Connaissance Vigne Vin, 1985, **19**, N° 2, 117-136.

MISE AU POINT SUR LA DEPOLLUTION ET LA VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS ET SOUS-PRODUITS DE DISTILLERIES PAR FERMENTATION METHANIQUE

André BORIES

Institut National de la Recherche Agronomique
Station d'Œnologie et de Technologie Végétale
11104 Narbonne (France).

INTRODUCTION

Les industries agricoles et alimentaires produisent d'importantes quantités de déchets et de sous-produits riches en matières organiques.

Les eaux résiduaires posent les problèmes de pollution organique. Les traitements d'épuration précédement mis en place sont consommateurs d'énergie, de réactifs. Ils alourdissent les coûts des productions.

Les sous-produits solides des IAA sont généralement à forte teneur en eau ce qui limite les usage à cause des coûts de séchage prohibitifs.

L'industrie viti-vinicole s'inscrit dans ce cadre. La distillation d'alcool engendre des rejets d'effluents (vinasses) qui représentent 10 à 15 fois le volume d'alcool produit. Le potentiel de pollution est très élevé : 3-4 000 équivalent-habitant/m3 alcool soit encore 200-250 kg matières organiques résiduelles/m3 alcool.

Dans le contexte de traitement et de valorisation de déchets, la fermentation méthanique offre plusieurs avantages :

— Le processus microbien de digestion anaérobie transforme les matières organiques en méthane (gaz combustible) et dioxyde de carbone d'où une dépollution des rejets.

— La production de biogaz représente un potentiel énergétique souvent important pour l'activité industrielle.

— L'économie d'énergie qu'apporte la substitution des autres filières de traitement par la méthanisation.

La fermentation méthanique est maintenant une technologie confirmée dans tous ses aspects. Sur le plan de l'épuration, le traitement anaérobie aboutit à des rendements d'élimination des matières carbonées sensible-

ment comparables à ceux obtenus avec les procédés aérobies. Les procédés de fermentation ont fait l'objet d'améliorations considérables dans le but d'augmenter la vitesse, de réduire le volume des installations, d'apporter une plus grande fiabilité. Les nouvelles technologies des réacteurs, font appel aux micro-organismes fixés sur supports.

Les bilans énergétiques s'avèrent tout à fait favorables, très largement excédentaires.

Après avoir présenté le principe de la fermentation méthanique, nous examinerons les technologies de fermentation et les principales réalisations industrielles ou expérimentales rencontrées en Europe dans le domaine des industries agro-alimentaires.

Dans une deuxième partie, les données relatives à la méthanisation des déchets de distilleries seront exposées sur le plan de la faisabilité et des potentialités énergétiques.

PRINCIPE ET PROCEDES DE FERMENTATION METHANIQUE

I — ASPECTS THEORIQUES DE LA FERMENTATION

Le processus de la digestion anaérobie peut être schématiquement décrit comme étant constitué de quatre étapes qui conduisent des substances organiques complexes au méthane (figure 1) :

— l'hydrolyse ou la solubilisation des substrats complexes (polysaccharides, protéines, lipides) ;

— l'acidogénèse ou phase fermentative des substrats simples en acides gras volatils (AGV) et autres métabolites intermédiaires (alcools...) ;

— l'acétogénèse qui assure la conversion des AGV et autres métabolites en acétate avec transfert interspécifique d'hydrogène ;

— la méthanogénèse, dernière étape assurant la formation de méthane à partir d'acétate ou d'H_2 et de CO_2 ou de formate.

Sans entrer dans une étude détaillée des réactions, ce qui n'est pas l'objet de cet exposé, il convient cependant de préciser les aspects cinétiques de ces différentes phases de la digestion anaérobie. D'une façon générale on classe les vitesses des 4 étapes dans l'ordre décroissant :

méthanogénèse > acidogénèse > méthanogénèse > hydrolyse
(hydrogénophilie) (acétoclastie)

Les implications technologiques qui en découlent sont à deux niveaux :

— à partir de substrats complexes telles les matières végétales lignocellulosiques, c'est la phase d'hydrolyse qui limite la vitesse et le

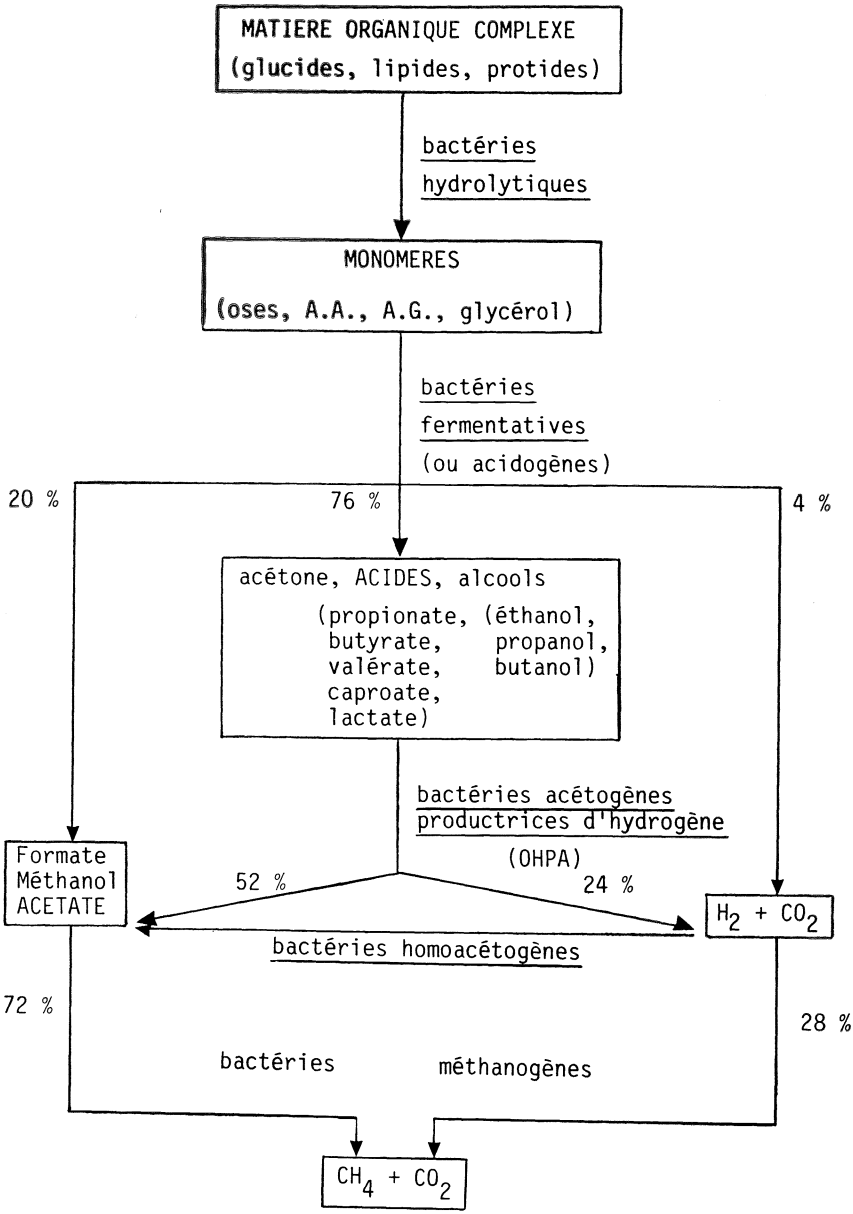


Fig. 1. — Schéma général de la fermentation méthanique

rendement de la digestion anaérobie. L'intérêt énergétique risque d'être très réduit dans ces conditions.

— à partir de substrats simples (monomères) comme ceux rencontrés dans la plupart des eaux résiduaires d'IAA (oses, acides organiques...) la fermentation sera plus rapide et d'un rendement optimal. La phase de méthanogénèse à partir de l'acétate, prépondérante dans les digesteurs, limitera la vitesse du processus. Il faudra alors rechercher les moyens d'augmenter la concentration en bactéries méthaniques pour palier le faible taux de croissance de ces micro-organismes.

II — LES TECHNOLOGIES DE FERMENTATION (figure 2)

A - **Procédés de première génération**

Les procédés dits de première génération font appel à des conceptions conventionnelles de conduite de cultures microbiennes ou de traitement de rejets :

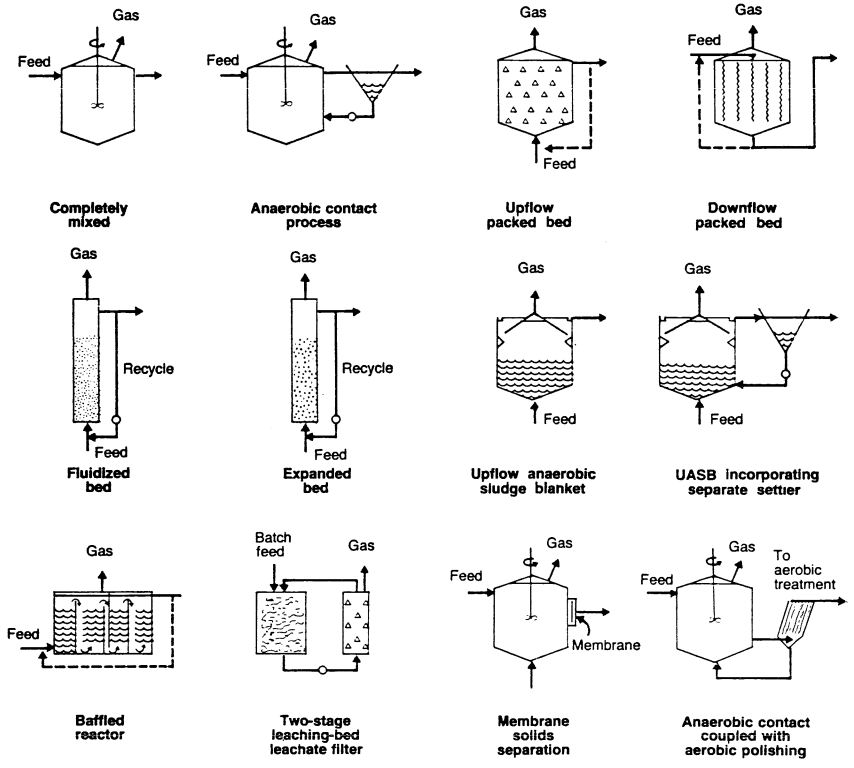


Fig. 2. — Les diverses conceptions des réacteurs anaérobies (SPEECE, 1983)

— lagune anaérobie : procédé extensif qui associe une longue période de rétention de l'effluent (stockage) à une fermentation naturelle ;

— réacteur infiniment mélangé (chemostat) : procédé continu réservé aux produits très concentrés ou riches en matières en suspension ;

— réacteur mélangé avec recyclage des micro-organismes : procédé « contact anaérobie ». Dans la version classique, la séparation (décantation) des bactéries (boues) est effectuée à l'extérieur du réacteur (digesteur) dans un décanteur. Une variante proposée dans le procédé IRIS consiste en la disposition du système de décantation à l'intérieur même du digesteur.

Le recyclage de bactéries augmente leur temps de rétention.

La conduite du procédé sera tributaire de la maîtrise de la décantation des bactéries. Des perturbations dues aux variations de la nature du substrat ou à des à-coups de débit peuvent provoquer des pertes en micro-organismes par entraînement (lavage) avec évolution vers l'acidification et blocage de la production de gaz.

Sur le plan de la capacité du système contact, l'ordre de grandeur des performances est :

— temps de rétention hydraulique : 4-5 jours,

— charge volumique : 2-4 kg DCO/m3 fermenteur. jour,

— charge massique : 0,1-0,2 kg DCO/kg M.V.S. jour,

— productivité volumique en gaz : 1-2 m3 biogaz/m3 fermenteur. jour,

— épuration : 80-95 p. 100 en DCO.

Ce procédé a fait l'objet de réalisations industrielles dans le secteur agro-alimentaire : amidonnerie, pectinerie, distillerie, sucrerie, conserverie, dont les principales caractéristiques sont mentionnées dans le Tableau I

B - **Procédés de deuxième génération**

Ces nouveaux procédés visent à améliorer la rétention des micro-organismes. Plusieurs possibilités ont été envisagées : fixation, piégeage par introduction de supports ou encore par obtention de boues de texture plus favorable (granules ou pellets). Les divers systèmes, qui peuvent d'ailleurs associer plusieurs de ces effets se regroupent principalement dans :

— les filtres anaérobies et fermenteurs à bio-film fixé,

— les réacteurs à lit expansé (lits de boues, lits fluidisés).

Leurs capacités à maintenir un temps de rétention et une concentration élevés de la biomasse concourt à des potentialités de fermentation très supérieures tant en vitesse qu'en charge appliquée.

TABLEAU I

Caractéristiques de quelques installations de méthanisation en industries agro-alimentaires basées sur le procédé de type contact anaérobie

Type de fermenteur	Volume fermenteur (m^3)	Industrie	Température (°C)	Temps de retention hydraulique (j)	Charge volumique (kg DCO/m^3 ferm. j)	Rendement d'épuration (p. 100 DCO)	Productivité en biogaz m^3/m^3 ferm. j
Contact anaérobie	2 x 2000	Amidonnerie	37	5	1,5	90	1,1
	2 x 2500	Conserverie	35	5	4	85-90	1,8
	3000	Pectinerie	37-38	4-5	1,7-5,3	85	1,2
I.R.I.S.	800	Sucrerie	30	1,7	5	80-90	1,25
	1200	Distillerie	35	3	4,2	80	1,3
	2000		35	5,5	7	85	3,7
Clarigester	1000	Distillerie	35	7	3,1	97	2

- **Filtres anaérobies (FA) et fermenteurs à film fixé (FF)**

Dans les premières versions du filtre anaérobie, (YOUNG et MAC CARTY, 1968), la cuve de fermentation est remplie d'un garnissage en vrac, fixe, et est alimentée en flux ascendant (up-flow), sans recirculation. La distribution hydraulique entraîne un fonctionnement de type piston et un gradient des concentrations en substrats, en produits intermédiaires (AGV) et en biomasse bactérienne. La rétention des matières solides est assurée principalement par piégeage (à l'intérieur ou entre les supports).

Par la suite, les conceptions ont évolué vers trois types principaux :

— flux ascendant avec recirculation,

— flux descendant avec ou sans recirculation, support en vrac (BORIES et *al.* ; 1982),

— supports orientés (VAN DEN BERG et *al.*, 1982).

La différence essentielle porte sur les conditions hydrauliques (mélange intégral) et sur la meilleure répartition de la biomasse fixée (fermenteurs à film fixé).

Les supports utilisés varient en nature, depuis des matériaux rustiques (galets p.e.) jusqu'à des matériaux élaborés (modules PVC, supports d'argile cuite, etc.). La porosité (indice de vide), la surface spécifique, le poids, la nature et le coût sont les principaux paramètres de choix des supports.

- **Fermenteurs à lit expansé**

Initialement développé en Afrique du Sud (procédé Clarigester), le procédé à lit de boues a été plus récemment introduit et développé en Europe sous la dénomination U.A.S.B. (Up flow Anaerobic Sludge Blanket ; LETTINGA, 1980). Il repose sur l'obtention spontanée de boues granuleuse caractérisées par une très bonne décantabilité et qui forment un lit dense à la base du réacteur. Les conditions d'obtention des granules ne sont pas encore clairement établies. La nature des effluents semble primordiale (HULSHOFF-POL et *al.*, 1982).

Très proche dans sa conception, le procédé à lit fluidisé suppose l'adjonction de supports de faible granulométrie (céramiques, charbon activé, sable), mobiles, sur lesquels la biomasse vient se fixer. Le maintien en suspension des granules formés nécessite une recirculation importante de la phase liquide. Technique d'application récente à la fermentation méthanique, le lit fluidisé est mieux connu pour d'autres types de traitements (dénitrification par exemple). Très performants grâce à une surface de contact substrat-bactérie optimale, ils sont par contre d'une conduite délicate et peuvent poser des problèmes lors de redémarrages, consécutifs à des arrêts volontaires (intercampagne) ou intempestifs.

TABLEAU II

Caractéristiques et performances de quelques installations expérimentales ou industrielles de fermentation en réacteur de deuxième génération

Type de réacteur	Support	Volume instal-lation (m^3)	Effluent	T° (°C)	Temps séjour hyd. (j)	Charge vol. kg DCO/ m^3 j	Taux d'éli-minat. % DCO	Productivité en biogaz m^3/m^3 j	Référence
Filtre anaérobie	minéral (calcaire)	9	lisiers	28		19,6	88	6,7	COLLERAN, 1982
	module PVC	12 800	distillerie mélasse canne	30-40	8	8-10	58-62	3,7-4,7	SZENDREY, 1983
Film fixé									
up-flow	anneaux pales PVC	3	lisiers	35	3,5	11,2	60	3,7	HEDUIT, 1982
up-flow	anneaux céramiques	5	domestiques	20	0,25	0,2	60	0,1	GENUNG et al., 1978
down-flow	anneaux PVC	20	distillerie vinicole	37	1,6	13,9	91,9	7,8	BORIES et al., 1982
down-flow	anneaux PVC	10	distil. rhum	37	3	»14,2	71	6,3	BORIES et al., 1984
	anneaux PVC	1 200	sucrerie	35	0,61	7-9	90		
Lit fluidisé	sable (0,1-0,3 mn)	0,3	levurerie	35	0,1	20	90	18	HEIJNEN, 1982
	minéral		lactosérum	35	0,7	16,2	85	6,5	
Lit de boues		1 200	pomme de terre	35	0,3	10	60	4	

C - **Performances et exemples d'applications des procédés de deuxième génération**

Globalement, on peut attribuer aux réacteurs à film fixé et aux filtres anaérobies des zones de charge de 12 à 18 kg DCO/m3. j. (MUELLER et MANCINI, 1975 ; VAN DEN BERG et KENNEDY, 1982 ; BORIES et *al.*, 1982).

Pour le lit de boues, des charges volumiques de 15-25 kg DCO/m3. j. sont retenues pour le dimensionnement d'installations industrielles (LETTINGA et *al.*, 1982).

Quant au lit fluidisé, on relève des données proches des films fixés (10-20 kg DCO/m^3. j.) (SWITZENBAUN, 1982).

Des vitesses de passage très élevées sont obtenues avec la plupart des procédés : le temps de séjour est souvent inférieur à 24 heures et atteint quelques heures pour les substrats les plus dilués.

Le passage de ces technologies au stade industriel est récent mais quelques installations de grandes capacités sont déjà opérationnelles.

La réalisation de Bacardi Corporation à PORTO RICO avec un filtre anaérobie de 12 800 m3 remporte la palme mondiale du plus grand digesteur, tous systèmes hors lagunes anaérobies (SZENDREY, 1983).

Nous avons regroupé dans le Tableau II les caractéristiques et les performances signalées dans ce domaine.

METHANISATION DES EFFLUENTS ET SOUS-PRODUITS DE DISTILLERIES VINICOLES

Les diverses formes sous lesquelles se présentent les déchets et sous-produits de distilleries orientent les choix technologiques et les potentialités de la méthanisation. On rencontre ainsi :

— les milieux liquides où les conditions de fermentation sont très favorables à l'application de technologies performantes. Les vinasses de vins sont l'exemple type ;

— les milieux liquides contenant des fortes teneurs en matières en suspension qui vont limiter les technologies au procédé classique de mélange complet ;

Les vinasses de lies appartiennent à ce type de produit.

— des produits solides ligno-cellulosiques, pour lesquels les problèmes de solubilisation et de rendement de fermentation se posent. Les marcs de raisin, principal sous-produit des distilleries en font partie.

I — METHANISATION DES VINASSES DE VINS

La charge organique des vinasses de vins, principalement constituée de glycérol, d'acides organiques et autres molécules simples est aisément fermentescible. En fermentation continue, aucune correction de pH n'est à effectuer. Le Tableau III mentionne les compositions d'une vinasse de vin blanc (Armagnac) détartrée, et du milieu après méthanisation (digestat).

TABLEAU III

Evolution de la composition d'une eau résiduaire de distillerie (vinasse de vin) au cours du traitement anaérobie sur fermenteur à film fixé à forte charge. (8 - 13 kg DCO/m3 f.j.).

	Substrat vinasse de vin détartrée	Effluent épuré (digestat)	Taux d'élimination p 100
pH	3,3 - 4,7	6,7 - 7,5	
DCO (mg O_2/l)	18 - 25000	1500 - 2000	92
DCO/DBO	0,6	0,5	
Azote total (mg N/l)	100 - 200	20 - 50	50 - 75
Azote ammoniacal (mg N/l)	10	20	
Phosphore (mg P/l)	40 - 80	6 - 12	80

Le taux d'élimination de la charge organique dépasse 90 p. 100 (en DCO et en DBO). La fermentation méthanique est donc une technique de dépollution tout à fait efficace.

Ce milieu très fermentescible se prête bien à une optimisation des conditions de fermentation. La comparaison des performances des divers procédés montre de larges possibilités d'amélioration avec le réacteur à cellules fixées.

Une expérimentation pilote industrielle a été effectuée sur le procédé à film fixé sur support plastique.

Le support est constitué d'anneaux en PVC (FLOCOR), diamètre : 3 cm, longueur : 3 cm, dont la surface spécifique est de 230 m2/m3 et la porosité de 95 p. 100. La fermentation est conduite à 35 °C. Un

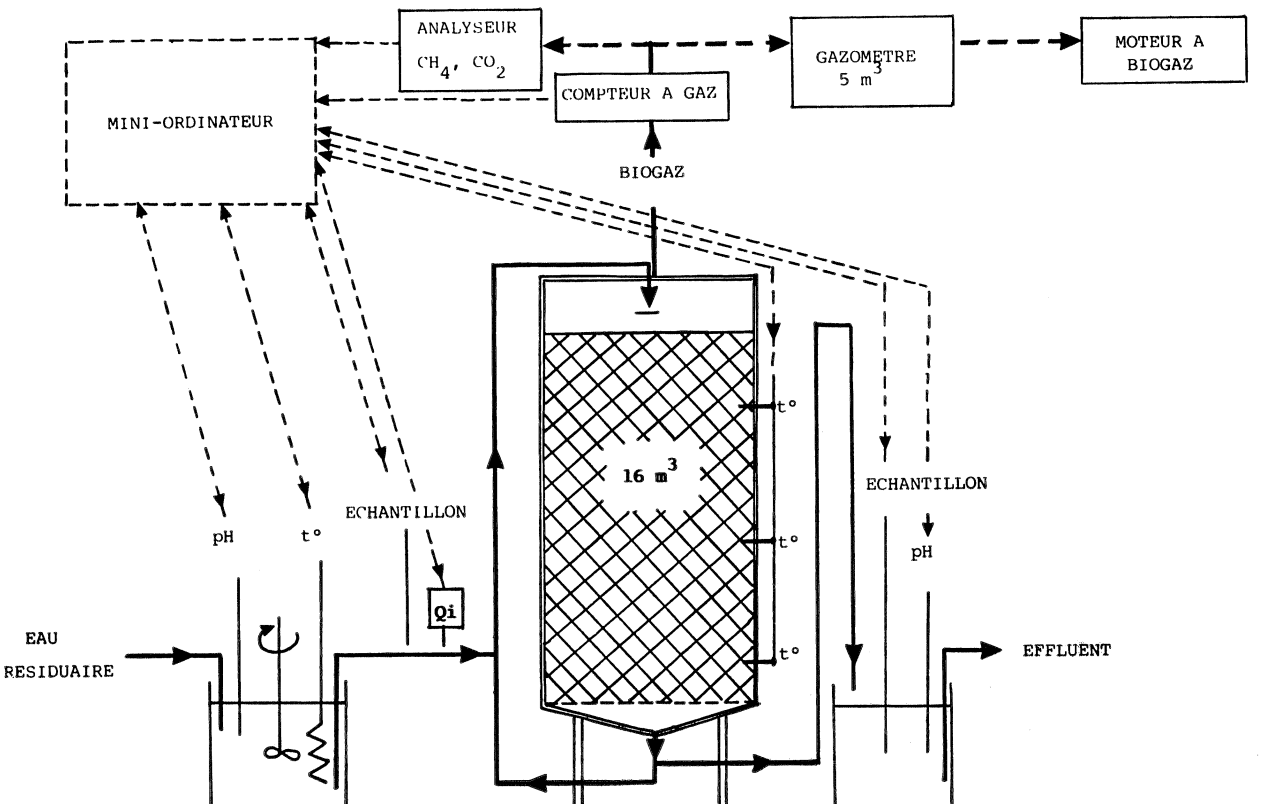


Fig. 3. — Schéma de l'installation pilote de fermentation méthanique en film fixé (16 m³).

ensemble d'instruments de contrôle et de régulation (débits, pH, température, gaz,...) géré par mini-ordinateur permet l'automatisation complète de la fermentation (figure 3).

Les performances cinétiques sont environ 3 fois supérieures à celles du procédé « contact anaérobie », ce qui permet un gain de 3 fois sur le volume de l'installation de fermentation. Les principaux résultats sont :

— Concentration du substrat (vinasse de vin blanc détartrée)
DCO = 21 000 - 25 000 mg O_2/l

- Rendement d'épuration : 91,9 p. 100 (DCO)
- charge volumique : 13,9 kg DCO/m3 fermenteur-jour
- temps de séjour hydraulique : 1,6 jours
- productivité du réacteur en biogaz : 7,8 m3 biogaz/m3 fermenteur-jour
- production de biogaz : 12 m3 biogaz/m3 vinasse
- teneur en méthane : 60-65 p. 100

Ce type de fermenteur s'avère bien adapté au traitement des vinasses de vins. Le développement industriel est amorcé par des installations de très grandes tailles élaborées suivant le principe de l'installation pilote présentée ci-dessus.

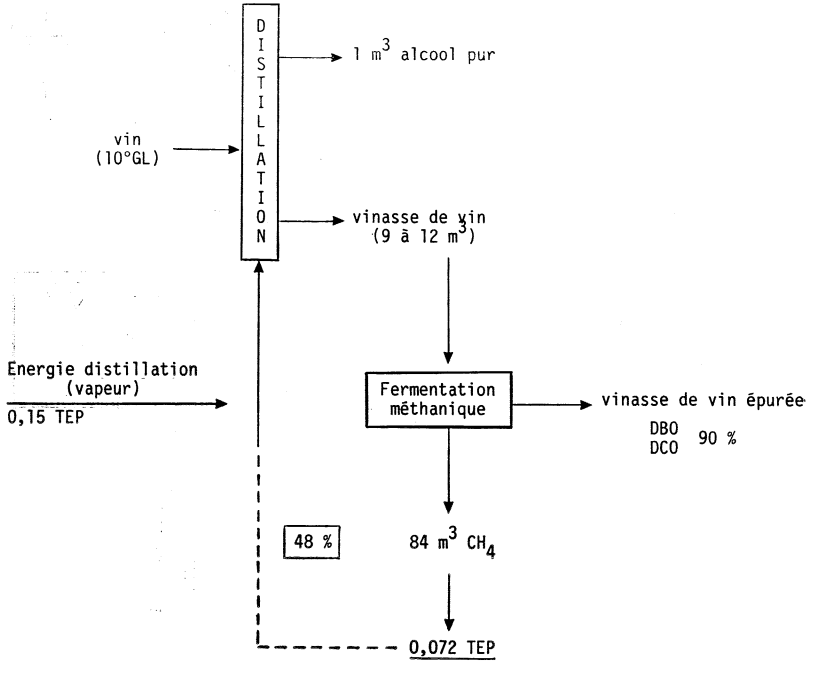


Fig. 4. — Potentiel énergétique de la méthanisation des effluents de distillation d'alcool de vin.

— Digesteur de 5 000 m3 en film fixé installé sur effluents de distillation de Cognac, pour un débit journalier de 2 000 m3 de vinasses.

— Unité de plusieurs milliers de m3 en distillerie vinicole (vins rouges) en Espagne, selon le même procédé.

L'étude du bilan énergétique de la méthanisation des effluents montre que 48 % des besoins énergétiques de la distillation sont couverts par le biogaz produit (figure 4), BORIES, 1981. Les gains apportés par le traitement anaérobie sont à comparer à ceux que peuvent apporter les procédés d'économie d'énergie en distillation par recompression des vapeurs qui se chiffrent à environ 20 p. 100.

II — METHANISATION DES VINASSES DE LIES

La caractéristique des vinasses de lies est la concentration élevée en matières en suspension (40-80 g/l). La récupération de tartrate est souvent pratiquée et les divers procédés conduisent à des vinasses détartrées variables dans leur composition (MES : 15-50 g/l).

Pour de telles teneurs, seul le procédé de méthanisation à mélange complet (sans recyclage des bactéries) est envisageable. Or c'est le moins performant sur le plan cinétique . Le Tableau IV mentionne les conditions de fermentation obtenues avec ce système. Le temps de séjour ne peut être abaissé en deçà de 10 jours, d'où des volumes de fermentation importants (au moins 10 fois la production journalière). Par rapport aux technologies à cellules fixées, les volumes sont 5 fois plus grands.

Le rendement d'élimination de la DCO est de 80 à 90 p. 100. Il est inférieur à celui obtenu sur vinasse de vin, et cela confirme la moins bonne biodégrabilité des vinasses de lies. Le développement de la technique classique « mélange complet » a été effectué en Italie où plusieurs installations sont signalées.

Une attention particulière doit être portée à l'impact des conditions de détartrage sur la méthanisation. Le sulfate introduit au détartrage (0,25 g SO_4/g bitartrate) peut entraîner indirectement l'inhibition de la fermentation par formation microbienne de sulfure (H_2S) dont le seuil de toxicité est de 200 mg S^{--}/l. Les procédés de détartrage recourant à des dilutions ne semblent pas poser de problème ; les résultats exposés ci-dessus le montrent. Par contre, le détartrage réalisé avec recyclage des vinasses conduit à des teneurs élevées en sulfates d'où des risques majeurs d'inhibition de la méthanisation des vinasses de lies détartrées. Il faut envisager la substitution du sulfate par d'autres anions ne présentant pas ces risques (chlorure par exemple).

L'élimination des levures paraît souhaitable afin de permettre l'application des technologies performantes (deuxième génération). Les levures

TABLEAU IV

Conditions et performances de la fermentation méthanique de vinasses de lies détartrées (Frilli) en réacteur à mélange complet (sans recyclage des bactéries)

Temps de séjour (j)	Charge appliquée g DCO*/l.j	Biogaz			pH digestat	MES g/l	AVT méq/l.	DCO* mg O_2/l.	DCO % éliminé	COT* mg C/l.
		l/l r j	l/l vinasse	% CH_4						
33	0,34	0,32	10,8	62	/	40	0	811	92,8	/
21,8	0,52	0,37	8,16	57,6	7,8	40-60	6	660	94,1	181
9,6	1,18	0,84	8,06	62,6	7,2	14,8	10	2500	77,8	796
9	1,25	0,85	7,66	58,2	8,3	20	2-6	2220	80,5	604
7,1	1,59	1,0	7,08	51	7,1	15,2	29	5140	54,5	1678

* après élimination des MES.

ne sont pas digérées car constituées d'une paroi riche en glucanes très difficilement hydrolysables. Cependant, les techniques de séparation actuellement utilisables sont peu ou pas applicables. La centrifugation est d'un coût élevé. La floculation chimique provoque l'inhibition ultérieure de la méthanisation. Il convient de revoir ces techniques afin de mieux les insérer dans la filière de traitement-valorisation par fermentation méthanique. Une autre possibilité de séparation à envisager est la filtration sur supports végétaux. Le filtre à marc, technique rustique, est à promouvoir et à optimiser.

Le potentiel énergétique de la méthanisation des vinasses de lies représente 41-51 p. 100 des besoins de la distillation (figure 5). La production d'énergie à partir des lies est plus importante que pour les vins mais la distillation en consomme plus, d'où un ratio semblable à celui obtenu pour les vinasses de vins.

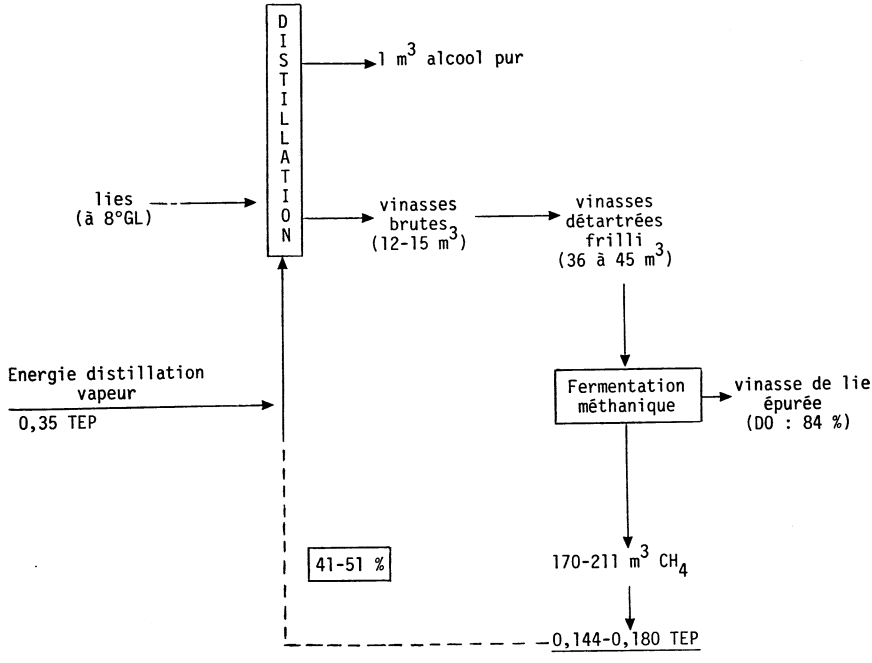


Fig. 5. — Potentiel énergétique de la méthanisation des effluents de distillation de lies.

III — METHANISATION DES MARCS DE RAISIN

Ce sous-produit ligno-cellulosique est particulièrement riche en lignine (20 p. 100) et en cellulose (15-22 p. 100). La digestion anaérobie mésophile, discontinue, n'aboutit qu'à de faible production de biogaz : 100-120 litres de biogaz par kg de matière sèche. Le rendement de fermentation montre une conversion d'environ 20 p. 100 des matières. Ces données sont

inférieures, par exemple, à celles qui peuvent être obtenues avec d'autres déchets végétaux ou animaux. La présence de lignine rend très difficile la solubilisation de la cellulose. Un modèle proposé par CHANDLER et *al.* (1980) permet d'évaluer l'aptitude des matières à la méthanisation en fonction de la teneur en lignine selon l'équation :

$$Y = -2{,}82\ X + 83$$

Y = pourcentage de dégradation des matières solides volatiles,

X = teneur en lignine en p. 100 des matières solides volatiles.

Selon la teneur en lignine précédemment signalée, le modèle indique pour les marcs un potentiel de dégradation maximum de 27 p. 100.

Les résultats obtenus expérimentalement (20 p. 100 de dégradation) sont en accord avec ces estimations.

Sur le plan technologie de fermentation, la méthanisation des marcs et des matières solides en général, n'est pas encore bien maîtrisée à l'échelle industrielle.

En ce qui concerne le potentiel énergétique, pour 1 000 tonnes de marcs, le biogaz produit représente 12 TEP soit pour des distilleries de moyenne capacité une couverture d'environ du quart des besoins totaux.

CONCLUSION

L'insertion de la méthanisation dans les distilleries est tout à fait bénéfique pour plusieurs points.

Elle représente d'abord la seule méthode de dépollution avantageuse. Pour un niveau de qualité comparable aux autres procédés, la méthanisation apporte des économies d'énergies très importante (BORIES et *al.*, 1983). De plus l'optimisation des technologies permet de disposer d'installations performantes.

La connaissance détaillée du processus anaérobie conduit à adapter au mieux la technologie à la nature de chaque produit à traiter et de disposer dans la plupart des cas des procédés optimisés. Ainsi, plutôt que de proposer une technologie simplifiée compatible à la plupart des produits mais très peu performante, l'étude de procédés spécifiques, efficaces et optimisés pour chaque cas paraît une voie à développer.

La méthanisation est la seule voie de valorisation des effluents actuellement envisageable. Sa contribution énergétique au bilan global de la distillerie représente une couverture de 50 p. 100 des besoins à partir des effluents et peut atteindre près des trois quarts en y incluant la digestion des marcs. C'est un mode de valorisation exemplaire, très rare-

ment rencontré avec d'autres filières (1 m3 vinasse peut fournir 8,4 m3 de méthane soit l'équivalent de 7,8 litres de fuel).

La méthanisation des effluents (vinasses de vins, de lies) est d'ores et déjà applicable. Pour le marc, la filière demande à être précisée dans la technologie mais d'abord doit être examinée comparativement aux autres utilisations : compostage, combustion. La méthanisation, outre l'aspect énergétique, présente l'intérêt de conserver intact le potentiel agronomique du produit. Elle peut donc s'intégrer dans une filière plus large de valorisation des marcs.

Manuscrit reçu le février 1985 ; accepté pour publication le 23 mai 1985.

RÉSUMÉ

La fermentation méthanique s'est rapidement implantée dans le secteur agro-alimentaire pour le traitement et la valorisation énergétique des effluents.

Une revue bibliographique fait le point sur les nouvelles technologies de fermentation qui ont considérablement évoluées. L'état de l'art de la méthanisation dans ce domaine industriel est également présenté.

L'industrie viti-vinicole (distilleries), par les fortes charges organiques émises en distillation et ses besoins énergétiques, est doublement concernée par la méthanisation. L'analyse de la faisabilité biologique et du potentiel énergétique à partir des divers résidus liquides (vinasses) et solides (marc) montre l'efficacité de la méthanisation en dépollution (80-90 p. 100 de la DCO) et souligne l'intérêt de la production de méthane qui peut couvrir près de la moitié de l'énergie consommée par la distillation.

SUMMARY

The methane fermentation has been fastly developed in agricultural and food industries for wastes treatment and energy production.

A bibliographic review takes stock of new fermentation technologies which have made important progress. The present state of the anaerobic plants in the agro-industrial field is also presented.

Wine distilleries, by there high organic strength wastes and energy needs for distillation, are doubly concerned by anaerobic digestion. The biological feasability and the energy potential analysis from liquid (stillages) and solid (pomace) wastes show the efficiency for purification (COD eliminated : 80-90 p. 100) and the interest of methane production which represents about half of distillation energy consumption.

ZUSAMMENFASSUNG

Die methanische Gärung hat im landwirtschaftlichen Bereich rasch Fuss gefasst zur Behandlung und zur Energie-Aufwertung von Abfällen.

Eine bibliographische Untersuchung stellt die neuen Gärungstechniken zusammen, die sich beträchtlich entwickelt haben. Ebenfalls dargestellt werden die Fortschritte in der Methanisierung.

Die weinwirtschaftliche Industrie ist wegen der starken organischen Abfälle bei der Destillierung und des Energieverbrauchs doppelt von der Methanisierung

betroffen. Eine Analyse der biologischen Durchführbarkeit und der möglichen Energiegewinnung aus verschiedenen flüssigen Reststoffen (Schlempen) oder festen Reststoffen (Trester) zeigt die Wirksamkeit der Methanisierung bei der Klärung (80 bis 90 % der organischen Abfälle) und unterstreicht die Wichtigkeit der Methanproduktion, die den Energieverbrauch bei der Destillation bis fast zur Mälfte abdecken kann.

RESUMEN

Las fermentaciones industriales son una realidad cada vez mayor en sectores laborales como la filial agroalimenticia.

Un ejemplo es dado por la fermentación metánica que puede ser utilizada en destilación de vinos. Se permite así la eliminación con buen rendimiento en general, de residuos como el orujo o la vinaza, transformándolos en metano y gas carbónico.

El metano formado permite reducir de mitad el coste en calorías de la destilación.

Se completa el artículo por datos bibliográficos.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALBAGNAC G., LESCURE J.P. et VERRIER D., 1983. Méthanisation des effluents. Etat de l'art en France et en Europe. *5èmes journées Scientifiques et Techniques Recherche-Environnement, 22,* 159-166.

BORIES A., 1981. Méthanisation des eaux résiduaires de distilleries. *Trib. Cebedeau,* 456, 34, 475-483.

BORIES A., RAYNAL J. et MAUGENET J., 1981. Performances et coûts de l'épuration biologique aérobie des eaux résiduaires de distilleries vinicoles. *Techn. Sci. Municipales,* 11,11.

BORIES A., RAYNAL J. et JOVER J.P., 1982. Fixed film reactor with plastic media for methane fermentation of distillery wasterwaters. *In Proc. 2nd E.C. Conference. Energy from Biomass,* 567-571.

BORIES A., 1983. Fermentation méthanique en réacteur à film fixé. Aspects énergétiques de la dépollution des effluents de distillation d'alcool. *Colloque I.S.G. « La méthanisation des effluents. Aspects technico-économiques »,* 6-7 juin Paris 17 p.

BORIES A. et VERRIER D., 1983. Les perspectives d'évolution des technologies de traitement anaérobie. Les fermenteurs de deuxième génération. *5èmes Journées Scientifiques et Techniques. Recherche-Environnement.* Paris, *22,* 167-178.

BORIES A., BAZILE F. et MICHELOT., 1984. Méthanisation des effluents de distillation d'alcool de canne à sucre (vinasses de mélasse). Expérimentation en digesteur pilote à film FLOCOR. *Rapport Interne.* 25 p.

CHANDLER J.A., JEWELL W.J., GOSSET J.M., VAN SOEST P.J. et ROBERTSON Y.B., 1980. Predicting methane fermentation biodegradability. *Biotechnol. Bioeng. Symn.,* 10, 93-107.

COLLERAN E., BARRY M. et WILKIE A., 1982. The application of the anaerobic filter design to biogas production from solid and liquid agricultural wastes. *Energy from Biomass and Wastes,* Buenavista, Florida (U.S.A.), 30 p.

GENUNG R.K., MILLION D.L., MANCHER C.W. et PITT W.W., 1978. Pilot plant demonstration of an anaerobic fixed film bioreactor for wastewater treatment. *Biotechnology and Bioengineering Symp.* N° 8, 329-344.

HEDUIT M., DE LA FARGE B. et BRONDEAU P., 1982. La méthanisation en continu des lisiers. *Perspectives agricoles,* 65, 49-55.

HEIJNEN J.J., 1982, Development of a high-rate fluidized bed biogas reactor. *In STRUB A., CHARTIER P., SCHLESER G., Energy from Biomass 2nd E.C. Conf.,* Berlin, 581-590.

HENZE A. et HARREMOES P., 1982. Review paper : Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactors. *IAWPR Specialised Seminar,* Copenhagen, Denmark.

HULSHOFF-POL L.W., DE ZEEUW W.J., VELZEBOER C.T.M. et LETTINGA G., 1982. Granulation in UASB-reactors. *IAWPR Specialised Seminar,* Copenhagen, Denmark.

LESCURE J.P., CHANDESRIS J.C. et OGER P., 1982. Application de la digestion anérobie dans les industries agricoles et alimentaires. *Ind. Alim. Agric.,* 99, 123-130.

LETTINGA G., 1980. Anaerobic digestion for energy saving and production. In W. Palz, P. Chartier and D.O Hall (Ed), *Energy from Biomass, 1st E.C. Conference.* Applied Science Pubishers, London and New-York pp. 264-278.

MUELLER J.A. et MANCINI J.L., 1975. Anaerobic filter. Kinetics and application. *Proc. 30th Industrial Waste Conference,* Purdue Univ., 423-447.

PFEFFER J.T., 1979. Anaerobic digestion process. *Anaerobic digestion.* STAFFORD, WHEATLEL, HUGUES, Cardiff. Applied Scie. Pub. London.

SPEECE R., 1983. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment *Environ Sci. Technol.,* 9, 416-426.

SWITZENBAUM M., 1982. A comparaison of the anaerobic filter and the anaerobic expanded/fluidized bed process. *IAWPR Specialised Seminar,* Copenhagen, 399-413.

SZENDREY L.M., 1983. Start up and operation of the Bacardi Corporation anaerobic filter. *3rd International Symposium on Anaerobic Digestion,* Boston (USA), 13 p.

VAN DEN BERG L. et KENNEDY K.J., 1982. Performance characteristics of anaerobic downflow stationary fixed film reactors. NRCC N° 20071, *First International Symposium on Fixed Film Processes,* Kings Island.

YOUNG J.C. et Mc CARTY P.L., 1969. The anaerobic filter for waste treatment. *Journal WPCF, 41,* R 160-R 173.