

Biotraitement de l'air

Face au problème de la pollution de notre environnement, la société fait pression pour sa réduction dans tous les domaines (air, eau et sol) et des législations strictes visant à réduire les rejets d'origine industrielle ou ménagère, se mettent en place dans la plupart des pays industrialisés. C'est également le cas dans des pays considérés jusqu'à présent en voie de développement (PVD) mais présentant de fortes concentrations urbaines et/ou industrielles comme le Brésil, le Mexique ou encore le Chili. La gravité du problème rend indispensable et urgent le développement d'études orientées vers des technologies propres ou, pour le moins, la diminution des contaminants rejetés dans l'atmosphère.



par Pierre Christen (photo) et Richard Auria, chargés de recherche à l'ORSTOM et Sergio Revah, professeur à l'Université autonome métropolitaine de Mexico

● Une part importante de la pollution est due aux industries de transformation, à l'exploitation de ressources naturelles et aux systèmes de production agricole. Dans le cas de l'air, le principal problème est lié à la génération de gaz de combustion, dont les effets sont amplifiés quand celle-ci est incomplète (émission d'hydrocarbures, de CO, de NOx, etc...) ou bien quand le combustible est de mauvaise qualité (émission de SO₂). Un problème plus ponctuel est celui des composés organiques volatils (COV), comme les solvants, les monomères, les hydrocarbures, les gaz de putréfaction, etc... générés par des sources fixes (industries, stations d'épuration, dépôts d'ordures, stations services, zones de stockage de produits chimiques, etc...). Les quantités de ces composés émises dans l'atmosphère sont moindres par rapport à celles des gaz de combustion, mais cependant, leur impact direct peut être important à cause de leur effet toxique direct, de leur mauvaise odeur ou de leur contribution à la formation d'ozone. Ces composés peuvent être dégradés dans le milieu ambiant naturellement avec des taux variables selon le composé et les conditions physiques, chimiques et biolo-

Étude économique des coûts des différentes technologies

Technologie	FF/1000 m ³
Biofiltration	0.6 - 18
Biolavage	9 - 18
Lavage chimique	3.6 - 72
Incinération	9 - 90
Traitement catalytique	9 - 72

Source : OCDE, 1994

giques. Cependant, beaucoup de problèmes dépassent la capacité de charge de ces systèmes et on peut avoir besoin, dans certains cas, de faire appel à des technologies particulières. Parmi les procédés physico-chimiques les plus couramment utilisés, on peut citer l'adsorption, l'absorption, la condensation et l'incinération. Ces techniques de traitement peuvent présenter dans certaines cas des inconvénients, tels que: le transfert du polluant à une autre phase du système (solide et/ ou liquide), des coûts de construction et de maintenance élevés, des consommations importantes d'énergie, etc..

Le biolavage et la biofiltration ont été proposés pour le contrôle et l'élimination de certains COV. Dans les deux cas, le traitement est réalisé en mettant en contact le gaz contaminé avec la phase biologiquement active. La dégradation de ces composés consiste en leur transformation en des composés plus simples (CO₂, N₂, CH₄, H₂O, H₂S, SO, SO₄²⁻, NO₃), moins dangereux et où une fraction sera utilisée pour former de la biomasse. Ces techniques ont été mises en œuvre en Europe (Allemagne, Hollande, Suisse), au Japon et plus récemment au Canada et aux États-Unis. Les applications sont variées: industrie chimique, industrie de peinture, imprimerie, industries agro-alimentaires (abattoirs, poisson, aliments pour animaux, etc...), stations d'épuration. Bien que son application industrielle soit récente, le principe de purification des gaz résiduels par une population biologiquement active fut démontré dès 1923 quand cette méthode fut employée pour le traitement de H₂S provenant d'une station d'épuration d'eaux résiduelles. A partir de

1950, les principes de base sont énoncés aux États-Unis et en Allemagne, jetant les bases d'une plus large diffusion de cette technologie. C'est en 1957 qu'est breveté pour la première fois un procédé décrivant le concept de lit de terre (*soil bed*) ainsi que son installation en Californie.

Les procédés utilisés pour la purification biologique de gaz peuvent être classés selon les conditions dans lesquelles se trouvent les micro-organismes dans le système et le type de flux de la phase liquide.

Phase biologique	Phase	Liquide
Dispersée	En mouvement	Stationnaire
Immobilisée	Biolaveur	
	Filtre percolateur	Biofiltre



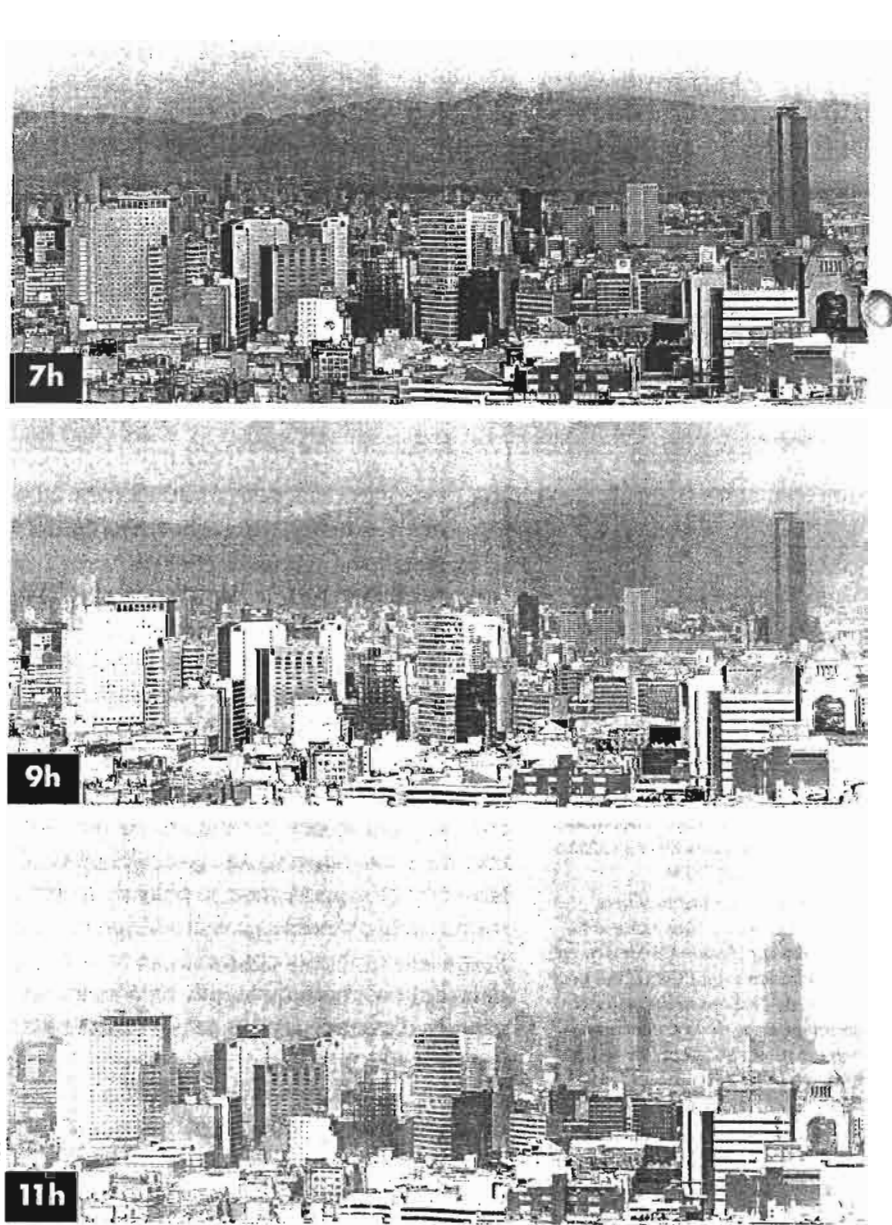
MEXICO

L'air sous contrôle de l'ORSTOM et de l'Université autonome métropolitaine (UAM) de Mexico

L'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM) est un organisme de recherche public employant 2 500 personnes dont plus de la moitié est en expatriation, notamment en Afrique et en Amérique latine. Les activités de recherche couvrent des domaines aussi divers que la santé, l'agronomie, l'hydrologie, la nutrition, la sociologie, l'océanographie ou la géologie. Certaines de ces disciplines impliquent de plus en plus les biotechnologies. C'est dans ce domaine appliqué à la transformation des sous-produits agricoles que l'Institut a débuté sa collaboration avec l'UAM au Mexique il y a dix-sept ans. D'abord axée sur la fermentation en milieu solide (FMS), en particulier sur l'enrichissement protéique de déchets agro-industriels riches en amidon par des champignons filamenteux pour l'alimentation animale, elle a évolué vers des applications tournées vers les problèmes d'environnement. Il y a une dizaine d'années, elle a été, avec son partenaire mexicain, parmi les pionniers de la digestion anaérobie pour l'épuration des eaux usées. Plus récemment, en 1992, un programme "Biofiltres" a vu le jour à l'ORSTOM et il est actuellement mené avec notre partenaire mexicain au laboratoire des bioprocédés de l'UAM.

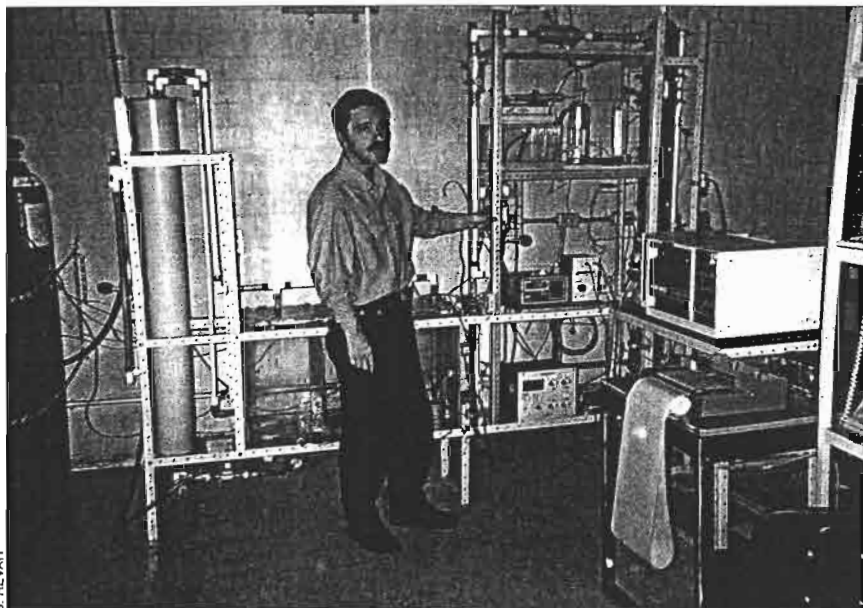
Cette décision a été motivée par plusieurs raisons. D'une part, la ville de Mexico est un des plus grand foyer de pollution atmosphérique du monde. Une grande centralisation du secteur industriel (20 % des industries lourdes), une concentration humaine élevée (19 millions d'habitants) et une situation géographique particulière (située à 2 240 mètres d'altitude et entourée de montagnes de plus de 4 000 mètres) ont favorisé l'existence d'un brouillard constant, aussi appelé "smog" au dessus de la ville. Pour la seule année 1993, 5 millions de tonnes de polluants ont été rejetés dans l'atmosphère. Dans ce bilan, les rejets de type gazeux liés aux sources fixes (industries, centrales thermoélectriques, etc..) se sont élevés à 400 000 tonnes, dont près de 40 000 tonnes de solvants issus des industries de transformation (résines, colles, peintures,...).

D'autre part, le savoir faire acquis par notre

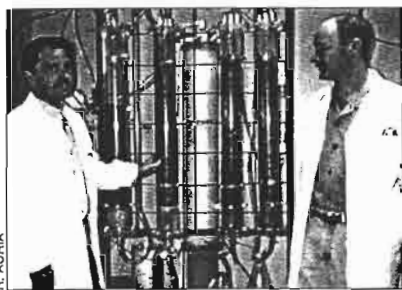


groupe franco-mexicain, sur les aspects fondamentaux et appliqués de la FMS, pouvait être utilisé pour l'étude de procédés comme la bio-filtration mettant en jeu, tout comme la FMS, des micro-organismes cultivés sur des supports solides. Enfin, une forte demande de notre partenaire, justifiée par les problèmes de pollution industrielle rencontrés localement, combinée à la mise en place de lois de plus en plus strictes sur l'environnement ainsi qu'à une politique résolument active dans le domaine de la recherche de la part de certains indus-

Ville de Mexico, en 1992 à différentes heures de la journée montrant l'évolution de la pollution atmosphérique.



S. REVAH



R. AURIA

1- Richard Auria et le biofiltre de 12 l monté à l'Université autonome métropolitaine (Mexico) en collaboration avec l'ORSTOM.

2- S. Revah et un des biofiltres pilotes montés à l'Université autonome métropolitaine de Mexico en collaboration avec l'ORSTOM, pour l'étude de l'influence du matériel de remplissage de la colonne sur l'élimination de vapeurs de toluène (volume utile: 3.6l)

triels mexicains, nous a naturellement amenés à orienter nos recherches dans ce domaine. Ce projet de recherche s'insère par ailleurs parfaitement dans le grand programme "Bases biologiques de la valorisation agricole et industrielle de la biodiversité" récemment créé à l'ORSTOM. Ces recherches couvrent des domaines allant de la microbiologie des biofiltres (sélection de consortium et de souches spécifiques, étude des cinétiques de dégradation des contaminants,...) au génie des procédés (sélection de support, mise au point de biofiltres instrumentés, modélisation mathématique,...). Parmi les nombreux composés volatils rejetés dans l'atmosphère de la ville de Mexico, les vapeurs d'essence émises par les sources fixes (station service, stockage, etc..) sont estimés à environ 20 000 tonnes par an. Certains composés de l'essence tels que le méthyl ter-butyl éther (MTBE), le toluène ou le benzène, ont été détectés à proximité des stations services et des artères de grande circulation de la ville. Le volume émis, la composition et la localisation de ces rejets peuvent avoir un impact non négligeable sur la santé de la population. La tendance actuelle est de disposer d'une essence dont la composition permet de minimiser son impact sur l'environnement. Pour cela, de nombreuses recherches ont permis de diminuer la concentration de composés tels que le plomb et le benzène et d'introduire des composés oxygénés tels que le ter-amyl methyl éther (TAME) ou le MTBE, pour améliorer la combustion, mais ces composés ne sont pas sans danger pour la

santé. Dans le cadre de notre collaboration, nous avons orienté nos recherches d'une part sur la dégradation des vapeurs de l'essence dans sa globalité et d'autre part sur la dégradation de composés plus spécifiques tels que les aromatiques: benzène, toluène et xylènes (BTX) et le MTBE. Le choix de ces deux familles de composés est lié au fait que les aromatiques sont des composés nocifs, classés pour certains comme cancérigènes et qui se trouvent en concentration élevée dans l'essence. Ils sont également émis par de nombreux procédés de transformation industrielle. La production annuelle de MTBE a augmenté depuis 1985 en moyenne de 25%. Sa présence dans les nappes aquifères et les sols est liée aux fuites, évaporation et combustion incomplète et sa relative solubilité, sa mobilité et sa très faible biodégradabilité en font un composé particulièrement dangereux pour la santé.

Quel que soit le polluant, les différentes étapes nécessaires pour mener à son terme la dégradation restent très similaires. En premier lieu, il est nécessaire d'isoler un consortium ou une bactérie capable de dégrader le polluant visé. Puis, après une étude en microcosmes de la cinétique de dégradation du composé, on passera à l'inoculation des biofiltres et leurs suivis pendant plusieurs mois afin d'optimiser le procédé. Ces différentes étapes nécessitent la mise au point de techniques analytiques (respirométrie, chromatographie gazeuse et liquide), de biofiltres instrumentés (capteurs, saisie de données) et d'outils mathématiques (modèles de transfert de masse et chaleur couplés à la réaction d'oxydation).

Dans le cadre de ce programme, des consortia de micro-organismes, des bactéries et des champignons filamenteux spécifiques dégradant les vapeurs d'essence et certains composés particuliers tels que le toluène, le benzène, les xylènes et le MTBE ont été isolés en laboratoire. La mise en évidence de co-métabolisme entre certains composés de l'essence a permis entre autre de mieux comprendre la dégradation de molécules récalcitrantes telles que le MTBE, les xylènes et certaines isoparaffines. De nouvelles études sur le rôle des moisissures ont montré que ces micro-organismes colonisent facilement les biofiltres et s'adaptent aux conditions changeantes que l'on peut rencontrer lors du fonctionnement d'un biofiltre durant de longues périodes. D'autres études portent sur l'utilisation de moisissures pour dégrader des

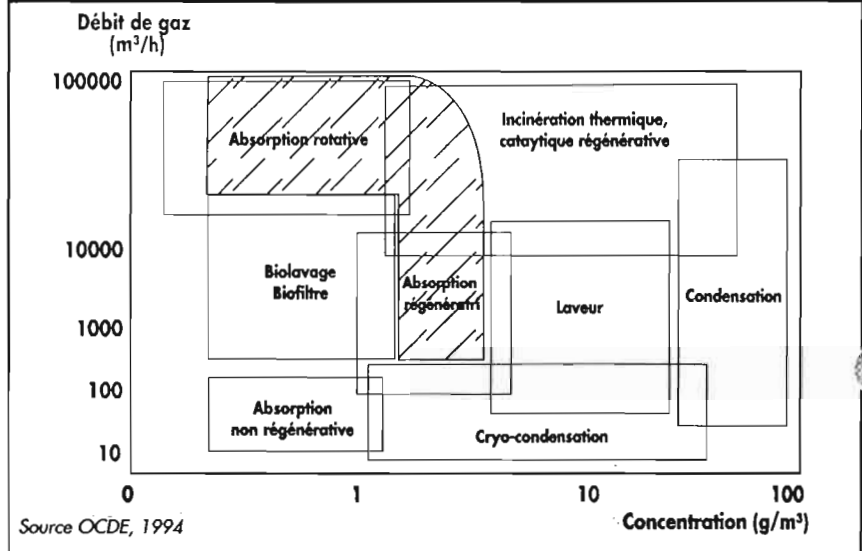
composés très récalcitrants, peu ou pas minéralisables par des bactéries. La sélection de nouveaux supports a permis de mieux comprendre les échanges de surface: support-biofilm-polluant et a débouché sur des propositions pour leur application. Des études en laboratoire sur le démarrage, le "dopage", le séchage et l'homogénéisation des biofiltres ont permis d'améliorer nettement l'efficacité de ces bioréacteurs. La mise au point d'un biofiltre pilote est réalisée en collaboration avec l'IMP (Institut mexicain du pétrole) et sera appliquée au traitement des vapeurs d'essence d'une station service expérimentale.

Autres partenariats

L'une des missions de l'ORSTOM est, non seulement, de promouvoir les échanges scientifiques Nord/Sud, mais aussi d'encourager les collaborations Sud/Sud. C'est ainsi que, au cours des années, notre groupe s'est ouvert à d'autres institutions latino-américaines et françaises. Grâce à des financements mixtes mis en place par la direction des Relations internationales de l'ORSTOM et par le CONACYT (Ministère mexicain des sciences et de la technologie), de nombreux professeurs et étudiants ont été invités à la UAM, pour des séjours courts (visites techniques d'une semaine) ou longs (stages de maîtrise, de doctorat, ou de troisième année d'ingénieur). Ainsi, des contacts suivis existent depuis plusieurs années avec les universités de Caracas (Venezuela), du Paraná (Brésil), de Trujillo (Pérou), de Santiago (Chili), avec l'Institut cubain de recherche sur les dérivés de la canne à sucre de La Havane, ainsi qu'avec d'autres institutions mexicaines telles que l'Institut technologique de Monterrey et l'Université nationale autonome de Mexico.

En France, un projet de collaboration est en cours avec le laboratoire de Mécanique et de

Domaines d'application des procédés d'épuration des gaz



Génie civil de l'Université de Montpellier sur le thème de la bioventilation, un procédé alliant la ventilation et la biofiltration pour la décontamination de sols pollués. Dans ce domaine, plusieurs spécialités sont mises en jeu : microbiologie, biochimie, génie des procédés, ... et il est important d'aborder le problème dans son ensemble et par conséquent il est impératif de former des groupes pluri-disciplinaires si l'on veut mener un projet de bio-dépollution à son terme.

Des contacts existent également avec l'Université de Bordeaux et des écoles d'ingénieurs comme l'École de Chimie de Paris, l'École des Mines de Paris et l'ENSBANA de Dijon dont des étudiants ont été reçus à Mexico pour leur stage de fin d'études. Ces collaborations doivent être renforcées par la création prochaine d'un Réseau de biotechnologie en Amérique latine, appliqué aux problèmes d'environnement. ■



161, Fbg Saint Vincent
45000 ORLÉANS



**TRAITEMENT
DES NUISANCES
OLFACTIVES**

Tél. : 02 38 84 21 82
Fax : 02 38 86 52 91

Réalisation dans des espaces de grands volumes, clos ou ouverts et dans les cheminées
Conception d'équipement et mise au point de produits de traitement Étude gratuite sur demande

Christen Pierre, Auria Richard, Revah S.
(1998).

Biotraitement de l'air. Airplus, (13), 12-15.

ISSN 1276-0668