

L'AMÉRIQUE LATINE EN ANAÉROBIOSE

Jean-Pierre GUYOT* & Adalberto NOYOLA**

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

N° : 34.675 ~~es~~ 1

Cpte # 6 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 capa-

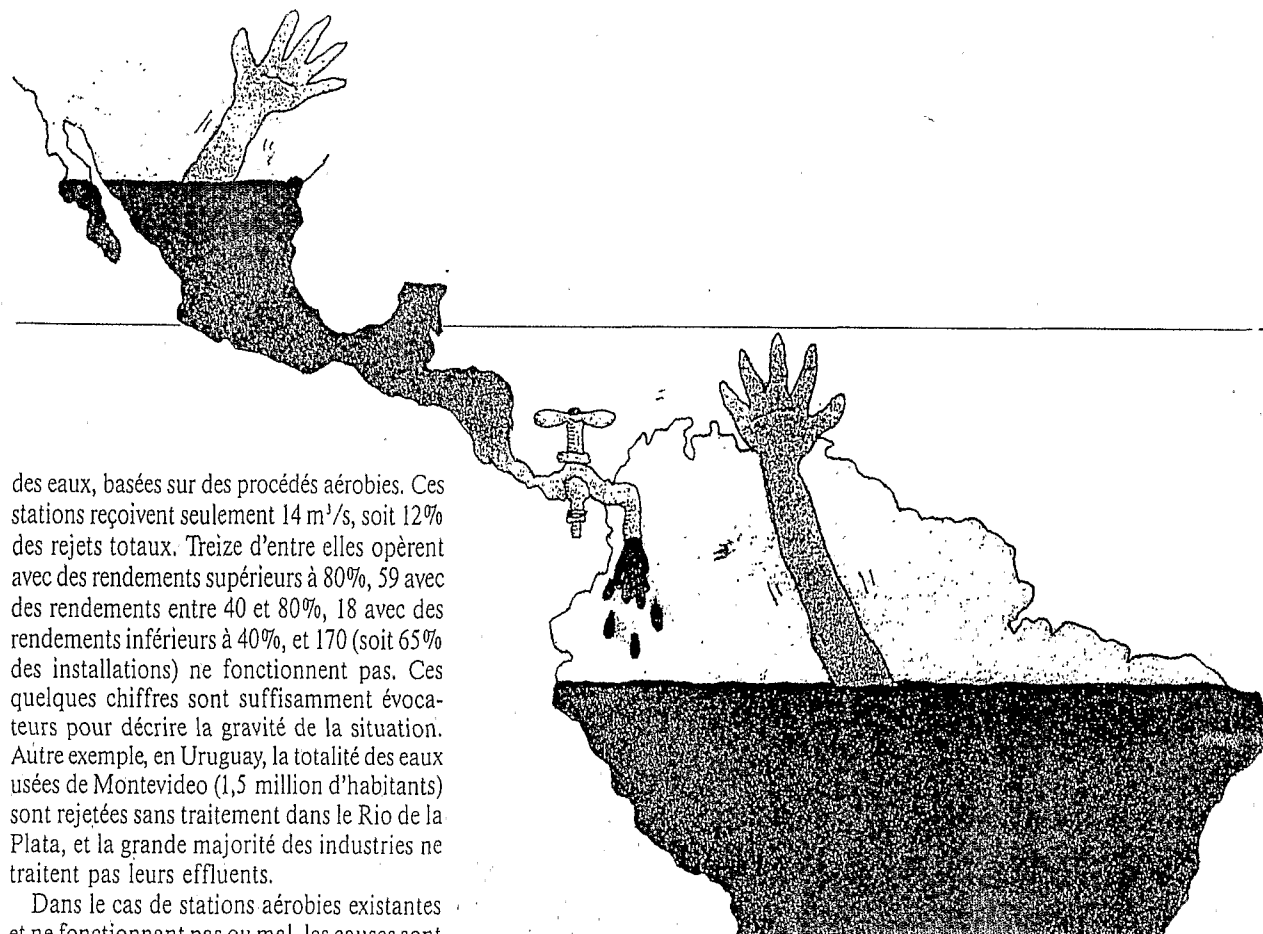
productions maraîchères par des eaux usées domestiques non traitées).

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 Amé-

* 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, Ciudad de México, México DF.

P12 IX



des eaux, basées sur des procédés aérobies. Ces stations reçoivent seulement 14 m³/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 sources sont

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 aérobies ;

- 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

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 :

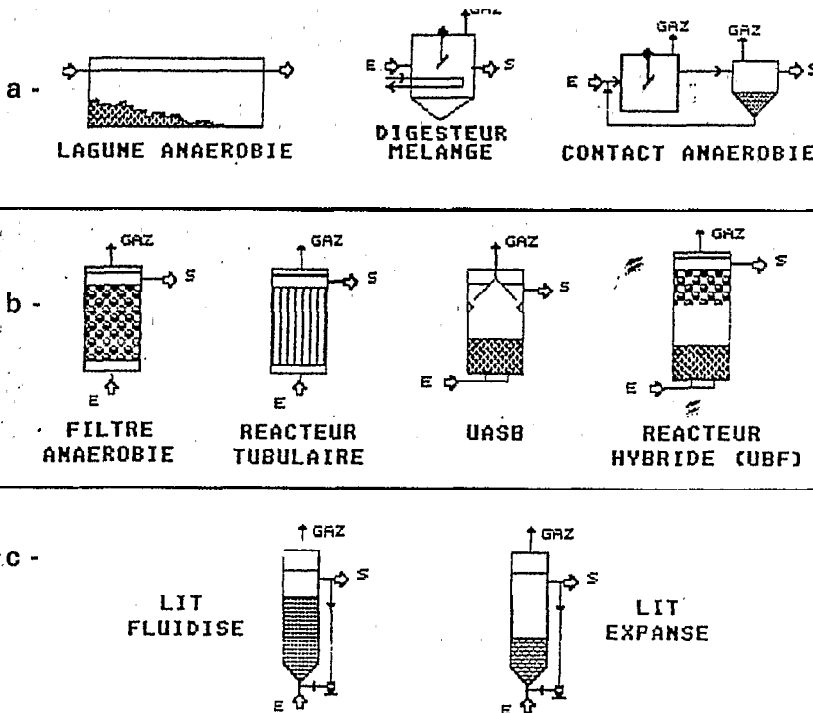
- le filtre anaérobie, recommandé pour des effluents contenant des substrats solubles à faible ou moyenne DCO ; en moyenne, il peut recevoir des charges organiques de l'ordre de 10 kg de DCO/m³ de réacteur/jour ; c'est un réacteur pouvant être rempli de pierres, d'anneaux plastiques, de bloc de polyuréthane, 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.

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



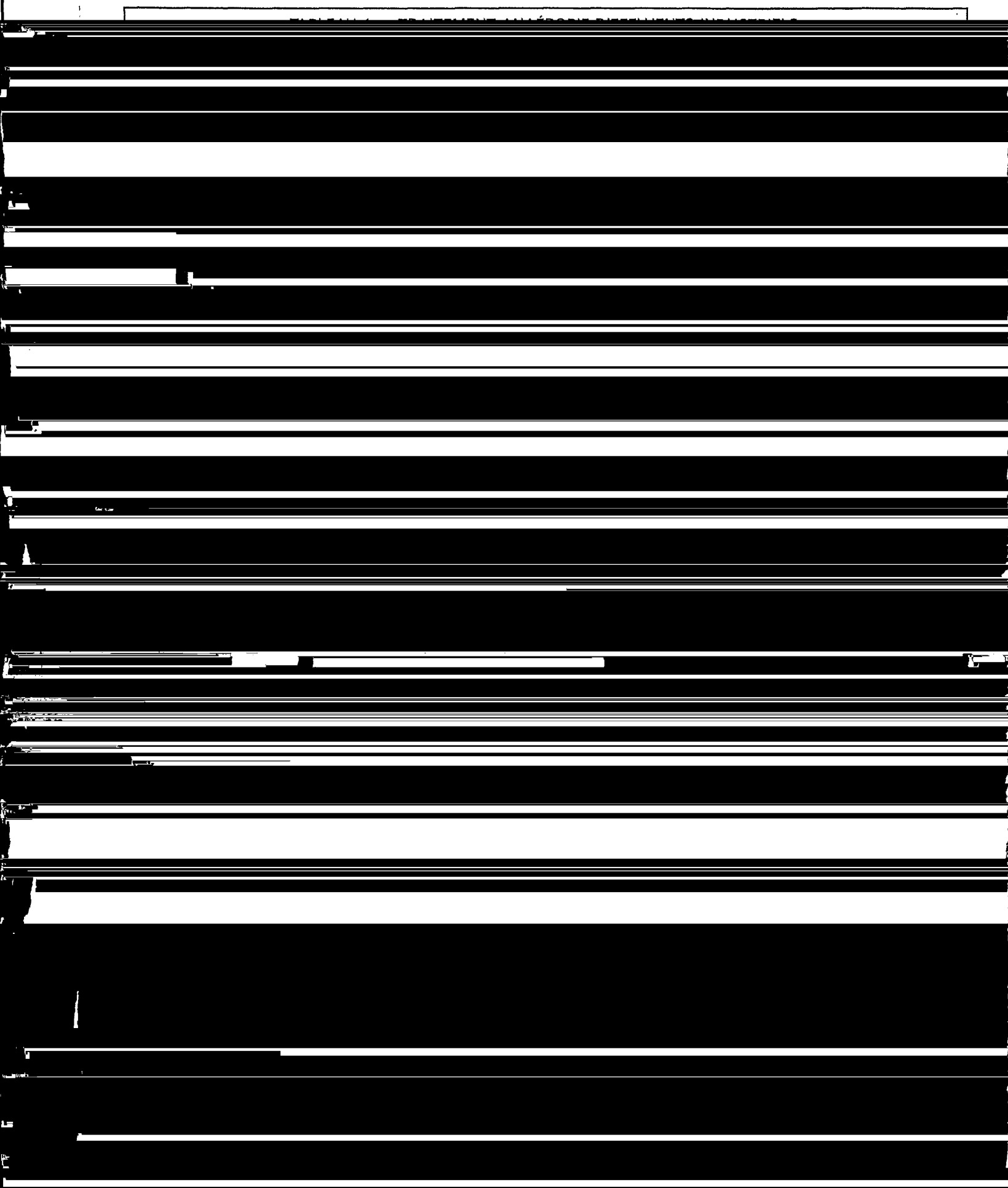


TABLEAU 2 – TRAITEMENT ANAÉROBIE D'EFFLUENTS DOMESTIQUES

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

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

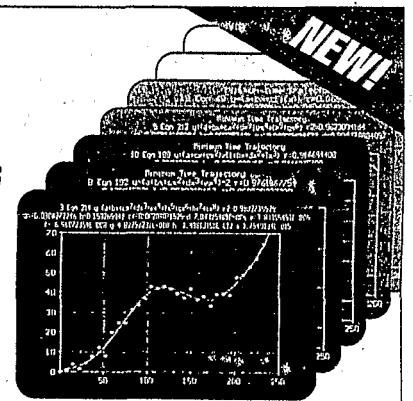
granulaires des réacteurs UASB et, d'autre part, à étudier la biodégradation en anaérobiose de certains composés aromatiques rencontrés dans des effluents industriels (industrie pétrochimique).

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 Tilleche & 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.