

L'AMÉRIQUE LATINE EN ANAÉROBIOSE

Jean-Pierre GUYOT* & Adalberto NOYOLA**

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 34 675 001

Cpte : 13 28 OCT. 1991

En Amérique latine, comme dans de nombreux PED (pays en développement), il est urgent que des procédés d'épuration des eaux usées soient mis en place pour préserver l'environnement aquatique sérieusement menacé. Dans les pays industrialisés, l'efficacité des techniques anaérobies pour le traitement des effluents d'origine industrielle est largement reconnue. Qu'en est-il des PED ? Cette technologie y reçoit-elle le même accueil que dans les pays industrialisés ?

Le développement des PED ne passe pas seulement par une réorganisation et une amélioration de leurs capacités de production, en fonction de l'état sanitaire des populations et de leur niveau culturel, mais aussi par le maintien d'un environnement sain. Or l'environnement aquatique est particulièrement menacé. Le rejet direct, sans traitement, de quantités considérables d'eaux usées domestiques et industrielles dépasse largement les capacités d'auto-épuration des corps récepteurs (rivières, lacs, fleuves, régions littorales, nappes phréatiques). À cela s'ajoute l'épuisement des ressources en eau, avec l'abaissement dangereux du niveau des nappes phréatiques.

Les conséquences de cette situation sont multiples et classiques : eutrophisation (rejet des phosphates), accumulation de métaux (plomb, cadmium, mercure, etc), prolifération d'agents microbiens pathogènes, parasitisme, rejet de substances xénobiotiques toxiques ou cancérigènes, contamination des nappes phréatiques par les nitrates, etc. Nous constatons, en Amérique latine et certainement dans les autres PED, une amplification et une concentration dramatique de tous les maux qui sont les chevaux de bataille traditionnels de nos écologistes européens. Il en résulte des problèmes sanitaires graves au travers des usages de l'eau pour l'alimentation (boisson, lavage des légumes), dans les loisirs (baignades), ou dans les activités agricoles (arrosage et irrigation des

productions maraîchères par des eaux usées domestiques non traitées).

Ces questions ont été abordées au cours d'un colloque qui s'est tenu du 6 au 9 novembre 1990 sur le traitement des eaux résiduaires en Amérique latine. Organisées par l'Orstom et plusieurs organismes et universités latino-américains (1), ces rencontres ont consisté en deux manifestations complémentaires :

- un séminaire à huis clos, réunissant une quarantaine de scientifiques et ingénieurs (2) pour débattre des différents aspects liés à l'application, la construction, et l'opération de digesteurs anaérobies pour le traitement des eaux résiduaires en Amérique latine ;

- une série de conférences, afin de présenter ces technologies aux représentants des administrations, industries et instituts de recherche.

Les conclusions de ces travaux seront présentées dans le courant de ce mois, au symposium international sur la digestion anaérobie qui se tiendra au Brésil. Nous dresserons ici un panorama synthétique de la situation, en nous appuyant sur la problématique mexicaine qui illustre bien celle de nombreux autres pays de la région.

Le Mexique : un exemple révélateur

En 1989, la Commission nationale de l'eau du Mexique (CNA) réalisait un inventaire portant sur des villes de plus de 10 000 habitants. Sur 650 villes rejetant au total 115 m³/s d'eaux usées, il n'existe que 256 usines de traitement

* Responsable du programme Orstom au Mexique sur la microbiologie du traitement anaérobie des eaux résiduaires, Mission Orstom, Calle Homero 1804-1002, Colonia Los Morales, 11510 Mexico DF, Mexique.

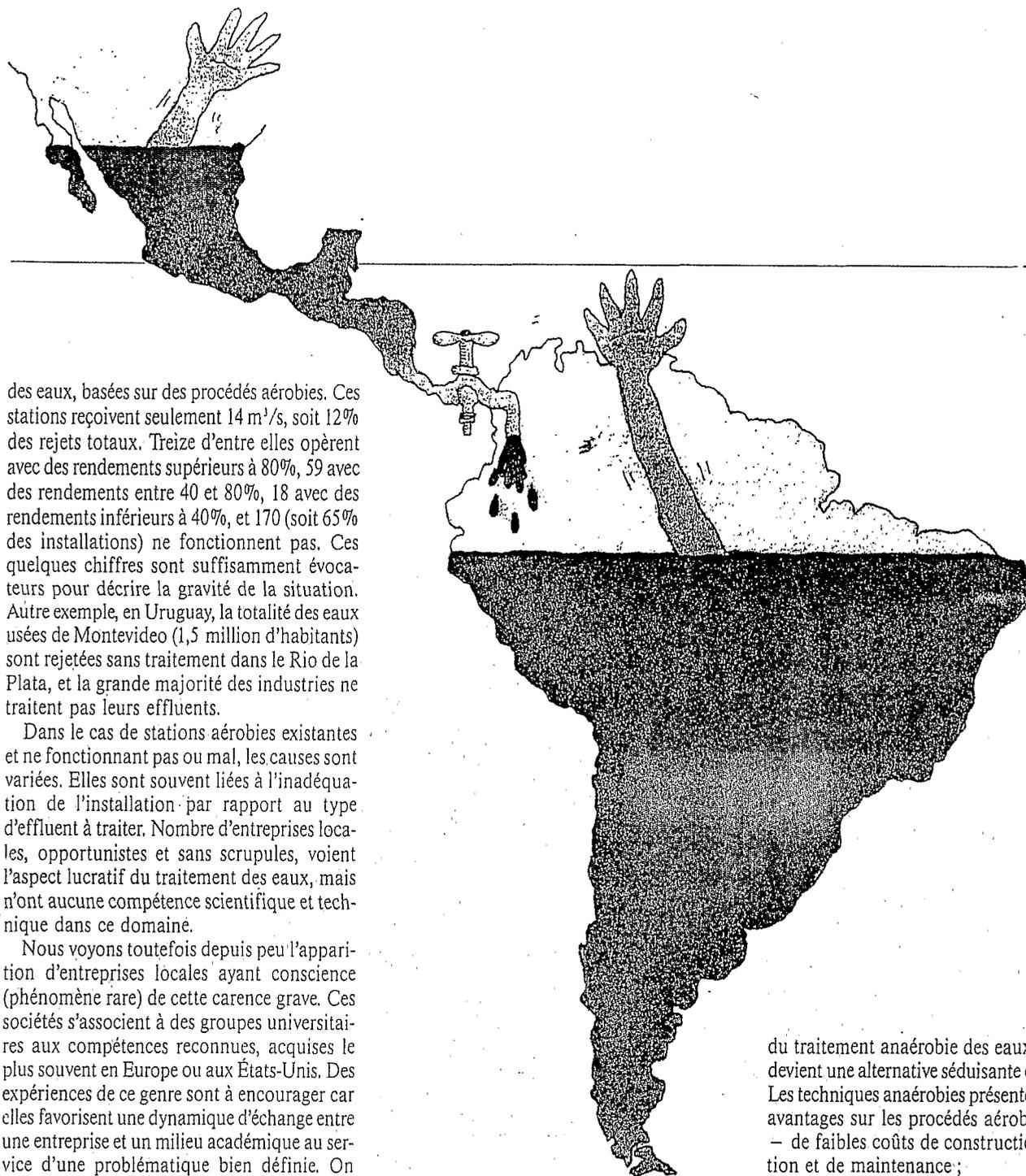
** Institut d'ingénierie de l'Unam (Unam-II), Unam-II, Apartado Postal 70-472, Coyoacan 04510 Mexico DF, Mexique.

(1) Organisé par l'Orstom (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), l'Unam-II (Université nationale autonome du Mexique), l'Icaiti (Institut industriel centro-américain de recherche et de technologie, Guatemala), l'UAM-I (Université autonome métropolitaine, unité d'Iztapalapa, Mexique), le Sedue (ministère mexicain de l'Urbanisme et de l'Écologie) et le Conacyt (Conseil mexicain pour la technologie et la science), ce colloque a reçu l'appui du centre scientifique et technique (CST) de l'ambassade de France au Mexique et d'organismes internationaux, régionaux et mexicains : l'IAWPRC (Association internationale de contrôle et de recherche sur la pollution de l'eau, groupe spécialisé de digestion anaérobie), l'OPS (Organisation panaméricaine de la santé), l'OEAs (Organisation des États américains), le Geplacea (Groupe des pays latino-américains et des Caraïbes exportateurs de sucre), et le Conacyt, l'IMP (Institut mexicain du pétrole), la Smisa (Société mexicaine des ingénieurs sanitaires et de l'environnement), l'Imta (Institut mexicain de technologie de l'eau).

(2) Parmi les participants, on notera la présence de G Lettinga (professeur à l'université d'agriculture de Wageningen, Pays-Bas), inventeur du procédé UASB, G Albagnac (directeur de la station Inra de Lille, France), spécialiste de la microbiologie des anaérobies strictes et des digesteurs anaérobies, RE Speece (professeur à l'université Vanderbilt à Nashville, Tennessee, États-Unis), spécialiste des phénomènes d'inhibition et de toxicité en digestion anaérobie, et M Switzenbaum (professeur à l'université du Massachusetts, États-Unis), spécialiste des procédés anaérobies et de leur contrôle, ainsi que des représentants de la Colombie, du Guatemala, du Brésil, du Chili, de Cuba, d'Uruguay et du Mexique.

P12 IX

28 OCT. 1991



des eaux, basées sur des procédés aérobies. Ces stations reçoivent seulement $14 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 12% des rejets totaux. Treize d'entre elles opèrent avec des rendements supérieurs à 80%, 59 avec des rendements entre 40 et 80%, 18 avec des rendements inférieurs à 40%, et 170 (soit 65% des installations) ne fonctionnent pas. Ces quelques chiffres sont suffisamment évocateurs pour décrire la gravité de la situation. Autre exemple, en Uruguay, la totalité des eaux usées de Montevideo (1,5 million d'habitants) sont rejetées sans traitement dans le Rio de la Plata, et la grande majorité des industries ne traitent pas leurs effluents.

Dans le cas de stations aérobies existantes et ne fonctionnant pas ou mal, les causes sont variées. Elles sont souvent liées à l'inadéquation de l'installation par rapport au type d'effluent à traiter. Nombre d'entreprises locales, opportunistes et sans scrupules, voient l'aspect lucratif du traitement des eaux, mais n'ont aucune compétence scientifique et technique dans ce domaine.

Nous voyons toutefois depuis peu l'apparition d'entreprises locales ayant conscience (phénomène rare) de cette carence grave. Ces sociétés s'associent à des groupes universitaires aux compétences reconnues, acquises le plus souvent en Europe ou aux États-Unis. Des expériences de ce genre sont à encourager car elles favorisent une dynamique d'échange entre une entreprise et un milieu académique au service d'une problématique bien définie. On pourra objecter qu'une telle action facilite l'émergence de concurrents locaux face aux compagnies internationales implantées dans ces pays, de grande réputation technique et scientifique, mais elle est aussi l'enjeu d'un développement basé sur un transfert honnête des connaissances.

Également à l'origine de la situation actuelle : l'inadéquation de l'installation par rapport à la réalité socio-économique du pays. Par exemple, pour de petites localités situées en milieu rural, zone particulièrement affectée par la pauvreté et l'analphabétisme, il existe des installations complètes de traitement d'eaux usées par boues activées qui n'ont pas été achevées, ou n'ont pratiquement jamais été mises en service. Cela est dû à une mauvaise sensibilisation des pouvoirs locaux et des

populations, à une carence en ressources financières des petites municipalités et au manque de personnel technique qualifié. Le problème se pose en termes similaires dans les grandes zones urbaines où, même si la sensibilisation est meilleure, le personnel qualifié et les crédits pour la construction et la maintenance des installations sont insuffisants.

Le traitement anaérobie : une alternative nécessaire

Devant l'inefficacité démontrée des procédés aérobies en vigueur dans cette région et une crise économique limitant les budgets, l'option

du traitement anaérobie des eaux résiduaires devient une alternative séduisante et nécessaire. Les techniques anaérobies présentent plusieurs avantages sur les procédés aérobies :

- de faibles coûts de construction, d'opération et de maintenance ;
- une production de boue très inférieure et une consommation énergétique moindre ;
- la production de méthane, qui peut être éventuellement utilisé pour produire de l'énergie calorifique ou électrique, et permettre une amélioration du bilan énergétique de l'installation, voire son amortissement.

La quasi-totalité des pays d'Amérique latine présents au Colloque de Mexico se sont accordés à reconnaître que les procédés de seconde génération (voir encadré) offraient les meilleures alternatives pour les pays de la région : ils ont de meilleurs rendements que ceux de première génération et sont d'emploi plus aisé que les réacteurs de troisième génération. Parmi les exploitations en service dans le monde, les procédés de seconde génération les plus répandus sont les filtres anaérobies et les réacteurs UASB

LES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT ANAÉROBIE

À l'heure actuelle, nous pouvons distinguer trois générations de procédés pour le traitement anaérobie des eaux résiduaires (E : entrée ; S : sortie).

a) Procédés de première génération

Le temps de rétention hydraulique (TRH) n'est généralement pas différent du temps de rétention cellulaire (TRC). La caractéristique majeure de ces digesteurs est la nécessité de leur appliquer des TRH très longs (7 à 10 jours). Cela est dû aux faibles taux de croissance des bactéries méthanogènes et des bactéries anaérobies strictes acétogènes qui utilisent les acides gras volatils produits lors de la dégradation de la matière organique volatile (bactéries OHPA, *Obligat hydrogen producing acetogens*). De plus, la faible concentration de ces micro-organismes implique la construction de réacteurs de grands volumes. Dans le cadre spécifique du traitement de l'eau, nous pouvons citer :

- la lagune anaérobie, qui consiste en des fosses profondes, ouvertes à l'air libre, dont l'efficacité dépend beaucoup des conditions climatiques ;

- le digesteur mélangé ; c'est un réacteur dont le milieu subit une agitation vigoureuse ; sa principale application est la stabilisation des boues issues des stations aérobie ;

- le réacteur contact anaérobie consiste, quant à lui, en un digesteur complètement mélangé, couplé à sa sortie à un décanteur séparant l'effluent traité de la biomasse, afin de la réinjecter dans le réacteur d'origine. Avec ce procédé, le TRC (15 à 20 jours) est largement augmenté par rapport au TRH (de l'ordre de 5 jours). Il est utilisé avec succès dans le cadre de traitement d'effluents d'origine agro-industrielle. Il peut recevoir habituellement des charges de l'ordre de 5 kg de DCO (demande chimique en oxygène) / m³ de réacteur/jour pour des effluents modérément concentrés (10 à 30 g DCO/l) et contenant des solides abondants et biodégradables. Ce type de digesteur représente une étape intermédiaire entre les procédés de première et de seconde générations.

b) Procédés de seconde génération

Ils se caractérisent par des TRH substantiellement

réduits (0,5 à 3 jours), ce qui permet une diminution de volume des réacteurs. Cette amélioration est liée à une rétention efficace de la biomasse, soit par la formation de biofilms sur des supports, soit par la formation de boues microbiennes granulaires ou flocculantes avec d'excellentes caractéristiques de sédimentation. Les principaux procédés utilisés industriellement sont les suivants :

- le filtre anaérobie, recommandé pour des effluents contenant des substrats solubles à faible ou moyenne DCO ; en moyenne, il peut recevoir des charges organiques de l'ordre de 10 kg de DCO/m³ de réacteur/jour ; c'est un réacteur pouvant être rempli de pierres, d'anneaux plastiques, de bloc de polyuréthane, etc ; la biomasse se développe sur la surface des supports ainsi que dans les espaces vides ; le réacteur peut être alimenté en flux continu ascendant ou descendant ;

- le réacteur anaérobie à flux ascendant et lit de boue, ou réacteur UASB (*Upflow anaerobic sludge blanket*), conseillé pour des effluents contenant peu ou pas de matière en suspension. Il peut recevoir des charges moyennes de 15 kg de DCO/m³ de réacteur/jour ; il est caractérisé par la formation d'une boue à forte activité méthanogénique et à très bonne sédimentabilité, grâce à l'auto-immobilisation des bactéries sous forme de boues granulaires, ou parfois de flocons bien décantables ; le mécanisme de la granulation, malgré de nombreuses études, n'est pas encore bien compris ; une autre caractéristique du procédé UASB est la présence, dans la partie supérieure du réacteur, d'un dispositif de séparation qui favorise l'évacuation du gaz, la décantation des granules, et limite la sortie de matière en suspension dans l'effluent ;

- le digesteur hybride est une combinaison du réacteur UASB et du filtre anaérobie, qui permet d'optimiser l'espace interne du réacteur. Par ailleurs, le groupe de Lettinga (Pays-Bas), inventeur du procédé UASB, a développé une autre version, le réacteur EGSB (*Expanded granular sludge bed*), réacteur UASB dont le lit de boue est expansé, se situant à la charnière de la deuxième et de la troisième génération.

c) Procédés de troisième génération

Ce sont des réacteurs à biomasse fixée sur de petites particules minérales ou synthétiques, et fluidisées (réacteur à lit fluidisé) ou expansées (réacteur à lit expansé). Les avantages sont des TRH de quelques heures, une meilleure relation surface/volume, et des problèmes de transfert de substrat éliminés ou réduits grâce à l'agitation vigoureuse. Les charges appliquées peuvent dépasser 20 kg de DCO/m³ de réacteur/jour. Ces réacteurs présentent le défaut d'être consommateurs d'énergie en raison de la fluidisation du lit et de la recirculation de l'effluent, aussi leur mise en œuvre est-elle plus délicate. Il existe encore très peu d'applications industrielles. La société Degremont a par exemple réalisé des installations de grande envergure en Espagne, pour traiter des effluents de brasserie.

Reacteurs anaérobies de 1^{re}, 2^e et 3^e générations

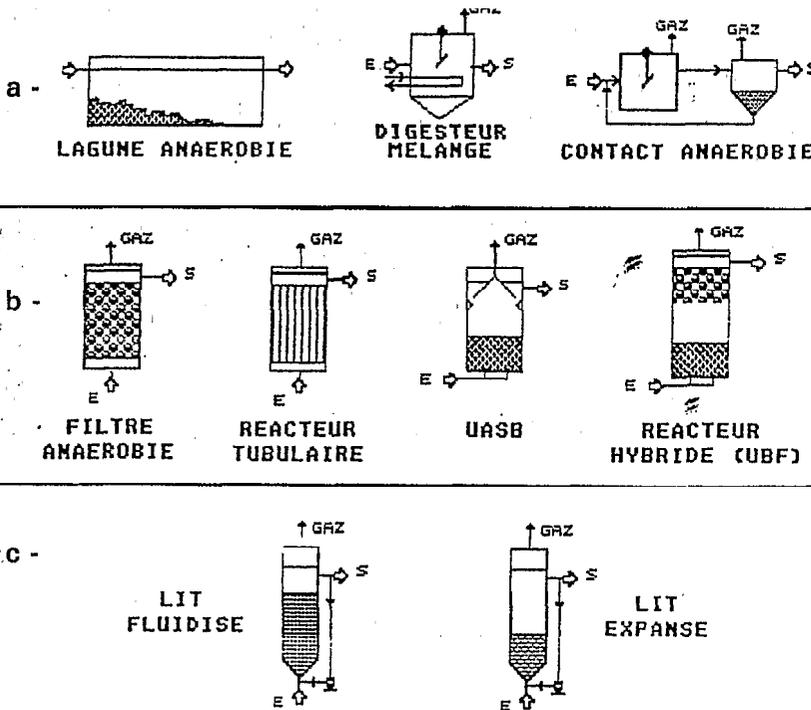


TABLEAU 1 — TRAITEMENT ANAÉROBIE D'EFFLUENTS INDUSTRIELS

Ce tableau, non exhaustif, donne quelques exemples de traitements anaérobies en mésophilie de différents types d'effluents industriels en Amérique latine.

Industrie d'origine de l'effluent	Procédé (1)	Échelle	Charge organique (kg DCO/m ³ /jour) (2)	Temps de rétention hydraulique (heures)	Rendement (%) (3)	Pays
Levure	UASB	2 m ³	3,1	36	61	Colombie
Brasserie	UASB	229 l	—	6	93	Colombie
Huiles végétales	UASB	229 l	—	6	48	Colombie
Abattoirs	UASB	746 l	4	24	79	Colombie
Abattoirs	Filtre anaérobie	392 l	4	24	76	Colombie
Pétrochimie	UASB	630 l	4-5	15	65-75	Colombie
Pétrochimie	UASB	28 m ³	0,1	12-16	43-67	Colombie
Pétrochimie	UASB	3 l	2,6	64,8	46	Mexique
Levure	UASB	120 l	7	48	52	Mexique
Lavage du café	Filtre anaérobie	250 m ³	—	120-168	88-97 (DBO ₅)	Mexique
Résidus de distillerie	UASB	120 l	36	72	55	Mexique
Conserverie de viande	Filtre anaérobie	250 m ³	7,5	24	76-77	Brésil
Industrie laitière	Filtre anaérobie	39 l	2,5	18	83	Brésil
Conserverie de légumes	Filtre anaérobie	Industriel	—	18	80 (DBO ₅)	Brésil
Résidus de distillation	Hybride	2,8 m ³	20	72	40	Guatemala
Dépulpage et lavage du café : Température ambiante 35°C	Hybride	4,1 m ³	2,2	2,2	61	Guatemala
	Hybride	4,1 m ³	3-6	43,2	75-93	Guatemala
Élevage porcin (3 000 porcs)	Filtre anaérobie	—	1,1-6,6	—	80	Cuba
Levure	Filtre anaérobie	Labo	5-6	—	82	Cuba
Brasserie	Filtre anaérobie	Labo	1-5	—	65-95,5	Cuba
Brasserie	Filtre anaérobie	Pilote	2-4	—	60-70	Cuba
Résidus de distillerie	Filtre anaérobie	Pilote	16,6	—	67	Cuba

(1) Les procédés sont décrits dans l'encadré. (UASB : *Upflow anaerobic sludge blanket*).

(2) La charge organique est exprimée en kg DCO/m³/jour (DCO : demande chimique en oxygène).

(3) Le rendement d'élimination de la pollution est exprimé en pourcentage de DCO éliminée, sauf si ce rendement est donné en DBO₅ par les auteurs (demande biologique en oxygène).

(Upflow anaerobic sludge blanket) (*voir photo*). Ces derniers connaissent un succès grandissant en Amérique latine, essentiellement parce qu'ils ne nécessitent pas d'être remplis avec un support parfois coûteux et risquant de s'obstruer, même si la maîtrise de la granulation des boues peut parfois rendre problématique leur application.

Ces traitements anaérobies sont essentiellement appliqués à des effluents d'origine agro-industrielle (*voir tableau 1*) : résidus de distillation pour la production de rhum ou d'alcool, eaux de lavage et de dépulpage des grains de café, eaux résiduaires de l'industrie sucrière, des abattoirs, de l'industrie de la levure, des brasseries, etc. Le développement de ces tech-

niques est essentiellement au stade du laboratoire et à l'échelle pilote, mais il est vraisemblable que plusieurs unités industrielles seront construites d'ici peu.

En ce qui concerne les effluents des industries chimiques, pharmaceutiques, pétrolières et pétrochimiques, nous n'avons à l'heure actuelle que très peu de rapports relatifs à ces

TABLEAU 2 – TRAITEMENT ANAÉROBIE D'EFFLUENTS DOMESTIQUES

Ce tableau donne les résultats du traitement anaérobie d'effluents domestiques par différents réacteurs UASB pilotes.
 (DBO_e: demande biologique en oxygène; DCO_e: demande chimique en oxygène; MSS_e: matière solide en suspension; TRH: temps de rétention hydraulique; DBO_e, DCO_e, MSS_e: valeurs totales à l'entrée du réacteur).

Pays	Volume réacteur	DBO _e (mg/l)	DCO _e (mg/l)	MSS _e (mg/l)	TRH (h)	Rendements			Température (°C)
						DCO (%)	DBO (%)	MSS (%)	
Colombie	65 m ³	170	410	210	9	72	77	73	Ambiante
Brésil	106 l	137	341	88	4	65	72	61	35
Brésil	106 l	195	424	188	4	60	69	69	20
Brésil	120 m ³	138	273	160	6,5	59	65	76	21-25
Mexique	110 l	–	465	154	12	65	–	73	12-18
Pérou	51,8 m ³	–	607	–	5,7	68,7	–	–	12-20

aspects, excepté deux études pilotes effectuées en Colombie (usine de synthèse de produits de base pour l'industrie chimique) et au Mexique (usine de production d'acide téréphthalique) (voir tableau 1). Il convient de signaler qu'au niveau international, ce type d'effluent ne fait l'objet que d'études récentes et encore peu diversifiées en réacteurs. La plupart des travaux portent sur la biodégradabilité de composés issus de l'industrie chimique, tels les composés organo-chlorés et diverses substances aromatiques, mais il reste encore dans ce domaine un inventaire considérable à effectuer. Il pourrait être judicieux, pour certains effluents, de recommander l'utilisation conjointe de procédés anaérobies et aérobies, couplés à des techniques physico-chimiques. Les ressources financières des industries chimiques devraient permettre d'envisager de telles combinaisons qui bien que plus coûteuses, demeureraient plus avantageuses qu'un traitement aérobie conventionnel.

Le traitement des eaux usées domestiques

L'utilisation de procédés anaérobies pour l'épuration des eaux domestiques est contro-



Photo : Réacteur UASB. Ce réacteur pilote de 50 m³ est installé à l'Unam I (Université autonome métropolitaine, Mexico) pour des opérations de démonstration de traitement d'effluents domestiques. Il a été financé par la CEE (crédit : A Noyola).

versée, car ces techniques sont en général recommandées pour des effluents plus chargés que les eaux usées d'origine domestique. De plus, ils ne présentent pas les mêmes rendements que des procédés aérobies, traitements de choix pour les effluents urbains (boues activées, biodisques, filtres percolateurs). Cependant, les réalités socio-économiques et techniques de la région donnent l'avantage au procédé UASB. Celui-ci présente moins de risques opératoires, et génère des effluents qui, bien que de qualité moindre que ceux des stations aérobies, sont acceptables par rapport aux effluents actuellement obtenus sous ces latitudes. Un post-traitement (lagunage, filtration, UV, ozonation) s'imposera le plus souvent pour réduire la quantité de micro-organismes et de virus pathogènes. Des pays comme la Colombie, le Brésil, le Mexique ont déjà réalisé des études pilotes pour démontrer la faisabilité du traitement anaérobie d'eaux usées domestiques par le procédé UASB. Les résultats obtenus sous divers régimes climatiques sont à peu près équivalents (voir tableau 2).

Il restera à résoudre le problème de l'inoculation des réacteurs UASB. En Europe, les boues de purge des digesteurs en opération

peuvent être utilisées pour inoculer de nouvelles installations UASB. En Amérique latine, il n'existe pas ou peu de réseaux de digesteurs installés, permettant un approvisionnement en quantité suffisante pour l'inoculation. Jusqu'à ce que cette situation se résolve par l'implantation et l'opération de gros digesteurs, une stratégie d'inoculation doit être mise en œuvre à partir des possibilités locales. La présence de microbiologistes formés à cette branche spéciale du traitement anaérobie des eaux est alors un facteur important pour la réussite de l'opération.

À l'heure actuelle, l'expérience la plus spectaculaire de traitement d'effluents domestiques par le procédé UASB est celle d'un groupe colombien de la ville de Bucaramanga. Le CDMB (Corporation de défense du plateau de Bucaramanga) a mis récemment en service la première phase d'un système d'épuration utilisant deux réacteurs UASB de 3 300 m³ chacun, couplés à deux lagunes facultatives de 2,6 hectares chacune. Cette première tranche a pour objectif de traiter les effluents de 160 000 équivalents-habitants (1 300 m³/heure). Les tranches ultérieures prévoient l'installation d'unités semblables pour traiter les effluents de 430 000 habitants. La construction de ces installations se base sur des études pilotes préliminaires (voir tableau 2). Les coûts de construction de la première phase ont été de 13 dollars US/habitant (15 dollars/habitant en incluant l'achat du terrain). Le coût de fonctionnement de cette phase, a été estimé à 1 dollar/habitant en 1990 (pour 160 000 habitants). Les brésiliens du Cetesb (Compagnie de technologie de l'assainissement de l'environnement de l'État de São Paulo) donnent des estimations de coûts similaires pour ce type de réalisation.

Des collaborations à mettre en place

Le projet colombien de Bucaramanga a été réalisé en collaboration avec le gouvernement hollandais, qui appuie d'autres projets dans la province de Cali en Colombie.

La coopération française dans ce domaine est assurée au Mexique par l'Orstom et par la présence de groupes privés français. Depuis 1986, les recherches de l'Orstom visent à comprendre, d'une part, l'écophysologie des populations bactériennes impliquées dans les boues

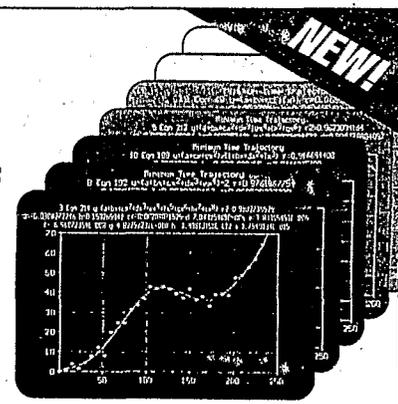
granulaires des réacteurs UASB et, d'autre part, à étudier la biodégradation en anaérobie de certains composés aromatiques rencontrés dans des effluents industriels (industrie pétrochimique).

Cette collaboration s'effectue en étroite partenariat avec des universités mexicaines, qui prennent en charge l'ingénierie des procédés (3) sous les auspices du Conseil mexicain pour la technologie et la science (Conacyt). Ce dernier finance les bourses et les projets en complément de crédits de la CEE et de l'OEA (Organisation des États américains). Les réalisations mexicaines, pour l'instant à petite échelle, devraient permettre des études pilotes pour le traitement d'effluents industriels (industries sucrières, pétrochimiques et de la

levure) et urbains (pilotes de 110 litres à 50 m³ financés respectivement par l'OEA et la CEE). Le gouvernement de l'État de Tlaxcala (Mexique), en relation avec la Sedue (ministère de l'Urbanisme et de l'Écologie mexicain), est sur le point de mettre en service un réacteur UASB de 1 500 m³ pour le traitement d'effluents domestiques, couplé à une lagune de stabilisation. Cette expérience est une réalisation pionnière au Mexique.

Particulièrement adaptée aux pays latino-américains, la technologie anaérobie pour le traitement des eaux usées nécessitera un long travail de promotion auprès des pouvoirs publics et des industriels. Dans ce contexte, les principaux groupes latino-américains ont pris conscience qu'une collaboration au niveau

TableCurve™ adapte 221 équations à vos coordonnées XY. Automati- quement... en moins de 7 se- condes.



Il n'existe pas de méthode plus simple ou plus rapide pour trouver le meilleur fit.

- **Grande flexibilité dans l'entrée des données** - Importation de fichiers Lotus, dBase, ASCII et autres formats. Entrée manuelle à l'aide du clavier.
- **Modification des données** - Pondération ou utilisation de calculs mathématiques classiques.
- **Curve Fitting** - 221 équations en mémoire (gaussiennes, logarithmiques, sigmoïdiennes, sinusoidales). Classement par ordre de meilleur Fit et visualisation à l'écran.

■ **Rapidité** - Un PC AT 8 MHZ équipé d'un coprocesseur mathématique peut appliquer les 221 équations sur une table de 50 points en 6,8 secondes. Des systèmes plus performants seront plus rapides.

■ **Sorties** - Compatibilité avec la plupart des imprimantes matricielles et laser. Sortie directe vers fichiers SigmaPlot 4.0, Lotus, ASCII et autres formats.

■ **Interface de qualité** - Menus déroulants, système souris...

Pour plus d'informations sur TableCurve ou les autres programmes de chez Jandel, n'hésitez pas à nous contacter.





Maestro contrôle simultanément et indépendamment un ou deux bioréacteurs. Sa souplesse d'utilisation permet toutes les combinaisons de types, de modes de fonctionnement et de volumes, entre 2 et 100 L.

En cas de nécessité et à n'importe quel moment, un second bioréacteur peut être ajouté au système.

De plus, que votre système soit simple ou très perfectionné (ensemble duplex), le puissant logiciel de MAESTRO est à votre service. Grâce à son langage séquentiel évolué, il permet d'augmenter le rendement de vos cultures, en mémorisant vos stratégies optimisées de contrôles automatiques.

**... du plus simple
au plus sophistiqué
à vous de choisir!**



LSL BIOLAFITTE

10 Rue de Témara 78100 St Germain en Laye
France Tél. (01) 30615260 Fax. (01) 30615234
Tlx. 6965409

USA Tél (609) 452 7660 Fax. (609) 452 7667
UK & other Tél. (0582) 597676 Fax. (0582) 581495
Switzerland Tél. (021) 8699511 Fax. (021) 8699348

régional serait souhaitable. Des programmes comme ceux de l'OECA, de la CEE, ou de divers autres organismes internationaux, devraient faciliter. Cette collaboration, à travers la création d'un réseau dont l'idée a été émise lors du dernier colloque de Mexico, devrait pouvoir se renforcer également dans les programmes de recherche, la diffusion des résultats, et la formation du personnel, tant technique — car il y a un manque évident de techniciens qualifiés — que scientifique.

(3) Département de biotechnologie de l'UAM-I (Université autonome métropolitaine, unité d'Iztapalapa) et Institut d'ingénierie de l'UNAM (Université nationale autonome du Mexique).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

G Lettinga *et al* (1980) Use of the Upflow Sludge Blanket (UASB) reactor concept for biological wastewater treatment. *Biotechnol Bioeng* 22, 699-724

MS Sautzenbaum & WJ Jewell (1980) Anaerobic attached-film expanded-bed reactor treatment. *J Wat Pollut Control Fed* 52, 1953-1965.

RE Speece (1983) Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. *Environ Sci Technol* 17, 416A-427A.

J Roque (1984) Biotechnologies dans le traitement des eaux. *Biotour* 27, 35-43.

M Pieroni & R Campagna (novembre 1986) Digestione anaerobica: un processo meno costoso. *AFS*, 40-27

O Monroy *et al* (1988) Anaerobic digestion and water hyacinth as a highly efficient treatment process for developing countries. *Poster-papers, 5th International symposium on anaerobic digestion*. A Tilleh & A Rozzi (ed), Monduzzi Editore.

SMIM Vieira (1988) Anaerobic treatment of domestic sewage in Brazil: research and full-scale experience. *Anaerobic digestion, proceedings of the 5th International symposium on anaerobic digestion*. ER Hall & PN Hobson (ed), Pergamon Press, 185-196.

AWA De Man *et al* (1988) The use of EGSB and UASB anaerobic systems for low strength soluble and complex wastewaters at temperatures ranging from 8 to 30 °C. *Anaerobic digestion, proceedings of the 5th International symposium on anaerobic digestion*. ER Hall & PN Hobson (ed), Pergamon Press, 197-209.

C J Collazos Chavez (1990) Tratamiento de aguas residuales domesticas en Bucaramanga (Colombia) mediante reactores anaerobios. Sección: experiencias recientes en America latina. *Mémoires du colloque sur le traitement anaérobie des eaux usées résiduaires en Amérique latine*, Mexico, Mexique. JP Guyot & A Novola (ed), 1-15.

JP Guyot *et al* (1990) Anaerobic digestion of a petrochemical wastewater using the UASB process. *Appl Biochem Biotechnol* 24/25, 579-589.