



Doctoral Thesis

## **Biodegradation of mixtures of ketone vapours in biofilters for the treatment of waste air**

**Author(s):**

Deshusses, Marc A.

**Publication Date:**

1994

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000943972> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 10633

# **BIODEGRADATION OF MIXTURES OF KETONE VAPOURS IN BIOFILTERS FOR THE TREATMENT OF WASTE AIR**

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH  
for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

Presented by

**MARC A. DESHUSSES**  
Chemical Engineer, ETH Lausanne  
Born on 12 February 1966 in Buffalo, USA

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. J.R. Bourne, examiner  
Prof. Dr. G. Hamer, co-examiner  
PD Dr. I.J. Dunn, co-examiner

Zurich 1994

## Abstract

In the work reported here, selected kinetic and operational aspects of the aerobic biotreatment of vapours of methyl ethyl ketone (MEK) and of methyl isobutyl ketone (MIBK) in compost-based biofilters have been investigated. Emphasis was placed on the characterization and on the development of conceptual explanations of the phenomena occurring during the removal of either single or mixtures of the two pollutants under both steady and transient state operating conditions. A dynamic mathematical model for a biofilter was developed. It proved appropriate for describing most of the experiments undertaken and served as a basis for comprehensive discussion of biofilter operation. Mixtures of MEK and MIBK vapours were shown to undergo simultaneous biodegradation that was probably mediated by the same microbial community. Neither diffusion nor oxygen limitation occurred and the process was controlled by the biological rates that could be achieved. Maximum elimination capacities decreased from 120 and 30  $\text{g m}^{-3} \text{h}^{-1}$  for MEK and MIBK, respectively, in the case of single pollutants, to 40 and 18  $\text{g m}^{-3} \text{h}^{-1}$ , in the case of simultaneous removal of equal concentrations of vapours. Studies on pollutant concentration profiles in biofilters indicated high axial heterogeneity with respect to degradation rates. Application of the biofilter model developed herein to this problem permitted explanation of the phenomenon and confirmed that biofilm concentration gradients are likely to occur during the removal of pollutant mixtures when microbial inhibition occurs. Investigations of transient behaviour in biofilters exposed to perturbations emphasized the major role of sorption processes during transient state operation. Steady states were generally re-established within two to five hours after perturbations occurred. Pulses of pollutants in the waste air stream indicated that major inhibition occurred during short term exposure to gaseous concentrations above 10  $\text{g m}^{-3}$  MEK, even though MIBK did not exhibit similar inhibitory effects at this concentration. Biodegradation of MEK and/or MIBK in shake flasks by suspended cultures inoculated from operating biofilters showed markedly different growth and biodegradation patterns. In the range of concentrations tested (1-20 mMol) in shake flask cultures, Monod kinetics with substrate inhibition successfully described growth on MEK or on MIBK, although no substrate inhibition occurred when cultures were grown on mixtures of MEK and MIBK.

## Résumé

Le présent travail traite de la biodégradation aérobie de vapeurs de méthyl-éthyl-cétone (MEK) et d'isobutyl-méthyl-cétone (MIBK) par des cultures mixtes dans des biofiltres pour le traitement d'effluents gazeux. L'accent a été mis sur l'étude des aspects cinétiques et opérationnels du procédé et sur l'explication des phénomènes impliqués lors de l'élimination des polluants, tant à l'état stationnaire que transitoire. La majorité des expériences ont été conduites avec des mélanges des deux cétones en phase gazeuse afin d'apprécier les différences apparaissant lors du traitement de polluants multiples. Un modèle dynamique de biofiltres décrivant les performances aussi bien stationnaires que transitoires a été développé et, s'appliquant de façon appropriée à la majorité des situations rencontrées, a servi de base à une discussion constructive et détaillée des phénomènes observés. La biodégradation simultanée de MEK et de MIBK, conséquence probable de sa médiation par une même communauté bactérienne, s'est révélée être le facteur limitant de l'élimination des polluants, aucune limitation par diffusion tant des polluants que de l'oxygène n'ayant été observée. La capacité maximale d'élimination du biofiltre a été de  $120 \text{ g m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  pour MEK et  $30 \text{ g m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  pour MIBK, capacité réduite à respectivement 40 et  $18 \text{ g m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  lors du traitement de mélanges de MEK et de MIBK à concentrations égales. L'étude des profils de concentration et des vitesses de biodégradation dans les biofiltres a révélé d'importants gradients axiaux. Ces phénomènes ont pu être expliqués au moyen du modèle de biofiltre, qui a notamment permis de décrire les gradients de concentration existants vraisemblablement au niveau du biofilm. L'étude du comportement dynamique des biofiltres a mis en exergue l'importance de la sorption lors des états transitoires, de nouvelles conditions stationnaires étant généralement atteintes dans l'espace de deux à cinq heures. L'injection dans les biofiltres de pulses de polluants a démontré que l'activité microbienne est fortement inhibée lors de brèves expositions à des concentrations gazeuses de MEK supérieures à  $10 \text{ g m}^{-3}$ , alors qu'elle ne l'est pas lors d'expositions identiques à MIBK. La biodégradation de MEK et de MIBK au moyen de cultures liquides en bouteille, inoculées par un extrait de remplissage de biofiltre opérationnel, a fait apparaître de grandes différences entre les cultures liquides et les biofiltres quant à la cinétique de croissance et de biodégradation. En cultures liquides et pour le domaine de concentration testé (1-20 mMol), le modèle d'inhibition par le substrat s'est révélé appropriée pour décrire la croissance microbienne avec MEK ou MIBK. En revanche, les cultures croissant avec des mélanges de MEK et de MIBK n'ont montré aucune inhibition par le substrat, la croissance pouvant dès lors être décrite par la cinétique de Monod.