

## VALORISATION DES PELLICULES DE RAISINS PAR COMPOSTAGE

D. FAURE et A.M. DESCHAMPS

Laboratoire de Microbiologie Alimentaire et de Biotechnologie,  
Université de Bordeaux I, avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex (France)

**Résumé :** *L'aspect physico-chimique et microbiologique du compostage des pellicules de raisins a été étudié. Il est démontré qu'au cours du processus, ce sont surtout les matières organiques facilement métabolisables qui sont dégradées.*

*Il a été possible de déterminer la succession des populations microbiennes. Les micro-organismes intervenant dès le début du processus sont des moisissures et des levures. Puis dès que la température augmente et que le pH se basifie, ceux-ci disparaissent et laissent la place à une flore bactérienne, responsable en grande partie de la dégradation de la matière organique.*

### INTRODUCTION

La filière viti-vinicole engendre des sous-produits riches en matières organiques comme le marc de raisins, contenant les peaux, les pépins et les rafles. En France, le tonnage de marc porté en distillerie serait d'environ 270.000 tonnes/an (MUSTIN, 1987).

Le compostage représente une des solutions possibles pouvant être adoptée pour valoriser le marc de raisins. Il permet en outre l'obtention d'un résidu riche en matières organiques humifiables, en micro-organismes et en sels minéraux, utilisable en agriculture comme amendement organique.

Si le marc de raisins peut être utilisé brut comme amendement organique dans les sols de vignoble, divers travaux ont montré l'intérêt de la pratique du compostage préalable dans le cas où les apports doivent être faits à un sol de faible activité biologique (cas de la majeure partie des sols viticoles) (DELAS, 1967). Le compostage du marc de raisins a été maintes fois étudié aussi bien dans les aspects physico-chimiques, microbiologiques que technologiques (GRAEFE, 1979; STREICHBIER et al., 1982).

Par contre, très peu d'articles scientifiques décrivent le compostage des pellicules de raisins qui sont obtenues à partir de marc éraflé et épépiné. Dans le jargon industriel, ce sous-produit est nommé "pulpes de raisin".

Le présent travail a pour but d'élucider certains mécanismes physico-chimiques et biologiques du compostage des pellicules de raisins. Celui-ci est apprécié par des paramètres abiotiques (température, pH, rapport carbone/azote, dégradation de la cellulose, des hémicelluloses et de la lignine) et par des paramètres biotiques (dénombrement de la population microbienne, sélection et identification des micro-organismes dominants).

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **I — LE RÉACTEUR**

Le réacteur retenu est un réacteur sans régulation de température et aération en discontinu utilisé par THIERRY (1986). Il constitue un outil expérimental reproduisant assez fidèlement les conditions réalisées en milieu industriel, tout en permettant l'étude du compostage des pellicules de raisins, à l'échelle du laboratoire, sur 20 kg de matière organique humidifiée entre 55 % et 60 %.

Il est constitué d'un caisson (80 × 50 × 60 cm) en bois contreplaqué dont la surface interne a été recouverte de deux couches de polyuréthane. Un tuyau en caoutchouc très finement perforé et raccordé à un compresseur parcourt le fond du caisson dans sa partie médiane.

Une aération de 5 minutes (20l/min) et un retournement journalier de la matière organique permettent une aération relativement homogène du tas.

Les expériences ont été réalisées à la température ambiante de 18°C.

### **II — PRÉSENTATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE A COMPOSTER**

Les matières organiques à composter sont des pellicules de raisins rouges provenant d'une cave coopérative de la région Languedoc-Roussillon.

Le pH est compris entre 6,5-7,0, (basification dûe au stockage). Le pourcentage d'azote total est de 2,3 % Matière Sèche (M.S.) et le rapport carbone/azote (C/N) de 21,5.

### **III — MESURE DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES**

Les échantillons sont prélevés pendant le retournement du tas, à une profondeur de 20 cm. Plusieurs échantillons sont prélevés à différents endroits du réacteur et mélangés pour obtenir un échantillon de compost de 100 à 200 g le plus représentatif possible de l'ensemble.

La température est mesurée à 20 cm de profondeur à l'aide d'un thermomètre à lecture rapide muni d'une sonde de pénétration.

La mesure du pH est effectuée dans de l'eau ("pH eau"). La méthode consiste à mettre en suspension 10 g de compost dans 50 ml d'eau distillée sous agitation. C'est

la méthode, parfois légèrement modifiée, la plus employée pour suivre le compostage (LOSSIN, 1970).

Le dosage de l'azote total est effectué par la méthode de Kjeldahl.

Le pourcentage de carbone est obtenu à partir du pourcentage de cendres (après passage de l'échantillon dans un four à moufle à 600°C pendant 8 h) selon l'équation suivante couramment utilisée (GOLUEKE, 1976) :

$$\% C = \frac{100 - \% \text{ cendres}}{1,8}$$

La détermination des sucres réducteurs est effectuée par la méthode de MILLER (1959).

Pour le dosage de l'acidité totale, de l'acide volatile et de l'acide tartrique, les méthodes officielles sont utilisées (RIBÉREAU-GAYON et al., 1982).

#### IV — DÉNOMBREMENT ET IDENTIFICATION DES MICRO-ORGANISMES

##### 1°) *Dénombrement*

Pour toutes les expériences, 1 g de compost est introduit dans 100 ml d'eau physiologique stérile et l'ensemble est agité pendant 1 heure.

Afin de dénombrer et d'isoler séparément les bactéries, les actinomycètes, les champignons et parmi ces derniers les levures, l'emploi de milieux sélectifs s'impose.

- *Bactéries* : milieu TCS (Trypto Caséine Soja) (Pasteur Production)
- *Actinomycètes* : milieu Actinomycètes Difco
- *Moisissures* : Gélose Malt Agar Difco
- *Levures* : Gélose Sabouraud avec antibactérien (oxytétracycline)

##### 2°) *Identification*

- *Bactéries* : Outre les techniques classiques d'identification (morphologie, Gram, catalase, oxydase, mobilité), nous avons utilisé des micro-méthodes maintenant bien au point comme les galeries API (API Systeme, Montalieu, France) :

- API 20E : Entérobactéries et bactéries Gram –
- API 20B : Valables pour l'ensemble des bactéries Gram + et Gram –
- API 50 CHB : *Bacillus*.

- *Levures* : Nous avons employé les galeries API 20C Auxanogramme.

- *Moisissures* : Pour chaque champignon isolé, nous avons uniquement cherché à reconnaître le genre. Pour cela, le matériel fongique est observé en milieu liquide (eau), entre lame et lamelle. L'identification est effectuée par l'observation des structures morphologiques.

## RÉSULTATS

### I — ÉVOLUTION DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

La figure 1 montre l'évolution de la température, du pH et du rapport carbone/azote au cours du compostage.

Grâce à l'utilisation de ce réacteur, le compostage des pellicules de raisins a pu être réalisé en 12 jours.

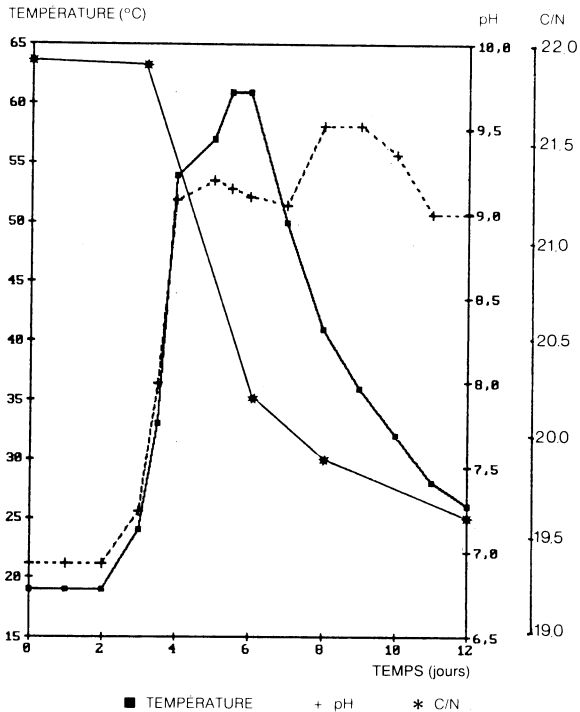


Fig. 1. — Evolution de la température, du PH et du rapport C/N au cours du compostage

#### 1°) Température

Nous obtenons un profil de température tout à fait typique rencontré en compostage :

- une phase de latence : elle correspond à l'adaptation des germes microbiens au milieu.

- une phase d'élévation brutale de la température jusqu'à un maximum : au bout de deux jours, la température augmente pour atteindre une valeur maximale de 60°C. Cette élévation de température correspond au développement des germes mésophiles, dans un premier temps, puis des germes thermophiles quand la température atteint 45°C-50°C.

- une phase de refroidissement : à partir du 6<sup>e</sup> jour, la température décroît progressivement pour revenir à sa valeur initiale. Ce refroidissement dure environ 6 à 7 jours.

Ce résultat obtenu à l'échelle du laboratoire est couramment observé à l'échelle industrielle par de nombreux auteurs (POINCELOT, 1974; CRAWFORD, 1983).

## 2°) pH

Au cours du compostage, le pH évolue considérablement. Le pH de départ se situe aux environs de 6,8 pour atteindre la valeur de 9,0 après seulement quatre jours de compostage. Cette alcalinisation se fait de manière brutale dès que la température de la masse augmente.

La plupart des micro-organismes (champignons et bactéries) sont sensibles aux fortes variations de pH. Nous pouvons supposer qu'un pH compris entre 9,0 et 9,5 unités est beaucoup trop élevé pour la croissance des bactéries.

Cette variation rapide et ce pH final très alcalin ont été obtenus par BONADEO (1989) et THIERRY (1986). Généralement, cette augmentation de pH a pour origine un dégagement d'ammoniac provenant d'amines issues de la dégradation des constituants protéiques de la matière organique.

Dans le cas des pellicules de raisin, cette hypothèse ne semble pas suffisante. En effet, le pourcentage d'azote total est de 2,3 % en début de compostage pour atteindre 2,1 % en fin de compostage. La perte d'azote sous forme ammoniacale serait donc très faible.

Nous avons pu également montrer que la forte alcalinisation n'était pas liée à l'hydrolyse des acides organiques en cours de compostage, comme l'acide tartrique (tableau I).

**TABLEAU I**  
**Teneur des pellicules en acide tartrique avant et après compostage.**

	pH	Somme des acides (méq/g)	Acide tartrique (méq/g)	Acidité volatile (méq/g)
Avant	6,1	0,05	ND	0,031
Après	7,7	<0,01	ND	ND

ND : Non Détectable.

## 3°) Le rapport carbone/azote (C/N)

Au cours du compostage, le rapport C/N varie de 21,9 à 19,6, soit une diminution de 10,5 %. Le rapport C/N chute brutalement pendant la montée en température et continue à diminuer lentement lors du refroidissement du compost.

L'abaissement de la valeur du rapport C/N que nous observons est très faible par rapport à celle rencontrée dans de nombreux travaux (SOLBRAA, 1979; MILHAU et RIVIÈRE, 1982). Cela peut s'expliquer par la nature même des substrats qui possèdent des rapports C/N initiaux beaucoup plus élevés (pouvant atteindre des valeurs de 60 voire 150) ou qui sont plus facilement hydrolysables.

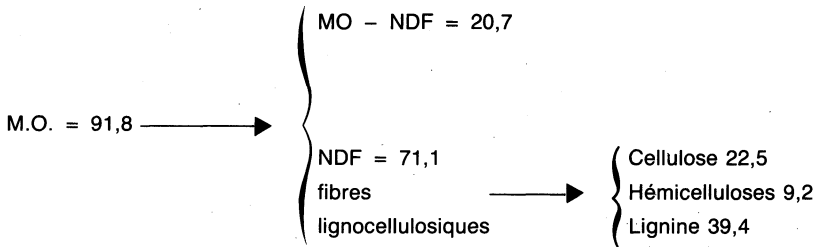
#### 4°) Hydrolyse de la cellulose, de la lignine et des hémicelluloses

La composition des pellicules de raisin en % de la matière sèche est établie par la méthode de VAN SOEST (1967) (tableau II).

**TABLEAU II**

**Composition des pellicules de raisins en % de la matière sèche.**

M.M. = 8,2



M.M. : Matières Minérales.  
M.O. : Matière Organique.

Le NDF (Neutral Detergent Fiber) est le résidu organique constitué par la cellulose, la lignine et les hémicelluloses. La teneur en NDF d'un substrat végétal permet d'estimer la part des fibres lignocellulosiques du reste des composés pariétaux solubles dans l'extractant (MO-NDF).

La composition de (MO-NDF) n'a pas été déterminée. D'après la littérature, nous pouvons penser qu'elle est constituée d'acides aminés, de peptides, d'acides gras et de lipides (NASSAR et KLIEWER, 1966; FREGA et al., 1982). En revanche, le dosage des sucres réducteurs a montré que les pellicules de raisins ne contiennent pas de sucres solubles, ou seulement à l'état de trace.

Nous pouvons constater que les taux de fibres lignocellulosiques (71,1 % de matière sèche) et de lignine (39,4 % matière sèche) sont élevés.

Le tableau III indique les pourcentages de dégradation des différents constituants de la matière organique au cours du compostage des pellicules de raisin.

Les résultats obtenus montrent que :

- le pourcentage d'hydrolyse de la cellulose est assez faible. Certains auteurs ont obtenu entre 50 et 60 % de dégradation effective de la cellulose (LOSSIN, 1970); mais il est vrai que les substrats et les conditions de compostage étaient différents.

DESCHAMPS (1985), dans le cas de compostage d'écorces riches en lignine et cellulose, est parvenu dans le meilleur des cas, à un taux d'hydrolyse de la cellulose de 15 %.

- la lignine n'a pas été attaquée
- les hémicelluloses et la MO-NDF ont été biodégradées.

Les micro-organismes ont surtout utilisé la matière organique facilement hydrolysable. Ainsi, la forte teneur en lignine des pellicules de raisin semble constituer un obstacle à la dégradation de la fraction polysaccharidique (cellulose et hémicelluloses).

**TABLEAU III**  
**Dégradation des différents constituants de la matière organique.**

	NDF			MO - NDF
	Cellulose	Lignine	Hémicelluloses	
% de dégradation	13,5	0	25,0	54,6

## II — ESSAI DE MAITRISE DU pH AVEC LE SULFATE DE FER

Au cours du compostage, nous avons une alcalinisation très importante, pouvant atteindre 9 unités de pH. Pour limiter cette basification, nous avons ajouté du sulfate de fer ( $\text{Fe SO}_4$ ) dans le compost, au début du compostage.

La figure 2 indique l'évolution du pH au cours du temps pour différentes concentrations de sulfate de fer.

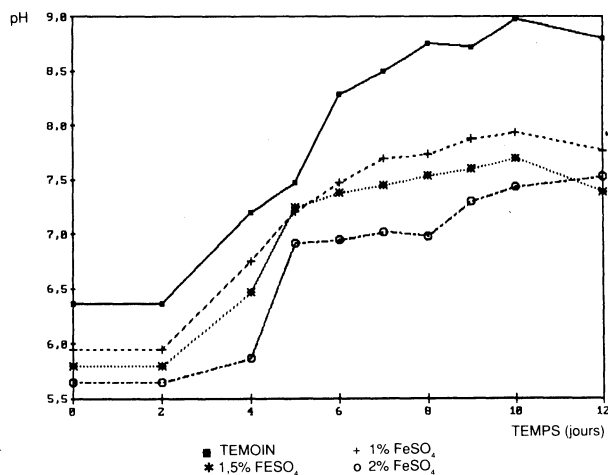


Fig. 2. — Influence de  $\text{FeSO}_4$  sur le pH

Il semble que :

- le sulfate ferreux permet d'atténuer la basification du compost. Le pH final est compris entre 7,4 et 7,8 au lieu de 8,8 pour le témoin ;

- à la concentration de 1 % et 1,5 %, l'effet de  $\text{FeSO}_4$  sur le pH est identique. L'évolution du pH avec 2 % de  $\text{FeSO}_4$  est légèrement différente. Le pH se stabilise à un pH proche de la neutralité entre le 5<sup>e</sup> et le 8<sup>e</sup> jour, puis augmente assez brutalement pour atteindre une valeur voisine de celle du compost contenant 1,5 % de  $\text{FeSO}_4$  ;

- l'addition de 1 % de  $\text{FeSO}_4$  dans le compost paraît suffisante pour la maîtrise du pH. Le pH initial voisin de 6 est optimal pour le compostage. La valeur maximale atteinte étant de 7,8 est tout à fait favorable au développement recherché des bactéries.

Les différents pourcentages de  $\text{FeSO}_4$  rajoutés dans le compost, n'ont pas perturbé le déroulement du processus du compostage.

Pour quantifier l'effet exact de  $\text{FeSO}_4$ , nous avons dosé les composants lignocellulosiques en fin de compostage et mesuré le rapport C/N. Les résultats reportés sur la figure 3 indiquent les pourcentages de dégradation de la cellulose, des hémicelluloses et de la MO-NDF pour le réacteur témoin et le réacteur additionné de 1 % de  $\text{FeSO}_4$ . Le pourcentage de dégradation de la lignine n'est pas mentionné car il est égal à zéro pour les deux réacteurs.

% DE DEGRADATION

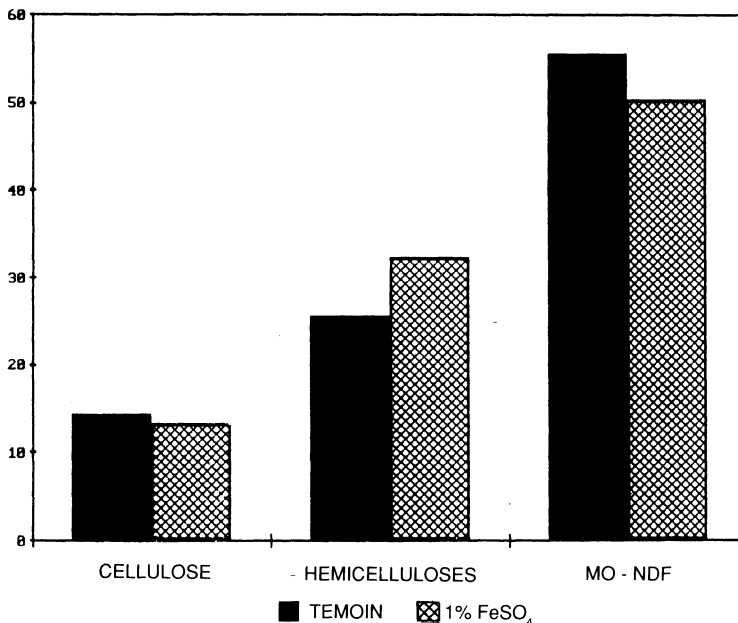


Fig. 3. – Effet du  $\text{FeSO}_4$  sur la dégradation de la matière organique



On constate que le  $\text{FeSO}_4$  n'a aucune influence sur le pourcentage de dégradation de la cellulose. Il semblerait par contre que le  $\text{FeSO}_4$  a très légèrement défavorisé la dégradation de la MO-NDF au profit de la dégradation des hémicelluloses.

L'ensemble des résultats montre que la maîtrise du pH peut être réalisée par addition de 1 % de  $\text{FeSO}_4$  dans le compost.

Le pH varie tout au long du compostage, de 5,8 à 7,8 unités. Cette zone de pH est en principe favorable à la croissance des micro-organismes, et plus particulièrement des bactéries. Néanmoins, le réajustement du pH n'a pas conduit à une meilleure hydrolyse de la matière organique.

### III — SUCCESSION DES POPULATIONS MICROBIENNES

L'étude microbiologique du compostage des pulpes de raisin nous a permis de déterminer l'évolution des populations microbiennes intervenant pendant le processus.

Nous avons pu montrer que la population initiale qui intervient, comprend pour l'essentiel des champignons filamenteux et des levures. Un résultat similaire a été obtenu par STREICHBIER (1982) lors d'un compostage de marc de raisin.

Nous avons pu dénombrer  $3 \cdot 10^2$  moisissures mésophiles/g MS. Au cours du compostage, les champignons se développent entre le 2<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> jour. Ceux-ci envahissent en surface les pulpes de raisin par un mycélium épais. Nous avons alors déterminé  $2 \cdot 10^7$  propagules mésophiles/g MS. Deux souches dominantes ont été isolées et identifiées comme appartenant aux genres *Mucor* et *Aspergillus*.

Par contre, aucune moisissure thermophile n'est présente.

Les levures, champignons unicellulaires, sont également présentes sur les pellicules de raisin. Nous en avons identifié quatre :

- *Rhodotorula sp.*
- *Candida krusei.*
- *Trichosporon sp.*
- *Saccharomyces pastorianus.*

Nous avons dénombré  $2 \cdot 10^4$  levures mésophiles/g MS. Elles se développent, comme pour les champignons filamenteux, entre le 2<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> jour pour atteindre  $3 \cdot 10^7$  cellules/g matière sèche.

Puis, dès que la température atteint des valeurs de 45°C-50°C (à partir du 5<sup>e</sup> jour), les moisissures et les levures disparaissent pour laisser la place à une microflore composée pour l'essentiel de bactéries mésophiles et thermophiles.

Les pellicules de raisin sont riches en bactéries mésophiles ( $10^7$  cellules/g matière sèche) et en bactéries thermophiles ( $10^5$  cellules/g matière sèche).

Après seulement 5 jours de compostage, le nombre de bactéries mésophiles oscille entre  $5 \cdot 10^8$  et  $5 \cdot 10^9$  cellules/g matière sèche.

Les souches dominantes isolées puis identifiées sont regroupées ci-dessous :

- *Klebsiella planticola*.
- *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*.
- *Bacillus* sp.
- *Pseudomonas* sp.
- *Xanthomonas* sp.
- *Flavobacterium* sp.

Pour les bactéries thermophiles, après 5 jours de compostage, nous avons dénombré  $8.10^9$  cellules/g matière sèche. En fin de compostage, ce nombre diminue pour atteindre  $5.10^8$  cellules/g matière sèche. La majorité des bactéries thermophiles isolées sont des *Bacillus*.

Nous pouvons donc penser que pendant le compostage des pellicules de raisin sans contrôle de température, des valeurs de température de l'ordre de 55-60°C, permettent aux bactéries seules de prendre une place active dans la décomposition de la matière organique.

Nous sommes arrivés aux mêmes conclusion que BÄGSTAM (1979) étudiant le compostage des écorces de pin.

## **CONCLUSION**

Le compostage industriel des pellicules de raisins a pu être simulé dans un réacteur de laboratoire sans régulation de température mais avec une aération en discontinu. L'utilisation de ce réacteur élémentaire a permis d'étudier l'aspect physico-chimique et microbiologique du compostage des pellicules de raisin. Les résultats obtenus permettent de penser que la valorisation par compostage de ce sous-produit de l'industrie vinicole est tout à fait envisageable avec un investissement financier réduit.

L'alcalinisation importante du matériel végétal rencontré au cours du processus a pu être limitée par addition de sulfate de fer à 1 %.

Nous avons constaté que la succession des population microbiennes est directement reliée à l'évolution des différents paramètres physico-chimiques que sont la température, le pH et le rapport carbone/azote. En définitive, les pellicules de raisins sont un très bon substrat pour la croissance des bactéries mésophiles et thermophiles comme le démontre la dégradation des différents composés de la matière organique après 12 jours de compostage, à l'exception de la lignine.

Manuscrit reçu le 7 mai 1990; accepté pour publication le 21 mai 1990.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

BÄGSTAM G., 1979. Population changes in microorganisms during composting of spruce-bark : II. Mesophilic and thermophilic microorganisms during controlled composting. *European J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **6**, 279-288.

- BONADEO N., 1989. Valorisation de sous-produits agricoles par le compostage. Étude en microcomposteurs de laboratoire. D.E.A. "Sciences des aliments", Université de Bordeaux I. Station d'Agronomie, INRA Bordeaux.
- CRAWFORD J.H., 1983. Composting of agricultural wastes. A review. *Process. Biochem.*, **2**, 14-18.
- DELAS J., 1967. Utilisation des marcs de raisin comme amendement organique dans les sols de vignoble. *Vignes et vins*, **164**, 19-29.
- DESCHAMPS A., 1985. Contribution à l'étude de la biodégradation des écorces et de leurs constituants par des bactéries et essais d'utilisation des souches isolées. Thèse de doctorat d'état, Université Technologique de Compiègne.
- FREGA N., CONTE L.S., LERCKER G. et ZIRONI R., 1982. Composition de la fraction lipidique et sa répartition dans les différentes parties de *Vitis vinifera* cv Fortana. *Rev. Fr. Corps Gras*, **29**, 363-368.
- GOLUEKE C.G., 1976. Composting : a study of the process and its principles. Rodale Press Inc., USA.
- GRAEFE G., 1979b. Energy from grape marc. Min of Science and Research, Austria.
- LOSSIN R.D., 1970. Compost studies : degree of decomposition. *Compost. Sci.*, **11**, 16-17.
- MILHAU C. et RIVIÈRE L.M., 1982. Valorisation des copeaux d'élagage compostés par l'élaboration de substrats de culture hors sol. *Compost. Inf.*, 2<sup>e</sup> trimestre, 12-20.
- MILLER G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugars. *Anal. Chem.*, **31**, 424-426.
- MUSTIN M., 1987. Le compost. Gestion de la matière organique. Éd. François Dubusc, Paris.
- NASSAR A.R. et KLEWER W.M., 1966. Free amino acids in various parts of *Vitis vinifera* at different stages of development. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, **89**, 281-294.
- POINCELOT R.P., 1974. A scientific examination of the principles and practice of composting. *Compost Sci.*, **15**, 24-31.
- RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., SUDRAUD P. et RIBÉREAU-GAYON P., 1982. Sciences et techniques du vin, vol. 1, Dunod, Paris.
- SOLBRAA K., 1979. Composting of Bark-II Laboratory experiments. Reports of the norwegian forest research institute.
- STREICHBIER F., MESSNER K., WESSELY M. et ROHR H., 1982. The microbiological aspects of grape marc humidification. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **14**, 182-186.

- STREICHBIER F., MESSNER K., WESSELY M. et ROHR H., 1982. The microbiological aspects of grape marc humidification. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **14**, 182-186.
- THIERRY A., 1986. Étude de l'évolution des propriétés biochimiques au cours de l'humification biologique. Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Montpellier.
- VAN SOEST P.S. et WINE R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV : Determination of plant cell wall constituents. *J. Asso. Off. Agric. Chem.*, **50**, 50-55.