grignons.....	93
4.4.4. Incinération de grignons humides d'olives et cogénération électrique.....	95
4.4.5. Gazéification de tourteau : méthode de l'Université Complutense de Madrid (UCM. Espagne).....	97
4.4.6. Gazéification : Procédé GASBI-Senerkhet.....	100
4.4.7. Installations d'utilisation intégrale des grignons humides.....	101
4.5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	107
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.....	110
APPENDICE I. RÉFÉRENCES.....	114
I.- CENTRES ET INSTITUTIONS QUI FONT ÉTUDES ET/OU TRAITEMENT DES RÉSIDUS.....	115
II.- PROJETS DE R&D DANS LES PROGRAMMES EUROPÉENNES CONCERNANT DÉCHETS PRODUITS DANS LES HUILLERIES.....	119
III.- BIBLIOGRAPHIE.....	120
IV.- BREVETS.....	124
APPENDICE II. PHOTOGRAPHIES.....	126

INTRODUCTION

La production d'olive destinée à l'obtention d'huile d'olive est principalement concentrée dans les pays du bassin méditerranéen. L'opération d'extraction de l'huile en huilerie génère une forte quantité de sous-produits et de résidus (grignons et margines) appelant une gestion spécifique, afin de minimiser, valoriser ou atténuer son potentiel impact négatif sur l'environnement.

Ces dernières années, on a observé des phénomènes de concentration des huileries, ce qui a entraîné une augmentation de sa dimension, et donc de plus hautes exigences de gestion des résidus et des sous-produits. D'autre part, une évolution technologique a eu lieu dans le secteur ; cette évolution est principalement centrée sur l'apparition des systèmes continus d'extraction, qui ont entraîné la mise en place de nouvelles stratégies de gestion dans ce domaine. La demande de solutions techniques et économiquement viables est évidente dans ce secteur, et ceci dans toute la région méditerranéenne.

C'est pour toutes ces raisons que le CENTRE D'ACTIVITÉS RÉGIONALES AR LA PRODUCTION PROPRE (CAR/CP) du Plan d'Action par la Méditerranée a réalisé cette étude sur la Prévention de la Pollution dans la Production d'Huile d'olive :

- a) Connaître en profondeur la problématique de la génération et de la gestion des résidus et des sous-produits d'huilerie à la lumière de la situation que connaît actuellement le secteur de l'huilerie des pays méditerranéens.
- b) Identifier les stratégies technologiques adéquates pouvant être proposées selon les situations productives existantes, afin de minimiser la production d'effluents polluants, de valoriser comme il convient les sous-produits et les résidus ou d'atténuer ou éliminer leur possible impact sur l'environnement.
- c) Il faut mentionner que cette étude est centrée sur les principaux pays producteurs d'huile d'olive détenteurs de la technologie la plus perfectionnée, particulièrement l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Tunisie et la Turquie, et que l'application des systèmes et des technologies disponibles pour la gestion ou le traitement des effluents liquides et solides des huileries doit être étudiée au cas par cas et en fonction du contexte ; pour cette raison, nous recommandons que soit réalisée une analyse de viabilité technique et économique avant l'implantation des technologies mentionnées

Méthodologie de l'étude

Cette étude a été réalisée selon la méthodologie suivante :

- a) Révision bibliographique sur les systèmes et techniques actuels en vue du traitement et de la valorisation des résidus et des sous-produits d'huilerie, exploration de la base de données du Bureau Européen de la Propriété Industrielle incluse.
- b) Enquête sur "l'état de la technique" dans ce domaine, en collaboration avec l'équipe dirigée par le professeur JM Aragón, du Département du Génie Chimique de l'Université Complutense de Madrid (Espagne), qui a également été le coordinateur du projet européen IMPROLIVE. Ce projet, auquel participent des groupes de recherche espagnols, italiens, grecs, allemands et britanniques, avait précisément pour objectif la révision et la proposition de solutions de traitement des résidus d'huilerie, et visait plus particulièrement le grignon à 2 phases. Cette action, réalisée en collaboration avec le groupe universitaire, a permis d'obtenir des informations d'importance auprès des agents intéressés par le sujet à l'échelle espagnole et internationale.
- c) Contact direct avec de nombreuses huileries et usines extractives d'huile de grignon implanté en Catalogne, en Castille-la Manche et en Andalousie (Espagne), afin de connaître et d'évaluer les solutions techniques les plus modernes en cours d'application. L'information obtenue auprès de l'entreprise OLEICOLA EL TEJAR, probablement la plus importante du monde en ce qui concerne le traitement et la valorisation des résidus et des sous-produits d'huilerie, mérite une mention spéciale.
- d) Contacts avec des entreprises fousseuses de produits, de technologies et d'équipement utilisable dans le traitement de ce type de résidus et de sous-produits.
- e) Assistance dans le cadre du séminaire final du projet IMPROLIVE mentionné plus haut (Séville, avril 2000, Instituto de la Grasa du CSIC) ; lors de ce séminaire, des experts internationaux ont mis en contraste l'état de la technique et les actions futures.

Plan d'exposition

C'est en s'appuyant sur les informations disponibles et sur l'application de la méthodologie précitée qu'a été réalisée la présente étude ; voici son schéma expositif :

- a) Le Chapitre I présente le panorama général du secteur de la production d'olives et d'huile d'olive du point de vue géographique et économique.
- b) Le Chapitre II concerne les opérations industrielles d'obtention d'huile d'olive et les activités industrielles connexes ou dérivées. Ces opérations et activités sont examinées en détail et les sous-produits et résidus générés au sein des différentes opérations ou systèmes utilisables sont quantifiés.
- c) Le Chapitre III décrit et caractérise précisément ces résidus et sous-produits. Il s'agit ici de présenter une évaluation des problèmes pouvant être générés ainsi que les attributs pouvant justifier des stratégies de valorisation.
- d) Enfin, le Chapitre IV décrit l'évaluation technique et économique des systèmes et technologies disponibles ayant trait à la gestion ou au traitement des effluents liquides et solides des huileries. On portera bien évidemment une attention toute particulière aux procédés qui se sont avérés les plus efficaces ou à ceux générant de meilleures perspectives d'application potentielle. A la fin de ce Chapitre, vous trouverez également la description de trois exemples d'usines de taille conséquente à vocation de "procédé et d'exploitation intégrale", en Espagne qui ont été ou sont actuellement soumises à des développements afin de faire face à la gestion du grignon à deux phases. Ce Chapitre présente également un résumé – en fait, des recommandations - liées à la prise de décisions au niveau de l'huilerie ou de la zone de production.

L'Annexe I reprend les références considérées comme les plus adéquates à l'objet de l'étude ; l'Annexe II présente un court reportage photo

En guise de synthèse, on a réalisé une section intitulée **RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS** qui traite à la fin de l'exposition.

CHAPITRE I. CARACTERISATION DU SECTEUR DE L'HUILE D'OLIVE

1.1. La production

Le tableau 1.1 regroupe les données de production d'huile d'olive mondiale et européenne au cours des campagnes 1992/93 à 1998/99.

Tableau 1.1. Production mondiale d'huile d'olive (x 1.000 Tm)

Campagne	Total monde	Total U.E	Total Espagne
1992/93	1 811,7	1 391,7	623,1
1993/94	1 722,8	1 257,3	550,9
1994/95	1 871,0	1 399,0	538,8
1995/96	1 746,5	1 414,0	323,0
1996/97	2 601,8	1 801,8	947,4
1997/98 (prev.)	2 503,5	2 162,0	1 088,3
1998/99 (prev.)	2 307,5	1 680,5	738,0
Moyenne	2 080,7	1 586,6	687,1
%	100,0	76,2	33,0

On se rend compte de l'importance socio-économique du secteur de l'olive lorsque l'on considère qu'il existe approximativement 2.000.000 d'entreprises relatives à l'olive au sein de l'Union européenne, que la production d'huile d'olive de l'U.E. représente 80% de la production mondiale et que le secteur propose 750 000 postes à temps complet.

La production mondiale d'olive est variable, et elle est soumise à de nombreux facteurs, notamment à des facteurs météorologiques. En effet, la majorité des plantations mondiales connaissent des conditions de sécheresse : le régime des précipitations annuelles, associé aux phénomènes d'alternance de l'espèce, conditionnent fortement les récoltes. Vous trouverez une estimation moyenne de la production d'olives et d'huile d'olive dans le tableau 1.2.

Tableau 1.2. Données moyennes de culture et de production

	Union Européenne	Autres pays	Espagne	Total
Olives collectées (t/an)	7.700.000	2.000.000	3.450.000	9.700.000
Huile produite (t/an)	1.450.000	375.000	650.000	1.825.000

L'**Espagne**, avec approximativement 35% de la production mondiale et 44% de la production de l'U.E, est le principal producteur d'huile d'olive, suivi par l'**Italie** (460 000 Tm), la **Grèce** (280 000 Tm), la **Tunisie** et la **Turquie**. Vous trouverez la distribution de la production par pays hors-UE (1988-89) dans le tableau 1.3 (Données du C.O.I.).

Tableau 1.3. Production, importation et exportation par pays du bassin méditerranéen (1998-99) (Tm)

	Production	Importation	Exportation
TOTAL UNION EUROPEENNE - 15	1.615.000	150.000	230.000
Tunisie	150.000	-	95.000
Turquie	170.000	-	60.000
Syrie	115.000	-	5.000
Maroc	65.000	-	20.000
Algérie	23.000	-	-
Jordanie	18.000	2.000	-
Libye	8.000	500	-
Liban	7.000	3.500	500
Israël	4.000	3.000	-
Palestine	3.500	-	1.000
Croatie	3.000	-	-
Chypre	1.500	500	-
Yougoslavie	1,0	-	-

Voici les autres pays producteurs méditerranéens :

- **L'Albanie**, avec environ 45 000 Ha d'oliviers et une production d'huile estimée à 7.000 Tm (données de l'Université de Tirana).
- **Chypre**, avec 5 800 Ha et une production estimée à 2 500 Tm d'huile d'olive.

L'extraction de l'huile d'olive a lieu dans les "huileries", toujours situées dans la zone-même de production. Vous trouverez le nombre de ces industries dans les principaux pays producteurs dans le tableau 1.4.

Tableau 1.4. Nombre d'huileries et production moyenne des principaux pays producteurs

	Nbre d'huileries	Production moyenne (t/an)
Espagne	1.920	650.000
Italie	7.500	462.000
Grèce	2.800	281.000
Tunisie	1.209	168.750
Turquie	1.141	75.000

Il faut mentionner deux aspects liés à la **localisation** et à la **dimension** des huileries

1.1.1. Concentration

Sur les 1 900 huileries espagnoles (chiffre approximatif), plus de la moitié sont localisées en Andalousie ; Avec plus de 60% de la superficie d'oliviers, cette région produit 80% de l'huile d'olive nationale.

En Italie, 60% des huileries sont localisées dans les régions du sud, principalement dans les Pouilles, en Calabre et en Sicile. En Tunisie, on trouve une forte concentration d'huileries dans la région de Sfax. En Grèce, on trouvera celles-ci dans le Péloponnèse, en Crète et dans les îles ioniennes et de l'Égée.

Voici le nombre d'huileries présentes dans quelques autres pays producteurs :

- Albanie : 27
- Chypre : 32
- Israël : 105
- Liban : 650
- Portugal : 900

1.1.2. Dimension moyenne

Dans presque tous les pays et régions producteurs, la dimension moyenne des huileries en termes de volume d'olives pressées par an est réellement petite ; les chiffres oscillent entre moins de 100 et 1 500 Tm/an. Le cas de l'Espagne est différent : en Andalousie, de nombreuses huileries présentent des volumes de 20 000-50 000 Tm/an. En Catalogne, dans la seule région de l'Ebre, on trouve des huileries qui présentent des volumes de l'ordre de 10 000 Tm/an.

1.2. La consommation

La consommation mondiale d'huile d'olive connaît un équilibre relativement bon avec la production ; elle a atteint environ 2 millions de Tm/an lors des dernières campagnes.

Cependant, en termes relatifs, elle implique seulement 3% de la consommation mondiale d'huiles végétales et occupe la huitième place du classement de la consommation de ces produits (Tableau 1.5)

Tableau 1.5. Consommation mondiale d'huiles végétales (millions de Tm)

Types d'huile	Campagnes			
	1987/88	1989/90	1991/92	1993/94
Soja	15,20	16,11	16,42	18,19
Palme	8,57	10,99	12,24	14,41
Colza	7,48	7,96	9,62	9,38
Tournesol	7,22	7,72	8,15	7,68
Arachide	3,56	4,06	3,85	4,16
Coton	3,64	3,78	4,45	3,63
Noix de coco	2,91	3,04	2,82	2,94
OLIVE	1,89	1,86	1,97	2,11
Palmiste	1,17	1,39	1,54	1,86
Maïs	1,32	1,40	1,50	1,68
Autres (sésame, lin, ricin)	1,81	1,66	1,77	1,71
Totaux	54,77	59,97	64,33	67,76

Dans tous les cas, on note avec les chiffres du tableau précédent une légère tendance à l'augmentation de la consommation d'huile d'olive, notamment dans des pays comme les États-Unis.

1.3. Les échanges mondiaux

Les exportations et importations mondiales d'huiles d'olive, exportations intra-communautaires incluses, sont présentées dans les tableaux 1.6 et 1.7.

Après regroupement des données, voici ce que nous pouvons constater :

- a) Le poids écrasant de l'Italie dans le commerce mondial de l'huile d'olive, malgré l'importante différence de production avec l'Espagne, tant comme pays exportateur que pays importateur, facteur qui démontre également son rôle de réexportateur.
- b) L'importance de l'Espagne, de la Grèce et de la Tunisie en tant que pays exportateurs.
- c) Le rôle de plus en plus important des US en tant que principal pays importateur après l'Italie. On peut en effet ajouter que les importations des US sont passées d'environ 25 000 Tm/an (début des années quatre-vingt-dix) à environ 200 000 Tm (dernière campagne.)

Tableau 1.6. Exportations mondiales d'huile d'olive (milieu des années 90)

Pays	Volume (x 1000 Tm)	Pourcentage
Espagne	250,2	35,4
Italie	145,6	20,6
Grèce	117,4	16,6
Portugal	11,3	1,6
Autres pays U.E	16,8	2,4
Total U.E	541,3	76,6
Tunisie	113,8	16,1
Turquie	21,4	3,0
Autres pays	29,9	4,2
Total monde	706,4	100,0

Tableau 1.7. Importations d'huile d'olive (milieu des années 90)

Pays	Volume (x 1.000 Tm)	Pourcentage
Italie	301,7	42,0
Espagne	55,9	7,8
France	51,8	7,2
Portugal	26,5	3,7
Royaume-Uni	16,3	2,2
Allemagne	12,8	1,8
Autres U.E.	21,6	3,0
Total U.E.	486,6	67,8
USA	109,9	15,3
Brésil	18,9	2,6
Canada	13,4	2,3
Australie	16,0	2,2
Japon	10,0	1,4
Reste du monde	62,7	8,3
Total monde	717,5	100,0

1.4. La chaîne industrielle et commerciale de l'huile d'olive.

1.4.1. Les produits

Conformément à la norme COI/T.15/NC num. 2 Rev. du 20 novembre 1997 émise par le Conseil Oléicole International, Voici le classement des huiles d'olive :

1. **Huile d'olive vierge apte à la consommation ou "naturelle"**, définie comme le produit obtenu de l'olive par des moyens physiques et dans des conditions thermiques n'entraînant pas d'altérations, sans autre traitement que le lavage, la décantation, la centrifugation et le filtrage. Voici les différents types d'huile existant :

- **Huile d'olive vierge extra** : son acidité libre exprimée dans l'acide oléique ne doit pas dépasser 1% en poids et ses caractéristiques organoleptiques doivent être conformes à la norme.
 - **Huile d'olive vierge ou "fine"** : acidité inférieure à 2% et caractéristiques organoleptiques conformes à la norme.
 - **Huile d'olive vierge courante** : acidité de 3,3% maximum, avec limitations organoleptiques conformes à la norme.
2. **Huile d'olive vierge inapte à la consommation sous sa forme d'origine**, également appelée "**lampante**" : acidité supérieure à 3,3% et limitations organoleptiques conformes à la norme. Destinée au raffinage ou à une utilisation non-alimentaire.
 3. **Huile d'olive raffinée** : provient du raffinage de l'huile d'olive vierge "lampante", via des techniques de raffinage n'entraînant pas de modifications de la structure glycérique d'origine.
 4. **Huile d'olive**, constituée d'un mélange d'huile d'olive raffinée et d'huile d'olive vierge apte à la consommation (types 1 mélangé au type 3).
 5. **Huile de grignon d'olives**, obtenue par extraction avec solvants à partir des grignons d'huileries. Huile commercialisée selon la typologie suivante :
 - **Huile de grignon d'olives crue** : Destinée au raffinage ou à une utilisation non-alimentaire.
 - **Huile de grignon d'olives raffinée** : Obtenue par raffinage de l'huile de grignon d'olives crue.
 - **Huile de grignon d'olives** : huile obtenue après mélange des types 5.3 et 1.

1.4.2. Les agents du secteur

Voici les types d'opérateurs ou de «fonctions » basiques intervenant dans l'industrie et le marché de l'huile d'olive :

- a) **Les huileries**, normalement liées à la production et, pour cette raison, très souvent détentrices de structures coopératives.
- b) **Les extracteurs**, (usines d'extraction de l'huile de grignon), chargés d'extraire l'huile du marc.

- c) **Les raffineurs**, avec des installations destinées au raffinage des huiles de différents types, dont l'huile d'olive inapte à la consommation. C'est grâce à cette opération que l'on obtient de l'huile raffinée.
- d) **Les emballeurs**, dont l'activité consiste à la mise en bouteilles de l'huile d'olive achetée dans les huileries ou ailleurs. Ils disposent généralement d'installations de stockage d'huile et font généralement office de grossistes dans la distribution commerciale. Via des opérations de mélange, ils obtiennent les diverses huiles d'olive commerciales, avec leur propre marque ou des marques "blanches".
- e) **Les grossistes**, sur le marché national ou d'exportation. Ces grossistes effectuent des activités d'intermédiation commerciale à l'échelle interne ou sur le marché international.
- f) **Les détaillants**, vendeurs finaux au consommateur. Ils sont présents depuis les petites boutiques jusqu'aux grandes chaînes de distribution alimentaire.

En réalité, il s'agit ici d'un ensemble de fonctions, dont quelques-unes sont réalisées par un même opérateur. Les cas les plus fréquents d'intégration fonctionnelle sont ceux de "huilerie-emballeur", "extracteur-raffineur", "huilerie-détaillant", "emballeur-grossiste", etc.

Ces dernières années, après l'apparition du système d'extraction par centrifugation à deux phases (voir Ch. II de l'étude), une "nouvelle fonction" a vu le jour, le **procédé de grignon humide** (en général, par séchage) qui se situe entre l'huilerie et l'extracteur.

CHAPITRE II : LES PROCÉDES INDUSTRIELS D'ÉLABORATION DE L'HUILE ET LES RÉSIDUS ET SOUS-PRODUITS GÉNÉRÉS

2.1. Vue d'ensemble de l'industrie de l'huile d'olive

La figure 2.1 présente un schéma général du procédé d'obtention de l'huile d'olive, les opérateurs les plus importants et les produits, sous-produits et résidus générés, ainsi que leurs utilisations les plus courantes. Ce procédé sera décrit dans les alinéas suivants.

2.1.1. Traitement en huilerie

Commençons par la matière première, **l'olive** ; le premier procédé d'extraction, basique, prend place dans l'**huilerie** ou "moulin" extracteur. Grâce à des méthodes physiques ou mécaniques de broyage, d'extraction et de séparation, on obtient les produits suivants :

- a) **L'huile d'olive vierge**, et, parfois, les **huiles lampantes** (classification et description à l'alinéa 1.4.1.)
- b) **Les margines**, ou résidu liquide, constituées des eaux de végétation de l'olive, souvent mélangées à de l'eau qu'on ajoute au cours de l'opération. Ces margines présentent un pouvoir polluant élevé, mais variable ; elles doivent donc faire l'objet d'un traitement ou d'une gestion spécifique afin d'éviter les impacts négatifs sur l'environnement. En fonction du système de séparation utilisé dans l'opération d'extraction de l'huile et des stratégies de gestion des effluents liquides en général, on obtient des margines de quantité et de composition diverse.
- c) **Les grignons** ou résidu solide, constitués de la pulpe, du noyau et du tégument de l'olive ; leur niveau d'humidité oscille entre 25 et 40%, et leur teneur en gras est d'environ 3-7% selon le procédé d'extraction employé. Le grignon peut être destiné à plusieurs utilisations :
 - Deuxième extraction de l'huile résiduelle dans l'industrie extractrice pour la production d'huile de grignon.
 - Alimentation du bétail (ruminants : ovins, bovins, camélidés)
 - Combustible solide

- d) **Le grignon humide**, résidu de consistance pâteuse à l'humidité supérieure à 60% ; ce résidu apparaît lorsqu'on utilise le système d'extraction à deux phases (voir plus loin, alinéa 2.2.2). En réalité, il s'agit ici d'un mélange de grignon et de margine nécessitant un séchage préalable afin d'être utilisé dans l'industrie de deuxième extraction, ou de systèmes de gestion spécifiques.
- e) **Le grignon dénoyauté gras**, que l'on obtient parfois en séparant le noyau et la pulpe du grignon. Le noyau s'avère un excellent combustible.
- f) **Les restes végétaux et terreux**, issus du lavage de l'olive venant d'être récoltée. Généralement, ces restes sont utilisés comme engrais organique et réincorporés dans la terre, avec ou sans compostage préalable.

En moyenne, le traitement de 100 Kg d'olives produit environ 20 Kg d'huile ; selon les cas, et en fonction des systèmes d'extraction, il produit également les effluents et sous-produits suivants :

- 40 Kg de grignon (taux d'humidité, environ 35%) plus 40 Kg d'eaux résiduares, si l'on utilise le système traditionnel.
- 55 Kg de grignon (taux d'humidité, 50%) plus 100 Kg d'eaux résiduares, si l'on utilise le système continu à trois phases.
- 70 Kg de grignon, (taux d'humidité, plus de 60%) plus 10 Kg d'eaux résiduares, si l'on utilise le système continu à 2 phases.

Le déversement ou l'élimination des eaux résiduares a toujours représenté un problème écologique de grande envergure. D'autre part, l'exploitation ou la valorisation des sous-produits et résidus d'huilerie présente des aspects positifs que l'on a toujours souhaité mettre à profit. La quantité et la qualité ou le type de ces produits dépend surtout du système d'extraction d'huile utilisé, comme on le voit dans les alinéas postérieurs.

2.1.2. Traitement des grignons

Dans les usines extractrices d'huile de grignon, on effectue un séchage jusqu'à humidification (8-10%) et une extraction chimique à l'aide d'hexane, qui dissout la fraction grasse. Cette opération produit :

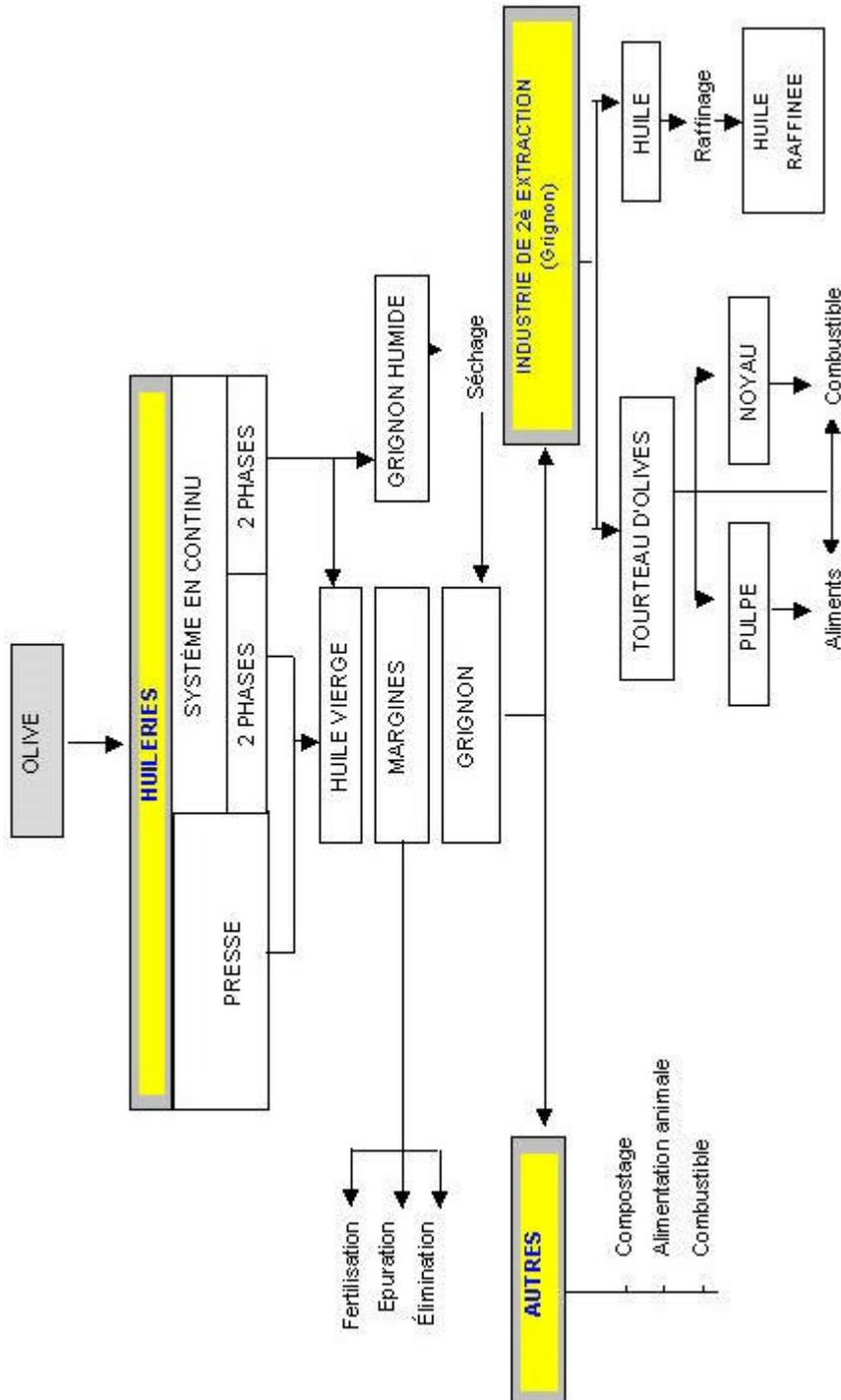
- a) **De l'huile de grignon** (classification et description à l'alinéa 1.4.1.)
- b) **Du tourteau d'olives**, composé de la pulpe et du noyau de l'olive déjà très sec et pratiquement exempt de gras.
- c) **Du tourteau d'olives tamisé**, produit résultant de la séparation plus ou moins totale du noyau du tourteau d'olives, à l'aide de systèmes pneumatiques ou de criblage.

2.1.3. Le raffinage

Son objectif est la récupération, en vue d'une utilisation alimentaire, des huiles auparavant inaptes (ce qui est dû principalement à une acidité élevée et à des défauts de saveur et d'arôme.)

Après traitement, on obtient une huile raffinée et les "**pâtes de neutralisation**", généralement destinées à des industries de formulation de graisses ; ces pâtes seront ensuite incluses dans des aliments composés destinés au bétail ou à des utilisations techniques non-alimentaires.

g. 2.1. Vue d'ensemble des produits, sous-produits, et résidus dans l'industrie de l'huile d'olive



2.2. Description générale et opérations basiques du procédé d'extraction huilerie

La figure 2.1 présente la méthode générale de travail au niveau de l'huilerie, c'est-à-dire la méthode d'obtention de l'huile d'olive vierge. Les opérations de base et leurs variantes sont décrites ci-après.

2.2.1. Opérations de réception

Ces opérations, qui consistent à préparer l'olive pour son pressage postérieur, sont communes à toutes les huileries ; l'unique variation observée a trait au degré de perfection et à l'automatisation avec laquelle elles sont réalisées. Voici ces opérations :

- Nettoyage et lavage
- Contrôle du poids et de la qualité : aspect, acidité, rendement gras.
- Stockage ou "engrangement".

2.2.2. Opérations de pressage et extraction

Voici ces opérations :

- a) Le pressage s'effectue à l'aide de moulins en pierres (traditionnels) ou de marteaux ou disques (installations modernes). Il existe des variantes de type mixte, par exemple un pressage préalable à l'aide de pierres et un passage postérieur en moulin-homogénéisateur à lames ou à dents.
- b) Un malaxage postérieur à température appropriée prépare la pâte ou masse, ce qui favorise la séparation de l'huile.
- c) L'extraction ou séparation des phases grasses (huile) solides (grignon) et aqueuses (eaux de végétation). Les systèmes utilisés sont au nombre de trois :
 - SYSTÈME DE PRESSES, ou système traditionnel : Consiste à presser la pâte à l'aide de presses hydrauliques. Il s'agit d'un système "discontinu", dû à la nécessité de procéder selon des "charges" ou des cycles de presse séquentiels.

Fig. 2.2. Schéma général du procédé industriel en huilerie

ZONE/ENTRÉES	OPÉRATIONS	ÉQUIPEMENT	SORTIES
1. ZONE DE RÉCEPTION			
Olive cueillie →	DÉCHARGEMENT	Trémies, transporteurs à bandes	
	-		
	NETTOYAGE	Pneumatique, crible	Feuilles, terre, pousses,...
	-		
	CONTRÔLE	Balance, laborat.	
	-		
	STOCKAGE	Trémies	
	-		
	LAVAGE	Machine à laver eau	Eaux de lavage
2. ZONE D'EXTRACTION HUILE			
Eau, système 1 →	PRESSE	1. Moulin en pierre 2. Moulin marteau 3. Types mixtes	
	-		
	MALAXAGE	Batteuse	
	-		
Eau, systèmes 1 et 2 →	SÉPARATION	1. Presse 2. Décanteur 3 Ph 3. Décanteur 2 Ph	Huile + margine + grignon Huile + grignon humide
	-		
	NETTOYAGE	Centrifugeuse et puits de décantation	Huile Margine
Eau →			
3. ENTREPÔT			
	STOCKAGE	Dépôt inox	
	-		
4. ZONE DE MISE EN BOUTEILLE			
	FILTRAGE		
Emballages, matières auxiliaires →	MISE EN BOUTEILLES	Ligne de mise en bouteille	Huile en bouteille
	-		
	EXPÉDITION		

- SYSTÈME CONTINU À TROIS PHASES : séparation huile/masse par centrifugation à l'aide d'une centrifugeuse horizontale appelée "décanteur", qui effectue un travail en continu. Comme dans le cas précédent, le résultat de l'opération est l'**huile**, la **marginé**, et le **grignon** ou résidu solide.
- SYSTÈME CONTINU À DEUX PHASES : variante du système précédent ; ici, le décanteur sépare l'huile et mélange le grignon et les eaux de végétation en une unique phase de consistance pâteuse appelée **grignon humide** ou **grignon à 2 phases**.

On utilise le système traditionnel de pressage depuis seulement 20 ou 30 ans, époque à laquelle il a peu à peu remplacé la méthode continue d'extraction par centrifugation. En Espagne, environ 90% des huileries utilisent le système à 2 phases ; en Italie, la moitié de la production est encore obtenue par la méthode traditionnelle de pressage. En Grèce, 85% de la production actuelle utilise la méthode continue de centrifugation, particulièrement celle en trois phases.

- d) Le nettoyage de l'huile, ou séparation des restes de résidu solide (fins) et aqueux résultant de l'opération antérieure. On effectue un filtrage (filtre en maille, séparation partielle de solides à particules de dimension plus importante), décantation en puits adéquats et/ou par centrifugation en centrifugeuse verticale à haute vitesse. L'opération de centrifugation nécessite l'addition d'eau chaude.

2.3. 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. 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. 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. 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 :

- Étape de 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%, 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.

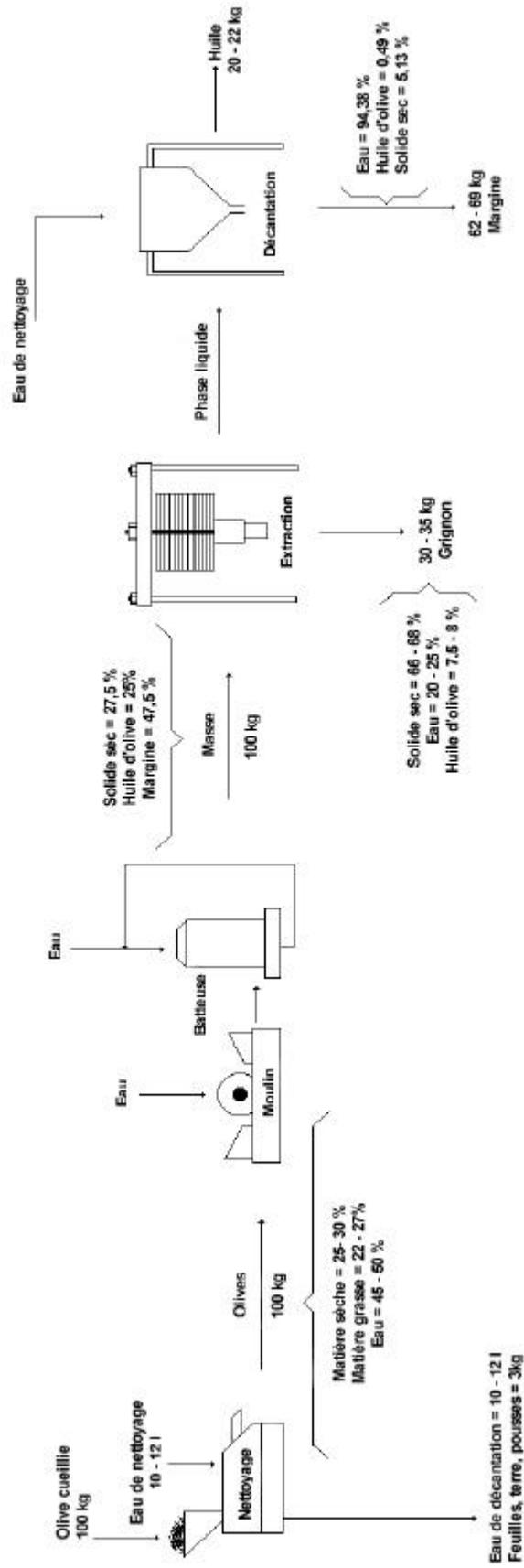


Figure 2.3.- Diagramme d'élaboration de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif du système traditionnel

2.4. 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 présentait cette nouvelle méthode comparativement à la méthode traditionnelle :

- Simplification mécanique
- Élimination des scourtins
- Élaboration 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 m³ 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.)

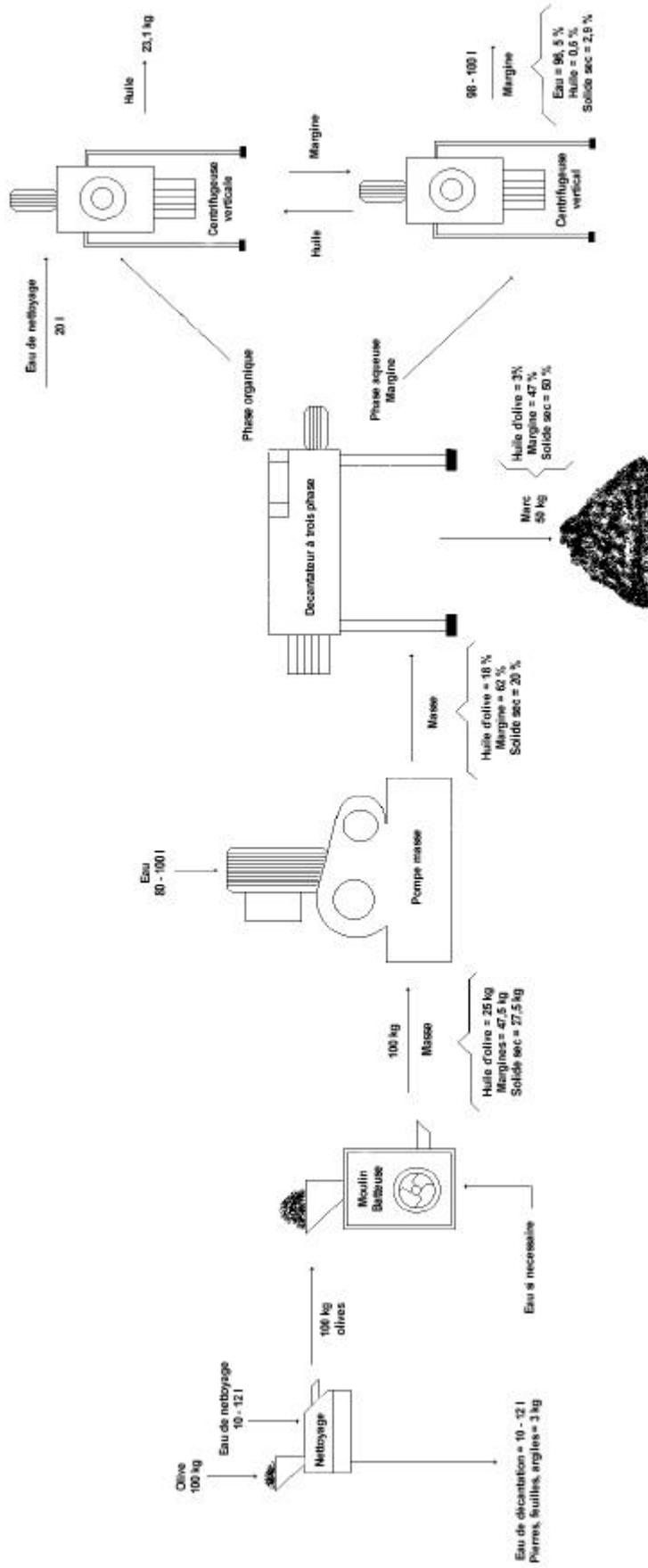


Figure 2.4.- Diagramme d'élaboration de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif du système d'extraction à trois phases.

2.5. 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 phases¹.

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.

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* ; 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.

¹ C'est lors de la campagne 1991-1992 que l'on a introduit en Espagne le système "écologique" à **deux phases**.

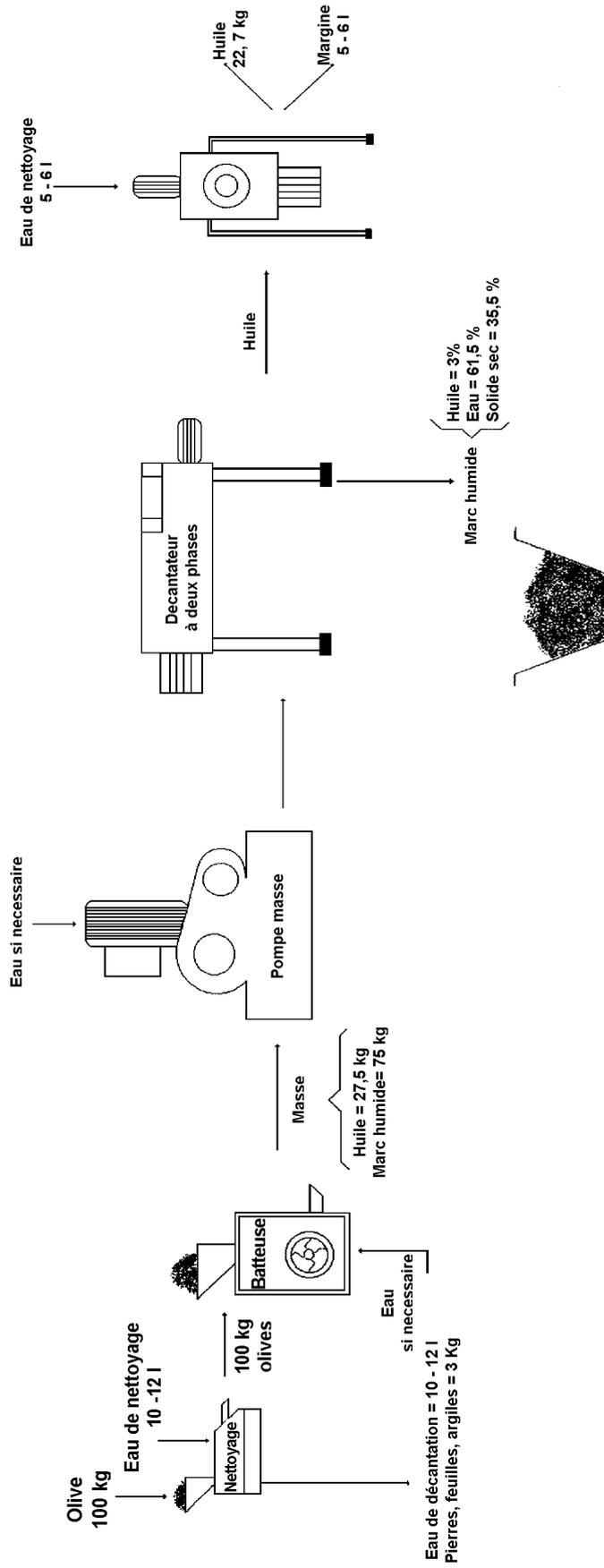


Figure 1.3.- Diagramme d'élaboration de l'huile d'olive et bilan de matière approximatif d'extraction à deux phases.

2.6. Comparaison des systèmes a deux et trois phases

La forte implantation du système à deux phases n'est pas seulement due à des économies d'eau et à l'élimination plus que substantielle des margines ; d'autres facteurs ont en effet joué un rôle. Voici les principaux facteurs de cette implantation :

- Il est plus simple de construire un “décanteur” à deux phases qu'un «décanteur » à trois phases, ce qui abaisse considérablement le prix d'acquisition.
- Le rendement d'huile du système à deux phases est légèrement meilleur que celui du système à trois phases, car une plus grande quantité d'huile est retenue dans le solide.
- La capacité de traitement des centrifugeuses à deux phases est supérieure à celle des centrifugeuses à trois phases car il est inutile d'ajouter de l'eau lors de l'extraction.
- La qualité de l'huile produite avec le système à deux phases est légèrement supérieure ou “différente”, particulièrement en ce qui concerne la résistance à l'oxydation et le caractère plus amer.
- Les coûts d'exploitation sont moindres.

2.7. Comparaison entre les trois systèmes utilisés

En guise de résumé, le tableau 2.1 présente le bilan “input-output” des matières et de l'énergie pour les trois systèmes.

Tableau 2.1. Analyse "input-output" des matières et de l'énergie pour les trois systèmes d'élaboration de l'huile d'olive.

SYSTEME	ENTRÉES	QUANTITÉ	SORTIES	QUANTITE
Presse	Olive	1 Tm	Huile	200 Kg
	Eau de lavage	100-120 l	Grignon (26% eau, 7% huile)	400-600 Kg
	Energie	40-60 Kw.h	Margines (88% eau)	400-600 l
3 Phases	Olive	1 Tm	Huile	200 Kg
	Eau de lavage	100-120 l	Grignon (40% eau, 4% huile)	500-600 Kg
	Eau ajoutée	700-100 l	Margines (94% eau, 1% huile)	1 000-1 200 l
	Énergie	90-117 Kw.h		
2 Phases	Olive	1 Tm	Huile	200 Kg
	Eau de lavage	100-120 l	Grignon humide (60% eau, 3% huile)	800 kg
			Eau de nettoyage	
	Energie	< 90-117 kw.h	Huile	100-150 l

Afin d'avoir une vue globale des trois systèmes, il faut ajouter que :

- Les coûts de main-d'œuvre sont plus élevés avec le système de presse.
- La qualité de l'huile (sa stabilité) est légèrement supérieure avec le système à 2 phases.
- L'investissement par Tm traité est plus faible avec les systèmes continus, particulièrement avec le système à deux phases.

CHAPITRE III : CARACTERISATION ET PROBLEMATIQUE GENEREE PAR LES DECHETS DE HUILERIE

3.1. Introduction

La standardisation de la terminologie employée pour dénommer les déchets générés lors de l'élaboration d'huile d'olive n'a pas abouti et dépend d'une multitude de facteurs, le principal d'entre eux étant le facteur géographique. Dans la table 3.1, voici un résumé des principaux termes assignés à ces déchets dans les pays méditerranéens.

Table 3.1. Terminologie employée pour désigner les déchets générés dans les huileries

	Système traditionnel et en continu à 3 phases²	Système à 2 phases
Déchets solides	Orujo (Sp) Pirina (Gr/Tk) Husk (En) Pomace (It) Cake (En) Sansa (It) Grignon (Fr)	Alpeorujo (Sp) Orujo de 2 fases (Sp) Sansa humida (It)
Déchets liquides	Alpechín (Sp) Margine (Fr) Katsigaros (Gr) Jamila (Sp) Aque di vegetazione (It) Olive-mill wastewater (En) Olive vegetation water (En)	

Les principaux sous-produits et déchets générés lors du processus d'extraction de l'huile d'olive sont les suivants :

² En : anglais ; Gr : grec ; It : Italie ; Sp : espagnol ; Tk : turc ; Fr. : français

a) **Déchets liquides :**

- Générés lors du processus de préparation de l'olive destinée au broyage :
 - eaux de lavage du fruit
 - eaux de rinçage des trémies de stockage
 - eaux de végétation de l'olive elle-même
 - eaux de nettoyage de l'huile
 - eau ajoutée au cours du processus

Dont l'ensemble constitue ce que l'on appelle typiquement les " margines ".

b) **Déchets solides :**

- Grignon conventionnel, issu des systèmes de pressoir ou en continu à trois phases.
- Grignon humide ou à deux phases
- Restes végétaux et terreux et cailloux générés lors du processus de nettoyage de l'huile de récolte.

Chacun des déchets ou sous-produits mentionnés présente des caractéristiques et utilités qui exigent une gestion appropriée. Dans les points suivants, l'on approfondit ces aspects-là.

3.2. Principaux déchets liquides : margines

3.2.1. Composition

La composition des margines est très variable et dépend d'une multitude de facteurs parmi lesquels il faut distinguer le type d'olive et le processus d'élaboration de l'huile. La table 3.2 montre la composition moyenne des margines selon des données recueillies dans la bibliographie, et dans la table 3.3 une comparaison est établie entre la composition des margines obtenues selon le système traditionnel et le système en continu à trois phases.

Table 3.2. Résumé de la composition moyenne des margines d'après différents auteurs.

	Unit	Pompei (1974)	Fiestas (1981)	Stegmans (1992)	Hamadi (1993)	Andreozzi (1998)
pH	g/L	-	4.7	5.3	3-5.9	5.1
DCO	g/L	195	-	108.6	40-220	121.8
DBO₅	g/L	38,44	-	41.3	23-100	-
Solides totaux	g/L	-	1-3	19.2	1-20	102.5
Solides organiques totaux	g/L	-	-	16.7	-	81.6
Matières grasses	g/L	-	-	2.33	1-23	9.8
Polyphénols	g/L	17.5	3-8	0.002	5-80	6.2
Ac. organiques	g/L	-	5-10	0.78	0.8-10	0.96
Azote total	g/L	0.81	0.3-0.6	0.6	0.3-1.2	0.95

Tabla 3.3. Données comparatives concernant la composition des margines en fonction du système d'élaboration de l'huile d'olive

	Unités	Système traditionnel	Système en continu
pH	G/L	4.5-5	4.7-5.2
DBO₅	G/L	120-130	45-60
DCO	G/L	90-100	35-41
Solides en suspension	G/L	1	9
Solides totaux	G/L	120	60
Sels minéraux	G/L	15	5
Substances volatiles	G/L	105	55
Matière grasse	G/L	0.5-1	3-10

Dans les tables 3.4 et 3.5, voici un résumé de la composition minérale et organique des margines générées par le système traditionnel, ou de pressoirs, et celles produites en utilisant le système à trois phases. La composition correspond à des valeurs moyennes qui doivent être prises en considération dans certaines limites, étant qu'elles peuvent changer en fonction de la campagne et du type d'olive.

Table 3.4 Composition moyenne de la matière organique de la margine

	Pressoirs	Système à 3 phases
Sucres totaux (ppm)	20.000 – 80.000	5.000 – 26.000
Substances azotées (ppm)	5.000 – 20.000	1.700 – 4.000
Ac. organiques (ppm)	5.000 – 10.000	2.000 – 4.000
Polyalcools (ppm)	1.000 – 1.500	3.000 – 5.000
Pectines, mucilages (ppm)	1.000 – 1.500	2.000 – 5.000
Polyphénols (ppm)	1.000 – 2.400	3.000 – 2.300
Matières grasses (ppm)	300 – 1.000	5.000 – 23.000

L'on observe que les valeurs de composition des margines générées lors du procédé en continu à 3 phases sont presque toujours inférieures à celles du système de pressoirs. Cela est dû à leur plus grande dilution (plus grande quantité d'eau ajoutée dans le système en continu).

Table 3.5 Composition minérale moyenne de la margine

	Pressoirs	Système à 3 phases
Phosphore	500	96
Potassium	3.000	1.200
Calcium	350	120
Magnésium	200	48
Sodium	450	245
Fer	35	16

3.2.2. Production

Logiquement, ce type de déchets est généré dans tous les pays producteurs d'huile d'olive. Par ailleurs, dans la plupart de ces pays, il se produit des phénomènes de concentration d'huileries dans des zones productrices. Pour autant, d'une façon plus ou moins générale ou localisée, la gestion de déchets et de sous-produits concerne dans une certaine mesure presque toutes les situations productives.

La production estimée de margines dans le monde entier est montré à la table 3.6.

Table 3.6. Production estimée de margines et de grignons dans les principaux pays producteurs d'olive.

		Margine (t/an) ressoir/3 f/2 f	Grignon (t/an) Pressoir/3ph.	Grignon humide (t/an) 2 phases
ESPAGNE	Andalousie	85.938 357.618 97.583	42.969 182.967	1.441.570
	Catalogne	2.821 11.739 3.494	1.365 6.006	46.592
	Castille	7.254 30.186 8.985	3.510 15.444	119.808
	Estrémadure	4.733 19.706 5.865	2.290 10.082	80.652
	GRÈCE	130.897 1.028.882 -	63.337 526.405	-
ITALIE	Nord	3.075 4.265 -	1.488 2.182	-
	Centre	70.283 97.489 -	34.008 49.878	-
	Sud	572.880 794.640 -	277.200 406.560	-
	TUNISIE	78.120 617.265 -	37.800 315.810	-
	TURQUIE	34.875 274.125 -	16.875 34.875	-

À titre d'exemple, la production de margines est estimée à 210 000 Tm au Maroc, à 32 000 Tm en Albanie, etc.

En Espagne, on élabore plus de 30 % de la production mondiale d'huile d'olive, dont la plus grande quantité est produite en Andalousie, plus concrètement à Córdoba et à Jaen, où sont générées plus de 80 % des margines d'Andalousie. La tabla 3.6 montres le nombre d'huileries et la technologie d'extraction utilisée lors de la campagne de 1997.

Table 3.7. Nombre d'huileries (1997) Jaen et Córdoba

	Jaen		Córdoba	
Huileries avec pressoirs	71	24 %	31	19 %
Huileries à 2 phases	115	38 %	98	59 %
Huileries à 3 phases	15	38 %	30	18 %
Huileries mixtes	-	-	7	4 %
Total	301	100 %	166	100 %

Lors de la campagne indiquée, les déchets liquides (margines) générés sont ceux indiqués à la table 3.8.

Table 3.8. Volume généré de margine en m³ lors de la campagne de 1997

	Jaen		Córdoba	
Huileries traditionnelles	189.000	17 %	30.345	10 %
Huileries à 2 phases	225.750	20 %	147.560	46 %
Huileries à 3 phases	702.000	63 %	140.100	44 %
Total	1.116.750	100 %	318.005	100 %

3.2.3. Pouvoir polluant

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

- Le pH, qui la première cause directe de la mort des poissons lorsque la margine est déversée dans le lit 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.
- Le contenu organique, qui contribue à la consommation de l'oxygène dissous.

Le pouvoir polluant de la margine est évaluable, en termes de DBO₅, en observant la table 3.9 où sont montrées les valeurs typiques d'autres industries. Parmi les données montrées dans la table, on peut déduire que, compte tenu d'une valeur moyenne par habitant et par jour de 60 g de DBO₅, la pollution de la margine équivaldrait approximativement à la pollution générée par une population de 6 millions de personnes pendant une année entière.

Table 3.9. Valeurs typiques de la DBO₅ de diverses industries

Industrie	DBO5 (mg/L)
de l'Huile	60.000
de l'Alcool	20.000
du Lait	3.000
des Abattoirs	2.000
du Sucre	2.000
du Tannage	2.000

3.2.4. Valeur fertilisante

Les teneurs en éléments organiques et minéraux des margines sont, comme on l'a déjà dit, très variables. Pour les utiliser comme fertilisants, il faudra en tous cas bien les caractériser pour chaque huilerie.

En dépit de cela et sur la base des teneurs moyennes de la littérature technique existante à ce sujet, voici à la suite les éléments dignes d'intérêt et les principales restrictions pour l'emploi comme fertilisant de cette eau résiduaire :

a) La composition moyenne la plus fréquente s'ajuste aux teneurs suivantes :

- Azote : 3-4 %
- Potassium : 6-8 %
- Phosphore : 0,2-0,3 %

Des renseignements complémentaires sur cette composition sont apportés par le professeur Fiestas dont voici les données :

Teneurs en Kg/m³ de margine

	Système de pressoirs	Système en continu 3 phases
M. organique	105,00	26,00
N	2,00	0,60
P	0,50	0,10
K	3,60	1,20
Mg	0,20	0,04

b) Ainsi, une dose de 20 m³/ha apporterait :

- 80 UF d'Azote organique
- 140 UF de potasse (K₂O)
- 4-6 UF de phosphore (P₂O₅) et de magnésium (MgO)

c) De cette manière, sous forme liquide le produit répond à la composition 1-0,1-1,5 en N-P-K.

d) Le taux de matière organique varie de 5 % à 10 %. À une dose de 50 m³/Ha et une teneur en MO de 5 %, l'apport de matière organique par Ha serait de 2 500 Kg, équivalant à environ 10 T/Ha d'effluent d'élevage. Le rapport C/N du produit est normalement compris entre 9 et 10, ce qui est normal en ce qui concerne les amendements organiques pour l'agriculture. Pour autant, les apports de margine ne devraient pas modifier l'équilibre nutritionnel microbologique du sol.

e) Le pH est acide, avec des valeurs normalement inférieures à 5,5. C'est pourquoi, il ne devrait pas y avoir de problèmes dans les sols alcalins et calcaires, tellement fréquents dans la région méditerranéenne, mais il faut tenir compte de

ce facteur à l'heure de fertiliser les sols acides. En tous cas, il convient de corriger le pH avec du lait de chaux.

- f) La conductivité électrique est élevée, de l'ordre de 8 à 16 mmho/cm. Par conséquent, il faut faire tout particulièrement attention aux risques de salinisation du sol.
- g) La teneur en composés organiques phytotoxiques est aussi appréciable, notamment en ce qui concerne les phénols, les glucosides phénoliques, les flavonoides et les tanins. Pour cette raison, les quantités et les stratégies de mise en œuvre doivent être soigneusement étudiées en fonction des cultures.

3.3. Autres déchets liquides

3.3.1. Eaux de lavage de l'olive

Il s'agit de l'eau utilisée dans les laveuses d'olives, dont la consommation est très variable et dépend du type de produit qui arrive de la campagne (présence majeure ou moindre d'olive ramassée par terre) et pouvant se situer autour de 80-120 litres d'eau par Tm d'olive.

Cette eau entraîne fondamentalement des particules de poussière ou de terre, ainsi que des petites quantités de matière grasse issue de fruits plus ou moins abîmés. Son contenu organique est de faible valeur et, généralement, est facilement recyclable par de simples opérations de décantation et/ou de filtrage. Une composition à titre d'orientation de ce type d'effluent est recueillie à la Table 3.10 (Alba, 1997) :

Tabla 3.10. Composition des eaux de lavage de l'olive.

	Valeurs
Solides (%)	0,50-0,67
Ten. Huile s/mat. humide (%)	0,10-0,16
DCO (g/l)	7,87-10,35

3.3.2. Eaux de lavage de l'huile

Il s'agit des eaux issues de la dernière centrifugation de l'huile, opération au cours de laquelle on ajoute à l'huile une proportion d'eau chaude oscillant entre 15 et 50 % du volume de cet élément.

Les eaux résultantes sont donc un mélange du propre déchet aqueux contenu dans l'huile d'extraction et de l'eau chaude ajoutée. En réalité, ce déchet est incorporé traditionnellement au déchet liquide généré lors de l'extraction dans un pressoir ou un décanteur, l'ensemble constituant la " margine ".

Par contre, dans les huileries fonctionnant sous le système en continu à deux phases, cette eau constituerait pratiquement le seul déchet liquide existant, étant donné qu'il n'y a pas production de margine au cours du processus d'extraction.

Des essais effectués par l'Institut de la Graisse (Borja R. et al. , 1993) donnent pour ces effluents la composition suivante (Table 3.11) :

Table 3.11. Composition des eaux de lavage de l'huile
(adjonction de 13,3 % d'eau chaude avant la centrifugation)

	Système à 2 phases
pH	5,0
DCO (g/l)	3,5
Solides totaux (g/l)	1,69
Solides minéraux (g/l)	0,24
Solides volatiles (g/l)	1,45
Solides en suspension totaux (g/l)	0,52
Acidité volatile (g/l) (acétique)	0,25
Phénols totaux (g/l) (ac. Caféique)	0,08
Alcalinité (CO₃Ca) (g/l)	0,12

Quant à la DCO de ces eaux, des études effectuées dans des installations industrielles (Alba, 1997) apportent des valeurs entre 11,70 g/Kg (système à 2 phases) et 12,91 g/Kg (système de pressoirs).

3.3.3. Les margines du système à 2 phases

Comme indiqué plus haut (table 2.1), l'élaboration de l'huile d'olive par le système des deux phases génère aussi un déchet liquide assimilable à la margine, mais dans une quantité sensiblement moindre, comme il se dégage des bilans de matière des

figures 1.2 et 1.3. Dans le processus à deux phases, la margine est fondamentalement produite lors du lavage de l'huile et des eaux de rinçage des trémies de stockage.

Les margines à deux phases contiennent environ 95,95 % d'eau, 3,25 % de déchet sec et 0,8 % d'huile, alors que les margines issues du processus d'élaboration en trois phases (92,86 %, 6,22 %, 0,93 %). Cette similitude est également reflétée dans des analyses plus exhaustives, comme il se dégage de l'analyse montrée à la table 3.12

Table 3.12. Composition à titre d'orientation de la margine à deux phases

	Valeurs
Sucres totaux (ppm)	15.500
Substances azotées (ppm)	2.500
Ac. organiques (ppm)	3.000
Polyalcools (ppm)	4.000
Polyphénols (ppm)	5.500
Matières grasses (ppm)	5.200

3.4. Déchets solides : Grignons

3.4.1. Caractérisation

Le principal déchet solide généré lors de l'élaboration de l'huile d'olive est le grignon. Comme indiqué plus haut, ce déchet contient une quantité donnée d'huile résiduelle qu'ils n'est pas possible d'extraire par des moyens physiques et qui est extraite dans les installations d'extraction d'huile de grignons.

Il est évident que la composition des grignons dépend du système employé lors de l'élaboration de l'huile d'olive. La table 3.13 montre une analyse des grignons obtenus lors de l'élaboration de l'huile d'olive par les trois méthodes. Il convient d'éclaircir dans ce point que le grignon issu du système à deux phases est connu comme " grignon humide ", ou aussi " grignon à deux phases " ou simplement grignon.

Table 3.13. Composition et caractéristiques des grignons selon le système de provenance
(Cal, 1998)

Grignon de Pressoir ³			Grignon à 3 phases			Grignon humide		
H (%)	RG sec	Rg Hde	H (%)	RG sec	Rg Hde	H (%)	RG sec	Rg Hde
28.2	7.2	5.2	48.3	5.1	2.6	59.5	6.3	2.9

On peut constater une nette différence entre le rendement gras des grignons de pressoir et les grignons des systèmes en continu. La différence est due fondamentalement à l'efficacité d'extraction des systèmes en continu par rapport aux systèmes traditionnels. Les diminutions du rendement gras des grignons a mis le secteur de l'extraction d'huile de grignons en difficultés. En effet, le secteur était structuré pour traiter des grignons qui avaient une humidité oscillant entre 25 % et 30 %. Lorsque le processus en continu des trois phases fut implanté, les grignons arrivaient dans les installations d'extraction avec une humidité de l'ordre de 35 à 45 %, ce qui exigeait de gros investissements dans les coûts de séchage et entraînait des difficultés supplémentaires (phénomènes de caramélisation).

Cependant, le problème le plus grave fit son apparition avec le système en continu à deux phases. Le sous-produit arrivant aux installations d'extraction présent une humidité qui se situe entre 60 % et 70 %.

Certaines installations d'extraction de grignons qui reçoivent les trois types de grignons ont opté pour homogénéiser la teneur en humidité du grignon à extraire, en mélangeant les trois types de grignons dans la proportion adéquate jusqu'à atteindre une humidité de mélange de l'ordre de 48 % à 50 %, très similaire à celle du grignon à trois phases, dont le problème de séchage a été résolu avant l'apparition du grignon humide.

3.4.2. Pouvoir calorifique

Traditionnellement, les grignons ont été utilisés comme combustible, à l'échelle domestique ou dans les propres huileries pour la production de la chaleur nécessaire

³ H = humidité ; RG sec : Rendement gras sur échantillon sec ; RG Hde : rendement gras sur base humide

lors du processus d'extraction (eau chaude, chauffage de locaux). Le pouvoir calorifique des différents sous-produits liés au grignon est indiqué à la table 3.14.

Tabla 3.14. Pouvoir calorifique du grignon et de ses dérivés

	Valeur (kcal/kg)
Grignon de presseoir	2.800-3.000
Grignon de 3 phases	2.500-2.800
Grignon (grignon dégraissé)	3.500
Noyau	4.000

3.4.3. Valeur alimentaire pour le bétail

Le grignon et ses dérivés ont une certaine application dans l'alimentation des ruminants, notamment les ovins, les caprins et les camélidés. Les données qui suivent concernant la valeur nutritionnelle correspondent à divers études effectuées par NEFZAOU, A (1.991).

Composition

Table 3.15. Composition en % de matière sèche

	Grignon brut	Tourteau	Tourteau tamisé
Matière sèche	69,8-90,3	86,0-95,0	88,2-90,5
Cendres totales	3,1-14,7	5,8-9,3	11,0-22,3
M. azotées totales	5,0-10,3	12,4-16,2	9,6-11,3
Matière grasse	5,3-12,5	1,1-7,4	2,0-6,5
Cellulose brute	32,0-47,5	32,6-53,3	14,5-26,3

À ce sujet, il faut faire les commentaires suivants :

- Les teneurs en **matières azotées** sont de l'ordre de 10 %, bien que pour la plupart elles sont liées à la fraction pariétale et sont, pour cela, moins disponibles pour l'animal. La composition en acides aminés est similaire à celle de l'orge, sauf pour ce qui est de l'acide glutamique, la proline et la lysine, qui sont déficitaires.

- Teneur élevée en **matières grasses**, fondamentalement en acide oléique (65 %), linoléique (12 %) et palmitique (10,5 %).
- Teneur très basse en **substances phénoliques**, que, pendant longtemps, l'on a cru responsables de la valeur nutritionnelle limitée des grignons.
- Teneur élevée en **fibres**, mais avec une présence importante de fractions pariétales comme la lignine, indigestible. Le tamisage réduit la teneur de ces fractions.

Valeur alimentaire

Digestibilité et dégradabilité

En moyenne, les coefficients de digestibilité apparent sont ceux indiqués dans la Table 3.16.

Table 3.16. Coefficients de digestibilité apparente (%)

	M.O	Mat. azot.	Cellulose brute
Grignon brut	26-31	6-10	0-30
Tourteau tamisé	32-40	29-38	21-47

La dégradabilité dans la panse est très lente, de l'ordre de 32 % au maximum au bout de 72 heures, à cause du caractère lignocellulosique du grignon. La dégradabilité des matières azotées est de même très réduite.

Ingestion

L'information disponible a trait au tourteau tamisé, lequel est ingéré en grande quantité, surtout s'il peut être mélangé au préalable. Transit rapide, ce qui fait que l'on ne dispose généralement pas de temps suffisant pour exploiter toutes la dégradabilité potentielle.

Comportement alimentaire

Dans le cas du tourteau, il est similaire à celui du foin trituré, une rumination normale étant ainsi assurée. Il peut parfaitement remplacer d'autres aliments volumineux ou grossiers (foins, pailles,...)

Valeur fourragère

Valeur énergétique réduite de 0,32 à 0,49 UF " lait " et 0,21 à 0,35 UF " viande ". Teneur en matières azotées digestibles également petites (15-25 g/Kg de matière sèche de produit).

On constate que le tamisage (élimination de noyau) s'avère être une opération indispensable pour améliorer la valeur alimentaire des grignons ou de ses dérivés.

En ce qui concerne le grignon brut ou frais, il fut signaler qu'il s'abîme vite lorsqu'il est entassé. Des expériences menées à Chypre (HADJIPANAYIOTOU, 1999) montrent que l'ingestion volontaire de grignons gardés en tas non couverts de 1,5 m de hauteur, décroît avec le temps de stockage au point de disparaître complètement au bout de 10 jours. Cela est associé à la présence de moisissures et au rancissement rapide de la fraction grasse. L'auteur cité propose et décrit une technique d'ensilage comme système efficace et peu coûteux pour préserver les grignons comme aliment sec pour animaux.

3.5. Déchets pâteux : Le grignon humide ou grignon a deux phases

L'implantation progressive des systèmes en continu à deux phases afin d'éviter la génération de margines a donné lieu, à son tour, à la croissante apparition du grignon humide, comme sous-produit de consistance pâteuse en raison de son humidité élevée. ⁴

À titre d'exemple, on peut indiquer que vers la moitié des années 80, la production de grignons par rapport à celle de l'olive était, en Espagne, de l'ordre de 40 à 42 %, alors qu'à l'heure actuelle cette proportion est passée à plus de 65 %.

La conversion au système à deux phases n'est pas aussi rapide dans d'autres pays producteurs ayant des huileries de petites dimensions. Mais, dans des pays tels que la Tunisie, la Grèce et à une moindre échelle en Italie, on assiste également à ce type de changement. Il s'ensuit que le problème de la gestion/réutilisation des

⁴ Cela est particulièrement vrai en Espagne du fait de la grande généralisation de la conversion de huileries classiques et de 3 phases à ce nouveau système.

grignons est envisagé comme l'un des plus grands goulots d'étranglement du secteur des huileries, à l'échelle de n'importe quelle région productrice.

On a déjà parlé de sa composition et des problèmes que pose le grignon humide dans l'industrie d'extraction, essentiellement du fait des exigences de séchage, qui sont bien plus grandes que pour les grignons conventionnels. La manipulation et le transport aussi sont plus difficiles du fait de la consistance pâteuse du produit, qui oblige à employer des camions du type " baignoire " avec des protections spéciales " parapets " afin d'éviter des déversements fortuits.

En complément de ce qui a été indiqué à la section 3.4.1, voici les caractéristiques moyennes d'un grignon humide " typique " dans la Table 3.17.

Table 3.17. Composition " typique " du grignon humide

	Valeurs (%)
Matière grasse	3-4
Protéine	5-6
Sucres	13-14
Fibre brute	14-15
Cendres	2-3
Acides organiques	0,5-1,0
Polyalcools	0,5-1,0
Glucosides et polyphénols	0,5
Eau (humidité)	65
Densité apparente (Kg/m³)	1 035
Pouvoir calorifique supérieure (kcal/Kg), base sèche	5 052

3.6. Restes organiques issus du nettoyage

Une des opérations de base pour obtenir une huile d'olive de qualité est la propreté du fruit. Traditionnellement, l'agriculteur procédait au nettoyage du fruit dans le champ à l'aide de tamis qui séparent les impuretés les plus grossières (branches) et les restes de terre. Mais cette opération est coûteuse et, d'autre part, ne permet pas d'obtenir un bon nettoyage. Ce qui fait qu'il est normal que l'olive arrive à la huilerie

chargée d'impuretés, une double opération de " nettoyage " à sec et de " lavage " à l'eau étant donc requise.

L'opération de nettoyage se fait dans des nettoyeurs fonctionnant par criblage (chute des olives sur une grille vibrante ou non) et par l'application simultanée d'un courant d'air. Cette opération donne lieu à deux types de déchets, qui s'accumulent habituellement dans les aires de l'huilerie :

- a) Restes végétaux : Il s'agit de feuilles et de branchages d'olivier.
- b) Terre et poussière, surtout présents lorsque l'olive est ramassée par terre avec des moyens mécaniques.

Il s'agit donc d'un déchet surtout végétal généralement réincorporé au terrain comme fertilisant organique, avec ou sans compostage préalable.

Les quantités générées sont très difficiles à évaluer, celles-ci dépendant des systèmes de récolte utilisés. En poids, elles peuvent osciller entre 2 % et 15 % de la charge d'olive, avec une densité de l'ordre de 150-300 Kg/m³.

CHAPITRE IV : TRAITEMENT ET VALORISATION DE DECHETS ET DE SOUS-PRODUITS DE HUILERIE

4.1. Introduction

La production d'huile d'olive génère une grande quantité de **déchets solides et liquides**. Ces derniers, tout particulièrement, ont ouvert une multitude de lignes d'investigation qui, dans la plupart des cas, a permis de grands progrès, parmi lesquels est à noter le système d'élaboration en continu par le système des deux phases développé pour favoriser l'élaboration "écologique" de l'huile d'olive.

Les déchets générés lors de l'élaboration d'huile d'olive, comme indiqué auparavant, sont fondamentalement de deux types : solides et liquides. Les déchets solides, fondamentalement les **grignons d'olives** (issus de pressoirs et de systèmes en trois phases), ont été utilisés traditionnellement, une fois extraits, comme source d'énergie tant pour les industries d'extraction que pour les industries céramiques et similaires. En revanche, les déchets liquides, des **margines** principalement, exigent des traitements spécifiques. Ceci dit, alors que les systèmes de traitement des margines étaient pratiquement fixés, le nouveau système d'extraction en continu en deux phases apparaît, et avec un nouveau déchet dénommé **grignon humide**. Le nouveau déchet, qui, en principe, semblait présenter des propriétés similaires au grignon d'olives traditionnel ou à l'hypothétique mélange de grignon d'olives et de margine, ne répondait pas de la même manière aux systèmes connus et implantés pour le traitement des margines ou des grignons.

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

DÉCHETS LIQUIDES :

- Fertigation
- Évaporation naturelle et forcée
- Concentration thermique
- Épuration :
 - *Digestion anaérobie*
- *Ultrafiltration*
- *Osmose inverse*
- *Adsorption/biofiltration*
- *Oxydation humide*
- Procédés combinés

DÉCHETS SOLIDES :

- Séchage et extraction d'huile résiduelle
- Combustible
- Nutrition animale
- Compostage
- Incinération
- Gazéification
- Procédés combinés

Il faut signaler que **les traitements exposés plus en détail sont ceux qui obtiennent les meilleurs résultats dans les phases industrielles** ou qui **éveillent le plus d'espoirs dans la phase de recherche en laboratoire ou en installation pilote** (comme c'est le cas de quelques procédés de gazéification de biomasse).

Nombre de ces traitements sont applicables individuellement ou en combinant plusieurs d'entre eux pour atteindre le résultat voulu.

Les déchets pris en considération sont les déchets liquides (margine) et les déchets solides (grignon d'olives à deux ou à trois phases et tourteau d'olives). Ceci étant, dans l'exposition, on distingue le traitement du **grignon** (presseur et 3 phases) du **grignon humide** (2 phases) étant donné que, bien qu'ils présentent des éléments communs, il existe des différences importantes et spécifiques dans le traitement de chacun de ces types de sous-produit.

Chaque système ou technologie identifié est présenté sous une forme descriptive et d'évaluation avec le contenu d'orientation suivant :

1. Fondements ou bases techniques
2. Responsable(s) du développement
3. Phase du développement (recherche, installation pilote, application industrielle)
4. Description technique (diagramme de procédés, éléments, bilans de matière et d'énergie, rendements, coûts, limites et conditions d'application)
5. Exemples d'implantations existantes

Il faut dire que, dans certains cas, on ne peut pas apporter toute l'information indiquée précisément à cause du niveau de développement limité.

4.2. Les effluents liquides : Margines

4.2.1. Introduction

Dans le Chapitre III de cette étude, on a analysé en détail les caractéristiques de la margine et, en particulier, de son haut pouvoir polluant qui, à lui seul, oblige à mener une gestion adéquate pour prévenir l'impact potentiel négatif sur le milieu.

Pour cette raison, à partir des années soixante-dix, cet effluent a été l'objet d'une grande attention de la part des institutions scientifiques, des entreprises et des organismes publics dans le but d'étudier et de proposer les meilleures stratégies et technologies de minimisation, de valorisation ou d'élimination.

Cette intense activité a donné lieu à une littérature technique et scientifique dense. Parmi les publications les plus significatives, il vaut la peine d'en citer quelques-unes avec un contenu de révision, auxquelles le lecteur intéressé est invité à s'y rapporter. Les deux publications les plus importantes seraient les suivantes :

1. TRATAMIENTO DE ALPECHINES. Actas de la Reunión Internacional sobre el tema, Córdoba (España), 31 de mayo -1 de junio de 1991. Publicación núm. 18/91 de la Consultoría de Agricultura y de Pesca de la Junta de Andalucía.
2. LES EXPÉRIENCES MÉDITERRANÉENNES DANS LE TRAITEMENT ET L'ÉLIMINATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DES HUILLERIES D'OLIVES. Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire. Office National de l'Assainissement (ONAS). Tunis, 1996.

Il faut dire que, dans cette seconde publication, le système d'élaboration en continu à 2 phases est déjà préconisé en quelque sorte comme la meilleure solution " minimisatrice " de la production de margines. En fait, la transformation d'huilleries d'olives en système à deux phases s'est généralisé dans quelques pays, comme c'est le cas de l'Espagne, ce qui fait que le problème des rejets de la margine s'est vu énormément réduit.

Ceci étant, il continue à y avoir dans la plupart des pays producteurs de nombreuses huilleries d'olives qui fonctionnent selon le système de pressoir ou le système en continu à trois phases. D'autre part, le propre système à deux phases génère des déchets liquides assimilables en quelque sorte aux margines. Pour autant, dans les sections qui suivent on prétend apporter une information suffisante sur l'état de la

question ” en rapport avec les systèmes de traitement et de valorisation des margines, en faisant, ça oui, tout particulièrement référence à ceux qui ont montré ou montrent une viabilité technico-économique minimale. En ce sens, il convient de signaler d'emblée la spécificité de cet effluent qui conditionnent l'application potentielle des différentes stratégies possibles. Il s'agit de :

- a) La composition intrinsèque de la margine et de son pouvoir polluant élevé, ce sur quoi il n'est pas nécessaire d'insister ici.
- b) La stationnarité de sa production, tout au long de la campagne de broyage qui ne s'étend pas au-delà de 3-4 mois et qui, pour des questions liées à la qualité de l'huile, est plutôt écourtée d'année en année.
- c) La variabilité du problème ou de l'impact en fonction des propres caractéristiques des huileries d'olives en rapport avec :
 - leur localisation
 - leur dimension ou capacité de broyage
 - leur concentration sur le territoire

4.2.2. Systèmes utilisables

Dans les publications techniques et scientifiques sur le traitement des margines, on arrive à citer jusqu'à plus de 20 procédés ou technologies applicables au traitement des margines à des fins de minimisation, d'élimination ou de valorisation. Il s'agit, dans la plupart des cas, d'opérations élémentaires ou combinées essayées en laboratoire ou dans une installation pilote, sans projection industrielle ultérieure.

C'est ainsi que, et uniquement à titre de récapitulation, les technologies suivantes ont été décrites comme étant potentiellement applicables :

- Évaporation naturelle dans des bassins ou des lagunes
- Utilisation en fertigation
- Déshydratation-évaporation forcée-concentration thermique
- Incinération
- Distillation
- Procédés membranaires : ultrafiltration, osmose inverse
- Dégradation microbiologique, obtention de protéines
- Épuration physico-chimique
- Épuration biologique anaérobie et aérobie

Quelques-uns des systèmes essayés contiennent à leur tour de nombreuses variantes.

Une description détaillée de tous ces systèmes peut être trouvée dans la publication n° 2 citée à la section précédente.

Le travail effectué pour l'élaboration de cette étude a permis de sélectionner les systèmes de traitement et de valorisation qui présentent un degré quelconque d'applicabilité industrielle, soit en raison de l'état de développement qu'ils présentent soit parce qu'ils sont avalisés par des expériences suffisamment prolongées.

Ces systèmes peuvent être regroupés en cinq grandes sections :

- Fertigation
- Évaporation naturelle et forcée
- Évaporation/concentration thermique
- Épuration avec diverses variantes
- Système combiné

4.2.3. Emploi de margines pour la fertigation

4.2.3.1. Bases techniques

Dans la partie 3.2.4 du Chapitre III, on a apporté une vaste information sur la valeur fertilisante des margines.

De toute antiquité, on a préconisé l'emploi de cet effluent comme fertilisant, dont il existe des citations du XI^e (Abu Zacaria) et du XVI^e siècles (Alonso de Herrera). À partir de 1960, les études réalisées sur le thème par des auteurs comme ALBI (1960), ZUCCONI (1969), POMPEI (1974), TELMINI (1976), ESCOLANO (1976), etc. sont nombreuses.

Voici une révision des études les plus récentes :

- a) FIESTAS (1977) : Il informe sur la pratique très étendue de l'emploi fertilisant de la margine à une dose de 100-120 l/arbre d'olivier, avec un ajout éventuel de chaux. Elle apporte des renseignements sur les augmentations de productivité lorsqu'elle est employée dans des champs de maïs et de blé.
- b) FERREIRA LLAMAS (1978) se réfère aux bénéfices que rapporte cette pratique dans les oliveraies de Jaen.
- c) DELLA MONICA (1978 et 1980) et POTENZ (1980) expliquent les expériences réalisées sur des sols calcaires avec des apports de 480 m³/Ha sur lesquels ils ont constaté la valeur fertilisante de la margine et avertissent des précautions à prendre en ce qui concerne l'accumulation de sels et de potassium dans le sol.
- d) MORISOT (1979-81) renvoi à une étude détaillée pour connaître l'évolution des sols arrosés avec de la margine et ses effets sur l'olivier. Voici leurs conclusions :
- Les doses de 100 m³/Ha et an ne provoquent pas de changements défavorables.
 - Absence d'effets toxiques sur la microflore du cycle de l'azote
 - Enrichissement significatif en potassium
 - Sans modifications dans les teneurs foliaires de l'olivier
 - Des doses équivalentes à 400 m³/Ha provoquent, sur les graminées en pot, des pertes de rendement de l'ordre de 50 %.
 - Quand elle est appliquée aux céréales, les semilles doivent être faites au moins 45 jours après l'application de la margine
 - 30 m³/Ha et 100 m³/Ha de margines de système classique ou en continu, respectivement, sont recommandables.
- e) CATALANO et al (1985, 1989) arrivent à des conclusions similaires. Des applications de 150 m³/Ha sur des oliviers de 10 ans et à long terme montrent les effets bénéfiques de l'application sans aucun effet négatif sur les arbres ni sur le sol.
- f) CATALANO et DE FELICE (1991), sur la base de leurs propres expériences et de celles d'autres organismes scientifiques, apportent les orientations suivantes :
- La charge organique élevée des margines se dégrade dans le sol dans une période de temps relativement courte. Donc, en général, il ne se produit pas d'accumulations après la distribution à des doses inférieures à 100 m³/Ha par an.
 - Tant que la distribution est faite uniformément, aux doses indiquées les strates situées sous la couche arable (>60-65 cm) ne semblent pas touchées par la pénétration de matière organique.

- Le sol traité avec des margines est nettement enrichi en éléments nutritifs : Azote, phosphore et, surtout, potassium.
 - La plus grande fertilité du sol traité affecte favorablement l'olivier et la vigne. En revanche, sur les espèces annuelles comme la pomme de terre, l'effet phytotoxique prévaut sur le fertilisant si les semailles ou la plantation s'effectuent à moins de 80-90 jours de l'application.
 - L'effet phytotoxique semble aussi évident sur les mauvaises herbes et a une durée de 80-90 jours.
- g) PROIETTI et al. (1988) : Ils confirment les effets bénéfiques d'une application de 800 m³/Ha à des plantes d'olivier en pots et en plein champ. Ils n'observent pas de modifications de l'activité photosynthétique, de la transpiration, de la conductivité stomatique et du poids spécifique des feuilles. Au bout de 14 mois de l'application, on n'observe pas de changements de la charge microbienne du sol.
- h) GARCIA RODRIGUEZ (1991) informe sur divers essais effectués sur des céréales d'hiver à la Station d'Oléiculture de Jaen en utilisant une marge de système en continu à 3 phases, à une dose de 100-200-300 l/m², avec une période de 3 mois entre application et semailles. La productivité des parcelles à dose plus forte fut plus élevée. Les modifications de la salinité, du pH et des teneurs minérales du sol sont minimales après des apports étalés sur 3 ans.
- i) DE SIMONE Y MARCO (1996) : En laissant 50-60 jours entre application et semailles, des doses de 80 m³/Ha se sont avérées dépourvues d'influence négative sur la germination et l'épiage de cultures de maïs, de tournesol, d'orge et de blé.
- j) LEVI-MINZI et al (1992) : En utilisant des doses de 80, 160 et 320 m³/Ha dans des cultures de printemps (maïs), ils observent que :
- Les expressions de phytotoxicité due à des phénols et des acides volatils, accompagnées d'effets négatifs sur la germination et l'épiage, disparaissent au bout de deux mois d'application.
 - Les indicateurs de salinité ne présentent pas de différences significatives par rapport aux témoins non traités.
 - Augmentations de la teneur en phosphore assimilable et très peu de différences dans les autres éléments nutritifs.

- k) PAGLIAI (1996) étudia les effets sur les caractéristiques physiques du sol. Il observa une augmentation de la porosité du terrain, avec l'avantage résultant sur la capacité de rétention de l'eau et la perméabilité.
- l) TAMBURINI et al (1999) : Ils font une révision de l'état de la question et, après s'être incliné pour ce système de réutilisation des margines, ils apportent des orientations sur les systèmes de stockage et de distribution. Voici leurs conclusions :
- L'information sur l'emploi de margines comme fertilisants est étendue et précise.
 - Les maximums permis par la législation italienne (Loi 574 de 1996) ($50 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{an}$ de marge de pressoirs et $80 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{an}$ de marge de système en continu à 3 phases) sont trop bas ($3\text{-}5 \text{ Tm}/\text{ha}/\text{an}$ de matière sèche). Ces doses pourraient parfaitement être doublées sans problèmes.

4.2.3.2. Orientations et conditions d'emploi

Sur la base des informations et des études disponibles, on peut apporter les orientations suivantes :

- a) Époque d'application
- N'importe laquelle, si l'absence de pluies le permet
 - Sinon, il faudra procéder au stockage en réservoirs ou bassins
- b) Cultures
- Vivaces, notamment l'olivier, la vigne, les cultures forestières, fruitières...
 - Annuelles : céréales, oléagineuses, industrielles avec des applications de 2 à 3 mois avant les semailles.
- c) Caractérisation analytique et doses
- Il faudra disposer d'études du sol et d'analyses de la marge dans tous les cas.
 - Doses à titre d'orientation de $30\text{-}50 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{an}$ de marge de pressoirs et jusqu'à $100 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{an}$ de marge de systèmes en continu à 3 phases.
 - La caractérisation du sol et de la propre marge doivent fournir les doses applicables avec plus de précision.

d) Stockage

- Bassins imperméabilisés éloignés des noyaux urbains ou des zones passantes afin d'éviter les mauvaises odeurs.

e) Distribution

- Pour de petites huileries d'olives, transport et distribution avec une tonne à purins d'une capacité de 6-12 m³.
- Pour des situations particulières, on peut employer des réseaux d'irrigation.

f) Capacité d'huilerie et surfaces nécessaires.

- De l'ordre de 1 Ha par 100 Tm d'olive broyée.

g) Contrôles

- Tous les deux ans, analyse du sol et du sous-sol en vue de vérifier : pH, CE, MO, éléments nutritifs.
- Analyse de feuille en culture.

h) Coûts

- Ils dépendent de la stratégie de stockage et de la distance de transport.
- À titre d'exemple, dans le cas de la distribution avec une citerne de 6 000 litres et 1, 2 heures par chargement (remplissage, transport et déchargement), le coût oscille autour de 0.006E/m³, largement compensé par la valeur du fertilisant apporté.

i) Conditions d'applicabilité :

- Disponibilité de terres et cultures appropriées.
- Sans stockage, pas plus de 40-60 m³/jour, supposant environ 100 Tm/jour d'olive en système pressoir et environ 40-50 Tm/jour d'olive en système continu à 3 phases. C'est-à-dire pour des huileries d'olives de moyenne et petite taille.

4.2.4. Évaporation naturelle

Fondement : Elle est également dénommée évaporation naturelle en bassins. Elle consiste en une évaporation naturelle favorisée par l'action du soleil et du vent.

Responsable(s) du développement : 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 1980.⁵

Phase du développement : Développement complet et largement expérimenté.⁶

Description technique : Les caractéristiques de ces réservoirs sont généralement les suivantes :

- a) Profondeur de 60-70 cm et, en tout cas, non supérieure à 1,50 m, bien que dans nombre de cas cette profondeur ait été largement dépassée par suite des exigences en coût et en surface.
- b) Imperméabilisation avec des lames en matière plastique et avec un fond bétonné afin de faciliter leur nettoyage par des moyens mécaniques (chariots pelleteurs).
- c) Emplacement éloigné des zones urbaines ou passantes.
- d) Clôture périmétrale pour des raisons de sécurité.

La capacité de ces réservoirs est très variable et fonction, naturellement, de la capacité des huileries d'olives qui s'en servent. Ainsi, leur capacité peut être d'environ 300 m³ dans les huileries d'olives petites à plus de 70 000 m³⁷

⁵ Dans le but de réduire la pollution des lits publics et des eaux souterraines du Bassin de Guadalquivir, en Espagne, en 1981, on a promulgué le Décret royal 3499/81 qui envisageait une série de mesures visant à éviter le rejet indistinct des margines.

⁶ C'est la méthode qui a été employée massivement des années durant dans le sud de l'Espagne.

⁷ Valeurs atteignantes dans certaines localités andalouses.

Coûts : ceux du terrain et la préparation et l'entretien des bassins. 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 0.03E/m³ de margine.

Exemples d'implantations existantes en Espagne : De nombreuses coopératives de Jaen et de Córdoba l'ont adoptée (par exemple, Úbeda, Baeza, Lucena, Baena). 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 m³. À Córdoba, il y a 369 bassins, d'une superficie occupée de 62 ha et d'une capacité de 0,9 millions de m³.

En Tunisie aussi, des étangs de grande dimension ont été construits, parmi lesquels on peut citer ceux de Kalaa Kébira (30 000 m³) et plus de 40 dans la ville de Sfax.

Limites et conditions d'application : à l'heure actuelle, les principales limitations sont le manque d'espace et de lieux appropriés pour installer de nouveaux bassins. L'on doit éviter le rejet des margines dans les lits publics.

Après quelques années d'expérience, les problèmes décelés ont été les suivants :

- a) Nécessité de grandes superficies, ce qui n'est pas toujours facile à côté des huileries d'olives. S'il faut les éloigner, il se pose alors un problème de transport avec les coûts qui en résultent.
- b) Évaporation insuffisante : formation d'une couche huileuse en surface qui empêche l'action des rayons solaires.
- c) Émission de mauvaises odeurs et attraction d'insectes.
- d) Dangers d'infiltration.
- e) Formation de boues de fond et difficultés de vidange et d'utilisation de celles-ci.

D'autre part, la margine stockée dans des fosses est soumise à une série de phénomènes biologiques tendant à dégrader la matière organique. Il s'agit d'un procédé d'auto-épuration, capable de réduire la DBO à moins de la moitié en deux mois.

Pour pallier, autant que possible, le mauvais fonctionnement de l'évaporation des étangs, des solutions complémentaires ont été développées, parmi lesquelles il faut citer celles indiquées dans les sections suivantes.

4.2.4.1. Addition de micro-organismes de dégradation

On connaît l'expérience d'addition dans les bassins d'un composé bactérien pourpre du genre THIOBACILUS présenté sous forme de produit commercial. Cette préparation microbiologique dégrade la graisse contenue dans la margine de sorte qu'elle évite ou élimine la formation de pellicule superficielle améliorant ainsi notablement l'efficacité de l'évaporation.

L'Institut de la Graisse de Séville effectua des essais pour étudier l'addition du produit à des margines hautement concentrées ($DCO_t = 112.300 \text{ mg O}_2/\text{l}$), 1,06 % de graisse, Solides totaux = 71.745 mg/l, pH = 5,2) à une dose initiale de 10 ppm et 4 ppm par semaine pendant 12 semaines, dans des conditions aérobies, facultatives (simulant un bassin d'évaporation) et anaérobies (sans agitation). Voici une synthèse des résultats :

- a) Dans des conditions aérobies, la DCO se réduisit de 75 % au bout de 80 jours. La matière grasse se réduisit de 100 % au bout de 100 jours. Le pH se stabilisa à des valeurs proches de 8. Il ne se dégaya pas d'odeurs désagréables au long du processus.
- b) Dans des conditions facultatives, la DCO se réduisit de 40 % au bout de 20 jours. Les fractions grasses s'éliminèrent jusqu'à se stabiliser de 6,6 %. Absence d'odeurs. Le pH atteignit la valeur de 7,1 au bout 80 jours.
- c) En général, la réduction de DCO est significative, celle des matières grasses est très élevée et celle du déchet sec est également significative.

Dans des bassins à l'échelle naturelle, on recommande l'addition de :

- a) Traitement de choc avec environ 5 litres de préparation pour 500 m³ de margine stockée.
- b) Deux apports mensuels additionnels, de l'ordre de 1 l tous les 500 m³.

Avec cela, on obtient une haute efficacité de l'évaporation et, donc, de l'élimination des margines⁸.

⁸ Des expériences dans une huilerie de Catalogne donnèrent des résultats douteux. On ignore si à cause du fonctionnement du produit ou des conditions de sa manipulation (doses, moment d'application, etc.)

Lors de la campagne 1999/2000, une trentaine d'huileries d'olives andalouses ont utilisé ce procédé dans leurs bassins d'évaporation.

Le prix du produit est d'environ 49.19E/l. Avec une dose recommandée de 7 l/an pour 500 m³ de margine, le coût de l'opération suppose 0.68E/m³, c'est-à-dire, 0.0007E/l de margine.

4.2.4.2. Installation de nébuliseurs et de rayons (évaporation forcée)

Il s'agit d'un procédé destiné à favoriser la formation de particules aqueuses fines par l'injection à pression dans des buses d'aspersion ou de nébulisation. Avec cela, on favorise l'action des rayons solaires et du vent et l'on améliore notablement l'évaporation.

Un bâti de pompage est installé au bord des propres bassins, qui aspire la margine et l'injecte dans un réseau de buses de nébulisation. L'excédent non évaporé tombe de nouveau dans l'étang.

Les autres éléments qui favorisent l'évaporation sont les rayons à grande surface réticulaire exposée au soleil et à l'air arrosés par intermittence avec la margine par des asperseurs. Cela augmente jusqu'à 40 fois la capacité d'évaporation.

Ces systèmes⁹, sont coûteux en investissement et en énergie et ne résolvent pas bien non plus le problème des sédiments de fond.

4.2.5. Concentration - évaporation thermique

Fondement : Elle consiste en l'utilisation de l'effet thermique pour concentrer la margine, en éliminant une partie de l'eau, au moyen d'une évaporation d'effet simple ou multiple. Le déchet solide est utilisable, ce qui fait que l'on peut parvenir à une élimination totale de tous les déchets, c'est-à-dire, zéro rejet.

Responsable(s) du développement : Une série d'installations au niveau pilote et industriel ont été développées depuis longtemps. (FABRICA SAN CARLOS, NUCLEOS DE INTERPHASE SA, NIRO ATOMIZER S.A. etc.) Plus récemment, TRAINALBA S.A., sur la base du Brevet européen EP 0 718 397 A2 a fait quelques installations et continue à travailler sur cette technologie. En Italie, la technologie utilisée est la dénommée " FRILLI-ENEA ", acquise par la société SOLVIC de Bari. (AMIRANTE, P et MONTERVINO, A, 1996).

⁹ Installés dans certains réservoirs en Andalousie (voir photographies)

Phase du développement : Des phases de recherche, une installation pilote et une application industrielle ont été complétées.

Description technique : La méthode permet d'obtenir, d'un côté, un concentrat utilisable comme combustible ou fertilisant, voire pour être ajouté à des aliments secs pour animaux en raison de sa valeur énergétique et, de l'autre, une eau de condensation qui, préalablement épurée, peut être déversée dans les lits naturels. Le procédé se fait grâce à une combinaison des traitements physico-chimiques et thermiques adéquats. En premier lieu, on procède au conditionnement de la margine en utilisant divers procédés physico-chimiques, puis à une évaporation continue d'effet simple ou multiple, suivant le schéma de la Fig. 4.1.

La chaleur nécessaire est produite par une chaudière à vapeur qui peut utiliser comme combustible le propre grignon d'olives ou le concentrât de l'installation elle-même. Les produits que l'on peut obtenir sont les suivants :

- Vapeur d'eau expulsée dans l'atmosphère
- Eau de condensation, qui peut être épurée et récupérée.
- Concentrât de margine, contenant les matières non dissoutes, avec une haute valeur nutritionnelle dans le secteur de l'élevage.

Exemples d'implantations existantes :

a) Le système TRAINALBA (Espagne): Les recherches de TRAINALBA, dans le traitement des margines par l'évaporation thermique, se sont matérialisées dans deux installations, la première dénommée TRAINALBA-M1 et la seconde TRAINALBA-F1. La première fut installée dans une plate-forme mobile et a été exposée dans plusieurs foires : Expoliva`93, Maga`93, Amposta`93, Montoro`94 et 98. La seconde, TRAINALBA-F1, est installée à Sotoserrano (Salamanque) avec une capacité d'épuration de margines, à trois phases, d'une huilerie qui broie périodiquement 50 000 Kg d'olives. Grâce à l'application de la méthode de TRAINALBA S.A., on obtient plusieurs sous-produits utilisables à des fins diverses. Les principales nouveautés et caractéristiques du procédé sont énoncées à la suite :

- La consommation d'eau du procédé est considérablement réduite grâce au fait que l'eau de l'olive tout autant que celle qui est ajoutée ultérieurement sont récupérées et recyclées, il est même possible que des excédents d'eau potable surviennent.
- Conditionnement de solides, ainsi que de grignons d'olives et d'autres déchets végétaux de la zone, pour la fabrication de fertilisants moyennant un procédé de compostage et/ou d'adéquation pour la fabrication d'aliments secs composés.

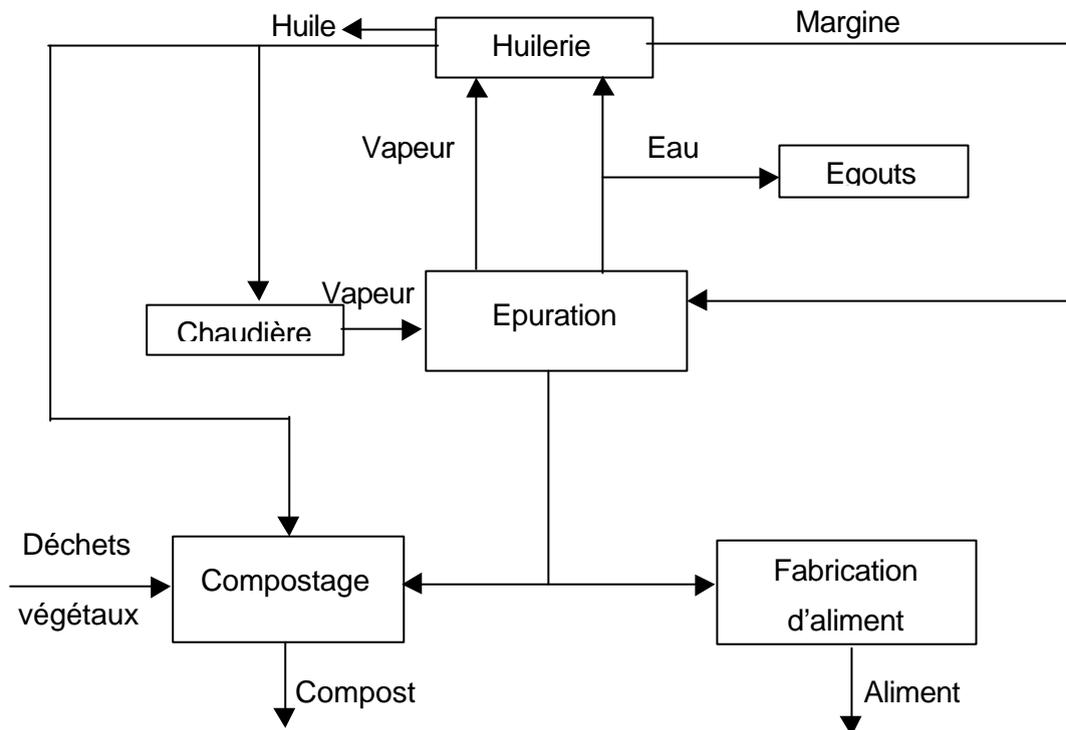


Figure 4.1. Schéma du traitement de margines proposé par TRAINALBA

b) Expériences en Italie : 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 m³ de margine à l'heure (capacités unitaires de 5 à 8 m³/h). Les dérivés au M³ de margine traitée obtenus avec ce système sont les suivants :

- 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.

Les consommations thermiques, très variables suivant le nombre de phases utilisées, furent de :

- une phase : 1,20 Kg vap/Kg d'eau évaporée
- deux phases : 0,65 Kg vap/Kg d'eau évaporée
- trois phases : 0,36 Kg vap/Kg d'eau évaporée

Les caractéristiques moyennes des margines d'origine et des trois fractions obtenues furent les suivantes :

	Unité	Margine	Concentrât	Flegmes	Condensât
Densité	Kg/l	1,06	1,19	0,985	1,00
Déchet sec	%	8	53		
Pouvoir calorifique sup.	Kcal/Kg		19.285		
Degré alcoolique	%		2,5-4,0		
DCO	Ppm	100.000		60.000	2.000

Le procédé est complété par le compostage du concentrât mélangé à d'autres déchets agricoles ou zootechniques.

Information sur les coûts :

- a) Dans une expérience pilote de Niro Atomizer S.A. pour la Confédération hydrographique du Guadalquivir (Espagne) (1991-92), on estima que le coût d'installation d'une installation d'évaporation forcée pour 5000 m³ de margine par an est de 180.000E., avec un coût opérationnel total (énergie, personne, matériaux) de 6.8E/m³.
- b) Des données complémentaires peuvent être obtenues dans le rapport n° 2/91 du Service de Recherche de l'Agence de l'Environnement du Gouvernement Autonome d'Andalousie (Espagne)

- c) Pour une production d'environ 10-12 000 Tm/an d'olives dans la Coopérative de Jimena (Jaen. Espagne), l'investissement total dans l'installation de traitement de margines peut atteindre environ 300.000 E.
- d) D'après des sources italiennes, les niveaux de coût rapportés sont les suivants :
- Investissement (pour 5 m³/h) : 300.000 E
 - Coût opérationnel : 13,19 E/m³

Limites et conditions d'application :

Les systèmes d'évaporation /de concentration thermique présentent les problèmes suivants :

- a) Investissement élevé, justifié seulement dans des conditions de production très élevée.
- b) Émissions atmosphériques, devant être atténuées moyennant l'installation d'équipements de filtrage et de lavage des gaz coûteux.
- c) Consommations énergétiques et coûts de maintenance élevés.

4.2.6. Épuration

4.2.6.1. Introduction

On dispose de références sur l'application des techniques suivantes :

- Traitement aérobie
- Traitements anaérobies ou biométhanisation
- Procédés membranaires
- Procédés d'adsorption et de biofiltration
- Oxydation humide

4.2.6.2. Traitement aérobie

Fondement : Le traitement aérobie (*bioremediation*) consiste en la dégradation biologique des polluants organiques présents dans la margine, grâce aux micro-organismes qui consomment l'oxygène dissous dans l'eau en modifiant l'équilibre naturel. Pour éliminer ou contrecarrer l'effet négatif que, sur les courants d'eaux superficiels, peut avoir le déversement de substances organiques, celles-ci doivent être éliminées au préalable. La quantité d'oxygène demandé par un courant pollué

par des substances organiques biodégradables se détermine à l'aide d'une analyse standardisée connue comme demande biologique en oxygène (DBO₅).

Responsable(s) du développement :

- University of Harokopio, Ms. Antonakou, Tél. +30-1-95-77-051, Fax. +30-1-95-77-050, Dpt. of Nutrition, Dietetics and Food Science, 70, El. Benizelou, 176 71 Atenas (Grèce). Ils ont développé plusieurs installations pilotes et de démonstration en bioremédiation à Kalamata.
- CSIC-Centre de pédologie et de biologie appliquée du Segura, Murcie (Espagne).
- CSIC-Institut de la graisse. Séville.(Espagne)

Phase du développement : fondamentalement pour ce qui est de la recherche et de l'installation pilote. (Voir photographies d'installations pilotes grecques de bioremédiation).

Description technique : Le traitement, outre poursuivre la réduction de la DBO₅, a pour objectif la réduction ou l'élimination d'un autre type de composés (sels inorganiques, composés azotés ou ammoniacaux) dont la quantification se fait à l'aide d'une autre analyse standardisée dénommée demande chimique en oxygène (DCO).

Les installations de traitements aérobies sont des installations où l'on facilite, accélère et contrôle la dégradation biologique qui aurait lieu dans le milieu naturel.

Les microorganismes présents dans l'eau dégradent la matière organique présente dans le milieu et la transforment en CO₂, en eau et en masse cellulaire. L'oxygène nécessaire pour que les microorganismes puissent procéder à la dégradation est fourni au réacteur aérobie au moyen de diffuseurs ou simplement de palettes ou d'agitateurs.

Les microorganismes qui réalisent la dégradation peuvent être en suspension ou fixes, et le processus est réalisable en continu ou en discontinu. Après une période de temps appropriée de traitement, dépendant des conditions opérationnelles et de la charge polluante de la margine, on procède à la clarification de l'eau résiduaire obtenant ainsi un effluent propre, une boue active qui est recirculée vers la citerne de traitement et une boue vieille qui doit être éliminée et qui, généralement, est utilisable comme substrat ou amendement organique sur des terres de culture.

Traditionnellement, la margine était traitée en la déposant dans des bassins de sédimentation où la dégradation aérobie ne pouvait se faire adéquatement du fait que les bassins étaient insuffisamment aérés, ce qui favorisait la digestion incontrôlée et l'émission de mauvaises odeurs. Le problème peut être atténué si l'on dispose d'équipements de ventilation (oxygénation) dans les bassins qui fournissent l'oxygène nécessaire pour que la digestion aérobie de la matière organique biodégradable se fasse.

La Fig. 4.2 montre un schéma générique d'un système de traitement aérobie de la margine.

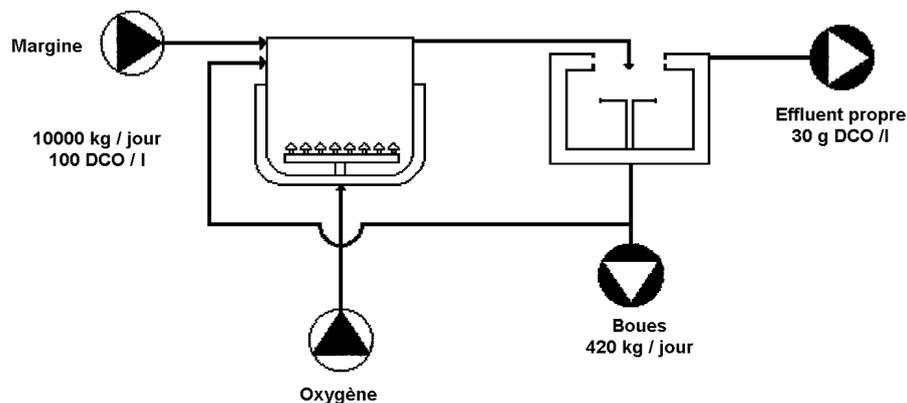


Figure 4.2. Schéma général et bilan approximatif du traitement aérobie de la margine

Les résultats obtenus dans toutes les expériences réalisées sont décourageants du fait que les temps requis sont élevés et du manque d'efficacité des procédés utilisés.

La principale cause de cet " échec " est dû à la concentration élevée de composés de nature phénolique se caractérisant par leur effet antimicrobien élevé, ce qui est largement documenté dans la littérature technico-scientifique (RAGAZZI Y VERONESSE, 1967 ; FEDERICI I BONGI, 1983 ; MORENO ET AL, 1983 ; RAMOS CORMEZANA, 1986 ; MAESTRO Y BORJA, 1990, etc.).

Limites et éléments conditionnants : Les principaux avantages de ce type de traitements sont : la faible toxicité et le danger réduit des effluents gazeux générés lors du processus, la facilité de contrôle du processus et le fait que l'effluent liquide

obtenu puisse être déversé directement dans le lit naturel. Les principaux désavantages sont : la faible diminution de la demande chimique en oxygène.

Coûts opérationnels : Le FiW (**FIW = Forschungsinstitut für Wasser und Abfallwirtschaft**) les a estimé à 23.000E pour une campagne de 90 jours, où sont générés approximativement 1 000 m³ de margine.

Exemples d'implantations existantes: Ces dernières années, un grand effort économique a été fait dans tous les pays producteurs d'huile d'olive, notamment par ceux qui se trouvent dans la zone méditerranéenne, pour trouver des microorganismes à l'épreuve de la haute toxicité des margines. Voir les photographies d'installations en Grèce.

4.2.6.3. Traitement anaérobie ou biométhanisation

Fondement : Traitement ou digestion anaérobie, méthanisation. C'est un procédé biochimique de fermentation dans lequel les substances organiques, telles que les protéines, les lipides ou les hydrates de carbone, sont dégradées par fermentation en produits intermédiaires, fondamentalement en acides et en alcools. Pour que le rendement de ce processus soit élevé, ces composés intermédiaires doivent être complètement dégradés en méthanol (30 m³ par 100 Kg de DCO d'influent) et en dioxyde de carbone

Responsable(s) du développement : BIOTECNOLOGÍA, S.A et ALPECHIN S.A. (Espagne). Des expériences pilotes furent effectuées à l'huilerie S.A.T. San José de Puebla de Cazalla (Séville) et à l'huilerie Jimena S.A., Atarfe (Grenade), toutes deux subventionnées par la Confédération hydrographique du Guadalquivir (campagne 1991-92). CSIC- Institut de la graisse (Séville)

Phase du développement : Dans le cas particulier du traitement des margines, à l'heure actuelle il n'existe pas d'installations industrielles. Ceci étant, il existe une multitude d'expériences et de recherches dans les installations pilotes.

Description technique : Voir Fig. 4.3. Le traitement anaérobie admet des courants résiduaux avec une grande charge polluante (DCO > 1 500 g/L) ; il produit en plus

une faible quantité d'excédent de boue et a un rendement énergétique considérable du fait de la génération de méthane lors du procédé et de son exigence d'espace réduit.

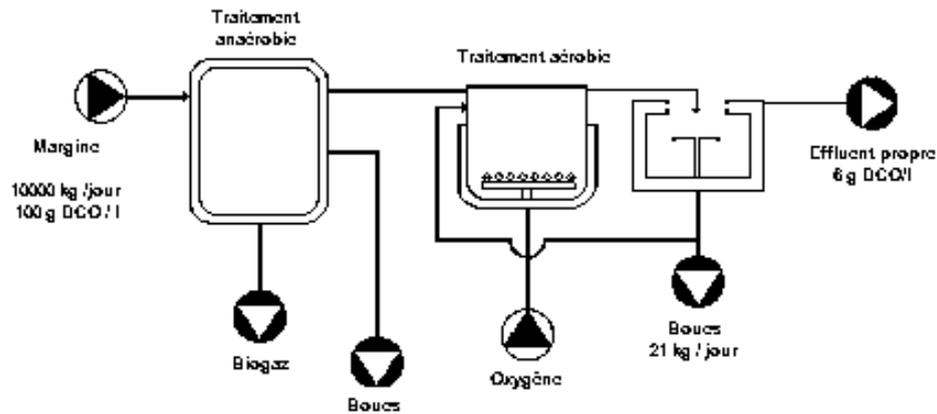


Figure 4.3. Schéma général et bilan approximatif du traitement anaérobie de la margine

Avantages fondamentaux du traitement anaérobie : l'efficacité élevée obtenue lors de la dégradation (diminution de la DCO), le petit volume du réacteur et de l'espace nécessaire en comparaison avec le système aérobie, la petite quantité d'excédent de boues générées par rapport au traitement aérobie, le coût opérationnel réduit du fait que la consommation énergétique pour l'aération et la ventilation du déchet aqueux et l'obtention d'un gaz combustible susceptible d'être employé dans des installations de génération électrique ne sont pas nécessaires.

Coût de traitement : estimé dans le même cas que dans le traitement aérobie (campagne de 90 jours, traitement de 1 000 m³ de margine), il est de 18 000 Euros, somme sensiblement inférieure à celle du traitement aérobie. Cependant, le traitement anaérobie en soi ne génère pas d'effluents déversables directement dans les courants d'eau superficielles, ce qui fait qu'il est nécessaire de disposer d'un système de traitement aérobie ultérieur similaire à celui décrit auparavant avec un coût avoisinant les 23 000 Euros. En résumé, **le coût total du traitement anaérobie-aérobie serait excessif**, à peu près 41 000 Euros, soit 41 Euros par m³ de margine

Exemples d'implantations existantes :

Il existe une expérience pilote du système Alpechín, S.A. subventionnée par la Confédération hydrographique du Guadalquivir en 1991-92 (Espagne).

La méthode fut développée conjointement par la Stazione Sperimentale per le Industrie degli Oli e dei Grassi, de Milan, et par l'entreprise Alpechín S.A, qui a assumé sa gestion commerciale. 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 margine 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, on obtient une réduction de 86 % de la DCO et il ne se produit pratiquement pas de boues. 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.

Le coût fut **également excessif** : environ 180.000E d'investissement pour 4 000 m³ de margine, c'est-à-dire 3.6 E/m³ de margine traitée, avec des coûts d'exploitation d'environ 6 E/m³.

Les micro-organismes responsables de la méthanisation sont très sensibles à la température et atteignent une activité optimale à des températures comprises entre 30 °C et 40 °C et avec un intervalle étroit de pH entre 6,8 et 7,5.

4.2.6.4. Procédés de membranes

Fondement : Les procédés à membranes, comme l'ultrafiltration et l'osmose inverse, s'emploient souvent dans le traitement de certains courants liquides résiduaux, ceci permettant d'éliminer les polluants de l'eau en générant un courant liquide et un courant concentré.

Responsable(s) du développement : voir les exemples d'implantation.

Phase du développement : recherche et installation pilote.

Description technique : Dans le cas particulier de la margine, deux courants sont obtenus : un courant d'eau déversable directement dans le lit des fleuves et un courant avec une grande concentration dans les composants polluants de margine d'origine.

Le procédé permet d'éliminer 100 % de la DCO d'origine du courant. Ceci dit, les membranes expérimentent une rapide dégradation, ce qui répercute directement sur le coût opérationnel. Circonstance qui oblige à soumettre le courant résiduaire, margine, à un traitement préalable, par exemple, un traitement aérobie. La Fig. 4.4 montre un schéma du traitement proposé.

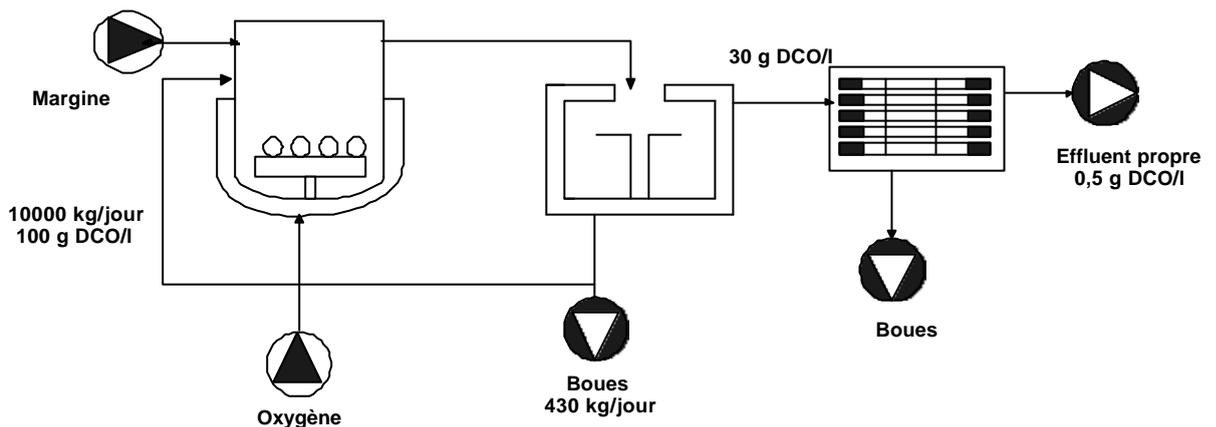


Figure 4.4. Système de traitement combiné, Aérobie/Osmose inverse

Les principaux avantages du traitement sont la grande réduction obtenue dans la DCO, le peu d'espace requis par l'installation et la possibilité de réutilisation de l'effluent propre. En revanche, le procédé nécessite un prétraitement et une demande énergétique élevée, circonstances, toutes deux, qui font monter considérablement le prix de l'ensemble du procédé.

Le coût total du traitement combiné est élevé (estimé par le FiW pour 1 000 m³ de margine par saison), soit 50 000 Euros, dont 23 000 correspondent au traitement aérobie et 27 000 à l'opération d'osmose inverse.

Exemples d'implantations existantes : En 1991-92, des expériences pilotes ont été faites, subventionnées par la Confédération hydrographique du Guadalquivir (Espagne) :

- 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^a S^a de la Merced en Montoro (Córdoba).

Dans tous les cas, les **coûts sont aussi très élevés**, entre 150.000 et 180.000E d'installation (3-4.2E/m³ de marge traitée) et d'exploitation d'environ 6E/m³.

4.2.6.5. Procédés d'adsorption et de biofiltration

Dénomination et fondement : Les procédés de filtration s'emploient fréquemment pour éliminer des solides des eaux résiduaires. Les solides contenus dans l'eau sont retenus en formant un tourteau qui augmente la résistance au passage du déchet, augmentant en même temps l'efficacité de la filtration et le coût opérationnel. Dans les filtres conventionnels, les composés dissous passent avec le déchet aqueux et restent à l'état brut. Cependant, les procédés de biofiltration sont une exception ; dans ce cas, le filtre sert en plus de nutriment pour les bactéries, donnant lieu à un procédé de dégradation biologique des substances organiques dissoutes. Les installations de biofiltration éliminent 100 % des solides et entre 70 % et 80 % des composés organiques dissous.

Responsable(s) du développement : récemment, un projet a été proposé concernant la biofiltration et la filtration-adsorption à la Commission européenne par l'Université polytechnique de Toulouse (France) et l'Université Complutense de Madrid (Espagne) (Prof. Aragón, Départ. Génie chimique).

Phase du développement : Recherche.

Description technique : Le procédé de biofiltration exige que l'on puisse fournir d'une manière ou d'une autre la quantité d'oxygène nécessaire pour réaliser le procédé

aérobie, Fig. 4.5. Le lavage du filtre fournit un concentrât qui est parfaitement utilisable dans les champs de culture.

Exemples d'implantations existantes : Inconnus.

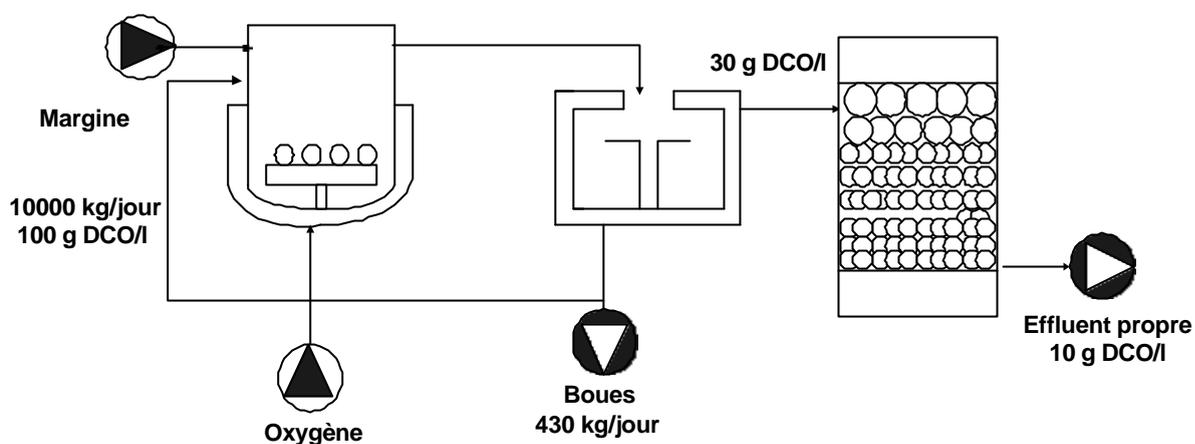


Figure 4.5. Schéma et bilan de matière approximatif du procédé de biofiltration

Le coût opérationnel estimé par le FiW pour le procédé décrit avec les capacités de traitements de 1 000 m³ de margine est de 23 000 Euros ou de 46 000 Euros si l'on inclut le prétraitement aérobie.

Les principaux avantages du procédé tiennent à la rétention de solides et à l'élimination d'une grande partie des composés organiques dissous. Les désavantages les plus saillants sont les risques d'engorgement du filtre et le pouvoir polluant élevé du concentrât (tourteau) résultant.

Une variation ou alternative à la biofiltration est l'adsorption. L'adsorption consiste en la concentration du polluant organique dans un support solide avec une grande surface spécifique, généralement du charbon actif (500-1 500 m²/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, etc.).

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 de personnel qualifié. Les principaux avantages sont l'impossibilité de réutilisation du charbon

actif, qui, toutefois, du fait de son pouvoir calorifique élevé, peut être employé dans des procédés de combustion et la nécessité de réaliser un prétraitement.

Le coût du traitement d'adsorption est estimé à 47 000 Euros, ventilés comme suit : 23 000 Euros correspondent à l'installation de prétraitement aérobie et 24 000 à l'installation d'adsorption.

4.2.6.6. Oxydation humide

Fondement : On dénomme oxydation humide le procédé selon lequel on procède à l'oxydation des substances organiques en phase liquide en se servant de l'oxygène ou d'un autre oxydant chimique tel que l'ozone ou le peroxyde d'hydrogène. Le procédé se fait à hautes pressions (10 – 220 bar) et à des températures relativement élevées (120 – 330 °C). Le procédé d'oxydation produit fondamentalement du CO₂ et de l'eau, bien que normalement d'autres oxydes soient générés.

Responsable(s) du développement : FiW, (Allemagne). Des expériences de traitement de la margine à l'ozone ont été réalisées par BELTRAN DE HEREDIA, J et al. (2000), à l'Université d'Estrémadure (Espagne).

Phase du développement : Seulement des estimations théoriques comparatives avec d'autres eaux résiduaires. Il n'a pas été appliqué directement à l'épuration de margines, exception faite des traitements à l'ozone rapportés au paragraphe précédent.

Description technique : Lorsque l'oxydation n'est pas complète, les composés difficilement biodégradables ou non biodégradables sont transformés en fragments biodégradables, de sorte que, généralement, on situe une installation de traitement biologique des eaux sous l'installation d'oxydation.

Le coût opérationnel est, approximativement, de 18 000 E et s'il est nécessaire d'utiliser une installation de traitement aérobie les coûts s'élèvent jusqu'à 41.000 E par m³ de margine traitée.

Avantages : Les principaux points forts de ce traitement résident dans le peu d'espace qu'il requiert et dans le fait, en outre, que l'eau traitée par cette méthode

peut être évacuée normalement dans les lits des fleuves. Toutefois, et malgré le degré de purification élevé qui est atteint, les désavantages sont dus fondamentalement aux émissions dans l'atmosphère et à la haute demande énergétique qu'exige l'installation de traitement.

4.2.7. Systèmes combinés et autres

À la suite sont décrites 6 méthodes originales consistant en des combinaisons plus ou plus compliquées d'autres méthodes :

4.2.7.1. Épuration et concentration thermique (TRAINALBA S.L) (Espagne)

Il s'agit d'une combinaison des systèmes de :

- a) Traitement physico-chimique par floculation des margines, ce qui se traduit par une séparation de solides en suspension et l'entraînement de substances phénoliques, donnant lieu à une pâte qui, avec une adjonction de mélasses, est utilisable comme produit pour l'alimentation du bétail ou est susceptible d'être ajoutée dans les procédés de compostage.
- b) Traitement par concentration thermique, comme décrit au point 4.2.5 antérieur.

Ce type d'installation a été mis en place à la Coopérative agricole de Jimena, entre autres localisations.

Le facteur limitant et conditionnant de l'applicabilité du système s'avère être l'investissement nécessaire élevé.

À l'heure actuelle, TRAINALBA SL est en train de projeter la mise en place d'une installation de traitement à Baena, ainsi que de grands bassins d'approvisionnement en margines, pour utiliser un système de cogénération électrique caractérisé par :

- L'emploi de gaz naturel comme combustible qu'actionnent des moto-alternateurs de grande puissance.
- La réutilisation de la chaleur des gaz d'échappement comme source thermique pour le séchage ou l'évaporation des margines.

Le régime spécial de cogénérateurs auquel les installations de traitement de biomasse peuvent recourir permet de rentabiliser l'investissement.

4.2.7.2. Épuration intégrale par des procédés physico-chimiques et biologiques

Fondement : De nombreuses études démontrent que les polyphénols de la margine, principaux agents antimicrobiens responsables du mauvais fonctionnement des systèmes d'épuration biologique, peuvent être dégradés par des champignons et des bactéries après une hydrolyse enzymatique. À la vue des bons résultats obtenus lors de l'élimination de ces composants phénoliques (BORJA et. Al, 1990), l'Institut de la Graisse de Séville (Espagne) aborda l'application successive des procédés d'épuration anaérobies, aérobies et physico-chimiques dans le but d'arriver à obtenir un effluent ayant des caractéristiques adéquates en vue de son déversement dans les lits fluviaux.

Description technique : Application successive de quatre étapes :

a) Bioconversion :

Elle a pour objet de récupérer l'huile émulsionnée avec la margine et d'éliminer les composants phénoliques. On obtient ainsi :

- La formation d'une masse lipoprotéique qui retient pratiquement toute l'huile, avec la composition suivante :
 - Humidité : 60 %
 - Huile d'olive : 7 %
 - Protéine : 10 %
 - Hydrates de carbone : 11 %
 - Minéraux : 12 %
 - Rendement : 56 Kg/m³

- Élimination de 70 % de la teneur en polyphénols
- Élimination des solides en suspension, des substances colloïdales et d'une partie des sels minéraux

Les caractéristiques de l'effluent du procédé de bioconversion, au bout de 15 jours, sont les suivantes :

- pH : 4,5-5,5
- DCO : 20 000-30 000 ppm
- Solides en suspension : Exempt

b) Biométhanisation

Procédé d'épuration anaérobie impliquant la rupture des molécules organiques jusqu'à leur transformation en méthane et en anhydride carbonique sous l'action symbiotique de 3 groupes de microorganismes : bactéries hydrolytiques, acétobacters et méthanobactéries.

En raison de la présence de polyphénols inhibiteurs dans la margine fraîche, les temps de séjour hydraulique dans les bioréacteurs sont très élevés, de l'ordre de 30 à 40 jours, ce qui répercute dans des coûts d'installation élevés. Mais, en appliquant la digestion anaérobie à l'effluent résultant de la bioconversion, l'effet inhibiteur disparaît et les temps de séjour hydraulique ne dépassent pas 4 jours. La température optimale de procédé est de 35-37 °C.

Les caractéristiques du biogaz obtenu sont les suivantes :

- Volume : 10 m³/ m³ de margine
- Pouvoir calorifique : 6 000 kcal/m³
- Équivalent énergétique : 6 Kg fuel-oil / m³ margine et 17 Kg tourteau

Les caractéristiques de l'effluent anaérobie sont les suivantes :

- pH : 7,2-7,5
- DCO : 4 000 – 5 000 ppm
- Efficacité épurat. 80 %

c) Traitement aérobie

Un procédé d'aération (aérobie) est appliqué à l'effluent antérieur. On obtient une biomasse bactérienne et l'effluent aérobie, avec la composition suivante :

- Biomasse bactérienne:
 - Humidité : 70 %
 - Protéine : 10 %
 - Hydrate de carbone : 12 %
 - Minéraux : 8 %
 - Rendement : 3 Kg/m³

- Effluent aérobie :
 - pH : 7,0 – 7,2
 - DCO : 1 000 ppm
 - Efficacité en épurat. 80 %

d) Traitement physico-chimique

Pour éliminer la coloration du liquide résultant et continuer à diminuer sa DCO, on applique un traitement physico-chimique consistant en l'adjonction de petites quantités de sulfate d'alumine comme polyélectrolyte. Cela donne un effluent final doté des caractéristiques suivantes :

- pH : 6,5-7,0
- DCO : < 500 ppm
- Sels dissous : 5-7 Kg/m³
- Coloration : Exempt

Dans l'ensemble, un temps de séjour hydraulique total de moins de 15 jours donne une épuration intégrale (99,6 %) de la margine et l'obtention de :

- 56 Kg/m³ de masse lipoprotéique, avec possibilité d'extraction de l'huile résiduaire.
- 10 m³/ m³ de biogaz, équivalant à une énergie de 60 000 kcal/m³ de margine traitée.
- 3 Kg/m³ de biomasse bactérienne pouvant être destinée à l'alimentation du bétail.

Coûts : La répercussion estimée par mètre cube de margine traitée, dans une installation dont les dimensions sont de moyennes à élevées (de l'ordre de 1 000 m³/an), se situe dans les valeurs suivantes :

- Opération : 7.8 E/m³
- Amortissements : 3.6 E/m³

Aucune rentrée n'a été déduite pour la valeur du biogaz ni des déchets gras ou protéiques utiles.

Exemples d'installations existantes en Espagne: Deux installations de ce type furent mises en place dans la Coopérative de Puebla de Cazalla (Córdoba), avec un digesteur de 500 m³ et à Monterrubio de la Serena (Badajoz), dont le digesteur était de 1 000 m³. On arrivait à ramener la DCO à environ 500 ppm. Le cas de l'installation d'épuration de Sóller, fondé sur des principes analogues, est décrit au point suivant.

4.2.7.3. Le cas de l'installation d'épuration de Sóller (Majorque)

Dans les environs de Sóller, il existe trois huileries d'olives (Coopérative San Bartolomé, Can Deià et Can Repic), avec une production variable de 600 à 1 200 m³ de margine par campagne.

Pour résoudre le problème de l'impact sur l'environnement de ces rejets, l'INSTITUT BALÉARE D'ASSAINISSEMENT (IBASAN) construisit et mis en marche en 1998 une installation d'épuration capable de traiter environ 8 m³/jour de margines. La conception était plutôt celle d'effectuer une pré-épuration avant d'envoyer les eaux à la Station d'épuration des eaux résiduaires urbaines existante.

Le procédé est le suivant :

- a) Réception de la margine: Le transport vers l'installation depuis les huileries d'olives se fait avec des tonnes du type employé pour les purins.
- b) Ébauchage : Au moyen d'un filtre en papier de 15 mm.

- c) Procédé physico-chimique de neutralisation et de floculation pour l'élimination de solides dissous et l'entraînement de composants phénoliques. Les boues et le liquide surnageant sont séparés.
- d) Régulation de débit dans le traitement anaérobie, grâce à un réservoir-poumon avec des aérateurs. La margine reçoit ici sa première aération.
- e) Traitement biologique avec deux réacteurs à un taux d'oxydation élevé, avec formation de biomasse bactérienne sur des supports spéciaux. Les bactéries lyophilisées, spécialement sélectionnées pour résister aux composants phénoliques et les dégrader, sont ajoutées dans chaque campagne. Le temps de rétention hydraulique est de 22 jours.
- f) Décantation secondaire dans une unité conçue pour une charge superficielle de $1,02 \text{ m}^2/\text{m}^2/\text{h}$
- g) Réservoir pour la fourniture à l'EDAR des eaux résiduaires urbaines en vue de leur traitement.

La DCO d'entrée de la margine fraîche oscille entre 45 000 et 74 000 ppm et l'installation arrive à obtenir un rendement quasiment supérieur à 90 %.

Le coût d'investissement fut de l'ordre de 240.000 E et les coûts annuels opérationnels sont de l'ordre de 18.000 E/an. En comptant un amortissement sur 15 ans, le coût total serait d'environ 33.000 E/an, ce qui se traduit par environ 0.02-0.03 E/litre de margine traitée si l'on traitait $1\ 000 \text{ m}^3/\text{an}$.

Pendant la campagne 1998-99, un total de 512 m^3 de margine (faible récolte et l'une des huileries d'olives n'a pas marché) fut traité. Les consommations de réactifs de l'installation d'épuration furent, pour cette quantité d'influent, les suivantes :

- Cal (CaO) : $5,5 \text{ Kg}/\text{m}^3$
- Polyélectrolyte : 0,068 “
- Acide sulfurique : 0,0976 “
- Oxygène pur (O_2) : 100,2 “
- Groupement bactérien lyophilisé : 0,016 “

4.2.7.4. Autres systèmes

4.2.7.4.1. Sistema Perialisi, S.A.

Il s'agit, en réalité, d'un procédé de séchage ou d'évaporation d'une masse constituée par le grignon d'olives auquel la margine est ajoutée (Fig. 4.6).

L'ensemble est passé par une installation de séchage ou d'évaporation formée par les éléments suivants :

- Four ou chambre à combustion, formé par deux corps cylindriques concentriques.
- Brûleur de combustible solide, qui peut être le grignon d'olives sec, le tourteau ou le noyau.
- Préchambre pare-feu
- Trommel de séchage, rotatif, à double circuit
- Cyclones et filtres pour élimination de particules solides de la vapeur d'eau
- Cheminée

Il s'agit, en réalité, du même équipement utilisé pour le séchage de grignons humides. Conçu pour des capacités de 500 000 à 12 000 000 Kcal/h.

L'avantage du système réside dans l'enrichissement des grignons d'olives par la matière grasse contenue dans la margine, ainsi que l'élimination complète de ce déchet. D'une certaine manière, on est en train de sécher un mélange similaire au "grignon humide" ou grignon d'olives à deux phases.

L'inconvénient du procédé est l'investissement élevé requis, à savoir un minimum de quelques 180.000-210.000 E pour une huilerie de 10 000 Tm/an d'olives. Il faut, en outre, faire tout particulièrement attention aux émissions atmosphériques de particules solides.

On reviendra sur ce système, dans le Chapitre suivant, lorsqu'on analysera les stratégies de séchage des grignons humides.

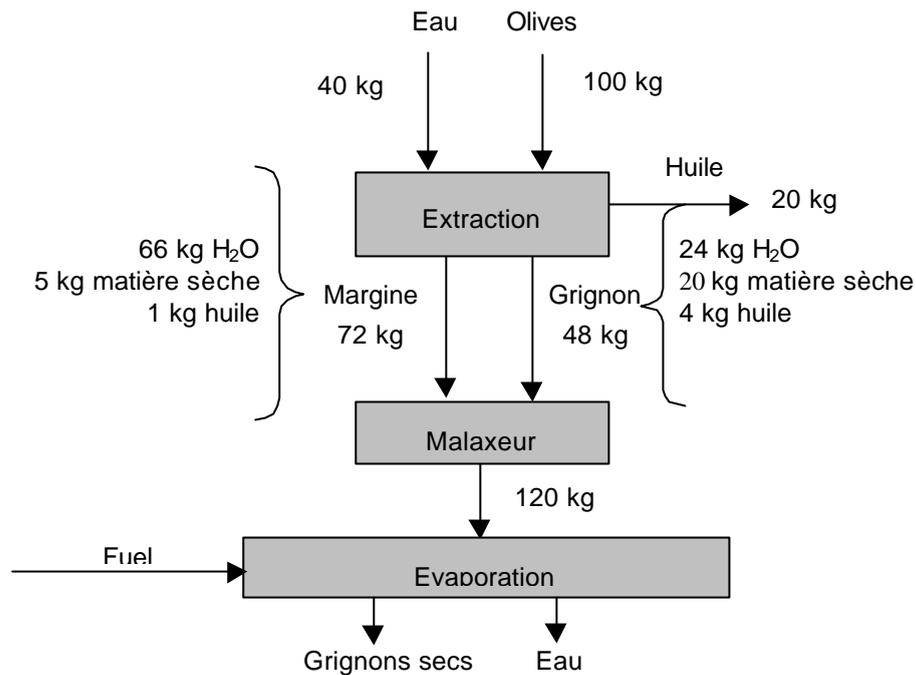


Figure 4.6.- Bilan de matière approximatif du procédé PIERALISI: procédé de séchage d'une masse de grignon + margine

4.2.7.4.2.- Nébulisation-Incinération

Ce procédé consiste à nébuliser la margine et à l'introduire dans un four en formant un mélange avec les gaz de combustion. L'évaporation de l'eau se produit en même temps que l'incinération de la matière organique de la margine.

4.2.7.4.3. Méthode SAEM

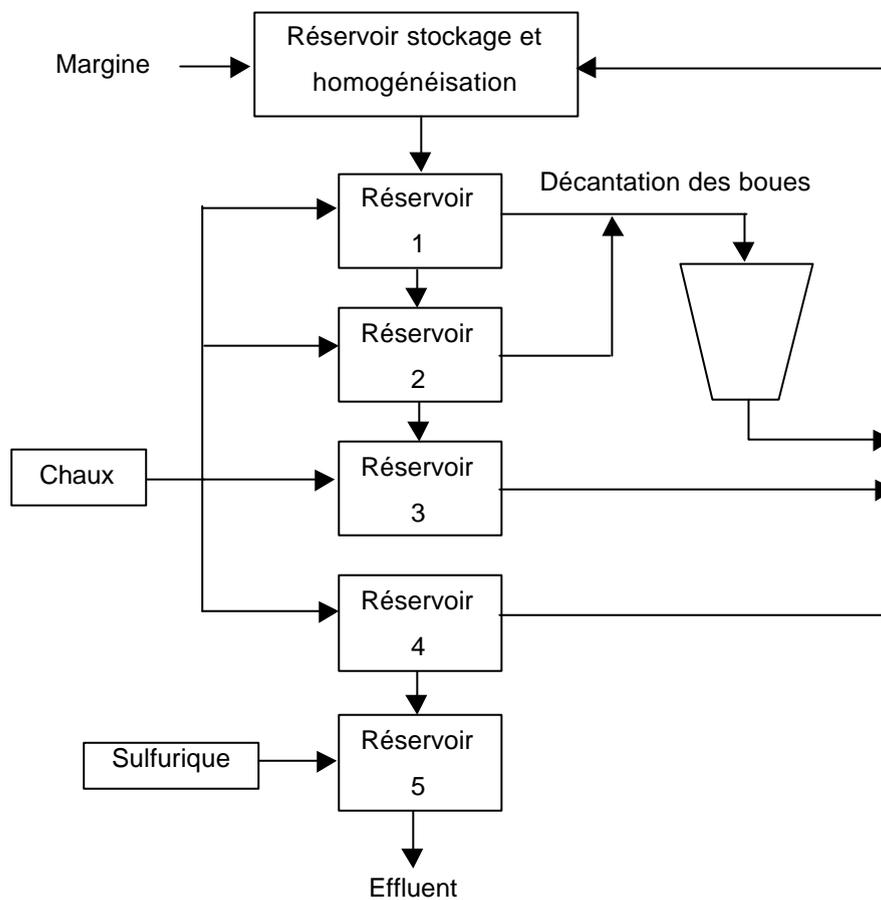
Développé en Italie, il s'agit de nouveau d'un système d'épuration basé sur des procédés physico-chimiques. Le traitement comporte 5 étapes (fig. 4.7) et se produit dans 5 citernes en série. Dans les 4 premières citernes, la margine est traitée avec de la chaux et dans la cinquième avec de l'acide sulfurique.

Le traitement avec la chaux induit la formation de boues dans les citernes 1 et 2 qui sont pompées dans un bassin de décantation. L'eau surnageant chargée de chaux, ainsi que l'eau des citernes trois et quatre, est incorporée à un bassin d'homogénéisation dans la proportion 1:4. L'on obtient ainsi un prétraitement alcalin et une grande dilution de la charge polluante d'origine.

Dans la citerne 5 a lieu le traitement à l'acide sulfurique pour régler le pH. Le rejet se produit après un temps de séjour d'environ 21 heures.

Le procédé fut implanté pour le traitement d'environ 30 m³/jour de margine fraîche, ce qui donne lieu à environ 3 600 Kg de boues devant faire l'objet d'élimination ou de gestion spécifique. Le rendement lors de l'épuration est de 99 %. Du fait de leur pH élevé, les boues sont bien stabilisées et utilisables comme amendement organique agricole.

Figure 4.7.- Diagramme du méthode SAEM



4.2.7.4.4. Méthode Fernández Saro

Elle combine des systèmes de floculation-décantation et des méthodes de filtration sous vide ou d'ultracentrifugation. Ultérieurement, a lieu un procédé aérobique et le traitement final des boues obtenues.

4.2.7.4.5. Système LV de Salamanca Ingenieros

Essayé à la fin des années 80 dans une huilerie située dans la Sierra de Cazorla (Andalousie. Espagne). Il comporte les étapes suivantes :

- a) Extraction de l'huile résiduelle de la margine à l'aide d'un solvant non polaire
- b) Floculation
- c) Carbonatation au moyen d'un traitement à la chaux et à l'oxyde de carbone
- d) Traitement aérobique-anaérobique
- e) Adsorption au charbon actif

4.3. Traitement de solides : Grignons d'olives

4.3.1. Introduction

Les **principaux déchets solides** générés dans la production d'huile d'olive sont le **grignon** et le **grignon humide**. Après l'extraction d'huile de grignons d'olives et de grignons humides, on obtient du **tourteau**.

En Espagne, en ce moment, la plupart des grignons d'olives générés sont à deux phases, soit du **grignon humide d'olives**. Dans quelques huileries, on fait la **seconde extraction** ou **repassage** : centrifugation dans un décanteur à deux ou à trois phases.

En Italie et en Grèce, la situation est très différente à cause de la grande dispersion des huileries et de leurs petites dimensions habituelles. La situation de dispersion et la faible capacité se répètent dans la plupart des pays producteurs. Uniquement dans le cas de la Tunisie, on peut parler d'une forte concentration dans la ville de Sfax, bien que les dimensions de chaque unité industrielle soient également réduites.

Les traitements disponibles à l'échelle industrielle et économiquement viables dans les conditions de dimension opportunes sont les suivants :

1. Séchage de grignons et extraction d'huile de grignons (extracteurs traditionnels ou extracteurs de grignons), présents dans les grands pays producteurs, mais pas dans certains petits pays).
2. Séchage de mélanges de grignons et de grignons humides d'olives suivi d'extraction (exemples de ACEITES PINA, COMERCIAL D'OLIS I DERIVATS, etc.).
3. Seconde extraction par centrifugation des grignons humides d'olives et incinération des grignons humides d'olives traitées pour produire de l'électricité (exemple de VETEJAR, OLEÍCOLA EL TEJAR, S.A.).
4. Avec certaines limitations (marché, demande, distances), une partie des déchets est utilisée à d'autres fins: compostage de grignons ou de grignons humides d'olives, pyrolyse de noyaux pour obtenir du charbon actif (El Tejar, S.A.) et des additifs d'aliments secs pour animaux (mélanges de pulpe avec d'autres déchets).

L'Italie, la Grèce, la Turquie et la Tunisie présentent de grandes différences par rapport à l'Espagne, à cause de ce qui a été commenté auparavant. En effet, il n'y a pas de productions massives et territorialement concentrées de grignons, de margines et de grignons humides d'olives, du moins pas avec l'importance avec laquelle elles se produisent en Andalousie. De fait, l'implantation de systèmes à deux phases n'a pas eu dans ces pays l'étendue qu'elle a enregistrée en Espagne, ce qui fait que les solutions pour les grignons humides d'olives ne sont, pour l'instant, pratiquement utiles que pour l'Espagne.

4.3.2. Utilisation pour l'extraction d'huile résiduelle.

4.3.2.1. Description

On a déjà dit que les grignons issus des huileries travaillant à la presse ou en système en continu à trois phases ont une teneur en huile résiduelle de l'ordre 4-8 %, ce qui justifie leur extraction par solvant (hexane) avec un procédé similaire à celui utilisé pour l'extraction de l'huile de graines (soja, tournesol, colza).

Dans la plupart des pays producteurs d'huile d'olive, il existe des industries de seconde extraction (installations d'extraction ou d'extraction de grignons) consacrées à cette activité. C'est le cas de l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Tunisie, la Syrie, etc.

C'est pourquoi, cette destination est la plus recommandable pour ces situations, ce qui fait que l'huilerie perçoit, en Espagne, un prix de l'ordre de 0.01-0.02E/Kg de grignons conventionnels (pour les grignons humides le prix payé ne dépasse généralement pas 0.005E/Kg).

Le procédé comporte les opérations de base suivantes :

- a) Transport de l'huilerie à l'installation d'extraction de grignons.
- b) Approvisionnement de l'installation d'extraction
- c) Séchage, de 25-35 % d'humidité à 8-10 %, qui est l'humidité d'extraction
- d) Extraction dans un courant d'hexane, obtenant ainsi :
 - L'huile de grignons
 - Le tourteau ou les grignons extraits

Dans l'installation d'extraction, la séparation du noyau de la pulpe peut avoir lieu, obtenant ainsi le " noyau " et le " tourteau tamisé ", avec les destinations les plus fréquentes suivantes :

- Noyau et tourteau : combustible
- Tourteau tamisé : alimentation animale

Dans le Chapitre III de cette étude, on a donné les renseignements opportuns en ce qui concerne les prestations de ces résidus pour les destinations indiquées.

4.3.2.2. Limites d'applicabilité

L'investissement dans les installations de séchage et d'extraction est élevé, par conséquent les capacités de procédé doivent être forcément élevées. À titre d'orientation, on peut dire que, dans le contexte européen, une installation d'une capacité de traitement inférieure à 200 000 Tm/an de grignons ne serait pas justifiée. Par ailleurs, ces installations fonctionnent généralement tout au long de l'année dans l'extraction d'huiles de graines.

C'est pourquoi, dans pratiquement tous les cas, il s'agit d'installations qui desservent plusieurs huileries et qui sont situées à pas plus de 200 km de celles-ci.

4.3.3. Autres utilisations

Seulement dans le cas où l'envoi des grignons à l'installation d'extraction n'est pas possible, on mettra en œuvre d'autres systèmes de valorisation des grignons. Les plus habituels sont :

4.3.3.1. Utilisation comme combustible :

Utilisation directe dans des poêles domestiques ou des fours, d'une capacité calorifique de l'ordre de 3 500 kcal/h.

4.3.3.2. Alimentation du bétail :

En se servant des valeurs nutritionnelles décrites au Chapitre III de l'étude, on peut doser le produit pour l'alimentation de ruminants (ovin, caprin et camélidés).

Il faut insister sur le fait que l'appétissibilité est très modérée et ce pour deux raisons fondamentales :

- présence de composants lignocellulosiques
- Dégradation rapide due à des fermentations si on le garde pendant une période de temps courte.

Pour ces raisons, des **techniques d'ensilage** ont été essayées, les résultats obtenus s'étant avérés bons. Une étude récente (M. HADJIPANAYIOTOU, 1999) développée à l'Institut de Recherche Agraire de Chypre (OLIVAE, n° 76, avril 1999) apporta une technique assez simple et efficace. En voici les conclusions :

- Technique d'ensilage en tas avec des grignons frais, n'ayant pas plus de 7 jours, avec une couverture en lame de matière plastique (29,25 m² de plastique pour couvrir 20 Tm de grignons.
- Mélange éventuel avec d'autres résidus, tels que le fumier de poule.
- Pas d'apparition de moisissure. Couleur et odeur agréables.
- Pas d'apparition de salmonelles, de listerias ni de clostridies.
- Grande appétissibilité pour le bétail.

4.3.3.3. Compostage

Le compostage est un processus bio-oxydatif contrôlé qui est développé sur des substrats organiques hétérogènes à l'état solide sous l'action de microorganismes. Il implique le passage à travers une étape thermophile et une production temporaire de phytotoxines, les produits de biodégradation générés étant le dioxyde de carbone, l'eau, les minéraux et une matière organique stabilisée, libre de composés phytotoxiques et pathogènes, avec une richesse humique.

Le compostage se fait si les conditions adéquates d'aération, de température, les nutriments, le pH et l'humidité requises sont fournies au substrat. Le facteur critique est l'aération. Le compostage peut se faire principalement de trois façons :

- En files : Entassé en files et retourné périodiquement pour aérer le mélange, libérer l'excès de chaleur et favoriser l'élimination de composés volatiles.
- En piles statiques : Similaire à la mise en tas précédente, mais sans retournement. L'aération s'obtient grâce à un réseau basal de tuyaux perforés.
- En réacteur fermé : Pour accélérer le processus depuis un peu plus de 30 jours jusqu'à seulement trois ou quatre jours.

Pour obtenir un bon compost, il convient de mélanger les grignons à d'autres déchets tels que la paille de céréales, les marcs de viticulture, etc. Le processus de compostage est utilisé dans les installations de valorisation des grignons humides, comme c'est expliqué plus loin.

L'addition aux grignons de déchets végétaux et terreux issus du lavage des olives s'avère une stratégie recommandable.

4.4. Traitement de solides: Grignons humides d'olives

4.4.1. Introduction

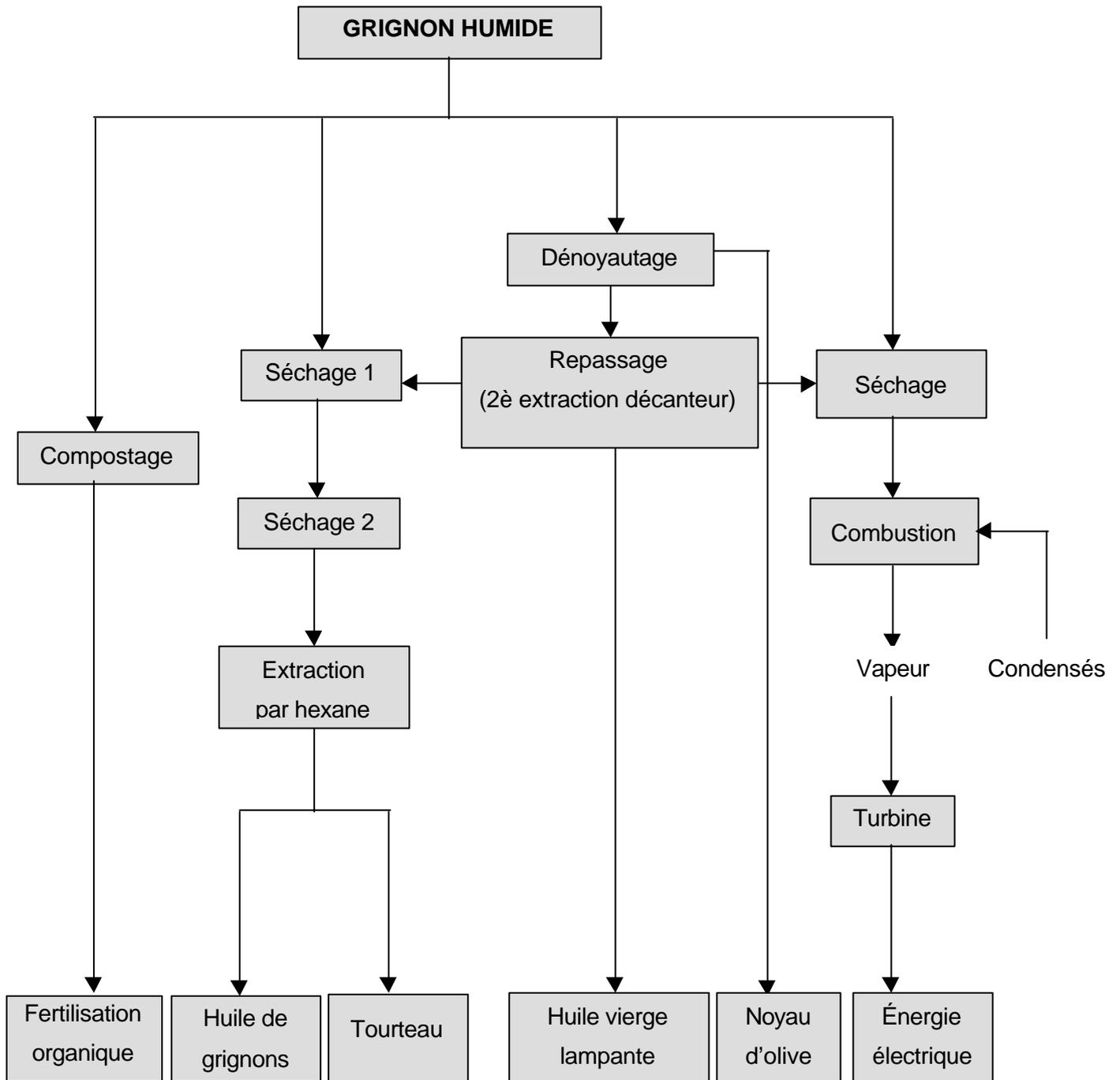
L'apparition de grignons humides ou de grignons à deux phases, comme solution à la production et gestion des margines, a entraîné la nécessité de mettre au point des stratégies et des techniques de traitement et de valorisation de ce " nouveau " sous-produit.

Une vision générale des circuits et des opérations auxquels sont soumis les grignons humides sont montrés dans la figure 4.8. Ainsi, les possibilités sont :

- a) Séchage et extraction de l'huile résiduelle dans un extracteur à hexane, comme dans le cas des grignons à 3 phases. Avec extraction préalable du noyau (dénoyautage) ou sans elle.
- b) Fabrication de compost comme fertilisant ou amendement organique.
- c) Combustion dans le processus de cogénération électrique.
- d) Opérations combinées : installations d'utilisation intégrale de grignons humides.

Comme cela a été dit auparavant, la plupart de ces procédés ont eu et continuent d'avoir un niveau maximal de développement en Espagne, par suite de l'énorme diffusion du système d'élaboration en continu à deux phases.

Fig. 4.8. Vision générale des systèmes de valorisation des grignons humides d'olives.



4.4.2. Compostage des grignons humides d'olives

Fondement: Le principal objectif du compostage est celui de réduire la masse, d'éliminer les odeurs et d'assainir le déchet le plus possible afin de produire un compost organique de grande qualité et de faible pouvoir polluant.

Description technique : Le compostage de déchets de margines (sèches) et de grignons est bien défini et développé. Les grignons humides d'olives frais ont une grande quantité d'eau qui empêcherait la diffusion d'oxygène les premiers jours de compostage ; c'est pourquoi le compostage des grignons humides d'olives exige l'addition d'un matériau structural tel que copeaux de bois, feuilles, pailles, voire du compost sec. Quand il est nécessaire de traiter une grande quantité de grignons humides d'olives, il faut ajouter une grande quantité de matériau structural. La quantité d'**espace** requis dans ce but augmente considérablement.

Le compost généré est utilisable en agriculture (notamment si c'est un compost de haute qualité et conçu " sur mesure " pour des cultures de haute valeur ajoutée, telles que fleurs, horticulture sous serre chauffée,...).

Coûts : Lorsque l'installation de compostage marche bien, il n'y a pas de production de déchets liquides. Le coût opérationnel pour le traitement de 3 500 tonnes de grignons humides d'olives (secs) est de 50 000 Euros et on arrive à dégrader 40 % de la matière organique.

Les recherches effectuées par le Professeur Balis (Université de Harokopio. Grèce) révèlent que le coût du compostage peut être considérablement réduit si l'addition de matière structurale se fait seulement au début du processus et si l'on emploie, ultérieurement, des grignons humides d'olives déjà compostés comme matériau structural. En appliquant ce procédé, le processus **peut être économiquement rentable**.

Exemples d'implantations existantes :

- Installations pilotes de compostage du Prof. Balis à Kalamata (Grèce).
Coopérative de Kalamata (Messiniaki, S.A.)
- Installation à La Gineta (Albacete, Espagne). Voir description au point 4.5.2 de ce Chapitre.

4.4.3. Séchage et extraction d'huile de grignons

Fondement : Habituellement, on sèche le produit pour lui donner les caractéristiques nécessaires à l'extraction d'huile de grignons ou pour pouvoir l'incinérer adéquatement et produire de l'électricité.

Le procédé de séchage, que ce soit par évaporation naturelle, par convection ou par rayonnement, est la méthode la plus employée pour le traitement des **grignons et des grignons humides d'olives**. Les principaux désavantages que présente le séchage dans des bassins sont les odeurs qui se dégagent lors du processus et les composés organiques volatiles qui sont transférés dans l'atmosphère.

Le séchage pour passer à d'autres traitements du solide (notamment l'extraction d'huile de grignons) se fait par convection, où la chaleur des gaz chauds de combustion du tourteau est utilisée pour le séchage des grignons, des grignons humides d'olives ou des mélanges de grignons humides-grignons. On emploie à cet effet presque toujours les fours tournants, du type qui a été décrit au point 2.7.4.1 de ce même Chapitre (exemple de séchoir marque PIERALISI).

Phase du développement : Séchoirs tournants à l'échelle industrielle et opérationnels. D'autres types (lit fluidisé, anneaux, cyclones) seulement à l'échelle pilote.

Description technique : Les variantes que l'on peut trouver sont les suivantes :

a) Séchage en huilerie

Il s'agit de ramener l'humidité des grignons à deux phases (60-70 %) à celle qui correspondrait à des grignons de pressoir ou à trois phases (25-35 %). On arrive avec cela à :

- Résoudre les problèmes de transport vers l'installation d'extraction de grignons, propres à un produit pâteux comme le grignon humide.
- Augmenter le prix perçu, au point de l'assimiler à celui que l'on obtient du grignon normal.

Pour cette opération, on emploie des fours tournants d'une grande capacité, avec une puissance calorifique minimale de l'ordre de Mkal/h et un coût d'installation de l'ordre de 180.000 E.

Comme combustible, on utilise le " tourteau " issu de la propre installation d'extraction, en transport " de retour ".

Il est évident que le gros investissement dans l'installation de séchage, qui n'est justifié qu'avec des productions supérieures à 10.000 Tm/an d'olives, constitue la limitation la plus importante.

b) Séchage dans un " extracteur " ou dans une installation appropriée.

Évidemment, l'optimisation du séchage ne se produit que lorsque les quantités à traiter sont importantes. Il s'ensuit que les procédés de séchage doivent normalement être centralisés dans :

- Les propres installations d'extraction de grignons, qui traitent le produit provenant de nombreuses huileries.
- Les installations d'utilisation intégrale, qui répondent à la même philosophie d'échelle.
- Dans les deux cas, des structures de stockage consistant en de grands bassins imperméabilisés, du même type que ceux utilisés pour les margines, mais plus profonds, sont nécessaires.
- Dans les deux cas également, le séchage est optimisé grâce à un mélange préalable de grignons humides et de grignons conventionnels, ce qui fait que l'humidité conjointe diminue notablement.

c) Dénoyautage préalable et " repassage "

Une opération fréquente et préalable au séchage est le dénommé " repassage " des grignons humides, consistant en une nouvelle centrifugation avec décanteur pour l'extraction d'une partie de l'huile résiduelle contenue dans le sous-produit. Lorsqu'on procède ainsi, on pratique généralement un " dénoyautage " préalable avec des machines appropriées permettant :

- D'obtenir un " noyau " qui s'avère être un excellent combustible.
- D'améliorer notablement le rendement lors de l'extraction d'huile.

Le coût du séchage des grignons humides d'olives est élevé en raison du grand contenu d'eau et s'élève à 200 Euros par tonne de grignons humides secs (Les besoins thermiques sont de l'ordre de 1,30 Kwh/Kg d'eau évaporée).

Exemples d'implantations existantes :

- a) Installation pilote : L'équipe de chercheurs du professeur Aragón du Dépt. de Génie chimique de l'Université Complutense de Madrid (Espagne) a développé un nouveau contacteur pour le séchage de grignons humides d'olives (FLUMOV). Le système développé permet d'utiliser l'air, ou les gaz, à basse température (120 °C) pour le séchage de grignons humides d'olives. Ce système évite la dégradation de l'huile résiduelle que contient le grignon humide et permet de procéder à son extraction tel que cela a été démontré par l'entreprise OLEICOLA EL TEJAR (Espagne).
- b) Installation industrielle : ACEITES PINA SA, probablement le plus gros utilisateur privé de grignons d'Espagne. GENERAL D'OLIS I DERIVATS SA (Lérida). OLEICOLA EL TEJAR SA. et UNION DE COOPERATIVAS ALBACETENSES (La Gineta, Albacete), comme entreprises coopératives. Quant au séchage dans les huileries, COOPERATIVA AGRICOLA DE SANTA BARBARA (Tarragone).

4.4.4. Incinération de grignons humides d'olives et cogénération électrique

Fondement: Utilisation des grignons humides comme combustible dans une chaudière à grill ou à lit fluidisé. Actionnement de la turbine avec l'énergie thermique générée et transformation en énergie électrique.

L'incinération directe des grignons humides d'olives requiert l'emploi d'un combustible supplémentaire si la teneur en eau de ceux-ci est supérieure à 55 %. D'autre part, du fait de la teneur en huile résiduelle des grignons humides d'olives frais, les installations d'extraction d'huile de grignons préfèrent appliquer avant l'incinération les méthodes classiques d'extraction générant une huile de grignons et un " tourteau à deux phases " susceptible d'être incinéré ou gazéifié.

Responsable(s) du développement : VETEJAR SA. Société formée par OLEICOLA EL TEJAR ET ABENGOA (Espagne).

Phase du développement : R+D et industriel

Description technique : Le tourteau ou les grignons humides avec une humidité adéquate (inférieure à 40 %) sont brûlés sur un lit fluidisé avec des éléments de transfert de la chaleur pour produire de la vapeur. On emploie une turbine Siemens fonctionnant à 3 500 tr/mn.

Du rapport d'évaluation de l'impact sur l'environnement, il se dégage que les émissions gazeuses ne sont pas nocives et s'insèrent largement dans les limites légales établies à cet égard. Les déchets liquides générés lors des procédés de nettoyage, de purge du système de refroidissement et l'effluent du système de déminéralisation après le traitement correspondant peuvent être déversés directement du fait qu'ils ne représentent pas de risques pour la biote. Les déchets solides, composés fondamentalement de cendre et de scories, sont complètement inertes et sont utilisables dans la fabrication de ciment ou pour d'autres usages similaires.

Exemples d'implantations existantes en Espagne: Installation mise en place par VETEJAR SA sur les terrains de OLEICOLA EL TEJAR, El Tejar (Córdoba), avec une capacité installée d'approximativement 12 MW. El Tejar a, dans l'actualité, une autre installation en fonctionnement, avec 19,4 MW, dans la localité de Palenciana (Córdoba).

La coopérative Oleícola El Tejar construira deux installations thermiques de génération électrique utilisant comme combustible des déchets de l'oliveraie. Ces installations seront montées dans la localité cordouane de Pedro Abad et dans la gaditane d'Algodonales. La nouvelle installation cordouane aura une puissance de 25 MW et brûlera des grignons humides, bien qu'il existe aussi la possibilité d'utiliser des branchages issus de la taille de l'olivier. La construction de cette installation supposera un investissement de 24.000.000E, et sa propriétaire est Agroenergética de Pedro Abad, entreprise appartenant à Oleícola El Tejar.

En ce qui concerne l'installation d'Algodonales, d'une puissance de 6 MW, l'investissement prévu s'élève à 7.200.000E

À ces projets viendra s'ajouter le début des travaux de construction d'une autre installation de ces caractéristiques à Baena (Córdoba), avec un coût de 24.000.000 E et une puissance de 25 mégawatts.

4.4.5. Gazéification de tourteau : méthode de l'Université Complutense de Madrid (UCM. Espagne)

Dénomination et fondement : Gazéification en " flumov ". L'Université Complutense de Madrid (UCM) a développé un nouveau contacteur basé sur la technologie du lit fluidisé combiné à un lit mobile (*flumov*), qui facilite énormément le processus de gazéification du **tourteau**. Les résultats obtenus à ce sujet ont été satisfaisants comme il se dégage du rapport d'évaluation émis à ce propos par OLEICOLA EL TEJAR. Dans ce cas particulier, le processus de combustion et/ou de gazéification peut s'avérer économiquement rentable.

Déchets ou sous-produit traité : tourteau, possiblement applicable aux grignons humides d'olives repassés.

Responsable(s) du développement : Prof. Aragón, Dpt de Génie chimique, Université Complutense de Madrid (Espagne).

Phase du développement : recherche, installation pilote petite (5 Kg/h).

Description technique : Le pouvoir calorifique du tourteau, autour de 4 000 Kcal/Kg, permet de l'utiliser dans des chaudières à combustion et à gazéification. Par ailleurs, et étant donné la faible teneur en soufre du déchet (<1 %) d'après l'analyse du Centre de recherches énergétiques et environnementales (CIEMAT), il permet d'évacuer un gaz contenant essentiellement de l'eau et du dioxyde de carbone.

La méthode consiste à alimenter le tourteau, pouvant contenir jusqu'à 20-30 % d'humidité (en base sèche), depuis un réacteur FLUMOV. Ce type de systèmes est formé par un lit mobile localisé dans le haut du réacteur, depuis lequel le grignon humide d'olives (ou tourteau) est alimenté. Dans le bas du système, il existe un lit fluidisé dans lequel est mené à bien un processus de combustion. Le lit fluidisé et le lit mobile se trouvent dans le même récipient et il n'existe aucun dispositif physique qui sépare le lit fluidisé du lit mobile. Les gaz générés dans la partie fluidisée, qui sont à haute température et avec une faible teneur en oxygène, atteignent le haut du

réacteur où se trouve le lit mobile, ce qui produit la gazéification des grignons humides d'olives localisés dans le lit mobile, d'une manière similaire à ce qui se passe dans un lit mobile conventionnel. Le principal avantage du système tient à la température à laquelle a lieu le processus de gazéification. La Fig.4.9 montre un schéma de l'installation.

La méthode développée permet de gazéifier en profitant du bon contact gaz-solide des lits mobiles mais sans les inconvénients de travailler à des températures élevées (1 000 °C). En ce qui concerne les gazogènes à lit fluidisé, le rendement augmente lorsque le contact gaz-solide augmente. Les gaz générés lors de la gazéification à l'air possèdent un pouvoir calorifique approché de 6 MJ/Nm³ de gaz généré (y compris le N₂) et la composition moyenne des gaz à une température de 750 °C – 800 °C est de 10 % de H₂, 18 % de CO et 6 % de CH₄.

Le coût de l'incinération des grignons humides d'olives frais, sans compter les bénéfices de cogénération éventuels, est d'environ 300 Euros par tonne de tourteau. La génération approximative de cendre par t de tourteau est de 30 Kg.

Exemples d'implantations existantes : seulement l'unité pilote de l'UCM.

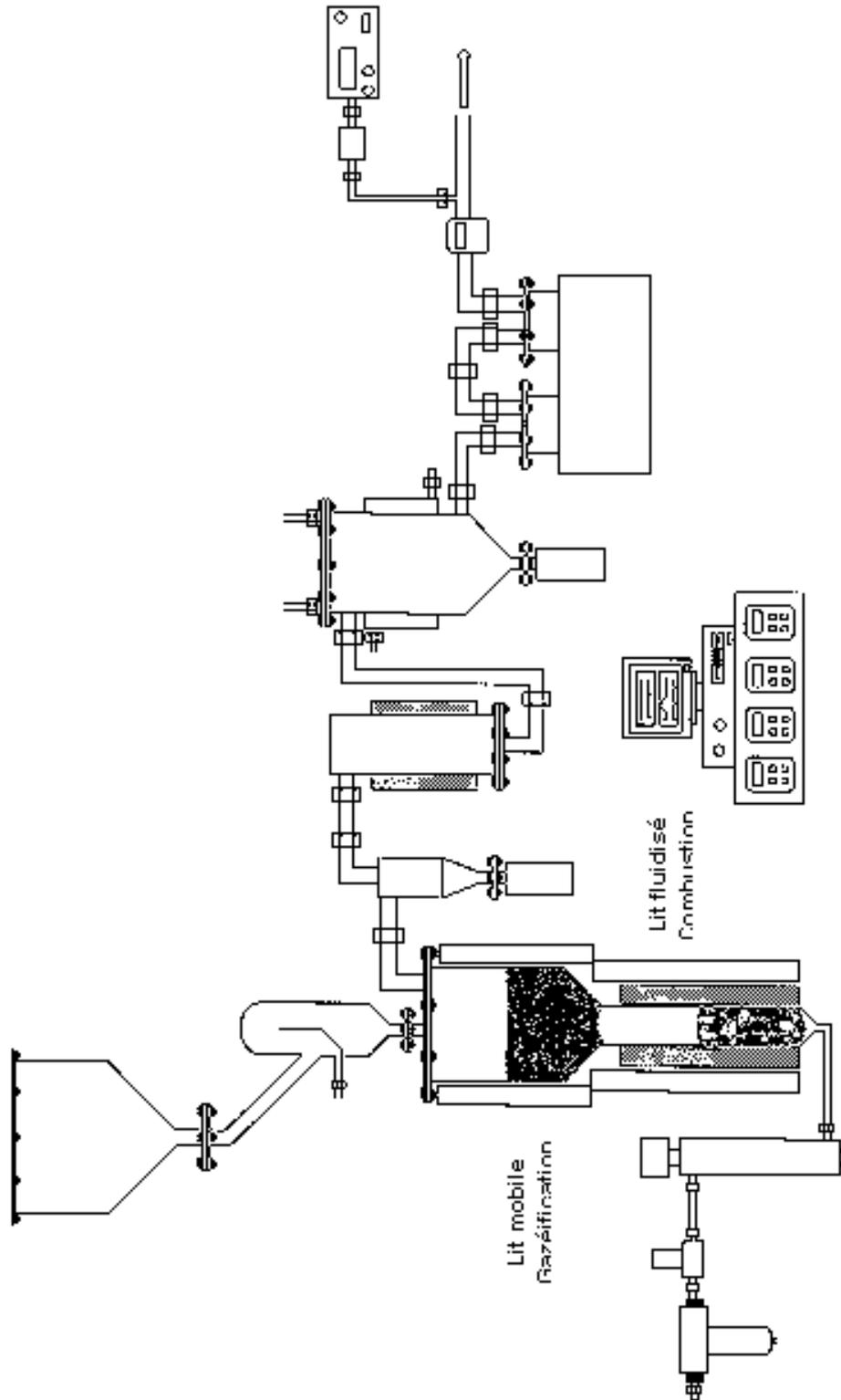


Figure 4.9.- Schéma de l'installation de gazéification des grignons humides d'olives repassés



4.4.6. Gazéification : Procédé GASBI-Senerkhet

Fondement : Gazéification sur lit mobile. L'entreprise GASBI (Gasificación de Biomasa, S.L) a développé des installations de gazéification pour les déchets générés lors de l'extraction d'huile d'olive, en se fondant sur les principes de la subsidiarité et de l'autosuffisance en vue d'obtenir des bénéfices sociaux et économiques.

Responsable(s) du développement : M. Sebastián Querejeta, GASBI S.L.

Phase du développement : Non essayé sur les grignons humides. D'après les renseignements apportés par l'entreprise, il peut fonctionner si l'on procède à un séchage préalable jusqu'à moins de 40 % d'humidité.

Description technique : GASBI S.L commercialise des gazogènes à lit mobile modulaires pouvant générer jusqu'à 10 Mwe/h. L'installation de gazéification nécessite 300 m² de superficie, utilise comme combustible le tourteau résultant de l'extraction d'huile de grignons, avec un maximum de 40 % d'humidité. Le gaz combustible généré lors du processus est soumis à combustion dans un moteur,

produisant, au moyen d'un alternateur, de l'électricité pour l'autoconsommation de l'installation.

Le principal avantage de la gazéification est qu'il est possible d'augmenter le rendement du passage d'énergie thermique à énergie électrique de 25 % (typique de la combustion à génération de vapeur et à turbine) à 30-45 % (brûlant les gaz de gazéification dans des moteurs ou des turbines à gaz).

Exemples d'implantations existantes : Les installations GASBI sont fournies avec des puissances électriques entre 600 et 1 000 kW. La puissance thermique que produit l'installation est 1,4 fois celle de la puissance électrique. Il n'existe pas d'implantations spécifiques pour biomasse du secteur oléicole.

4.4.7. Installations d'utilisation intégrale des grignons humides

4.4.7.1. Introduction

Dans les zones de grandes productions de grignons humides, telles que les régions espagnoles d'Andalousie et de Castille-la Manche et, en outre, avec une forte implantation d'huileries coopératives, des installations communautaires ont été implantées ces dernières années avec un double objectif :

- Résoudre le problème de la gestion des grignons humides dans les huileries associées, qui, du fait de leur dimension, ne pourraient pas faire face aux investissements exigibles.
- Valoriser ce sous-produit le plus complètement possible.
- Résoudre les problèmes éventuels d'impact environnemental sur le milieu.

C'est pour cela que l'on recueille dans les points suivants deux des expériences les plus significatives qui ont été développées en Espagne.

4.4.7.2. Installation de l' UNION DE COOPERATIVAS ALBACETENSES

Caractéristiques de la matière première. Description du processus de travail

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 (broyage et trois phases), outre une texture mi-fluide qui rend difficile son transport depuis le point de production et son stockage ultérieur. Les caractéristiques d'identification de la matière première dont nous partons, conditionnant le dimensionnement du parc de réception et des machines, sont :

GRIGNONS HUMIDES :

- Humidité \cong environ 60 %
- Teneur en graisse (sur humide) \cong 3 %
- Texture mi-fluide

GRIGNONS HUMIDES SECHÉS :

- Teneur de la substance sèche en moyenne :
 - 50 % de pulpe
 - 50 % de noyau

Le transport doit se faire dans des demi-citernes et non dans des caisses normales, avec des parapets pour qu'ils ne sortent pas et le stockage dans des bassins imperméables, ce qui fait que, les années de grosses récoltes, les coûts de traitement puissent porter à considérer le sous-produit comme DÉCHET et, donc, à considérer sa gestion comme la gestion d'un déchet, devant même en arriver à devoir payer pour l'éliminer des huileries. Les utilisations normalement préconisées sont :

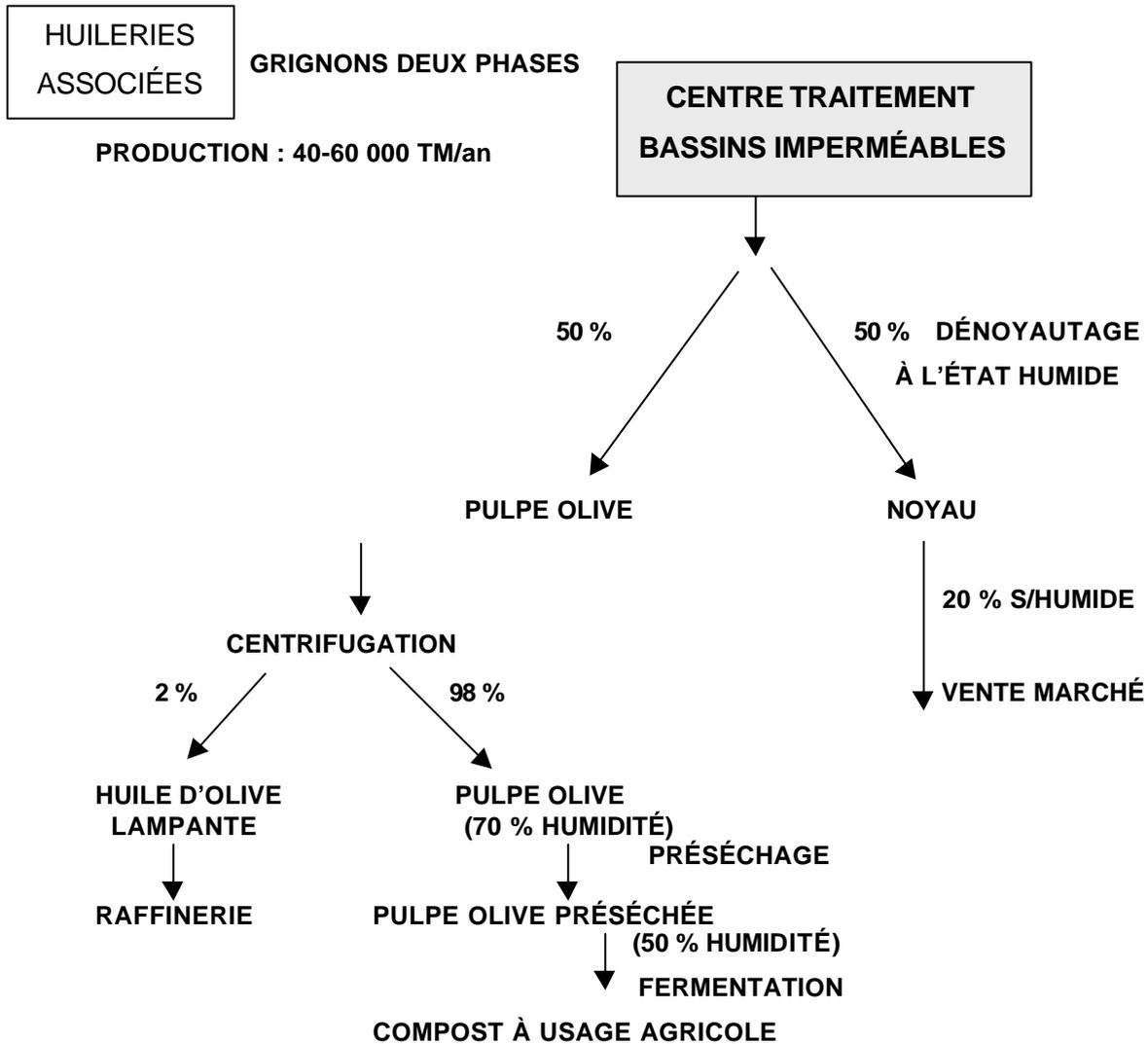
- A) Séchage jusqu'à 10 % d'humidité et extraction ultérieure de l'huile résiduelle avec des solvants, afin d'obtenir de l'huile de grignons crue et d'utiliser le tourteau résiduel (l'excédent après avoir été extrait et utilisé comme combustible pour le séchage) dans des installations de cogénération ou convenablement corrigé comme aliment sec pour animaux.
- B) Soumettre les grignons humides, après dénoyautage (partiel ou total) à l'état humide, à une seconde centrifugation, procédé qui, s'il est fait au jour le jour, est capable de récupérer 50 % de l'huile résiduelle des grignons sous forme d'huile d'olive lampante.

Le produit résultant, pulpe d'olive partiellement dégraissée, contient entre 65 et 70 % d'humidité approximativement, et un pourcentage plus ou moins grand de noyau. Les options sont :

1. Brûler à l'état humide dans l'installation de cogénération.
2. Préséchage et conversion ultérieure en matière organique par des procédés de fermentation.

L'option A est celle qui est adoptée par 30 % des installations d'extraction et la B dans l'option 1. a été développé par OLEICOLA EL TEJAR, tandis que la 2. a été développée par Cooperativas Agrícolas Albacetenses.

Le schéma de travail est :



Lorsque toutes les mesures correctrices sont prises, y compris celles de récupération du lixiviât que produit le compost, par l'eau de pluie, ce procédé s'avère complètement propre et le circuit se ferme d'une manière satisfaisante, rentable et écologique.

Caractéristiques des produits obtenus

Les produits obtenus seront :

HUILE D'OLIVE VIERGE

Du fait que le travail se fait au jour le jour, le produit obtenu, que nous dénommerons de seconde centrifugation, aura normalement les caractéristiques d'une huile d'olive lampante, avec une saveur et une couleur défectueuses et, analytiquement, avec des indices **rentrant** dans les normes, les plus problématiques étant la teneur en cires, proche de l'indice limite (350 p.p.m) de moyenne et dans certaines campagnes l'érythrodiol (un des postes des stérols) proche de la limite maximale. (2 % s/poids humide reçu).

NOYAU D'OLIVE

Le noyau d'olive, séparé des grignons à l'état humide, contient un peu d'humidité ($\cong 18$ %), étant parfaitement valable pour être utilisé comme combustible, sans aucune manipulation. Il a un pouvoir calorique d'environ 5 300 Kcal/Kg (produit sec) et s'obtient dans un pourcentage de 20 % sur le poids des grignons humides.

COMPOST À USAGE AGRICOLE

La mesure des indices les plus significatifs du compost obtenu sont :

- pH – 7,5/8
- Humidité : 40 %
- Matière organique 75/80 %
- Acide humique + fulvique: environ 21/25 %
- Métaux lourds : exempt
- Azote total : $\cong 2$ %
- Phosphore : $\cong 2$ %
- Potassium total $\cong 2,2$ %
- Conductivité : exempt de problèmes.

4.4.7.3. Le cas de OLEICOLA EL TEJAR

OLEICOLA EL TEJAR est une coopérative de 2e degré dédiée, depuis des années, au traitement des grignons conventionnels pour l'extraction d'huile résiduelle. Elle est située dans les localités de El Tejar et de Palenciana, dans la province de Córdoba (Andalousie. Espagne).

Suite à l'apparition et à la grande diffusion du système d'extraction avec décanteur à 2 phases, l'entité a dû envisager de nouveaux systèmes de gestion et de traitement des grignons humides. Depuis lors, elle a développé une intense activité dans ce domaine et, en général, dans le domaine plus vaste de la valorisation de déchets et de sous-produits de l'oliveraie, allant des branchages de la taille aux déchets typiques du processus d'élaboration de l'huile. Il s'agit, donc, d'un exemple d'action caractérisée par :

- a) la structure de base coopérative
- b) la grande dimension (traitement de plus de 600 000 Tm/an)
- c) la continue activité d'innovation technologique dans ce domaine

À l'heure actuelle, l'entité développe principalement les activités suivantes :

1. Réception et approvisionnement de grignons conventionnels et de grignons humides (" parc de combustible ").
2. " Repassage " ou seconde extraction d'huile résiduelle dans un décanteur, avec ou sans extraction préalable du noyau.
3. Séchage de grignons et grignons humides.
4. Installation d'extraction d'huiles de grignons par des solvants
5. Installation de cogénération électrique en utilisant les grignons humides à moins de 40 % d'humidité comme combustible pour la production de vapeur qui actionne une turbine et un alternateur, comme décrit à la section 4.4.4 de ce Chapitre. Cette activité est développée par l'intermédiaire de la société VETEJAR, à laquelle participent la propre coopérative, l'entreprise électrique SEVILLANA DE ELECTRICIDAD et l'installateur ABENGOA. Ultérieurement,

l'entité a procédé et est en train de mettre en place de nouvelles installations de cogénération avec utilisation de grignons humides dans d'autres localités.

6. Production de charbon actif à partir du noyau.
7. Production de compost pour l'agriculture.
8. Production de pulpe pour l'alimentation animale.

En réalité, les procédés 1, 2 3 et 6 se basent sur des systèmes similaires à ceux décrits au point 4.4.7.2 pour l'Union de Cooperativas Albacetenses, dont OLEICOLA EL TEJAR a été, de fait, le modèle précurseur.

4.4.7.4. L'exemple de ACEITES PINA

À l'heure actuelle, la famille PINA a 5 installations. Villarta : 3 000 Tm/jour, La Carolina : 2 000 Tm/jour ; Tarragona : 1 000 Tm/jour ; Puebla del Híjar : 500 Tm/jour et une autre de 500 Tm/jour. Total 7 000 Tm/jour de grignons humides d'olives et d'autres grignons.

Dans l'installation de Villarta entrent 6 000 t/jour de grignons, mais **on ne peut en traiter que** 3 000. La composition typique d'entrée est : grignons de Jaen, 98 % environ de grignons humides d'olives. Grignons de Castille-la Manche, 70 % de grignons humides d'olives, 25 % de grignons à trois phases et 5 % de grignons de pressoir. Les différents grignons sont mélangés dans des proportions telles qu'ils donnent un mélange de 48-50 % d'humidité, c'est celui qui passe dans les fours tournants, et jusqu'à 8 % sont séchés, d'où ils passent à l'extraction à l'hexane pour obtenir de l'huile de grignons. L'installation travaille en continu pendant 3 à 4 mois.

Séchoirs fours (trommels) tournants. 30 m x 3 m. Deux unités suivies d'un moulin chacune. Dans le premier trommel, l'air entre à 500 °C et les grignons à 60 % d'humidité, le solide préséché à 30 % d'humidité sort, il passe dans un moulin et entre dans le trommel suivant. L'air sort du second trommel à 80 °C et le solide à 8-10 % d'humidité. L'air passe finalement par deux cyclones (les filtres ne sont pas nécessaires, car la taille de la particule entraînée est relativement grande et est recueillie efficacement dans les cyclones), environ 115-120 mg/Nm³ de solides

sortent par la cheminée (le maximum légal est 150 mg/Nm³ ; réellement, la limite est 50 ppm, mais comme l'on part de grignons humides, qui ont plus de solides fins, qui avant sortaient avec la marge, on autorise cette limite plus grande pour des installations d'extraction de grignons espagnoles qui emploient des grignons humides d'olives).

Les grignons secs sont destinés à l'extraction à l'hexane. Le tourteau final du procédé d'extraction à l'hexane (environ 700 t/jour) a 40 % de pulpe et 60 % de noyau (ils sont séparés par un système pneumatique, par le vide et la gravité). Une partie de la pulpe est utilisée comme additif des aliments secs pour animaux et le noyau est destiné à la combustion. La quantité de pulpe qui est extraite est de 280 t/jour.

Dans la région, il y a beaucoup de fermes à poules et à porcs qui vendent le fumier de poules et le purin comme matériau des aliments secs pour animaux (à 0.005 E/Kg), ce qui suppose une grande compétence pour pouvoir faire concurrence à la pulpe comme additif.

D'un autre côté, avant, le tourteau (noyau) avait de bons débouchés comme combustible pour les industries cimentières et céramiques. À présent, avec le prix du gaz naturel, le panorama n'est pas le même.

Pour surmonter cette situation négative du marché de sous-produits finaux, on est en train d'étudier la mise en place d'une installation de génération d'électricité qui va employer 100 000 t/an de tourteau pour produire 16 Mwe. L'installation aura une chaudière Foster-Weeler à grill semi-fluidisé (on emploie le noyau) et des injecteurs de pulpe (la pulpe a beaucoup de composés volatiles et brûle très bien comme une flamme). On travaillera à environ 600-700 °C afin d'éviter la formation d'oxydes nitreux.

4.5. Conclusions et recommandations

L'analyse exposée aux points précédents de ce Chapitre permet d'extraire les commentaires suivants :

- Les systèmes de gestion et de traitement des déchets et des sous-produits, par ordre de viabilité technique et d'intérêt économique dans certaines conditions devant être analysés dans chaque cas, sont les suivants :

a) **Margines :**

1. Fertigation
2. Évaporation naturelle avec addition de microorganismes de dégradation
3. Concentration thermique
4. Épuration intégrale

b) **Grignons solides (presseur et 3 phases)**

1. Vente à une installation d'extraction de grignons pour 2^e extraction par solvant
2. Combustible
3. Alimentation animale (de préférence, avec extraction du noyau), ensilage.
4. Compostage

c) **Grignons pâteux (grignons humides)**

1. Transport vers une installation d'extraction de grignons pour séchage et extraction par solvant
2. Compostage
3. Combustion-génération électrique

- Les autres technologies disponibles soit n'ont pas dépassé les phases de R+D ou d'installation pilote, soit ne sont pas recommandables à cause de problèmes de fiabilité technique et/ou de coût excessif.

- Le choix de l'un ou l'autre système dépend d'une série de facteurs liés à :

a) L'emplacement de l'huilerie et les conditions de l'environnement

- disponibilité de terres avec cultures appropriées
- caractère urbain ou rural

- existence de “ demande ” ou capacité d’emploi de déchets et de sous-produits.
 - emplacement isolé ou concentré (plusieurs huileries proches)
- b) La dimension de l’huilerie en termes de volume d’olive broyée, c’est-à-dire la quantité de déchets et de sous-produits générés.
- c) L’existence d’industries d’extraction de grignons ou de 2^e extraction à une distance raisonnable.
- d) L’organisation ou le degré d’intégration, actuel ou potentiel, entre les huileries d’une même zone.
- Le système de broyage dans les pressoirs est déconseillé fondamentalement et entre autres facteurs à cause de ses coûts opérationnels élevés. Cela signifie que, progressivement, ce type d’installations va être remplacé par d’autres installations en continu fonctionnant à 3 ou 2 phases. En ce sens, on peut conclure :
 - a) Que dans les huileries petites (pas plus de 3 000 Tm/an), on peut utiliser le système à 3 phases si l’on a une destination appropriée pour les grignons et s’il existe une disponibilité de terres pour l’application de la margine comme fertilisant, avec ou sans stockage préalable.
 - b) Que dans les huileries grandes ou dans des zones où celles-ci sont concentrées, où il faut éviter la génération de margines, il faudra les installer ou les transformer en système à 2 phases. Dans ce cas, il faudra que l’application de l’un des systèmes de traitement de grignons humides préconisés soit possible, de sorte que le choix dépendra essentiellement du volume de sous-produit généré.

RESUME ET CONCLUSIONS

La production mondiale d'huile d'olive s'élève à environ 2 millions Tm/an et plus de 90 % de cette production est concentré dans les pays de la Région méditerranéenne. L'Espagne est le principal pays producteur (35 % du total), suivi de l'Italie, de la Grèce, de la Turquie et de la Tunisie. Pratiquement dans tous les pays de la région, il existe, dans une plus ou moins large mesure, une production de l'olivier.

L'extraction d'huile d'olive se fait dans les huileries. Dans la plupart des zones productives, les installations de petites à moyennes dimensions sont prédominantes (150-3 000 Tm/an). Seulement en Andalousie, la plus grande région productrice du monde, l'on peut trouver des huileries qui dépassent les 50 000 Tm/an. Des dimensions intermédiaires sont fréquentes dans quelques autres régions espagnoles, dans le sud de l'Italie, en Grèce et en Tunisie. Ces dernières années, on assiste à une tendance à la hausse de la capacité des huileries, souvent due à des politiques de concentration.

L'huile d'olive n'occupe que la huitième place dans le " ranking " de demande d'huiles végétales et suppose uniquement 3 % du total. Cependant, la tendance de la consommation est croissante. L'Italie, l'Espagne, la Grèce et la Tunisie sont les principaux pays exportateurs. L'Italie est le plus grand opérateur, à l'échelle internationale, et les EUA sont le principal importateur, après l'Italie.

Dans la chaîne industrielle de l'huile d'olive interviennent les fonctions/agents suivants

- Producteurs d'olive
- Huileries (huile d'olive vierge)
- Extracteurs d'huile de grignons
- Raffineurs
- Emballeurs
- Grossistes
- Détaillants

Souvent, un même opérateur réalise plusieurs des fonctions indiquées.

L'extraction d'huile dans l'huilerie répond à un processus à caractère physique avec des éléments communs dans la phase de réception (déchargement, nettoyage, contrôle, lavage et stockage d'olive) et des différences notables dans la phase de séparation de l'huile, qui peut se faire selon trois méthodes : par pressoir, en continu à 3 phases et en continu à 2 phases.

Chacun de ces systèmes donne lieu à différents types de déchets et de sous-produits :

- a) Pressoir : Margines concentrées + Grignons solides (25-30 % humidité)
- b) 3 phases : Margines diluées en plus grande quantité + Grignons solides (35-45 % d'humidité)
- c) 2 phases : Margines très diluées et en petite quantité + Grignons humides (55-65 % d'humidité, consistance pâteuse)

Dans cette étude, on présente une table " input-output " de comparaison entre les systèmes indiqués.

Les margines, ou eaux de végétation, possèdent un pouvoir polluant élevé (DCO oscillant entre environ 50 g/l en 3 phases et 125 g/l dans le système à pressoir), susceptible de poser de sérieux problèmes en matière d'environnement si elles sont déversées dans des lits hydriques ou de détériorer les systèmes d'assainissement des agglomérations, par corrosion. D'un autre côté, elles présentent des caractéristiques intéressantes comme fertilisant. Pour ces deux raisons, elles doivent faire l'objet d'une gestion appropriée. Ce qui est d'autant plus nécessaire lorsque l'on considère les aspects de concentration temporaire (3-4 mois par an) et territoriale lors de leur production.

Le système dénommé à 2 phases a justement été développé en vue d'éviter la génération et le rejet résultant des margines dans l'huilerie. Le système, cependant, génère un nouveau déchet ou sous-produit, le grignon, qui contient la partie solide de l'olive ainsi que l'eau de végétation. Par conséquent, de nouvelles stratégies de gestion de ce matériau ont dû être développées.

Les grignons et leurs composants solides (pulpe, noyau) présentent de même des éléments d'intérêt économique : teneur grasse résiduelle, valeur alimentaire pour le

bétail, pouvoir calorifique comme combustible. Ils sont ou doivent faire, par conséquent, l'objet d'une valorisation.

Les renseignements détaillés sur chacun des systèmes et technologies disponibles, tant pour le processus d'extraction en huilerie que pour le traitement de déchets et de sous-produits, sont exposées, respectivement, dans les Chapitres II et III de l'étude. À titre de renseignements complémentaires, l'Appendice I recueille une liste de références utiles où l'on peut obtenir les renseignements supplémentaires nécessaires pour encadrer toute prise de décisions en ce qui concerne le thème objet d'analyse.

Pour résoudre le problème de l'élimination ou pour conduire à réutiliser les margines, de nombreux systèmes ont été étudiés, notamment à partir des années soixante. Parmi eux, l'on peut mentionner, par ordre d'intérêt et d'efficacité, les suivants :

- Fertigation, dans des conditions données d'application.
- Évaporation naturelle ou forcée
- Concentration thermique
- Épuration par différentes méthodes physiques, chimiques et biologiques.
- Combinaisons des systèmes précédents.

Les grignons de pressoir et à 3 phases peuvent de même être valorisés au moyen des principaux procédés suivants :

- 2^e extraction d'huile de grignons par solvant
- Combustible
- Alimentation animale, avec extraction recommandable du noyau
- Fertilisant organique composté

Pour le traitement et la valorisation des grignons à 2 phases, ou " grignon humide ", il existe les systèmes suivants :

- Séchage et extraction d'huile de grignons
- Compostage
- Combustion-génération d'énergie électrique

Le choix de l'un ou de l'autre système doit faire l'objet d'une analyse particularisée pour chaque huilerie et chaque situation productive. En effet, les principaux facteurs qui interviennent dans ce choix sont les suivants :

- L'emplacement de l'huilerie et les conditions de son environnement
- La dimension ou la capacité de traitement
- L'existence d'industries de 2^e extraction à une distance raisonnable
- L'organisation ou le degré d'intégration, actuel ou potentiel, parmi les huileries d'une même zone.

Le système de broyage par pressoir est déconseillé, essentiellement pour des raisons de coût opérationnel. Cela signifie que, progressivement, ce type d'installations est remplacé ou va être remplacé par d'autres installations à système en continu fonctionnant à 2 ou 3 phases. Dans ce contexte, on peut conclure :

- Que dans les huileries petites (pas plus de 3 000 Tm/an), on peut utiliser le système à 3 phases si l'on a une destination appropriée pour les grignons et si des terres sont disponibles pour l'application des margines comme fertilisant, avec ou sans stockage préalable.
- Que dans les huileries grandes ou qui se trouvent dans une situation de concentration, où il peut s'avérer impératif d'éviter la génération et le rejet de margines, il faudra y installer le système à 2 phases. Dans ce cas, il devra être possible de mettre en place l'un des systèmes de traitement préconisés, le choix du système étant fonction du volume de sous-produit généré et des prix des " outputs " éventuels produits (compost, énergie, huile de grignons,...).

Souvent, la mise en place de certains systèmes de gestion ou de traitement de déchets et de sous-produits d'huilerie exige des investissements et des coûts opérationnels élevés qui ne sont pas à la portée du secteur de l'huilerie, notamment dans des installations de petite capacité. Dans ces cas-là, l'expérience démontre que des politiques d'intégration ou de concentration entre huileries et des actions coordonnées d'appui public au secteur sont nécessaires. Tel a été le cas des politiques régionales du sud de l'Italie, de plusieurs régions espagnoles et d'autres pays, qui ont financé des programmes de transformation industrielle (passage au système à 2 phases) ou des installations centralisées de traitement (stations d'épuration, bassins, installations de traitement intégral des grignons humides, etc.).

APPENDICE I. REFERENCES

I.- Centres et institutions qui font études et/ou traitement des résidus.

II.- Projets de R&D dans les programmes européennes concernant déchets produits dans les huileries.

III.- Bibliographie

IV.- Brevets

I.- Centres et institutions qui font études et/ou traitement des résidus.

CSIC – Instituto de la Grasa y sus Derivados

Dr. Rafael Borja Padilla
Isla menor
Sevilla (España)

University of Harokopio

Dr. C. Balis
Dpt. of Nutrition, Dietetics and Food Service
70, El. Benizelou
17671 Athens (Greece)
Tel. + 30 1 9577051
Fax. + 30 1 9577050

University of Athens

Dr. Amalis D. Karagouni-Kyrtsos
Dpt. of Biology
Institute of General Botany
Panepistimioupolis
15784 Athens (Greece)
Tel. +30 1 2027046

Universidad de Granada

Dr. Ramos Cormenzana
Dpto. Microbiología
18071 Granada (España)
Tel: +34 958 246235
Fax: + 34 958 243877

CSIC – Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura

Dr. J. Cegarra Rosique
Apdo. de Correos 4195
30080 Murcia (España)
Tel. + 34 968 215717
Fax. + 34 968 266613

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Univ. De Valladolid

Dr. Antonio Lara Fera
Paseo del Cauce, s/nº
47011 Valladolid (España)
Tel. + 34 983 423368
Fax. +34 983 423310

TRAINALBA, SL

Director, Sr. Eduardo Calvo Ilundáin
Juan Rabadán, 9
14850 Baena (Córdoba – España)
Tel./Fax. +34 957 665016

Universidad de Bari

Istituto Meccanica Agraria
Facoltà di Agraria
Dr. Amirante Paolo
Italy

Oleícola El Tejar (“Nª Sra. De Araceli”)

Coordinador, D. Miguel Manaute
Ctra. Córdoba-Málaga, km 98
El Tejar (Córdoba – España)
Tel. +34 957 530163
Fax. +34 957 530134

Aceites Pina, SA

D. Tomás Pina
Ctra. N. IV, km 148,5
13210 Villarta de San Juan (Ciudad Real – España)
Tel. +34 926 640050
Fax. +34 926 640395

Gasbi, SL

D. Sebastián Querejeta
Plaza Easo, 3 – 1º izq.
20006 San Sebastián (España)
Tel. +34 943 469246
Fax. +34 943 472674

FIW (Forschungsinstitut für Wasser und Abfallwirtschaft)

Dipl. Ing. Birgit Stoelting
Miles-van-der-Pohe Str., 17
D-52056 Aachen (Germany)
Tel. +49 241 803966
Fax. + 49 241 870924

Westfalia Separator Andalucía, SL

Dr. Steffen Hruschka
Pol. Ind. Los Cerros de Ubeda
C/Ceramica, naves 4-5
Úbeda (Jaén – España)
Tel. +34 953 792480
Fax. +34 953 792135

Cartif (Centro de Automatización, Robótica y Tecnologías de la Información de la Fabricación)

Parque Tecnológico de Boecillo, Parcela 205
Boecillo (Valladolid – España)
Tel. + 34 983 546504
Fax. + 34 983 546521

Universidad Complutense de Madrid

Dr. José M. Aragón Romero
Dpto. de Ingeniería Química
Facultad de Ciencias Químicas
28040 Madrid (España)
Tel./Fax. + 34 91 3944173

Unión Cooperativas Albaceteñas

D. José R. Doval Montoya
Marques de Molins, 13 – 3º
02001 Albacete (España)
Tel. +34 967 210876
Fax. +34 967 246063

General d'olis i derivats

Sr. Albert Ferrán
Ctra. Juneda – Castellans, km 3,5
25400 Les Borges Blanques (España)
Tel. +34 973 150222

Centro de Investigación Agraria “Venta del Llano”

Junta de Andalucía
Dr. Marino Uceda Ojeda
Ctra. Bailén – Motril, km 18,5
Apartado 50
23620 Mengíbar (Jaén – España)
Tel. + 34 953 370150
Fax. + 34 953 370150

Pieralisi

Sr. Miguel Angel Morales
Avda. Alcalde Caballero, 69
50014 Zaragoza (España)
Tel. +34 976 515311
Fax. +34 976 575330

Esteryfil, SL

Magalhaes, 3
08004 Barcelon (España)
Tel. +34 93 4420592
Fax. +34 93 4422921

II.- Projets de R&D dans les programmes européennes concernant déchets produits dans les huileries.

- New Olive Mill to Produce Only First Quality Oil and Total Recovery of Subproducts for Industrial Scale (1987 – 1991) ENDEMO C. Ref. EE./00337/87
- Energy Production Plant for Biomasses. (1993 – 1997) THERMIE 1. Ref. BM./00496/93
- Development of a Combustion Technology for Agrofood Industry Waste. (1995 – 1997). NNE-Thermie C. Ref. BM./00185/95
- Natural Antioxidants from Olive Oil Processing Aguas residuales. (1997 – 2001). FAIR 9730333
- Composting of Husk Produced by Two Phase Centrifugation Olive Oil Milling Plants. (1998 – 2001). FAIR. Ref. FAIR973620
- Water Recovery from Olive Mill Wastewaters after Photocatalytic Detoxification and Desinfection. (1998 – 2001). FAIR T. Ref. FAIR983807
- New Process for the Generation of Squalane by Supercritical Fluid Extraction from Waste of Olive Oil Production and Hydrogenation to Squalene. (1996 – 1999). FAIR. Ref. FAIR961075

III.- Bibliographie

- Alkahamis T.M., Kablan M.M. "Olive cake as an energy source and catalyst for oil shale production of energy and its impact on the environment". Energy Conversion and Management, 40, 1863,1999.
- Andreozi, R. "Integrated treatment of olive oil mill effluents (OME): Study of ozonization cupled with anaerobic digestion". Wat. Res. Vol 32,8, 2357, 1998.
- Aragón, J.M. "Proyecto IMPROLIVE: Tratamiento del alperujo para mejorar su aprovechamiento". Alimentación, Equipos y Tecnología, 3, 117, Abril 1999.
- Balis, C. "Bio-transformation of olive oil mill residues and wastes into organic fertilisers". Report of the Microbiology Laboratory of the University of Harakopio. 1999.
- Berndt, L., Fiestas de Ros de Ursinos, J.A., et al. "Les expériences méditerranéenes dans le traitement et l'élimination des eaux résiduares des huileries d'olives". Tunis, 1996
- Borja Padilla R. "Depuración aerobia de las aguas de condensación del proceso de concentración térmica del alpechín". Grasas y Aceites, 42, 6, 422, 1991.
- Borsani, R. "Ultrafiltration plant for Olive vegetation waters by polymeric membrane batterie". Desalination, 108, 281, 1996.
- Cabrera, F. "The problem of the olive mill wastes in Spain: Treatment or recycling?" Ati VII Congresso Internazionale: L'approccio Integrato della Microbiologia: Uomo, Territori, Ambiente. Vieste, Italia, 117, 1994.
- Cal Herrera, J.A. "El orujo de dos fases. Soluciones para un futuro residuo". Residuos, 43, 79-84, 1998.

- Cegarra, J. "Compostaje de desechos orgánicos y criterios de calidad del compost". Actas VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Bucara, Colombia, 1994.
- Cámara de la Fuente, M. "Gestión medioambiental y contabilidad. Una aplicación al sector del aceite de oliva". Ed. Diputación Provincial de Jaén. 1997
- Demicheli, M., Bontoux, L. "Survey on current activity on the valorization of byproducts from the olive oil industry". Informe Europeo EUR 16466 EN.
- Ehalotis C., Papadoupoulo, K. "Adaptation and population dynamics of azotobacter vinelandii during aerobic biological treatment of olive-mill wastewater" FEMS Microbiology Ecology, 30, 301, 1999.
- Fiestas, R. "The anaerobic digestion of wastewater from olive oil extraction". Anaerobic Digestion, Travemünde. 1981
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A., Borja Padilla, R. "Vegetation water used as a fertiliser". Proceedings of International Symposium on Olive by-products valorisation. Sevilla, España. 65, 1991.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A., "Vegetation water used as a fertiliser". Proceedings of International Symposium on Olive by-products valorisation. Sevilla, España. 229, 1986.
- Flouri, F. Balis, C. "Efectos del alpechín líquido de las almazaras sobre la fertilidad del suelo". "Tratamiento de alpechines". Ed. Dirección General de Investigación y Extensión Agraria. 85, 1991.
- Galli, E. Paseti, F. "Olive-mill wastewater composting: microbiological aspects". Waste Management & Research, 15, 323-330, 1997.
- García Rodríguez. "Eliminación y aprovechamiento agrícola del alpechín". Actas Reunión Internacional sobre tratamiento de alpechines. Córdoba, España, 105, 1991.

- Hadmi, M. "Toxicity and Biodegradability of olive mill wastewater in batch anaerobic digestion". *Bioprocess Engineering*. Heft 8/79, 1993.
- Hermoso Fernández, et al. "Elaboración de aceite de oliva de calidad". Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, 1991.
- Israilides, K. "Situación y perspectiva de los alpechines en Grecia". "Tratamiento de alpechines". Ed. Dirección General de Investigación y Extensión agraria. 21, 1991.
- Liberto, L. "Situación y perspectiva de los alpechines en Grecia". "Tratamiento de alpechines". Ed. Dirección General de Investigación y Extensión agraria. 11, 1991.
- López, R. Martínez Bordiú. "Soil properties after application of olive mill wastewater". *Fresenius Envir. Bull.*, 5, 49-54, 1996.
- Paredes, C., Bernal, M.P., Roig, A., Cegarra, J. "Influence of the bulking agent on the degradation of olive-mill wastewater sludge during composting". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 205-210, 1996
- Paredes, G. "Compostaje del alpechín. Una solución agrícola para la reducción de su impacto ambiental". CEBAS. CSIC. Murcia, 1997.
- Paredes, C., Segarra, J. "Composting of a mixture of orange and cotton industrial wastes and the influence of adding olive-mill wastewater". *Proceedings ORBIT 99*.
- Paredes, C., Segarra, J., Roig, A., "Characterisation of olive mill wastewater and its sludge for agricultural purposes". *Biosource Technology*, 67, 111, 1999.
- Pérez, J.D., Esteban, E., Gallardo-Lara, F., "Direct and delayed influence of vegetation water on calcium uptake by Crpos". *Proceedings International Symposium on Olive by-products valorisation*. Sevilla. España, 331.1986.

- Pompei, C., Codovilli, F., "Risultati preliminari sul trattamento di separazione delle acque di vegetazioni delle olive per osmosi inversa". *Scienza e Tecnologia degli Alimenti*, 363, 1974.
- Proietti, P., Catechini, A., "Influenza delle acque reflue di frantoi oleari su olivi in in vaso e in campo. *Inf. Agrario*. 45.87.1988.
- Ramos-Cormenzana, A., "Antimicrobial activity of olive mill wastewater and biotransformed olive oil mill wastewater". *International Biodeterioration & biodegradation*, 283-290. 1996.
- Saviozzi, A., Roffaldi, R., "Effetti dello Spandimento di Acque di vegetazione sul terreno agrario". *Agrochimica*, 35, 1991.
- Steegmans, R., Frageman, H. "Optimierung der anaeroben Verfahrenstechnik zur Reinigung von Organisch Hochverschmutzt Abwässern aus der Olivenölgewinnung Oswald-Schuzule-Stiftung", *Forschungsbericht AZ 101/81*
- Torres Martín, M., Zamora Alonso, M.A., "Aspectos a considerar en el empleo del alpechín como fertilizante II. Ensayos en maceta.". *Anales de Edafología y Agrobiología*, 39, 1379, 1980.
- Visiolo, F. Romani, A. "Antioxidant and other biological activities of olive mill wastewater". *J. Agric. Food Chemi.* 47, 3397, 1999.
- Informe CARTIF-TRAINALBA. "Problemática de los residuos sólidos y líquidos que producen las almazaras, según los diferentes sistemas de extracción de aceite de oliva virgen".
- "Situación Olivarera en Europa". MERCACEI, Oct. 1999
- Informes anuales (1997 – 1999) de Progreso del Proyecto Europeo FAIR-CT96-1420 "Improvements of treatments and validation of the liquid-solid waste from the two-phases olive oil extraction" (IMPROLIVE)

IV.- Brevets

- GR871461 PROCESS FOR THE INTEGRAL USE OF OLIVE VEGETATION LIQUORS AND OTHER AGROINDUSTRIAL WASTE LIQUORS BY MIXING WITH OLIVE HUSKS
- US5801127 OLIVE PULP ADDITIVE IN DRILLING OPERATIONS
- WO9807337 OIL-PRESS WITH MILD CRACKING OF OLIVE-CROP AND WASHING OF OLIVE-MASS WITH WASTE OLIVE WATER
- WO9728089 METHOD OF EXTRACTION OF OLIVE PASTE FROM VEGETABLE WATER AND ITS USE AS FOODSTUFF
- US4663174 METHOD OF STUFFING PITTED OLIVES WITH ANCHOVIES
- US3975270 PROCESS FOR RECOVERING USABLE OLIVE-PROCESSING LIQUOR FROM OLIVE-PROCESSING WASTE SOLUTION
- GB2272903 PACKAGING MEMBER
- GB623082 NO TITLE AVAILABLE
- GB607721 NO TITLE AVAILABLE
- GB565772 NO TITLE AVAILABLE
- GB487855 NO TITLE AVAILABLE
- GB473615 NO TITLE AVAILABLE
- GB464211 NO TITLE AVAILABLE
- GB423669 NO TITLE AVAILABLE
- GB421718 NO TITLE AVAILABLE
- GB421117 NO TITLE AVAILABLE
- GB407066 NO TITLE AVAILABLE
- GB395340 NO TITLE AVAILABLE
- GB378383 NO TITLE AVAILABLE
- GB369915 NO TITLE AVAILABLE
- GB366911 NO TITLE AVAILABLE
- GB364104 NO TITLE AVAILABLE

GB362402 NO TITLE AVAILABLE

GB360938 NO TITLE AVAILABLE

GB120049 NO TITLE AVAILABLE

GB113181 NO TITLE AVAILABLE

FR2715590 NO TITLE AVAILABLE

WO9605145 THE WAY OF DISPOSAL OF WASTE FROM OLIVE OIL
PRODUCTION

WO9412576 ORGANIC MATERIAL FORMED FROM COIR DUST

WO9211206 PROCESS AND PLANT FOR PURIFICATION OF AGRICULTURAL
WASTE MATERIAL

EP0722425 THE WAY OF DISPOSAL OF WASTE FROM OLIVE OIL
PRODUCTION

EP0557758 PROCEDURE FOR THE PURIFICATION AND DEVELOPMENT OF
LIQUID AND SOLID WASTE RPRODUCT PRODUCED BY OIL MILL

EP0557758 PROCESS FOR PRODUCING OLIVE OIL

EP0451430 PLANT TO DEPOLLUTE WASTEWATER, PARTICULARLY WATER
FROM OLIVE CRUSHERS.

DE19548621 NO TITLE AVAILABLE

DE4210413 MEMBRANE FILTER FOR SEPARATION OF POLY-DISPERSIONS
INTO CONTINUOUS AND DISPERSED PHASES – IS A BONDED
POWDER MASS ON A CARRIER SUPPORT GRID PROVI

CZ9401911 PROCESS OF DISPOSING WASTE FROM THE PRODUCTION OF
OLIVE OIL

CZ280400 PROCESS OF DISPOSING WASTE FROM THE PRODUCTION OF
OLIVE OIL

APPENDICE II. PHOTOGRAPHIES



Grignon du système continu à trois phases. Paysage typique en Grèce pendant le temps de production (novembre – février)



Grignon humide sans noyau



Grignon humide



Eau d'égouttement



Marc



Noyau



Déchets végétaux du nettoyage des olives



Bassin de stockage des margines



Epandeur



Installation pour la transformation des margines à engrais liquide
à Romanos, Messina (Grèce)



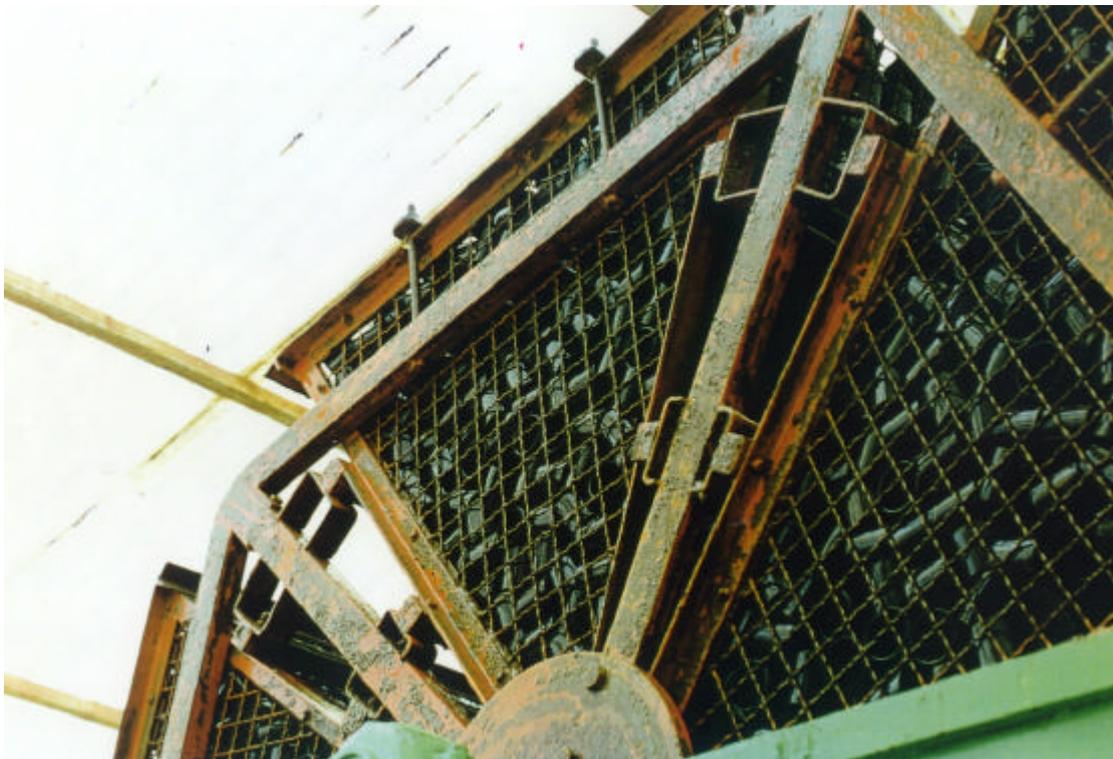
Installation de compostage du mélange grignon + margine



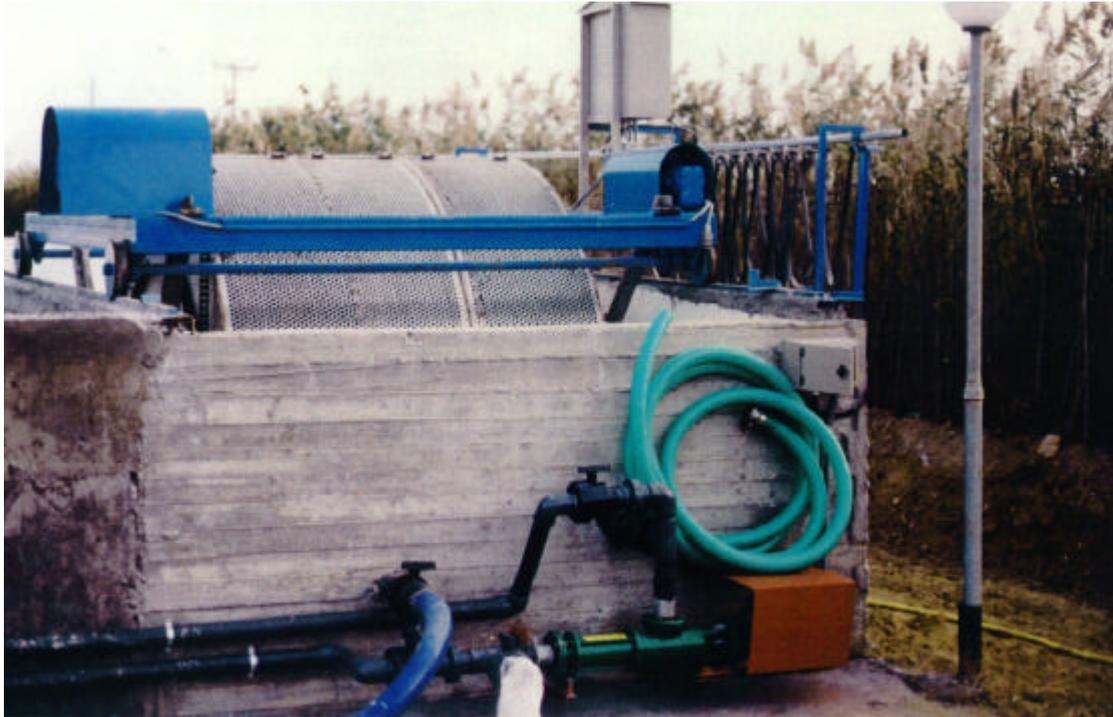
Installation de compostage à Kalamata (Grèce).



Système de transformation des margines pour son utilisation comme engrais liquide
(Romanos, Messinia, Grèce)



La même installation. Eléments du PVC. Vitesse de rotation: 8 rpm



Réacteur rotatif pour la transformation des margines à engrais



Installation à Kalamata, Grèce (Projet Life 1995). Vitesse de rotation : 6 rpm.
Vitesse linéale : 1.8 m/min . Longueur du bassin : 25 m. Capacité : 100 m³



Système de stockage/évaporation des margines utilisé en Grèce



Installation de séchage des grignons



Installation de concentration thermique des margines à Trainalba, SA
Flocculation –décantation (première photo)
Chaudière et évaporateur (seconde photo)



Installation à La Gineta (Albacete) – Séchoir



Installation à "La Gineta" (Albacete – Espagne) – Compostage



Séchoir



Installation à "La Gineta" (Albacete – Espagne)
Equipement de séparation des pierres et des grignons



Bassin de stockage des grignons et extraction avec la vis sans fin



Oleícola El Tejar – Vetejar
Panorama



Oleícola El Tejar – Vetejar
Installation de cogeneration électrique



Oleícola El Tejar – Vetejar
Installation de fabrication de charbon



Oleícola El Tejar – Vetejar
Panorama des installations d'extraction et cogeneration