

## Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits

Nefzaoui A.

*in*

Allaya M. (ed.).  
L'économie de l'olivier

Paris : CIHEAM  
Options Méditerranéennes : Série Etudes; n. 1988-V

1988  
pages 153-173

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI01.09.05>

To cite this article / Pour citer cet article

Nefzaoui A. **Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits.** In : Allaya M. (ed.). *L'économie de l'olivier*. Paris : CIHEAM, 1988. p. 153-173 (Options Méditerranéennes : Série Etudes; n. 1988-V)



<http://www.ciheam.org/>  
<http://om.ciheam.org/>

---

## Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits

Ali NEFZAOUI

*Laboratoire d'Alimentation et de Technologie  
Ecole Supérieure d'Horticulture. Chott Mariem - Sousse - Tunisie*

---

*La culture de l'olivier est concentrée dans le bassin méditerranéen qui représente 98 % de la surface et des arbres en production et 97 % de la production totale d'olives. L'Espagne, la Grèce, l'Italie et la Tunisie représentent à eux seuls 65 % de la surface, 76 % des arbres en production et 74 % de la production totale d'olives (Sansoucy et al., 1984).*

*L'importance de la production oléicole mondiale peut être illustrée par les 600 millions d'arbres qui occupent 7 millions d'ha et produisent annuellement quelque 8,4 millions de tonnes d'olives.*

*L'industrie oléicole, en plus de sa production principale qui est l'huile (huile d'olive vierge et huile de grignons) laisse deux résidus : l'un liquide (les margines) et l'autre solide (les grignons). De plus, l'olivier, à travers la taille (annuelle, bisannuelle, de rajeunissement, etc.) engendre des feuilles, des brindilles et du gros bois.*

*En adoptant la moyenne de 35 % pour le pourcentage de grignons bruts par rapport aux olives traitées, on peut estimer la production mondiale de grignons bruts à environ 2,9 millions de tonnes. Sachant qu'en moyenne 100 kg d'olives traitées engendrent 100 litres de margines, la production mondiale de margine serait de 8,4 millions de mètres cubes. Par ailleurs, et selon les estimations de nombreux pays, 25 kg de feuilles et*

*brindilles (diamètre inférieur à 4 cm) sont produites par an et par arbre. Ceci se traduit par une production annuelle dans le monde d'environ 15 millions de tonnes de feuilles et brindilles fraîches.*

*Les sous-produits de l'olivier sont nombreux et d'utilisation très variée. Nous traiterons dans cette communication des principaux aspects relatifs à la valorisation des sous-produits de l'olivier, en insistant particulièrement sur la valorisation des bois de taille, des grignons et des margines. Une attention particulière sera réservée à chaque fois à leur utilisation dans l'alimentation des animaux.*

---

### I - Valorisation des produits de la taille

---

*En se basant sur les données tunisiennes (Nefzaoui, 1983) et espagnoles (Alibès et Berge, 1983), la production moyenne serait de 22 kg de feuilles et de rameaux dont le diamètre est inférieur à 4 cm. Toutefois, il faut distinguer le gros bois et les feuilles et rameaux. Ces derniers sont utilisables dans l'alimentation des animaux alors que les premiers ont des applications industrielles ou artisanales.*

Contrairement aux autres sous-produits de l'olivier, les travaux de recherches relatives aux résidus de la taille sont en nombre limités. En Italie et en Espagne, les efforts ont porté principalement sur les aspects relatifs à la mécanisation et à l'utilisation de ces produits comme combustible. En Tunisie, les premières tentatives, exclusivement en alimentation animale, ne datent que de 4 ou 5 ans. L'information dans ce domaine est donc relativement réduite.

### 1. Utilisation des feuilles et des brindilles d'olivier dans l'alimentation animale

Classiquement les agriculteurs, surtout ceux du Sud de la Méditerranée et du Moyen-Orient, offrent à leur bétail le bois de taille. A cet effet, les animaux soit sont amenés sur place, soit les branchages ramassés et triés sont mis à leur disposition. On admet que les parties réellement consommables sont les feuilles et les brindilles de faible diamètre.

Toutefois, la taille est saisonnière et l'affouragement ne porte que sur une partie de la production totale. L'utilisation en «sec», bien qu'elle soit plus limitée, reste encore la seule alternative en année difficile et dans les zones arides et semi-arides.

#### Caractéristiques physiques et chimiques des feuilles et brindilles d'olivier

La composition chimique des feuilles et brindilles varie en fonction de nombreux facteurs (variété, conditions climatiques, époque de prélèvement, proportion de bois, âge des plantations, etc.).

Généralement, la matière sèche (MS) des feuilles vertes se situe autour de 50 à 58 %, celle des feuilles sèches autour de 90 %. La teneur en matières azotées totales (MAT) des feuilles varie de 9 à 13 %, alors que les rameaux ne dépassent guère 5 à 6 %. La solubilité de l'azote est faible, elle se situe entre 8 et 14 %, selon la proportion de bois.

La teneur en matières grasses (MG) est supérieure à celle des fourrages et oscille autour de 5 à 7 %, mais celle des constituants pariétaux et en particulier de la lignine est constamment élevée (18 à 20 %).

Par rapport à la paille et au foin, les feuilles et les rameaux d'olivier ont moins de cellulose et

hémicellulose (fraction relativement digestible par les ruminants) et plus de lignine (fraction totalement indigestible par les animaux).

#### Valeur nutritive des feuilles et brindilles

La digestibilité de la matière organique (MO) est en moyenne de 50 %, mais varie fortement selon la proportion de rameaux dans le mélange et le mode de conservation. Ces deux facteurs agissent de façon déterminante sur la digestibilité et donc la valeur nutritive des résidus de la taille.

Pour la teneur en bois (ou proportion de rameaux) : Alibès et Berge (1983) rapportent une corrélation négative très élevée entre la digestibilité de la MS et la teneur en rameaux.

Pour le mode de conservation : depuis les travaux de Maymone *et al.* (1950), on sait que la digestibilité des résidus de la taille diminue fortement après le séchage au soleil ou l'ensilage. La digestibilité des feuilles sèches est de 30 à 50 %, alors que pour les feuilles vertes, elle est de 50 à 60 % (Boza et Guerrero, 1981).

La digestibilité des MAT est faible, elle est en moyenne de 40 % pour le produit vert et diminue fortement après séchage (24 %) ou ensilage (17 %). Cette faible utilisation digestive des matières azotées coïncide avec les observations de Munoz *et al.* (1983) qui montrent que la dégradabilité de l'azote des feuilles d'olivier est lente. La moitié des MAT potentiellement dégradables dans le rumen disparaît après 34 heures d'incubation et la dégradabilité maximale est de 50 %.

La digestibilité de la cellulose brute dépasse rarement 45 % et contrairement aux grignons, la digestibilité des matières grasses est souvent inférieure à 50 %.

Globalement, nous pouvons retenir, pour les résidus de la taille (feuilles et brindilles de faible diamètre) une valeur fourragère de 0,5 UF par kg de MS. Ici aussi, le mode de conservation du produit est fort important (**tableau 1**).

#### Ingestibilité

Distribués en vert, les feuilles et rameaux sont, généralement, bien ingérés par les animaux, sans problèmes d'adaptation ni de troubles (**tableau 1**). Toutefois certains auteurs rapportent (Alibès *et al.*, 1983 ; Gomez Cabrera *et al.*, 1982) des ingestions fort variables de 24 à 80 g de MS par kg

de poids métabolique. Il a été rapporté également des accumulations de brindilles dans le feuillet des bovins (Gomez Cabrera *et al.*, 1980).

Ces mêmes auteurs améliorent sensiblement l'ingestion volontaire des animaux après une complémentation adéquate (addition de protéines).

Utilisés dans l'engraissement des agneaux de la race barbarine, les feuilles et rameaux broyés ont été ingérés de la même façon que le foin de vesce-avoine (50 à 55 g de MS/kg de poids métaboliques) (tableau 2). De plus, ils permettent selon ces essais d'assurer les mêmes performances que les rations classiques à base de foin et de concentrés.

### Utilisations pratiques

En Tunisie, en dehors de la tradition de présenter les feuilles et rameaux d'olivier tels quels au troupeau, surtout dans les régions du centre et du sud pendant la période de cueillette, des essais ont été entrepris (Ben Rouina, 1986 ; Nefzaoui, 1987) pour engraisser des agneaux ou pour la sauvegarde du cheptel. Les résultats sont encourageants et montrent que l'opération est techniquement et économiquement intéressante.

L'utilisation des sous-produits de la taille à volonté comme aliment grossier, en comparaison avec du foin de vesce-avoine ou du parcours, a donné des résultats fort encourageants. Ben Rouina (1986) obtient des gains de poids avoisinant 180 g par jour avec des rations à base de feuilles et brindilles broyées. Ces performances indiquent, par ailleurs, que ces sous-produits ont une valeur alimentaire comparable à celle du foin de vesce-avoine (tableau 2).

Peu d'expériences ont été réalisées dans ce domaine. Rapportons, pour mémoire, que Nigh (1980) a mentionné qu'en Crète, au centre de Kolymberi, les feuilles collectées au niveau des huileries étaient distribuées fraîches (datant de moins de 2 jours), à raison de 15 kg par jour à des vaches Holstein.

En Grèce, Zoiopoulos (1983) a noté qu'actuellement le niveau de distribution de ces feuilles a atteint le taux de 30 kg/jour en deux repas. Des quantités similaires sont distribuées sous forme d'ensilage après la période de récolte. Bien que le contrôle des performances n'ait pas été effectué scientifiquement, l'auteur indique un effet positif

sur la production laitière. Les feuilles fraîches sont parfois aussi distribuées à des truies.

Toujours dans le même pays, les feuilles et brindilles fraîches ont été distribuées à des moutons et des chèvres à des taux de l'ordre de 6 % du poids vif, constituant ainsi le seul fourrage et jusqu'à 10 % à des lapins (Zoiopoulos, 1983). Cependant, l'auteur suggère que le niveau optimum se situe autour de 2,5 % du poids vif de l'animal pour les ruminants.

En Espagne, Munoz *et al.* (1983), qui ont étudié des rations distribuées à volonté et composées exclusivement de feuilles séchées, d'un supplément d'orge et d'un complément protéique de farine de poisson (230 g/j), ont obtenu des croissances de 77 g/jour. Une croissance seulement de 40 g par jour fut obtenue, si la source protéique était l'urée. Le «témoin» recevait du foin de luzerne et 200 g d'orge par jour et sa croissance a été de 154 g/jour pendant une période de 90 jours.

Les résidus de la taille doivent être utilisés de manière similaire à celle des fourrages pauvres à moyens, c'est-à-dire avec une supplémentation protéique adéquate, un léger apport d'énergie facilement fermentescible (céréales, pulpe de betterave, verdure, foin de bonne qualité, etc.) et finalement une complémentation minérale (CMV).

En règle générale, ils sont à utiliser en substitution à du foin ou de la paille. Pour formuler les rations, il serait donc facile de remplacer à chaque fois que la nécessité l'exige le foin (ou la paille), habituellement utilisés, par des feuilles et brindilles broyées. L'aliment grossier est à distribuer à volonté et la quantité de concentré variera selon les performances qu'on souhaite atteindre.

### Traitements pour améliorer la valeur alimentaire et perspectives

Les traitements aux alcalis ont donné des résultats peu concluants (Martilotii et Danese, 1983 ; Alibès et Berge, 1983).

L'alternative la plus immédiate reste la séparation mécanique des fractions digestibles de celles indigestibles. Cette opération est effectuée, d'ailleurs directement par l'animal au moment de l'affouragement direct.

Dans les autres cas, où il s'agit de transporter ce sous-produit vers les animaux, certains aspects technico-économiques doivent être pris en compte. La faible densité du produit (30 kg par m<sup>3</sup>) constitue un préjudice à une utilisation économique. En effet, les coûts de chargement, de transport et de déchargement sont élevés. Pour remédier à cette situation, il serait alors nécessaire d'augmenter la densité du produit. Cela peut se faire de différentes façons (Civantos, 1983):

- Le hachage des résidus de la taille au niveau de l'oliveraie par des machines mobiles adaptées aux tracteurs de type moyen. Le produit obtenu a une densité de l'ordre de 400 kg/m<sup>3</sup> et peut être transporté pour être traité ou utilisé ultérieurement.

- La compression des rameaux au niveau de l'oliveraie. En adoptant une presse au tracteur, il est possible de confectionner des balles de rameaux complets (y compris les feuilles) ayant aussi une densité de l'ordre de 400 kg/m<sup>3</sup>. Ces balles peuvent être amenées à une station fixe, où elles seront broyées. Cette technique présente plusieurs avantages dont une meilleure organisation du travail et une souplesse quant à leur transport. De fait, une fois les balles confectionnées on peut programmer leur transport sur un laps de temps plus large.

- Le ramassage et le hachage des rameaux par des machines automotrices ou adaptées au tracteur capables d'effectuer ces deux opérations. Les hacheuses mobiles sont alimentées manuellement, alors que les ramasseuses hacheuses sont alimentées automatiquement, à condition que les rameaux soient bien distribués et alignés sur le terrain. Des prototypes industriels qui réalisent correctement cette opération sont disponibles sur le marché international.

En ce qui concerne les hacheuses mobiles, elles sont traînées par un tracteur et actionnées par la prise de force de celui-ci. L'alimentation se fait manuellement par deux opérateurs, sur rouleaux dentés actionnés par des moteurs hydrauliques à basse vitesse. L'élément de coupe est formé d'un rotor pourvu de trois lames. Les morceaux sont extraits grâce à un ventilateur centrifuge et lancés sur la remorque. Le rendement de cet équipement dépend de la composition des équipes de travail et de la quantité de ramée accumulée. Ce rendement, suite aux travaux de Civantos

(1981), oscille entre 500 et 1100 kg/h, avec une moyenne de 850 kg/h. Le temps de travail réellement utile dépend de la taille de la ramée.

Les feuilles et les rameaux les plus fins ne constituent que 50 % environ de l'ensemble du sous-produit (Civantos, 1983). L'observation a montré que le rameau entier haché, c'est-à-dire la feuille et le petit bois est mal utilisé par le bétail qui se voit contraint à trier les feuilles et délaissier les éclats de bois. Une telle sélection est relativement facile pour les petits ruminants (ovins, caprins) mais l'est beaucoup moins pour les bovins. Il est donc plus approprié de séparer les feuilles des éclats de bois pour une meilleure utilisation nutritive du produit et pour pouvoir récupérer les éclats de bois pour d'autres fins. Cette opération de tri n'a pu être effectuée convenablement (moins de 10 % d'éclats de bois dans la fraction des feuilles) jusqu'à maintenant qu'avec des machines trieuses de grande capacité (5 à 10 tonnes/h). Ceci implique l'installation d'une usine de tri où une machine trieuse capable de traiter le produit obtenu par une trentaine de hacheuses. Le rendement au tri est d'environ 40 % de feuilles (Civantos, 1983).

## 2. Les utilisations concurrentielles

C'est certainement l'un des aspects les moins étudiés des sous-produits de l'olivier. Actuellement, les résidus de la taille (gros bois et rameaux non consommés par le bétail) sont utilisés principalement comme combustible. D'autres utilisations potentielles sont possibles, dont la fabrication de compost (voir chapitre utilisation des margines), fabrication de meubles, combustibles sous forme d'agglomérés, etc.

Il est d'usage que les populations rurales utilisent le bois d'olivier pour se chauffer ou pour cuisiner. Cette utilisation passe du moyen le plus élémentaire (ramassage et utilisation tel quel) ou de manière un peu plus rationnelle (agglomérés). Cette dernière opération facilite le transport et la commercialisation mais augmente les charges à la production pour un produit dont la valeur calorifique reste modeste (3 600 Kcal/kg). La fabrication de meubles en Italie (Di Gregorio, 1981) ou d'ouvrages d'art à partir du bois d'olivier semble conquérir beaucoup de clientèles. L'utilisation du bois d'olivier dans la fabrication des meubles implique des traitements appropriés pour avoir des produits de qualité acceptable. Par ailleurs, les industries de cellulose étudient l'éventuelle utilisation des éclats de bois pour

l'obtention de la cellulose (papier d'emballage, cartonnage contracté, emballage moulé, etc.), même si la longueur des fibres semble poser encore quelques problèmes.

## II - Valorisation des grignons

Les deux procédés d'extraction de l'huile les plus utilisés actuellement sont l'extraction par le système «presse» et par le système «continu». Ces deux techniques engendrent des résidus de natures différentes. Il s'agit principalement :

- des grignons qui après épuisement donnent de l'huile de grignons et des grignons épuisés;
- des grignons épuisés après séparation, par tamisage ou par ventilation, donnent les grignons épuisés tamisés et les coques;
- des margines ou eau de végétation. Nous verrons successivement la valorisation des grignons, des coques et des margines.

### 1. Valorisation des grignons dans l'alimentation animale

#### Caractéristiques chimiques et nutritionnelles. Composition chimique.

La composition chimique des grignons d'olive varie dans de très larges limites (**tableau 3**) selon le stade de maturité, le procédé d'extraction de l'huile, l'épuisement par les solvants. Les teneurs en matières grasses et en cellulose brute présentent les variations les plus importantes (Nefzaoui, 1984, 1985). Ces variations se répercutent directement sur la valeur nutritive du produit.

Les procédés technologiques modifient les proportions relatives des différents composants des grignons (épicarpe, mésocarpe, endocarpe et amandon) qui ont des compositions chimiques différentes.

La teneur en cendres est normalement faible (3 à 5%). Les teneurs élevées qu'on rencontre sont dues à l'absence de lavage et à la présence des olives ramassées à même le sol.

Les teneurs en matières azotées varient moins fortement, elles sont en moyenne de l'ordre de 10% mais la plus grande partie se trouve liée à la

fraction pariétale et dès lors peu disponible pour l'animal. La composition en acides aminés des grignons est comparable à celle de l'orge, à l'exception d'un grand déficit en acide glutamique, proline et surtout lysine.

La teneur en matières grasses est relativement élevée et varie principalement selon le procédé technologique employé. L'épuisement, opération économiquement indispensable permet d'avoir un produit dont la teneur oscille entre 3 et 4% de la matière sèche. Ces matières grasses sont composées principalement d'acides oléique (84%), stéarique, palmitique, myristique et linoléique.

Les teneurs en cellulose brute sont élevées (32 à 47%) et le tamisage les réduit à des valeurs de 14 à 26%. Une analyse plus poussée de la fraction fibreuse nous permet de constater (Nefzaoui et Abdouli, 1981; Nefzaoui *et al.*, 1982, Nefzaoui, 1983, Nefzaoui, 1985, Nefzaoui et Vanbelle, 1986; Nefzaoui, 1987) que les grignons ont des teneurs élevées en constituants pariétaux et surtout en lignine (fraction indigestible). Le tamisage réduit la teneur de toutes les fractions «fibreuses» et en particulier la lignine et la cellulose.

La fraction pariétale des grignons est caractérisée par une forte teneur en lignine (*acid detergent lignin*) qui monte jusqu'à 30% du total des fibres.

L'olive contient des quantités élevées de polyphénols (0,3 à 5% de la MS). Ce sont surtout des orthophénols. L'oleuropéine, glucoside amer, est le composé phénolique le plus abondant et le plus caractéristique des oléagineux (Vazquez Roncero *et al.*, 1970, 1973, 1974). Sa structure correspond à un glucoside de l'acide élénolique. D'autres substances phénoliques sont également présentes, tels que des dérivés de l'acide cinamique et divers glucosides flavonoïdes.

Depuis longtemps on a cru que la valeur nutritive limitée des grignons serait due à la présence des substances phénoliques (Theriez et Boule, 1970). Nos dosages (Nefzaoui, 1983, 1985) ont montré que ces teneurs ne dépassent guère le 1% de la MS. Les polyphénols de l'olive sont éliminés à notre avis dans les margines et l'huile durant la trituration. Ceci est consolidé par le fait que les grignons contiennent peu de produits de nature phénolique alors que les margines et l'huile contiennent des quantités appréciables (Cantarelli et Montedero, 1974).

### Digestibilité et dégradabilité des grignons

Les études de digestibilité *in vivo* que nous avons menées (**tableau 4**) ont porté sur plusieurs types de grignons incorporés dans des rations à des niveaux variant de 20 à 90 %. D'une façon générale et quel que soit le type de grignon :

- la digestibilité de la MO reste faible, de 20 à 40 %;
- les matières grasses ont toujours une digestibilité élevée (60 à 80 %);
- la cellulose brute a une digestibilité faible ne dépassant guère 40 %.

En moyenne, le coefficient de digestibilité apparent (CUDa) de la MO, MAT et CB du grignon brut sont respectivement de 26 à 31 %, 6 à 10 % et 0 à 30 %. Pour les grignons épuisés tamisés, ils sont de 32 à 40 %, 29 à 38 % et 21 à 47 %.

Très hautement lignocellulosique, les grignons ont une dégradabilité dans le rumen très lente. Les valeurs maximales atteintes (dégradabilité potentielle) ne sont que de 32 % après un séjour de 72 heures dans le rumen (Nefzaoui et Vanbelle, 1983; Nefzaoui, 1985; Nefzaoui *et al.*, 1985).

La dégradabilité des matières azotées est aussi très faible et explicable par le fait que 70 à 80 % de l'azote est lié à la fraction lignocellulosique entraînant une faible solubilité de l'azote. Généralement l'azote lié à la fraction pariétale est inaccessible aux enzymes du tractus digestif.

Les dégradabilités potentielles de la MO sont atteintes après 87 heures d'incubation dans le rumen pour le grignon épuisé non traité. Le tamisage, les traitements aux alcalis les réduisent sensiblement.

La vitesse de digestion de la MO des grignons augmente suite au tamisage et au traitement à l'ammoniac.

### Ingestion des grignons

Les données disponibles sont surtout relatives aux grignons épuisés tamisés. Il apparaît que ce type de produit est ingéré en grande quantité surtout s'il est préalablement mélassé. Des ingestions variant de 85 à 128 g de MS par kg de poids métabolique sont couramment rapportées pour des

ovins. Cette ingestion particulièrement élevée, en comparaison avec les autres aliments grossiers, semble être sous le contrôle de facteurs métaboliques (Nefzaoui, 1985).

Toutefois, la concentration énergétique des grignons est faible et une ingestion fortement accrue, par rapport à ce qu'elle est pour d'autres fourrages, n'est pas satisfaisante pour les besoins de l'animal.

Ces ingestions élevées et la faible taille des particules (0,5 à 4 mm) font que le transit est particulièrement rapide (19 à 20 heures) (Nefzaoui, 1985; Nefzaoui et Vanbelle, 1986) et qu'en fait l'aliment ne dispose pas de suffisamment de temps pour voir sa dégradabilité potentielle atteinte.

Nous avons déjà mentionné que ce type de produit nécessite un temps suffisamment long pour atteindre sa dégradabilité potentielle et que le temps de latence nécessaire au démarrage est relativement long dans le cas des grignons.

Par ailleurs, la présence de matière grasse (grignon non épuisé) ne semble pas influencer l'ingestion volontaire.

### Valeur alimentaire des grignons

La valeur énergétique des grignons est faible. Elle varie de 0,32 à 0,49 unités fourragères «lait» (UFL) et de 0,21 à 0,35 unités fourragères «viande» (UFV), selon la proportion de grignon dans les régimes et de la qualité de la ration complémentaire. Dans le **tableau 4**, nous résumons les résultats d'une quinzaine d'essais que nous avons menés dans le but de déterminer la valeur nutritive de grignons, essais réalisés sur des ovins.

La teneur en matières azotées digestibles est en moyenne de 15 à 25 g par kg de matière sèche.

Comme les pailles des céréales, les grignons sont donc des résidus lignocellulosiques de par:

- leur teneur élevée en lignine (ADL),
- leur faible digestibilité (35 à 40 %),
- leur fermentation dans le rumen de type acétique (71 % acide acétique, 19 % acide propionique et 10 % acide butyrique),

- le comportement alimentaire et mérycique des animaux qui les consomment (durée d'ingestion 280 minutes, durée de rumination 530 minutes par jour).

### Amélioration de la valeur alimentaire des grignons

Le tamisage : moyen indispensable et efficace pour améliorer la valeur alimentaire du grignon

La séparation des débris de coques de la pulpe, appelée couramment «tamisage» est devenue une opération indispensable pour une meilleure utilisation des sous-produits de l'industrie oléicole.

Globalement pour le procédé d'extraction par super presse, 100 kg d'olive donnent 33 kg de grignon brut (humidité : 25 %) qui après épuisement laissent 25 à 26 kg de grignon épuisé (humidité : 15 %). Ce dernier, après tamisage et selon le procédé employé donne 13 à 14 kg de débris de coques et 12 à 13 kg de grignon épuisé tamisé (ou pulpe) (humidité : 5 à 8 %).

Cette opération de tamisage est effectuée, dans la plupart des pays, après l'extraction de l'huile de grignon. Toutefois, de nombreuses mises au point et investigations sont en cours de réalisation pour que l'opération de tamisage ait lieu avant l'extraction de l'huile de grignon.

En réduisant la part des débris de coques, le tamisage engendre un produit moins dense et surtout moins riche en constituants pariétaux (Nefzaoui et Abdouli, 1981; Nefzaoui, 1983; Nefzaoui, 1985; Nefzaoui *et al.*, 1985; Nefzaoui et Vanbelle, 1986). Ces derniers se trouvent diminués de 39 %, 43 % et 37 %, respectivement pour le NDF, l'ADF et l'ADL, ce qui est presque équivalent à un traitement avec 6 % de soude (tableau 5).

Cette opération améliore la digestibilité de la MO de 40 % sans pour autant modifier la vitesse de transit des aliments dans le tractus gastro-intestinal, qui reste très rapide. Les améliorations de digestibilités ne peuvent d'ailleurs être expliquées que par des digestibilités potentielles différentes et/ou des vitesses de digestion différentes. A cet effet, le tamisage améliore les digestibilités potentielles de 36,47 et 47 % respectivement de la MO, de la lignocellulose et des matières azotées.

Plusieurs types de séparateurs sont commercialisés : séparateur par criblage rotatif, séparateur pneumatique à double cône vertical, séparateur de cribles plats, séparateur pneumatique de sauts en cascades, séparateur pneumatique à cribles.

### Les traitements aux alcalis

A la lumière des nombreux essais que nous avons menés depuis 1977, nous pouvons récapituler les faits suivants (Nefzaoui et Ben Dhia, 1978; Nefzaoui et Abdouli, 1981; Nefzaoui *et al.*, 1983; Nefzaoui, 1983; Nefzaoui et Vanbelle, 1984; Nefzaoui *et al.* 1985; Nefzaoui, 1985; Nefzaoui et Vanbelle, 1986; Nefzaoui, 1987) :

L'amélioration de la digestibilité des grignons est possible par le traitement à la soude. Ce dernier est efficace en présence de chaleur et nécessite au moins 40 g de réactif par kg de produit. Le lavage ou la neutralisation, pour éliminer l'excès d'alcali, n'est pas nécessaire. Le traitement des grignons non épuisés est à proscrire à cause des réactions de saponification qui peuvent avoir lieu.

Les traitements de type industriel nécessitent des investissements élevés. L'addition de l'alcali puis la conservation du produit en absence d'oxygène (ensilage) constitue une alternative particulièrement attrayante. De plus, pour les grignons cette alternative offre des avantages supplémentaires :

- mettre à la disposition de l'agriculteur une technique facilement réalisable à l'échelle de la ferme (technique semblable à celle du traitement de la paille). Les améliorations que nous obtenons par cette technique de traitement sont comparables, voire supérieures, à celles obtenues par la méthode industrielle ;

- le carbonate de sodium et surtout l'ammoniac constituent des alternatives à la soude. L'ammoniac est aussi efficace que la soude pour améliorer la valeur nutritive des grignons. De plus, il présente plusieurs avantages supplémentaires (tableau 6).

## 2. Les utilisations concurrentielles

### Utilisation des grignons comme combustible

Elle a représenté et représente encore dans la majorité des pays, l'application la plus courante. En réalité le grignon d'olive est un combustible de

valeur calorifique moyenne (2 950 Kcal/kg). Cette quantité de chaleur est apportée principalement par la coque qui représente 60 % du total et qui a un pouvoir calorifique relativement élevé (4 000 Kcal/kg). La pulpe n'apporte que peu de calories (1 400 Kcal/kg). De plus, la coque représente une fraction sans intérêt pour l'animal, ce qui corrobore tout l'intérêt du tamisage.

### Utilisations possibles de la coque

Après séparation, la coque peut être utilisée comme combustible ou comme matière première pour la fabrication du furfural. Elle peut aussi être utilisée dans l'industrie du bois (fabrication de panneaux de particules).

Les informations dignes d'intérêt sont celles relatives à l'industrie du furfural. Les pentosanes sont des hydrates de carbone complexes (hémicelluloses) qui, par hydrolyse, produisent des pentoses et, par déshydratation ultérieure, produisent le furfural. La coque séparée des grignons a un contenu en pentosanes de 26 % qui représente 15 % de furfural de la matière première humide (Martinez, 1986). Le traitement de la matière première se fait dans un digesteur où la coque subit l'action d'un catalyseur, principalement des acides inorganiques, bien qu'il y a quelques procédés dans lesquels l'hydrolyse se fait sans catalyseur, et à une pression variable de 7 à 10 kg/cm<sup>2</sup>. Le furfural formé dans les digesteurs est entraîné par un courant de vapeur et introduit dans une colonne de rectification. Dans la même réaction l'acide acétique et le méthanol sont produits.

Le procédé d'obtention du furfural peut être continu ou discontinu, mais de toute façon l'obtention d'un rendement adéquat, pour rentabiliser l'opération, n'est pas encore atteint. Ceci n'empêche pas que la production du furfural à partir de la coque se pratique en Espagne et même en Tunisie.

La principale difficulté de ce procédé reste le prix de la coque (coût de la séparation, utilisation concurrentielle comme combustible, ...).

### III - Valorisation des margines

Les margines posent de sérieux problèmes de contamination (l'équivalent de 4 millions

d'habitants en terme de demande biologique en oxygène (DBO) pour tous les pays oléicoles.

Leurs effets nocifs dérivent en grande partie de leur contenu en polyphénols. Ces derniers inhibent la croissance des microorganismes, spécialement les bactéries (Peredes *et al.*, 1985).

Ces considérations ont conduit plusieurs chercheurs à trouver des applications pour valoriser les margines et limiter leur nature polluante (*i.e.* Fiestas Ros de Ursinos, 1958; Morisot, 1979; Perez *et al.*, 1980).

Ces applications peuvent être classées dans les catégories suivantes :

- Utilisation des margines (en particulier leur contenu minéral) directement ou après un traitement biotechnologique;
- Séparation des composés utiles par voie physique ou chimique;
- Utilisation des margines comme substrat pour obtenir de nouveaux produits via des procédés biotechnologiques et élimination simultanée des impuretés du produit lui-même.

### Caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques des margines

Les margines ou eaux de végétation proviennent pour 40 à 50 % du fruit et, le reste, de l'eau utilisée pour la trituration.

Les composés fondamentaux des margines sont l'eau (83,2 %), les substances organiques (15 %) et les substances minérales (1,8 %) (figure 1). Ils contiennent en moyenne 170 kg de résidus secs par mètre cube. Ces résidus secs contiennent 20 kg de substances minérales et 150 kg de substances organiques (Fiestas Ros de Ursinos, 1981).

Les substances minérales sont composées de 0,6 à 2 kg d'azote, 0,1 à 0,5 kg de phosphore, 1,2 à 3,6 kg de potassium et de 0,05 à 0,2 kg de magnésium. Les substances organiques contiennent principalement 50 kg de sucres (fructose, glucose, saccharose, ...) et 0,3 à 10 kg d'huile résiduelle.

L'autre caractéristique des margines est la très grande variabilité de leur composition et partant de leurs propriétés.

Les paramètres définissant le pouvoir polluant du produit n'échappent pas non plus à cette variation. Il s'agit du DBO (demande biologique en oxygène) (22 000 à 110 000 mg/ml), le DCO (demande chimique d'oxygène) (40 000 à 200 000), les résidus solides (3 à 10 %), les solides insolubles (0,04 à 0,5 %).

L'examen de la composition en minéraux et en matière organique suggère que ce produit peut avoir une certaine valeur nutritionnelle. En effet, on a isolé de nombreux microorganismes utilisant les margines comme substrat.

Les substances phénoliques sont potentiellement toxiques et inhibent le développement des microorganismes aussi bien en présence ou en l'absence d'oxygène. Vazquez Roncero *et al.* (1974) ont identifié un certain nombre de flavonoïdes, de phénols et des glucosides phénoliques.

Il s'agit en particulier, de l'oleuropéine qui a la propriété d'inhiber le développement de certaines bactéries, dont des lactobacilles et des champignons comme les *Geotrichum*, *Rhizopus* et *Rhizoctonia*.

Par ailleurs, sachant que la fermentation anaérobie des margines pour produire du biométhane est une des applications les plus prometteuses, il est indispensable de considérer l'effet des phénols contenus dans les margines sur l'activité microbienne des bactéries méthanogènes et les bactéries cellulolytiques.

D'autres substances, tels que des acides gras et leurs dérivés inhibent les bactéries sporulées du sol. Toutefois, plusieurs microorganismes se développent sur les margines et l'utilisent comme seule source de carbone.

Nous constatons donc que ces aspects sont fort complexes et attirent l'attention de plusieurs chercheurs à travers le monde. Une meilleure connaissance de ces différents aspects microbiologiques est nécessaire pour mieux utiliser ce sous-produit soit en biotechnologie (fermentation aérobie ou anaérobie) ou comme fertilisant.

#### Traitements des margines - quelques utilisations potentielles

Les dix dernières années ont vu se multiplier le nombre de chercheurs qui travaillent sur l'utilisation des margines dans les domaines de la

biotechnologie, de la chimie, de l'agriculture et même du bâtiment.

Ces efforts visent principalement à débarrasser l'environnement d'un produit très polluant et que la nature ne sait plus dégrader complètement. Nous pouvons classer les études actuelles comme suit :

- Etudes de l'utilisation des margines pour le compactage des sols. Cet aspect est très intéressant pour les zones où l'eau constitue un facteur limitant. La fabrication des matériaux de construction se place dans le même contexte.

- Etudes de la séparation des éléments utiles des margines :

- \* Utilisation directe comme fertilisant;

- \* production de compost par évaporation naturelle des margines accompagnée de biodégradation; le produit final peut être utilisé seul ou en mélange avec d'autres résidus ligno-cellulosiques.

- développement de technologies pour séparer des composés utiles par voie physique. Ceci comprend :

- \* application de systèmes multiples d'évaporation pour concentrer les margines avec la possibilité de réutiliser l'eau et le concentrat.

- \* application des techniques cryogéniques, d'ultrafiltration, d'osmose inverse et d'électrodialyse pour obtenir des concentrés ou utiliser l'eau récupérée.

- développement de biotechnologies pour créer de nouveaux produits, parmi ceux-ci :

- \* Bioprocessus de certains composés des margines pour obtenir des protéines. Ceci se fait par l'aide des champignons et des levures. Les protéines obtenues peuvent être utilisées en alimentation animale.

- \* Digestion anaérobie pour produire de l'énergie sous forme de méthane.

#### Biodégradation naturelle des margines dans des bassins ouverts

Ce procédé d'évacuation consiste à accumuler les margines dans des bassins pour qu'elles s'évaporent et éviter ainsi son déversement dans la nature. L'inconvénient que peut revêtir cette

méthode d'évacuation est qu'en essayant d'éviter une pollution hydrique, nous risquons de provoquer une pollution de l'environnement en raison des problèmes de manque d'esthétique et de mauvaises odeurs que présentent les bassins d'évaporation.

Les agents responsables de cette dégradation sont des bactéries et des levures qui sont présentes depuis le départ dans l'olive. Les paramètres qui contrôlent ces processus sont le pH, le nombre et le type de microorganismes, la DBO, la quantité de matière organique.

### Utilisation des margines comme fertilisants

De par leurs teneurs élevées en minéraux, les margines peuvent être utilisées comme fertilisant. Elles apportent, selon Fiestas Ros de Ursinos (1986), 3,5 à 11 kg de  $K_2O$ , 0,6 à 2 kg de  $P_2O_5$  et 0,15 à 0,5 kg de  $MgO$  par mètre cube.

L'utilisation des margines comme fertilisant n'est pas sans inconvénients.

Les avantages :

- Richesse en potassium;
- Quantités moindre d'azote, phosphore et magnésium;
- Le contenu organique améliore le développement des microorganismes du sol, ce qui se traduit par une amélioration de ses caractéristiques physiques et chimiques.

Les inconvénients :

- Salinité élevée;
- Acidité élevée. Ceci risque de poser un problème dans les sols neutres ou acides. Cependant, les acides organiques, responsables de cette acidité, sont oxydés en gaz carbonique assez rapidement dans le sol. Ce dernier réagit avec les sels pour produire des carbonates neutres. Par conséquent, l'effet négatif du faible pH pourrait être rapidement compensé;
- Polyphénols : plusieurs de ces molécules organiques ont des effets phytotoxiques. Les margines se comportent comme des herbicides vis-à-vis des plantes vertes.

Des essais menés depuis trois décennies sur l'utilisation des margines comme fertilisant ont donné des résultats assez controversés. Les résultats négatifs sont, selon l'avis de Fiestas Rios de Ursinos (1986), dus à des problèmes de doses et d'époque d'irrigation.

Les essais réalisés (*i.e.* Morisot, 1979; Potenz *et al.*, 1980; Pérez *et al.*, 1986), nous permettent de fixer certaines précautions, à savoir :

- Les doses ne doivent dépasser 100 m<sup>3</sup>/ha/an (système continu) et 30 m<sup>3</sup>/ha/an (système classique).
- Les margines doivent toujours être utilisées avant les semailles ou pendant les périodes de repos des cultures arboricoles. La période écoulée entre l'irrigation et les semailles ne doit pas être inférieure à 1 mois. Si l'addition est faite pendant les périodes végétatives, celle-ci doit être faite lentement pour éviter l'action négative éventuelle du changement brusque de la pression osmotique.
- Pour les plantations arboricoles, arroser toujours entre les lignes.
- L'irrigation doit toujours être effectuée par étape (en petites doses).
- Ne jamais l'utiliser en période de végétation.

Toutefois, à notre avis, il serait nécessaire de suivre l'utilisation des margines pendant une longue période et de voir leur effet sur la nature physico-chimique du sol et la contamination éventuelle de la nappe phréatique.

### Valorisation des margines par récupération de quelques composants

L'expérience dans ce domaine est très récente et les résultats sont encore embryonnaires. Il s'agit, en particulier, de la récupération des composants aromatiques et phénoliques et des solutions de glucides.

Les composants aromatiques sont obtenus par distillation sous vide et les arômes sont récupérés par extraction aux solvants, d'abord l'hexane, puis le chloroforme. Les principaux composants du mélange sont des terpènes, des dérivés benzéniques, des éthers, etc. (Fedeli et Camurati, 1981).

Les extraits phénoliques obtenus ont été comparés aux anti-oxydants de synthèse les plus connus (BHA, BHT), dans des essais de résistance à l'oxydation. Il a été constaté que l'addition de l'extrait des margines protège de l'oxydation l'huile de manière plus efficace que l'addition du BHA.

Le coût de production de ces extraits de margine est inférieur à celui des antioxydants de synthèse. L'avantage supplémentaire est l'utilisation de substances naturelles propres d'un aliment millénaire.

La fraction de margine dépourvue de ces composants phénoliques et aromatiques peut être utilisée pour la production de biomasses.

En effet, cette fraction est riche en glucides fermentescibles utilisables comme substrat de fermentation pour la production de biomasse. Cette biomasse, constituée principalement de protéines unicellulaires de haute valeur biologique sera incorporée dans les concentrés pour alimentation des animaux, en particulier des monogastriques (volailles).

#### Obtention des protéines unicellulaires

L'une des alternatives optimales pour la valorisation des eaux résiduelles des industries agro-alimentaires riches en glucides fermentescibles (comme les margines par exemple) est la production de protéines unicellulaires. Ce procédé a été d'abord développé en Allemagne puis s'est vu largement diffusé après la deuxième guerre mondiale.

Il utilise une levure, *Torulopsis utilis*, capable d'assimiler un grand nombre de composés contenant de l'azote et du carbone, pour leur croissance et leur multiplication. Cette levure transforme donc des produits de faibles valeurs alimentaires en produits à hauts contenus en protéines et en vitamines à haute valeur biologique susceptible d'être utilisés en alimentation animale ou même humaine. De plus, ce procédé permet de réduire considérablement le pouvoir polluant des margines, ce qui constitue l'objectif principal de l'opération.

Dans le cas des margines, le processus peut se faire en plusieurs étapes.

Ce procédé ne manque pas d'intérêt car il se traduit par :

- Une diminution de la DBO de 60 à 70 %.

- L'obtention de 13 kg de levure par m<sup>3</sup> de margines.

- Les cellules de levure absorbent le colorant brun des margines qui empêche l'épuration parfaite des eaux polluées par cet effluent pour leur utilisation ultérieure dans l'approvisionnement d'eau aux agglomérations. Donc ce processus facilite cette épuration.

La faisabilité économique d'une telle alternative est encore peu sûre et ne peut donc être envisagée qu'à long terme.

#### Obtention de biogaz

La digestion anaérobie pour produire du biométhane est une technique bien établie et largement étudiée depuis déjà un demi siècle. Ce processus présente l'avantage par rapport aux procédés aérobie classiques, entre autres d'être moins consommateur en énergie et de produire du méthane qui peut être utilisé pour l'obtention de l'énergie.

Le processus de digestion anaérobie implique la rupture de la substance organique par des réactions biochimiques qui transforment les grandes molécules en petites molécules, jusqu'à leur transformation en méthane et gaz carbonique.

Plusieurs prototypes de digesteurs ont été testés, le plus répandu et probablement le plus efficace est celui basé sur le procédé de «contact». Ce genre d'équipement est constitué principalement d'un digesteur et d'un séparateur des boues.

Ce procédé par «contact» a été testé dans plusieurs conditions, du stade expérimental au stade unités pilotes, et utilisant des margines de 15 à 70 kg DCO /m<sup>3</sup> ainsi que des digesteurs de 3 à 70 m<sup>3</sup> de capacité (Fiestas Ros de Ursinos *et al.*, 1982). L'efficacité de l'épuration exprimée en % du DCO de 80 à 85 % ont été obtenues. Selon Aveni (1984) au-dessus de 70 kg DCO /m<sup>3</sup>, on assiste à une instabilité du milieu. Cette dernière pourrait être due à une inhibition inorganique (potassium) ou organique (polyphénols).

L'énergie du méthane peut être utilisée sous la forme thermique ou convertie en énergie électrique.

1 m<sup>3</sup> de margine à 70 kg de DCO produit quelque 24,5 m<sup>3</sup> de méthane (rendement du DCO en méthane de 60 % ou 1 kg de DCO produit 0,35 m<sup>3</sup> de méthane).

Ainsi, pour une huilerie équipée avec un système de trituration «continu», dont la capacité de broyage est de 35 tonnes/jour, la production de margines est de l'ordre de 50 mètres cubes/jour; Fiestas Ros de Ursinos (1983) rapporte une production de 1368 mètres cubes de biogaz/jour (soit 57 m<sup>3</sup>/heure).

Si nous utilisons ce biogaz pour la production d'énergie électrique, en utilisant des moteurs à combustion interne, nous pouvons obtenir 1,5 KWh et 50 litres d'eau à une température de 80°C (découlant du refroidissement du moteur) par mètre cube de biogaz.

Ceci représente une production de 85,5 KWh et 2 850 litres d'eau à 80°C par heure (Fiestas Ros de Ursinos *et al.*, 1983).

La comparaison de cette production par rapport aux besoins d'une telle huilerie, nous permet de constater que l'épuration anaérobie des margines permet de parvenir à l'autonomie énergétique, voire à un léger excédent.

### Le compostage

Le compost s'obtient principalement par dégradation aérobie-anaérobie de la substance organique des résidus solides (margines-résidus agricoles).

Afin que ce processus se réalise, il faut plonger les résidus agricoles dans des margines dont le contenu en substances organiques et minérales est approprié pour mener à bien le processus d'obtention du compost (éléments nutritifs pour les microorganismes et enrichissement du produit final après évaporation naturelle).

C'est ainsi que dans certaines régions de l'Espagne (La Mancha par exemple), les margines sont traditionnellement stockées dans des bassins d'évaporation et on y ajoute d'habitude d'autres résidus agricoles (bois de taille par exemple) pour les absorber. On retourne le résidu dégradé avec une pelleteuse et on l'utilise directement comme fertilisant. Le compost produit à partir des margines est totalement libre des microorganismes pathogènes et plus riche en phosphore et en potassium que le compost obtenu à partir des

résidus solides urbains (Fiestas Ros de Ursinos, 1983).

Si notre objectif initial est de diminuer le pouvoir polluant des margines, ce procédé est à notre avis peu efficace. En effet, si la fermentation anaérobie a comme inconvénient majeure d'être un procédé lent, la fermentation aérobie est plus rapide mais ne réduit pas sensiblement la teneur en DCO des margines.

Ceci est probablement dû au fait que les microorganismes responsables dans ce cas sont des levures qui ne sont capables de métaboliser qu'une faible partie de la matière organique des margines.

### Utilisation des margines en génie civil

Les principales investigations pour ne pas dire les seules dans ce domaine ont été effectuées en Tunisie (Friâa *et al.*, 1986).

Les méthodes d'épuration des margines sont certainement coûteuses et nécessitent un investissement assez important au départ. L'alternative proposée par nos chercheurs de l'Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis remédie partiellement à ce problème, il s'agit en l'occurrence de stabiliser les pistes agricoles ou de fabriquer des briques en remplacement du ciment et de la chaux.

En effet, le traitement des sols avec les margines diminue leur perméabilité et augmentent leur caractéristiques physiques et chimiques surtout après traitement à la chaleur.

Les essais effectués ont montré, moyennant des équipements très simples, qu'il est facile de confectionner des pistes agricoles. Les tests de stabilité effectués sur plusieurs sites du pays avec différents types de sols sont concluants.

La fabrication des briques non cuites en substitution aux briques cuites classiques a été essayée en utilisant différents types de liants (ciment, asphalt, paille, margines, ...). En tenant compte du rapport qualité/ prix du produit obtenu, les margines constitue le meilleur produit. En fait, les charges dans ce cas sont représentées par le coût de transport des margines.

La concentration des margines par les techniques thermiques et par le froid (cryoconcentration).

### La concentration thermique

Le procédé le plus récent et certainement le plus prometteur est le système «Vinge» développé en Espagne (Ruiz, 1986).

Habituellement, en triturant les olives, on obtient 1 part d'huile, 2 parts de grignon et 3 parts de margine. Avec le système «Vinge», on obtient 1 part d'huile, 2 parts de grignon, 3 parts d'eau ainsi que différentes quantités de nouvelles huiles et un nouveau sous-produit solide. Les pertes par fermentation sont évitées. Le jus aqueux subit une «pasteurisation», en d'autres termes le traitement thermal limite l'installation des fermentations et le liquide est stabilisé grâce à l'effet osmotique de la concentration.

Ce procédé engendre donc un résidu solide, l'eau, un produit totalement nouveau qui est de l'huile ainsi que les produits de traitements du jus aqueux. La nouvelle huile, obtenue à partir du jus concentré, absorbe l'arôme et a un goût légèrement sucré (réactions de caramélisation dues aux températures élevées). Ces différents *outputs* permettraient de couvrir les frais d'installation et évitent la production de produits de nature polluantes. Toutefois, la faisabilité économique de ce procédé reste à établir.

### La cryoconcentration

Cette technique, développée en Italie, consiste à placer les margines après un pré-refroidissement dans des colonnes cryogéniques où la phase liquide du produit est rapidement transformée en cristaux. Les parties «polluantes» sont alors séparées de l'eau cristallisée. Cette eau sous forme de glace est pure.

Nous remarquons que le produit obtenu à la fin correspond bien aux normes légales (CEE) d'anti-pollution et peut être réutilisé pour les besoins même de l'unité ou éliminé par les voies habituelles.

Le concentré solide est récupéré pour servir à d'autres usages (aliment de bétail, fertilisant, etc.).

Cette méthode, testée aussi bien à l'échelle expérimentale qu'industrielle, nécessite un investissement relativement important et fait appel à une technologie avancée, présente un certain nombre d'avantages :

- utilise peu d'énergie, mais plus que la fermentation anaérobie,
- compatible avec la production saisonnière, car son démarrage est rapide,
- préserve pratiquement toutes les substances contenues dans les margines, en particulier celles qui sont thermolabiles (substances aromatiques et polyphénols),
- engendre une eau décontaminée et réutilisable à plusieurs fins, surtout dans les zones arides.

En ce qui concerne l'utilisation du concentré obtenu par ce procédé, il nous semble que son usage dans l'alimentation animale nécessite des investigations plus poussées.

En conclusion, l'épuration des margines par la cryogénèse, implique encore une meilleure maîtrise de la technologie pour définir la taille de l'unité qui pourrait assurer la rentabilité optimale, ainsi que les recherches indispensables pour une utilisation optimale du concentré obtenu.

### Quel procédé choisir ?

Nous venons de développer succinctement un ensemble de techniques utilisées actuellement à une échelle industrielle ou encore au stade expérimental dans les pays oléiculteurs du nord de la Méditerranée et particulièrement l'Espagne et l'Italie. Le choix entre l'une ou l'autre des méthodes dépend essentiellement de la rentabilité économique du procédé.

Malheureusement, peu d'études d'ordre économique ont été faites sur la faisabilité de ces différents procédés. Le souci des chercheurs fut jusqu'à ces derniers temps surtout d'ordre technique.

---

## IV - Conclusions

---

Dans une conjoncture internationale difficile, et face à la concurrence d'autres huiles alimentaires végétales, il importe de redonner à l'huile d'olive la place qu'elle se doit d'occuper sur les marchés nationaux et internationaux. Pour ce faire, l'on se doit d'agir sur les facteurs agronomiques, techniques et économiques afin d'augmenter les rendements et d'abaisser les coûts de production... La valorisation des sous-produits de l'olivier

s'inscrit dans ce contexte, car ils constituent bien une source potentielle de revenus complémentaires susceptibles de contribuer à l'amélioration de la rentabilité des exploitations oléicoles.

Actuellement les sous-produits de l'oléiculture sont partiellement ou totalement perdus pour beaucoup de pays, alors que leurs possibilités d'emploi sont nombreuses.

Ils constituent une source d'approvisionnement :

- d'huile supplémentaire (huile de grignon) utilisable pour la consommation humaine ou dans l'industrie,
- d'aliment de bétail (feuilles et brindilles, grignons, concentré de margines, protéines unicellulaires, ...),
- d'énergie (combustion du bois de taille, des coques de grignon, biométhane des margines,
- de panneaux de particules (coques, agglomérés de bois, ...),
- de fertilisants (margines, grignons);
- de produits chimiques à nombreuses applications industrielles ou agro-alimentaires (furfural, conservants naturels et protéines unicellulaires des margines).

De plus, la valorisation de ces sous-produits permet :

- d'une part, de résoudre en grande partie les problèmes posés par les effluents de l'huilerie et qui ont un pouvoir polluant très élevé,
- d'autre part, de contribuer à combler le déficit fourrager et de faire face aux périodes chroniques de «soudure» et de disette qu'on rencontre surtout dans les pays de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient.

Schématiquement, la valorisation optimale des sous-produits de l'olivier permettrait d'avoir :

- A partir des grignons, l'équivalent de 8526 milliards de Kcal (combustible) ou 0,7 milliards d'unités fourragères (alimentation du bétail);
- A partir des margines, l'équivalent de 320 millions de m<sup>3</sup> de biométhane (fermentation anaérobie) ou 29 à 92 milles tonnes de K<sub>2</sub>O, 5 à 16

milles tonnes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,3 à 4,2 milles tonnes de MgO (fertilisants).

- A partir des résidus de la taille, l'équivalent de 24 000 milliards de Kcal (combustible) ou 3,5 milliards d'unités fourragères (alimentation du bétail).

Enfin, les travaux de recherche, entamés depuis déjà deux décennies dans les pays du Bassin Méditerranéen, nous permettent de séparer ces résidus, selon l'état d'avancement des investigations et les impératifs des différents pays, en deux groupes :

- Ceux dont l'utilisation est techniquement établie et la rentabilité économique ne fait plus de doute : il s'agit de la valorisation des grignons et des feuilles et brindilles dans l'alimentation du bétail.
- Ceux qui sont encore au stade d'étude et où un effort d'investigation doit être poursuivi : il s'agit de l'obtention de biogaz, de concentré de margines, de protéines unicellulaires et de furfural.

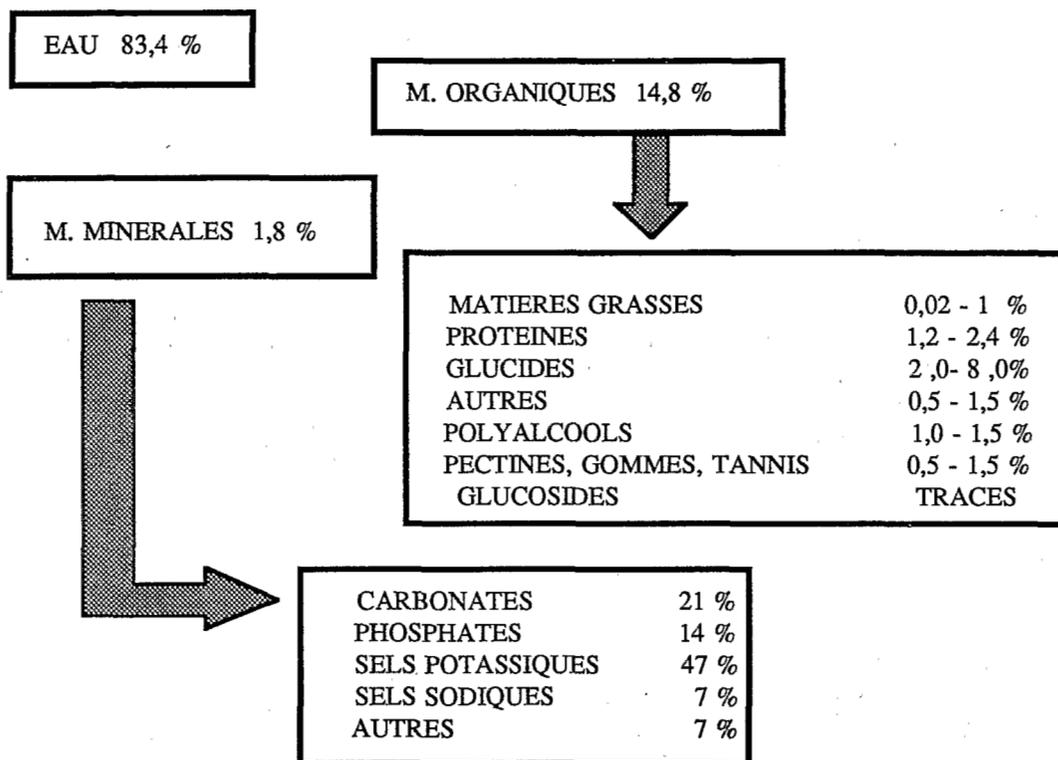
### Références bibliographiques

- Alibès, X. et Berge, Ph., 1983. Division de la Production et de la Santé Animale. FAO, Rome, 1983.
- Alibès, X., Muñoz, F., Faci, R., Perez-Lanzac, J., Gonzalez Carbajo, A.; 1982. XX Reunion Cientifica de la SINA, Zaragoza, 10pp.
- Ben Rouina, B., 1986. In : *International Symposium on olive by products valorization* (eds. FAO), Sevilla (Spain) March 1986. pp. 483.
- Boza, J. et Guerrero, J.E., 1981. In : *International Symposium: nutrition et systemes d'alimentation de la Chèvre*. (ITOVIC - INKA, France). Vol. II : 635-642.
- Cantarelli, C. et Montedero, G., 1974. In : *Natürliche und synthetische zusatzstoffe in der Nahrung der Menschen*. CIIA Symposia. Darmstadt. pp. 84.
- Civantos, L., 1981. In : Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981, pp: 81 - 84.
- Civantos, L., 1983. In : Valorisation des sous-produits de l'olivier. réunion du comité Technique (eds. FAO), Madrid (Espagne), Nov. 1983. pp.: 143-145.

- Di Gregorio, P., 1981. In : Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981, pp : 34-37.
- Fedeli, E. et Camurati, F., 1981. In : Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981. pp : 111-113.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A.; 1958. Bol. Oleicultura Intem., 46: 11-21.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A., 1981. In : Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981. pp : 93-95.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A., Navarro Gamero, R., Leon Cabellero, R., Garcia Buendia, A.J. et Maestro Juan Saez de Jauregui, G.M., 1982. *Grasa y Aceites*, 33 (5): 265.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A.; 1986. In : *International Symposium on Olive By Products Valorization* (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986, pp. : 11-15.
- Friaâ, A., Mensi, R. et Kallel, A., 1986. In : *International Symposium on Olive By Products Valorization* (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986, pp. : 263-273.
- Gomez Cabrera, A., Parellada, J., Garrido, A. et Ocana, F., 1982. *Avances en Alimentacion y Mejora Animal.*, Vol. XXIII (11), 75-77.
- Martilotti, F. et Danese, V.; 1982. *Ann. Ist. Sper. Zootec.*
- Martilotti, F., 1983. Division de la Production et de la Santé Animale, FAO, Rome, 1983.
- Maymone, B., Sblendorio, A. et Ceci Ginestrelli, D., 1950. *Ann. Ist. Sper. Zootec.*, 4 : 1-19.
- Molina, E., Nefzaoui, A. et Vanbelle, M., 1986. In : *International Symposium on Olive By Products Valorization* (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986. pp. : 403-418.
- Morisot, A., 1979. *L'olivier*, 19,1 : 8-13.
- Nefzaoui, A. et Ben Dhia, M., 1978. In : Séminaire International sur l'Olivier et Autres Plantes Oléagineuses Cultivées en Tunisie (éds. ONH-Tunisie), Mahdia (Tunisie) 3-7 Juillet 1978. pp. : 333-346.
- Nefzaoui, A., 1978. In : Séminaire International sur l'Olivier et Autres Plantes Oléagineuses Cultivées en Tunisie (éds. ONH-Tunisie), Mahdia (Tunisie) 3-7 Juillet 1978. pp. : 347-362.
- Nefzaoui, A. et Ksaier, H., 1981. In : Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. FAO/PNUD, Monastir, Tunisie, Décembre 1981. pp : 65-66.
- Nefzaoui, A., Abdouli, H. et Ksaier, H., 1981. In : Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. FAO/PNUD, Monastir, Tunisie, 1981, pp : 67-72.
- Nefzaoui, A., Marchand, S. et Vanbelle, M., 1982. In : *Tropical Animal Production For The Benefit Of Man. International Colloquium*, Antwerp, Belgium, Decembre 1982, pp : 309-314.
- Nefzaoui, A., Hellings, Ph. et Vanbelle, M., 1983. In : 34th Annual Meeting of the EAAP Study Commission. Madrid, October 1983. pp : 118.
- Nefzaoui, A., 1983. Division de la Production et de la Santé Animale. FAO, Rome, 1983.
- Nefzaoui, A. et Vanbelle, M., 1983. In : Réunion du Comité Technique-Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. FAO, Madrid, Novembre 1983, pp : 37-47.
- Nefzaoui A. et Vanbelle M., 1984. Publication du laboratoire de Biochimie de la Nutrition (UCL). 80 pp.
- Nefzaoui, A., 1985. Thèse de Doctorat. Université Catholique de Louvain (Belgique).
- Nefzaoui, A., Molina, E., Outmani, A. et Vanbelle M., 1985. *Archivos de Zootecnia*, vol. 33, num. 127 : 219-236.
- Nefzaoui A., Wattiaux M. et Vanbelle M., 1985. Publication du Laboratoire de Biochimie de la Nutrition, num. 42 (UCL). 72 pp.
- Nefzaoui A., 1986. Rapport de Consultation (FAO/Division de la Santé et de la Production Animale - Rome).
- Nefzaoui A., 1986. In : Séminaire International sur la Technologie de l'Huile d'Olive et la Valorisation des Sous-Produits. (éds. FAO). Izmir (Turquie), 20-24 Octobre 1986.
- Nefzaoui A. et Vanbelle M., 1986. *Animal Feed Science and Technology*, 14 : 139-149.
- Nefzaoui, A., 1987. *Agronomie et Horticulture*, 1: 26-48.
- Nefzaoui, A., 1987. *Agronomie et Horticulture*, 2 (sous-*presse*).
- Nigh, H., 1981. Document FAO (Rome), 6 pp.
- Pérez, J.D., Gallardo Lara, F. et Esteban, E.; 1980. *Cuad. Cienc. Biol.*, 6-7 : 59-67.

- Pérez, J.D., Esteban, E. y Gallardo-Lara, F., 1986. In : *International Symposium on Olive By Products Valorization* (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986. pp. : 331-339.
- Potenz, D., Righetti, E. y Volpicella, M., 1980. *Nota 3. Inquinamento*, 12 : 1-4.
- Ruiz Valenzuela, G.; 1986. In : *International Symposium on Olive By Products Valorization* (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986, pp. : 173-177.
- Sansoucy, R., Alibès, X., Martilotti, F., Nefzaoui, A. et Zoiopoulos, P.; 1983. Etude FAO num. 43 (Division de la Production et de la Santé Animale) (FAO-Rome).
- Theriez, M. et Boule, G., 1970. *Ann. Zootechn.*, 19 (2) : 143.
- Van Soest, P.J., 1982. In : *Nutritional ecology of the ruminant*. Ed. Van Soest P.J., O & Books Inc. Oregon, 97330.
- Vazquez Roncero, A., Graciani Constante, E. et Maestro Duran, R., 1970. *Grasas y Aceites*, 25 (5) : 269.
- Vazquez Roncero, A., Janer del Valle, C. et Janer del Valle, M.L., 1973. *Grasas y Aceites*, 24 (6) : 350.
- Vazquez Roncero, A., Maestro Duran, R. et Graciani Constante, E., 1974. *Grasas y Aceites*, 25 (6) : 341.
- Zoiopoulos, P.E., 1983. *Animal Production and Health Division* (FAO-Rome). 77 pp.

Figure 1 : Les principaux composants des margines.



**Tableau 1 : ingestion volontaire et estimation de la valeur nutritive des feuilles et rameaux d'olivier présentés sous différentes formes. (plusieurs sources)**

nature du produit	ingestion g MS/ P <sup>0,75</sup>	valeur énergétique (****)			MAD
		EM	UFL	UFV	
rameaux verts (ø < 5 mm)					
Espagne	80 (caprin)	2,26	0,74	0,65	24,6
rameaux secs (ø < 5 mm)					
Espagne	71 (caprin)	1,89	0,63	0,54	9,45
Italie	71 (caprin)	1,17	0,36	0,27	5,16
feuilles vertes					
Italie	--	2,14	0,71	0,65	58,0
Italie	--	--	--	--	77,5
Moyen Orient	--	--	--	--	37,4
feuilles sèches (***)					
Espagne (pure)	--	1,67	0,53	0,42	--
Espagne (8,8% bois)	41,7 (ovin) 63,7 **	1,32	0,41	0,30	--
Espagne (11,4% bois)	--	1,38	0,43	0,32	--
Espagne (15 % bois)	23 (ovin) 45 **	1,46	0,46	0,34	4,6
Espagne (22,6% bois)	41	1,08	0,33	0,21	--
Italie	--	1,59	0,50	0,39	25,2
feuilles ensilées					
Italie	--	1,69	0,54	0,43	20,6

\*\* ingestion avec un supplément azoté.

\*\*\* séché à l'air

\*\*\*\* valeurs énergétiques (unités) et Matières Azotées Digestibles (g) estimées par kg de MS.

**Tableau 2: ingestions et performances de feuilles et rameaux d'olivier par des agneaux de la race barbarine en engraissement (Ben Rouina, 1986)**

Rations	vesce-avoine + concentré	feuilles et rameaux + concentré
Consommations (g/jour/tête):		
aliment grossier	761-829	786-859
concentré	680	680
Poids des agneaux (kg):		
initial	25	25
final	40,7	42,4
Gain moyen quotidien durant l'essai (g/sujet):	171	188

**Tableau 3 : composition chimique des différents types de grignons en % de la matière sèche. (Nefzaoui, 1984, 1985)**

types de grignons	brut	épuisé non tamisé	tamisé gras	épuisé tamisé
matière sèche	81,4 (69,8-90,3)	89,0 (86,0-95,0)	92,8 (89,0-94,0)	89,5 (88,2-90,5)
cendres totales	8,0 (3,1-14,7)	7,9 (5,8-9,3)	11,0 (10,3-25,3)	12,0 (11,0-22,3)
matières azotées totales	6,6 (5,0-10,3)	13,6 (12,4-16,2)	7,3 (6,8-9,0)	10,3 (9,6-11,3)
matière grasse	8,9 (5,3-12,5)	3,2 (1,1-7,4)	12,0 (6,9-15,0)	4,0 (2,0-6,5)
cellulose brute	35,5 (32,0-47,5)	40,7 (32,6-53,3)	24,2 (12,0-33,5)	21,5 (14,5-26,3)
extractif non azoté	41,0 (26,7-45,5)	34,6 (25,0-44,5)	45,5 (34,5-50,0)	51,2 (33,1-51,9)
-----				
neutral detergent fiber (NDF)		71,77		51,67
acid detergent fiber (ADF)		59,64		40,94
acid detergent lignin (ADL)		30,88		25,13
hémicellulose (NDF-ADF)		12,13		10,73
cellulose (ADF-ADL)		28,76		15,81

**Tableau 4: estimation de la valeur énergétique des grignons épuisés tamisés**  
 (Nefzaoui et Abdouli, 1981; Nefzaoui et Ksaier, 1981; Nefzaoui et al., 1982; Nefzaoui, 1983; Nefzaoui et al., 1983; Nefzaoui, 1985; Nefzaoui et Vanbelle, 1986)

grignon épuisé tamisé	CUDA MO	UFL	UFV	composition du régime
non traité (35 %)	30	0.33	0.21	300 g de paille/j + à volonté un mélange composé de 35 % de grignon, 35 % son, 26 % mélasse, 2 % urée et 2 % CMV.
non traité (70 %)	27	0.32	0.20	300 g paille/j + à volonté un mélange composé de 70 % grignon, 26 % mélasse, 2 % urée et 2 % CMV.
non traité (40 %)	44	0.49	0.37	500 g foin/j + à volonté un mélange composé de 40 % grignon, 49 % orge, 8 % mélasse et 3 % CMV.
traité 4 % soude	57	0.69	0.58	idem (40 % grignon traité avec 4 % soude).
traité 4 % soude (40 % + urée)	53	0.63	0.52	idem + 1.6 % urée.
non traité aggloméré (85 %) **	32	0.38	0.25	mélange composé de 85 % grignon, 13.8 % mélasse et 1.2 % urée distribué à volonté après agglomération.
traité 4 % soude aggloméré (85 %) **	36	0.43	0.30	idem 85 % grignon traité 4 % de soude
non traité (85 %) **	40	0.48	0.36	mélange composé de 85 % grignon et 15 % mélasse distribué à volonté .
traité 2.5 % NH <sub>3</sub> (ensilage, 85 %)	43	0.54	0.45	mélange composé de 85 % grignon et 15 % mélasse ensilé en présence de 2.5 % ammoniac puis distribué à volonté tel quel.

\*\* valeurs relatives à l'ensemble du mélange.

**Tableau 5 : amélioration de la digestibilité des grignons par le tamisage en comparaison avec le traitement aux alcalis.**  
(Nefzaoui et al., 1984; Nefzaoui, 1985)

traitements	digestibilité <i>in sacco</i> en p. cent	
	MO	ADF
épuisé non traité	29,93	10,37
épuisé tamisé	43,23	27,06
épuisé traité 6 % soude	45,20	27,14
épuisé traité 6 % ammoniac	54,12	33,82
épuisé traité 6 % carbonate de sodium	37,28	20,64

\* les traitements aux alcalis ont été réalisés à froid (ensilage) dans des sacs en polyéthylènes de 20 kg.

\*\* les mesures de digestibilité *in sacco* ont été effectuées sur des ovins .

**Tableau 6: comparaison du traitement à la soude de type industriel et d'ensilage de grignon épuisé tamisé en présence d'ammoniac.**  
(Nefzaoui, 1985; Nefzaoui et Vanbelle, 1986; Nefzaoui, 1987)

rations (4)	R1	R2	R3	R4
ingestion	115	117	99	98
consommation d'eau (1)	204	458	194	218
digestibilités				
MO	32.2	35.5	39.6	43.1
MAT	38.0	45.9	29.0	54.7
hémicellulose	49.4	61.8	60.0	62.5
cellulose	26.0	28.8	43.2	49.5
réention azotée(2 )	11.9	14.0	16.4	22.0
DUI (3)	1.19	1.78	3.28	2.73
DUR(3)	3.67	3.15	6.22	5.21

(1) ingestion en g par kg P<sup>0.75</sup>; consommation d'eau en ml par kg P<sup>0.75</sup> et par jour.

(2) la réention azotée est exprimée en % de l'azote ingéré.

(3) DUI : durée unitaire d'ingestion en minutes par g de MS ingéré/jour/kg P<sup>0.75</sup>.

DUR : durée unitaire de rumination en minutes par g de MS ingéré/jour/kg P<sup>0.75</sup>

(4) Rations :

R1 : grignon épuisé tamisé aggloméré;

R2 : grignon épuisé tamisé + 4 % soude aggloméré;

R3 : grignon épuisé tamisé tel quel;

R4 : grignon épuisé tamisé ensilé en présence de 2.5 % d'ammoniac gazeux.