

*Les effluents gazeux d'origine industrielle participent en grande partie à la pollution de l'atmosphère. Le traitement de ces effluents par bioconversion ou biofiltration peut contribuer à la préservation de l'environnement. Depuis 1990, l'Orstom et le Laboratoire des bioprocédés de l'Université Autonome Métropolitaine (UAM) Iztapalapa de Mexico mènent en commun des recherches sur ces deux techniques complémentaires de dépollution. La bioconversion permet le recyclage du polluant en un produit à plus haute valeur ajoutée, alors que la biofiltration réalise une dégradation partielle ou totale du composé gazeux.*

**M**exico présente la caractéristique peu enviable d'être parmi les villes les plus polluées du monde. De nombreux facteurs contribuent à la pollution atmosphérique de cette agglomération, notamment une centralisation marquée du secteur industriel (20 % des industries lourdes), une concentration humaine élevée (15 millions d'habitants en 1990) et une situation géographique défavorable (cuvette située à 2240 mètres d'altitude et entourée de montagnes de plus de 4000 mètres). Pour la seule année 1990, 800 000 tonnes de déchets industriels ont été rejetés dans l'atmosphère. Dans ce bilan, les rejets de type gazeux s'élèvent à 70 000 tonnes, dont 36 000 tonnes de solvants volatils issus des industries de transformation (résines, colles, peintures,...). Ces solvants sont en général toxiques, malodorants, et participent indirectement à la formation de l'ozone dont la concentration, 345 jours en 1991, dépasse régulièrement la norme fixée par l'OMS.

*L'épaisse couche de brouillard qui couvre Mexico est visible sur cette photo prise en décembre 1992.  
Photo : David Hernandez/AFP Mexico*

# LA DÉPOLLUTION D



## LA BIOCONVERSION

Le terme bioconversion s'applique aux procédés de transformation d'une molécule "précurseur"\* en une autre, différente, à travers une série limitée de réactions enzymatiques. Ces modifications chimiques (oxydation, réduction ou estérification\*) peuvent être le fait d'un microorganisme (bactérie, levure, champignon filamenteux) ou d'un enzyme

purifié. Ce procédé, hautement spécifique, permet d'obtenir un produit final portant le label "naturel identique" utilisable dans l'industrie agro-alimentaire, en particulier dans le domaine des additifs (arômes, colorants). L'un des thèmes de recherche développé au Laboratoire des bioprocédés est l'étude de la conversion par la levure *Candida utilis* de l'éthanol en acétate d'éthyle, composé d'intérêt économique reconnu, employé dans le do-

# DE L'AIR A MEXICO

Photographies de la ville de Mexico prises à 7h, 9h et 11h du matin un jour de mars 1992. On peut remarquer l'accroissement de la pollution de l'air au fil des heures.  
Photo : David Hernandez/AFP Mexico



maine agro-alimentaire comme agent aromatisant (15 000 kg/an consommés aux USA en 1987). Utilisé en phase vapeur, l'éthanol peut être assimilé et transformé directement par la levure dans le bioréacteur, l'acétate d'éthyle étant ensuite récupéré facilement par condensation. Enfin, les connaissances acquises par le laboratoire dans le domaine des bioprocédés ont permis de mettre rapidement au point une méthode de mise en culture de la levure

sur des supports/substrats d'origine agricole (tels que bagasse de canne à sucre, son de blé) ou sur support synthétique (Amberlite).

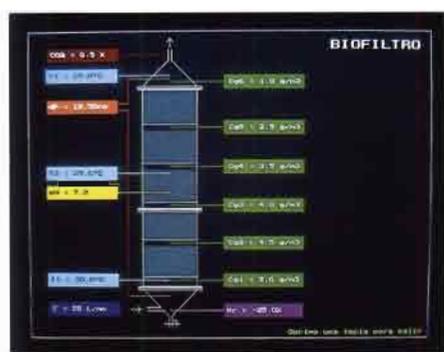
## LA BIOFILTRATION

La biofiltration est une technique relativement récente de traitement d'effluents gazeux nocifs par biodégradation. L'air contaminé est ventilé à travers une ou plusieurs couches de substance

solide (compost, tourbe,...) sur lesquelles se développent les microorganismes susceptibles de dégrader les polluants visés. Utilisé à l'origine pour le traitement d'odeurs, ce principe s'applique aujourd'hui à l'élimination de nombreux toxiques de l'air, dont certains composés organiques volatils (COV). Dans le cas de composés chlorés ou soufrés, la biodégradation induit la formation de sous-produits acides (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,...), provoquant à moyen terme un arrêt du bioréacteur. Ce problème peut être résolu par l'utilisation d'un BELF (Biolaveur par Ecoulement à Lit Fixe) dans lequel la phase liquide est en permanence recyclée à la surface du support solide, permettant la neutralisation et l'élimination des composés acides dans un système annexe au bioréacteur. Comparée aux méthodes classiques de dépollution de l'air, chimiques ou physico-chimiques (absorption, adsorption, incinération,...), la biofiltration présente les avantages suivants :

- respect de l'environnement (ne génère pas de sous-produits toxiques);
- coût de revient et d'exploitation relativement faibles;
- adaptation aux émissions à faibles concentrations de polluants (<1000 ppm).

Les recherches menées au Laboratoire des bioprocédés concernent la biofiltration de solvants volatils émis par certaines industries de transformation (résines, colles, peintures,...). Trois composés modèles ont été sélectionnés - toluène (aromatique), acétate d'éthyle (ester), isopropanol (alcool) - représentatifs des familles chimiques rencontrées dans ce type de rejets. Pour chacun d'entre eux, des travaux de microbiologie visent à sélectionner les microorganismes adéquats (bactéries, champignons,...) et à déterminer les conditions optimales de dégradation. Parallèlement, un biofiltre a été conçu à l'échelle du laboratoire (15l), couplé à un système automatisé d'acquisition de données et de contrôle. Un pilote d'une capacité de 400 l est également en cours de réalisation dans le cadre d'une application industrielle. Concernant l'élimination de composés soufrés (H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>), une étude réalisée au laboratoire a permis la construction d'un BELF à l'échelle pré-pilote (180 l) et d'un réacteur pilote (8 m<sup>3</sup>) d'une capacité de traitement de 2000 m<sup>3</sup> d'air /h. Notons enfin, la mise en service sur site d'un BELF pouvant traiter 16 000 m<sup>3</sup> d'air /h.



"BIOFILTRO": un système automatisé d'acquisition et de contrôle développé pour la biofiltration Photo: S. Balerin.

### LES RÉSULTATS DE LA COOPÉRATION

Dès 1988, le Département de Génie des Procédés de la UAM, dont les activités sont orientées vers le génie chimique, a décidé d'appuyer la création d'un Laboratoire des bioprocédés. De 1988 à 1990, en collaboration avec l'Orstom, un effort particulier a été réalisé afin de structurer et d'équiper ce nouveau laboratoire.

Le laboratoire accueille des étudiants de haut niveau sur des sujets de recherche allant de la microbiologie au génie des procédés de fermentation. Des cours et séminaires sont également dispensés dans le cadre d'universités ou d'institutions mexicaines.

Un autre volet concerne la valorisation de nos recherches. Un contrat avec la société CYDSA (polymères, peintures,...) a débouché sur la réalisation *in situ* d'un BELF pour le traitement de composés soufrés. Pour cette étude, le laboratoire a reçu en 1991 le Prix National d'Ecologie décerné par une importante banque mexicaine. Dans le cadre de ce même contrat, se poursuivent d'autres travaux sur la biodégradation de COV (toluène, isopropanol, acétate d'éthyle) et de composés chlorés par les techniques de biofiltration. Enfin, par contrat avec une PME de Mexico, le laboratoire réalise une étude sur la biofiltration d'acrylates et de composés vinyliques ■

Richard Auria et Pierre Christen  
Département "Milieux et Activité Agricole" - UR "Biotechnologies appliquées à la productivité végétale et à la valorisation des productions agro-industrielles"

Sergio Revah

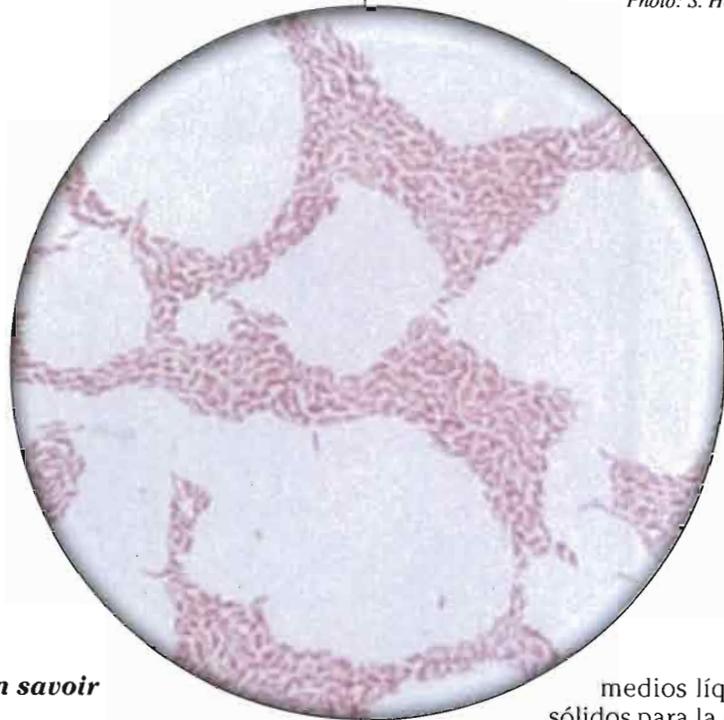
Departamento de Ingeniería de Procesos - División Ciencias Básicas y Ingeniería - Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa-Mexico



Système expérimental de bioconversion de l'éthanol en acétate d'éthyle par *Candida utilis* en milieu liquide - Photo: G. Corzo.



*Isolement d'une bactérie de type Pseudomonas putida dégradant l'acétate d'éthyle*  
Photo: S. Hernandez.



**Pour en savoir plus**

Auria R., Hernandez S., Raimbault M., Revah S. (1990): Ion exchange resin : a model support for solid state growth fermentation of *Aspergillus niger*. *Biotechnology Techniques*, Vol.4, No 6, pp. 391-396.

Auria R., Palacios J., Revah S. (1991) : A simple diffusion reactor to evaluate kinetic parameters in solid state fermentation. *Fourth World Congress of Chemical Engineering*, Karlsruhe, Fed. Rep. of Germany, 7.2-65.

Christen P. : Producción de aromas y saborizantes. *Mémoires du cours de Biotechnologie alimentaire*, Programme Universitaire de Sciences des Aliments, 21-25 Octobre 1991, UNAM, Mexico.

Christen P., Auria R., Palma I., Villegas E., Revah S. (1992) : Crecimiento de *Ceratocystis fimbriata* sobre diferentes

medios líquidos y sólidos para la producción de aromas. *Avances en Ingeniería Química*.

Auria R., Palacios J., Revah S. (1992): Determination of the interparticular effective diffusion coefficient for CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> in solid state fermentation. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol.39, pp. 898-902.

Auria R., Morales M., Villegas E., Revah S. (1992) : Influence of mold growth on the pressure drop in aerated solid state fermentors. *Biotechnology and Bioengineering*.

Villegas E., Alcantara L., Aubague S., Auria R., Revah S. (1992) : Solid state fermentation. Acid protease production in controlled CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> environments. *Advances in Biotechnology*.

Christen P., Auria R., Vega C., Villegas E., Revah S. (1992) : Growth of *Candida utilis* in solid state fermentation. *Advances in Biotechnology*.

Morales V., Hinojosa A., Paez F., Gonzalez M.A., Gonzalez O., Viveros T., Revah S. (1992) : Biotechnological process for the treatment of H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub> from a waste gas from a cellophane plant. *Proceedings IGT Symposium on gas, oil and environmental biotechnology*, Chicago, USA.

**Bioconversion and biofiltration of gases : applications for air purification**

Off-gases from industry are a major source of atmospheric pollution, and treatment of such gases by bioconversion or biofiltration may help to improve the environment. Since 1990, Orstom and the Bioprocess Laboratory at UAM-Iztapalapa in

Mexico City have been researching these two complementary techniques. Bioconversion enables gas contaminants to be transformed into other products of higher value, while many gaseous pollutants can be eliminated by biofiltration.

**Glossaire**

- Précurseur : Molécule inactive initialement, transformée lors d'une réaction enzymatique en une molécule active.
- Estérification : Formation d'un ester (acétate d'éthyle) par réaction chimique ou enzymatique entre un alcool (éthanol) et un acide (acide acétique).

Auria Richard, Christen Pierre, Revah S.

La dépollution de l'air à Mexico

ORSTOM Actualités, 1993, (38), p. 2-5. ISSN 0758-833-X