

UTILISATION DE LA PHOTOOXYDATION UV/H₂O₂ POUR L'ÉLIMINATION DU CARBONE ORGANIQUE DISSOUS (COD) DANS LES EFFLUENTS CONTENANT DES COMPOSÉS NON BIODEGRADABLES

Arnauld-Amaury Sillet*, Jean-Régis Degorce-Dumas*, Jean Roussy*, Jacques Bourgois** et Olivier Thomas*

*Laboratoire génie de l'environnement industriel, École des mines d'Alès - **Centre Site, École des mines de Saint-Étienne

Ce travail a eu pour but d'étudier l'efficacité de la photooxydation UV/H₂O₂ sur la réduction du COD d'effluents industriels et de lixiviats de décharge d'ordures ménagères contenant des composés non biodégradables. Les expériences ont d'abord été réalisées sur un réacteur « spiralé » de 7,5 mL. L'influence du pH initial a été étudiée. Il apparaît que l'acidification à pH 2 permet d'améliorer l'efficacité du traitement, soit en précipitant des composés de type substances humiques (cas des lixiviats de décharge) soit en éliminant les ions carbonate et hydrogénocarbonate. L'augmentation de la concentration en peroxyde d'hydrogène accroît l'abattement du COD; néanmoins, il existe une limite au-delà de laquelle il n'y a plus d'amélioration. La réduction de la charge organique dépasse 90 % sur certains effluents. Après avoir défini les conditions du traitement (pH, [H₂O₂]) en réacteur « spiralé », les effluents ont été traités en photoréacteur annulaire (380 mL). L'abattement du COD reste très satisfaisant, ce qui permet d'envisager la poursuite du développement de réacteurs de photooxydation multilampes avec des épaisseurs d'irradiation variables.

The purpose of this study was to investigate the use of photooxidation UV/H₂O₂ to remove DOC of industrial effluents and landfill leachates containing biorefractory compounds. Experiments were first conducted on a 7.5 mL spiral reactor to examine the effects of pH and H₂O₂ dosage on DOC removal. It was observed that acidification improved the efficiency of wastewater treatment either by removing humic substances (leachate samples) or by eliminating CO₃²⁻ and HCO₃⁻ ions (both leachate and industrial samples). DOC removal also increased with higher hydrogen peroxide dosage. Nevertheless, there is a dosage in H₂O₂ over which no improvement is obtained. DOC removal exceeded 90 % on some samples. Using best conditions obtained on spiral reactor, effluents have been treated using an annular photoreactor (380 ml). Organic pollution elimination was very satisfying, which is encouraging to continue on more important pilots with several UV lamps and varying irradiation thickness.

INTRODUCTION

Le développement des activités humaines est à l'origine de la multiplication des sources de pollution. La contamination des sols et de l'eau peut provoquer des dommages importants à l'environnement. Pour protéger l'environnement, les sources de pollution doivent être réduites et l'utilisation de technologies propres développée. Néanmoins, les effluents doivent être traités avant d'être rejetés dans le milieu naturel. Les eaux usées contiennent de nombreux composés indésirables et en particulier une pollution carbonée non négligeable. De nos jours, les eaux résiduaires urbaines sont facilement épurées en utilisant les procédés biologiques, mais certains effluents industriels et lixiviats de décharge ne peuvent pas être traités de cette manière en raison de leur toxicité ou de leur faible biodégradabilité.

Les procédés d'oxydation avancée (POA), tout particulièrement les couplages UV/O₃, UV/TiO₂, O₃/H₂O₂ et UV/H₂O₂ ont été utilisés pour épurer des effluents industriels. Ces procédés sont basés sur la production de radicaux hydroxyles qui sont très réactifs et peu sélectifs. D'autres radicaux libres sont aussi générés: O₂⁻, O₃⁻... Kamenev et al. (1995) et Apak et al. (1999) ont montré que le procédé UV/H₂O₂ était efficace pour éliminer les phénols. Cette technique a été validée pour les lixiviats de décharge d'ordures ménagères (Wenzel et al., 1999), le diméthyle sulfoxyde, l'acide méthanesulfonique (Toyoda et al., 1998) et les surfactants (Adams et Kuzhikannil, 2000). Si le couplage UV/H₂O₂ est comparé avec les procédés qui utilisent l'ozone, la disponibilité commerciale du peroxyde d'hydrogène, son faible coût, son absence de toxicité et sa solubilité importante dans l'eau en font un procédé séduisant.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Échantillons et réactifs

Quatre échantillons de lixiviats de décharge et trois échantillons d'eaux industrielles ont été étudiés. Le tableau 1 résume les principales caractéristiques physico-chimiques de ces échantillons. Les lixiviats 1, 2 et 4 ainsi que l'eau industrielle 2 sont très peu biodégradables. Le lixiviat 3 et les échan-

Tableau 1 : Caractéristiques des effluents étudiés

Effluent	DCO (mgO ₂ .L ⁻¹)	COD (mgC.L ⁻¹)	DBO ₅ (mgO ₂ .L ⁻¹)	pH	Conductivité (mS.cm ⁻¹)
Lixiviat 1	920	310	80	8,2	3,1
Lixiviat 2	1560	670	70	8,1	6,4
Lixiviat 3	6900	2260	1180	8,4	20,6
Lixiviat 4	550	230	30	7,6	4,8
Industrie 1	690	310	540	3,4	11,9
Industrie 2	205	65	0	7,8	Non mesuré
Industrie 3	3300	980	1780	7,8	[Cl ⁻] = 90 g.L ⁻¹

tillons industriels 2 et 3 sont partiellement biodégradables. Le peroxyde d'hydrogène (qualité RP Normapur, en solution aqueuse stabilisée à 30 %) et le chlorure ferrique (qualité Rectapur à 27 %) sont des réactifs Prolabo. L'acide sulfurique (qualité RPE concentré à 96 %) est un produit Carlo Erba.

Réacteurs photochimiques

Les expériences d'oxydation avancée à l'échelle du laboratoire ont été réalisées sur le réacteur représenté sur la figure 1 (volume irradié = 7,5 mL, volume traité = 22,5 mL, débit = 5 mL.min⁻¹). Pendant les expériences, conduites à température ambiante sans régulation, l'échantillon est resté en contact à l'air libre dans la cuve de stockage. Le réacteur de laboratoire est constitué d'une lampe à vapeur de mercure basse pression (PenRay UVP) qui émet principalement à 253,7 nm (6 W) et à 184,9 nm (≈ 0,2 W), entourée d'un tube en quartz de qualité Suprasil en forme de spirale (diamètre interne de la spirale = 10 mm). Le tube en quartz a un diamètre intérieur de 2 mm, un diamètre extérieur de 4 mm et une hauteur de 230 mm. Le flux photonique à 253,7 nm est de 1,8 10⁶ einstein.s⁻¹ (Roig, 1999).

Le réacteur annulaire (figure 2) est composé d'une lampe à vapeur de mercure basse pression (NIQ 120/80, Héraeus) qui émet à 253,7 nm (38 W) et 184,9 nm (≈ 10 W), protégée par un tube en quartz de qualité Suprasil de diamètre externe 25 mm et d'épaisseur 1,2 mm. L'épaisseur de la

lampe d'eau irradiée a été fixée à 2,75 mm (diamètre interne du tube en inox = 30,5 mm, longueur = 800 mm). Une agitation mécanique n'a pas été jugée nécessaire car le débit (240 L.h⁻¹) et la circulation en boucle de l'échantillon assurent une homogénéisation suffisante. Le volume de l'échantillon est de 1140 mL pour un volume de la chambre d'irradiation de 380 mL. L'échantillon reste en contact avec l'air ambiant dans la cuve de stockage. Les expériences ont été menées à température ambiante sans régulation. La température augmente d'environ 15 °C après 30 minutes d'irradiation.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Prétraitements

Deux types de prétraitement ont été testés : la coagulation-floculation au chlorure ferrique pour éliminer les matières en suspension qui diminuent la pénétration du rayonnement UV et l'acidification pour éliminer les ions hydrogénéocarbonate qui sont des pièges à radicaux.

Les essais de coagulation-floculation ont été menés en utilisant FeCl₃ à différentes concentrations comprises entre 100 et 2000 mg.L⁻¹ sans ajustement de pH. Pour les lixiviat 1 à 3, le COD est réduit de 30 à 45 %. Le volume de boue produit est d'environ 15 % du volume total. Aucune diminution du COD n'a été observée pour les autres échantillons.

Les essais d'acidification par ajout d'acide sulfurique ont été conduits à pH 5 pour éliminer les ions hydrogénéocarbonate et à pH 2 pour précipiter les substances humiques et fulviques (Mejbri et al., 1995, Castillo, 1999). L'acidification à pH 5 n'a aucun effet sur le COD des différents lixiviats. L'acidification à pH 2 réduit le COD dissous du lixiviat 1 de 45 % (COD = 170 mg.L⁻¹), de 35 % pour les lixiviats 2 et 3 (COD = 435 mgC.L⁻¹ et 1470 mgC.L⁻¹) et est sans effet notable sur le dernier lixiviat. Les trois premiers lixiviats sont de couleur brun foncé et le surnageant, après acidification en-dessous de pH 3, est jaune. Les boues produites

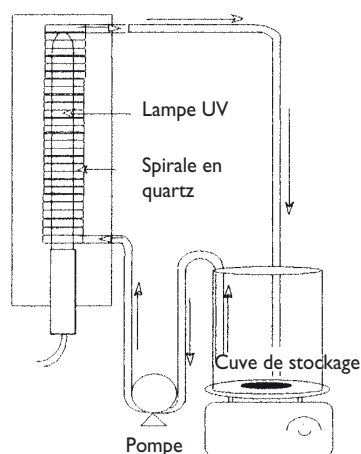


Figure 1 : Schéma du réacteur de laboratoire

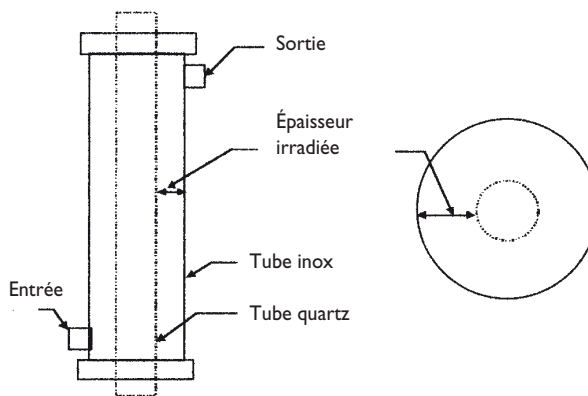


Figure 2 : Schéma du réacteur annulaire

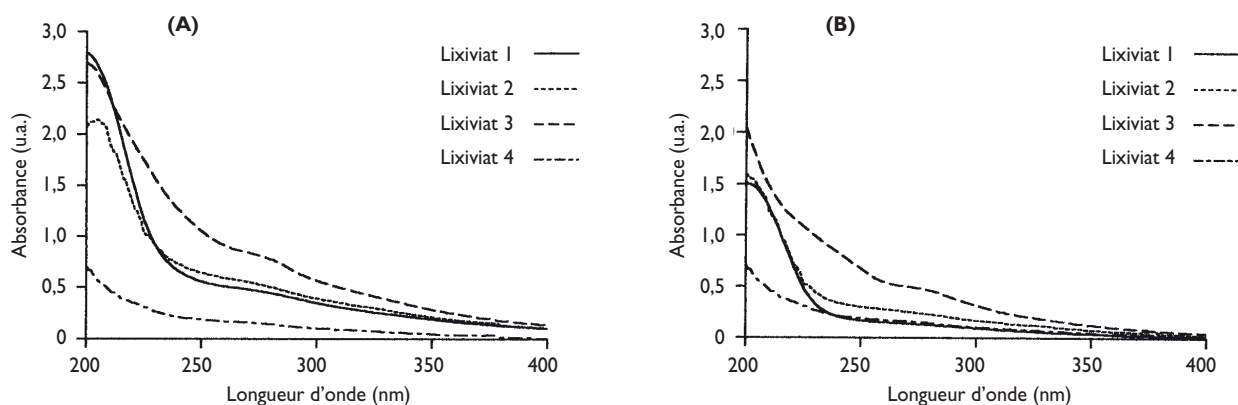


Figure 3 : Effet de l'acidification sur les spectres d'absorption UV des lixiviats (A : lixiviats bruts, B : lixiviats acidifiés et filtrés (1,2 μm), trajet optique : 10 mm, vitesse de balayage : 1800 $\text{nm} \cdot \text{min}^{-1}$)

sont pratiquement noires. Le lixiviat 4, qui a une coloration jaune, ne change pas de coloration au cours de l'acidification. L'effet de l'acidification sur les spectres d'absorption UV est représenté sur la figure 3.

L'acidification des eaux industrielles tant à pH 5 qu'à pH 2 n'a pas d'effet sur le COD.

Au cours de l'abaissement du pH à 5, une mousse abondante se forme à la surface de tous les lixiviats. Ceci est explicable par l'élimination des ions hydrogencarbonate sous forme de CO_2 . L'acidification à pH 2 a été choisie comme prétraitement des lixiviats parce que l'abattement de la charge organique est comparable à celle obtenue avec la coagulation-floculation au chlorure ferrique, la production de boue plus faible et les ions hydrogencarbonate, pièges quasi-spécifiques des radicaux hydroxyle (Hoigne et Bader, 1983, Guittonneau et al., 1988) complètement éliminés.

Le pH de l'effluent industriel 1 a été porté à 7 pour éviter la formation d'acide fluorhydrique (HF) pendant les essais de photooxydation. En effet, l'échantillon industriel 1 contenait $3,4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de fluorure et il aurait pu y avoir formation d'acide fluorhydrique, provoquant des dommages aux réacteurs de photooxydation. En revanche, l'acidification des échantillons industriels 2 et 3 a permis de mesurer l'effet des ions hydrogencarbonate sur le couplage UV/ H_2O_2 .

Tableau 2 : COD ($\text{mgC} \cdot \text{L}^{-1}$) des échantillons étudiés après traitement UV/ H_2O_2

Échantillon	Effluent brut ⁽¹⁾	pH _i = 5 ⁽²⁾	pH _i = 2 ⁽³⁾
Lixiviat 1	180	92	15
Lixiviat 2	409	261	87
Lixiviat 3	1108	Non mesuré	559
Lixiviat 4	129	Non mesuré	39
Industrie 2	49	48	49
Industrie 3	686	372	314

(temps d'irradiation : 30 min, $[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=0} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, sauf pour industrie 2 $[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=0} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

(1) effluent brut sans modification de pH

(2) effluent acidifié à pH 5 (non filtré)

(3) effluent acidifié à pH 2 (filtré pour séparer le surnageant des boues produites)

Traitement par procédé d'oxydation avancée (UV/ H_2O_2)

L'irradiation UV peut être utilisée comme prétraitement pour améliorer la biodégradabilité ou bien comme post-traitement pour éliminer les composés non biodégradés. Aussi, l'irradiation UV en l'absence d'oxydant a été étudiée sur les différents échantillons avant et après photooxydation. La diminution du COD est restée inférieure à 20 % pour 30 minutes d'irradiation et l'amélioration de la biodégradabilité est en cours d'étude. La réduction du COD est attribuable à la photolyse de certains solutés et à la formation de radicaux hydroxyle par photolyse de l'eau à 184,9 nm. L'effet du peroxyde d'hydrogène employé seul est négligeable pour un temps de contact de 90 minutes, tant sur les échantillons bruts que sur les échantillons prétraités.

Le temps d'irradiation a été fixé à 30 minutes car il n'y a plus d'évolution du COD pour les ajouts en H_2O_2 mentionnés dans le tableau 2. Aucun peroxyde d'hydrogène résiduel n'a été détecté dans ces conditions expérimentales en utilisant la méthode au chlorure de titane décrite par Karpel Vel Leitner et Dore (1994).

L'écart d'abattement du COD observé entre les échantillons dont le pH n'a pas été modifié et les mêmes échantillons dont le pH a été abaissé à 5 (lixiviats et eaux industrielles) est probablement dû à l'élimination des ions hydrogencarbonate. Il n'y a pas de différence pour l'échantillon industrie 2 car cet effluent contient très peu d'ions hydrogencarbonate ($[\text{HCO}_3^-] < 2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). À pH 2, la diminution du COD est meilleure pour les lixiviats 1 à 3 en raison de la précipitation de macro-molécules comme les substances humiques et les protéines qui sont également des pièges à radicaux (Le Coupanec et al., 1999). L'acidification à pH 2 pour ces lixiviats est un prétraitement car la précipitation des macro-molécules s'accompagne d'une baisse du COD avant photooxydation.

L'effet de la concentration initiale en peroxyde d'hydrogène a été étudié. Les résultats sont résumés dans le tableau 3. Dans un premier temps, une amélioration de l'abattement du COD est observée en augmentant la concentration ini-

Tableau 3 : Effet de la concentration initiale en peroxyde d'hydrogène sur l'élimination du COD (pH 2 sauf pour industrie 1 (pH 7), temps d'irradiation : 30 min)

Échantillon	[H ₂ O ₂] _i (10 ⁻³ mol. L ⁻¹)						
	0	10	25	50	100	250	500
Lixiviat 1	-	11 %	22 %	62 %	91 %	90 %	-
Lixiviat 2	-	14 %	33 %	41 %	80 %	-	-
Lixiviat 3	-	-	-	-	62 %	81 %	80 %
Lixiviat 4	< 10 %	-	75 %	87 %	91 %	-	-
Industrie 1	< 10 %	-	55 %	86 %	90 %	-	-
Industrie 2	15 %	25 %	-	-	-	-	-
Industrie 3	-	-	-	-	68 %	-	-

tiale en H₂O₂, ce qui laisse supposer que l'oxydant a été ajouté en-dessous des conditions stœchiométriques. Un apport en H₂O₂ supérieur aux conditions stœchiométriques n'améliore pas l'efficacité du traitement.

Aucun résiduel de peroxyde d'hydrogène n'a été détecté dans les expériences résumées dans le tableau 3 pour des apports initiaux inférieurs ou égaux à 100.10⁻³ mol.L⁻¹. Aucune amélioration significative n'est observée sur le lixiviat 4 et l'eau industrielle 1 pour un doublement de la concentration initiale en oxydant (de 50 à 100.10⁻³ mol.L⁻¹). Il existerait une limite dans la minéralisation, qui ne pourrait être abaissée en augmentant l'apport en oxydant au-delà des conditions stœchiométriques. Ceci serait dû non seulement au phénomène d'inhibition décrit par l'équation :



mais aussi au fait que toute la matière organique sensible à l'action des radicaux libres a été oxydée. Il n'est alors plus possible de détruire les composés résiduels par couplage UV/H₂O₂.

Au cours des expériences menées avec des concentrations initiales en peroxyde d'hydrogène comprises entre 250 et 500.10⁻³ mol.L⁻¹, tout l'oxydant n'est pas consommé après 30 minutes d'irradiation, ce qui permet de conclure que le peroxyde d'hydrogène a été introduit en quantité suffisante. Il serait intéressant de rechercher les concentrations en oxydant les mieux adaptées, suffisantes mais non excédentaires, pour optimiser les expériences pour lesquelles aucun résiduel en H₂O₂ n'est décelé.

Tableau 4 : Comparaison de l'élimination du COD sur réacteur de laboratoire et sur réacteur annulaire

Effluent	Élimination du COD sur réacteur de laboratoire	Élimination du COD sur réacteur annulaire
Lixiviat 1	91 %	79 %
Lixiviat 2	80 %	74 %
Lixiviat 3	81 %	77 %
Lixiviat 4	91 %	-
Industrie 1	90 %	-
Industrie 2	25 %	24 %
Industrie 3	68 %	59 %

La photooxydation des échantillons étudiés sur réacteur de laboratoire a ensuite été menée sur le réacteur annulaire (tableau 4) en appliquant les conditions expérimentales suivantes : pH 2 et [H₂O₂]_i = 100.10⁻³ mol.L⁻¹ pour les lixiviats 1, 2 et 4 et les eaux industrielles 1 et 3 ; pH 2 et [H₂O₂]_i = 250.10⁻³ mol.L⁻¹ pour le lixiviat 3 ; pH 7 et [H₂O₂]_i = 25.10⁻³ mol.L⁻¹ pour l'eau industrielle 2. La diminution du COD est légèrement inférieure à celle observée sur le réacteur de laboratoire, mais les résultats restent encourageants pour poursuivre l'étude du procédé à une échelle plus importante.

CONCLUSION

Le traitement des lixiviats de décharge et des effluents industriels par couplage UV/H₂O₂ est performant en terme de réduction du COD à l'échelle du laboratoire. Cette technique d'oxydation avancée a ensuite été utilisée sur réacteur annulaire. La diminution du COD est légèrement moins bonne sur ce dernier réacteur, mais les écarts mesurés ne sont pas significatifs et les résultats suffisamment bons pour continuer l'étude sur des réacteurs munis de plusieurs lampes UV. Quelques réacteurs annulaires de photooxydation sont en cours de fabrication, avec des épaisseurs d'irradiation variables pour étudier l'importance réelle de ce paramètre. D'autre part, des réacteurs à plusieurs lampes (9 lampes et section carrée, 7 lampes avec une section cylindrique) sont également en cours de fabrication.

La concentration initiale en H₂O₂ et le pH sont des facteurs essentiels dans l'optimisation du procédé. L'épaisseur de la lame d'eau irradiée semble être un autre paramètre significatif tant pour l'élimination de la pollution organique que pour le débit horaire traité.

***Arnaud-Amaury Sillet, Jean-Régis Degorce-Dumas, Jean Roussy, et Olivier Thomas**

Laboratoire génie de l'environnement industriel - École des Mines d'Alès - 6, avenue de Clavières - 30319 Alès cedex

****Jacques Bourgois**

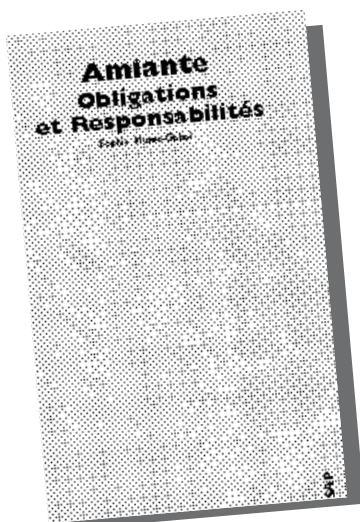
Centre Site, École des mines de Saint Étienne - 158, cours Fauriel - 42023 Saint-Étienne cedex 2

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Yves Coque et Sébastien Royer pour leur participation à ce travail.

Bibliographie

- [1] Adams C.D., Kuzhikannil J.J., *Effects of UV/H₂O₂ preoxidation on the aerobic biodegradability of quaternary amine surfactants*, Water Research, Vol. 34, No. 2, pp 668-672, 2000.
- [2] Apak R., Hugul M., *Photooxidation of some mono-, di-, and tri-chlorophenols in aqueous solution by hydrogen peroxide/UV combinations*, Journal Chem. Tech. Biotechnology, Vol. 67, pp 221-226, 1996.
- [3] Castillo Rivera L.A., *Étude d'effluents difficilement biodégradables: caractérisation et traitement par procédés d'oxydation avancée (POA)*, Thèse de doctorat es Chimie de l'environnement, Université d'Aix-Marseille I, 1999.
- [4] Guittonneau S., De Laat J., Dore M., Duguet J.P., Bonnel C., *Étude de la dégradation de quelques composés organochlorés volatils par photolyse du peroxyde d'hydrogène en milieux aqueux*, Revue des Sciences de l'Eau, No. 1-2, pp 35-54, 1988.
- [5] Hoigne J., Bader H., *Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water - II dissociating organic compounds*, Water Research, Vol. 17, No. 1, pp 185-194, 1983.
- [6] Kamenev S., Kallas J., Munter R., Trapido M., *Chemical oxidation of biologically treated phenolic effluents*, Waste Management, Vol. 15, No. 3, pp 203-208, 1995.
- [7] Karpel Vel Leitner N., Dore M., *Rôle de l'oxygène dissous dans le mécanisme de décomposition de l'acide formique en solution aqueuse par irradiation UV en présence de peroxyde d'hydrogène*, Journal of Chemical Physics, Vol. 91, No., pp 503-518, 1994.
- [8] Le Coupannec F., Morin D., Peron J.J., *Fractionnement et caractérisation des lixiviats des centres d'enfouissement technique de déchets ménagers. Intérêt de la chromatographie liquide haute performance sur gel d'exclusion stérique*, Revue des sciences de l'eau, Vol. 12, No. 3, pp 529-543, 1999.
- [9] Mejbri R., Matejka G., Lafrance P., Mazet M., *Fractionnement et caractérisation de la matière organique des lixiviats de décharges d'ordures ménagères*, Revue des sciences de l'eau, Vol. 8, No. 2, pp 217-236, 1995.
- [10] Roig B., *Couplage UV/UV: applications analytiques environnementales*, Thèse de doctorat es Chimie de l'environnement, Université d'Aix-Marseille I, 1999.
- [11] Toyoda A., Koito T., Hirano K., Tekawa M., *An efficient treatment technique for DMSO wastewater*, NEC Research and Development, Vol. 39, No. 2, pp 101-105, 1998.
- [12] Wenzel A., Gahr A., Niessner R., *Toc - removal and degradation of pollutants in leachate using a thin-film photo-reactor*, Water Research, Vol. 33, N°4, pp 937-946, 1999.



Amiante

Obligations et Responsabilités

En France, la multiplication des actions judiciaires consécutives à l'accroissement du nombre de victimes exposées aux fibres d'amiante dans leur vie professionnelle notamment, révèle l'ampleur d'un phénomène que d'aucuns comparent au scandale du sang contaminé et prévoient progressivement le développement de l'ampleur.

Considérée dans les années 1970 comme le matériau de l'avenir puis utilisée massivement dans la composition d'un nombre important de produits, comme isolant dans l'industrie ou la construction, ou dans les process, l'amiante a résisté grâce aux silences des pouvoirs publics, pendant plus de deux décennies encore, à la réputation morbide qu'il s'était déjà faite hors de nos frontières et qui allait finir par entraîner son classement comme produit cancérigène et une extrême restriction de son utilisation, voire son interdiction totale dans la plupart de ses usages. La permanence ou la dépose de l'amiante en place dans les bâtiments sont l'objet d'un encadrement réglementaire très stricte.

Les obligations réglementaires qui découlent de la prise de conscience des dangers encourus, soit pour les propriétaires bailleurs, soit pour les employeurs ou en vertu de la protection des consommateurs, tout comme la responsabilité pénale des personnes physiques ou des personnes morales et le recours ou l'indemnisation des victimes de l'amiante, trouvent leur origine dans la réglementation européenne.

Sophie Musso-Gabai, avocate associée au cabinet La Giraudière Larroze et Associés, propose avec cet ouvrage, le premier sur ce sujet, une analyse très fouillée de la situation réglementaire et juridique à l'usage d'un nombreux public: praticiens du droit, employeurs concernés, professionnels du déchet ou du désamiantage, gérants de patrimoine immobilier, victimes de l'exposition aux fibres d'amiante, etc.

Stéphane D. Marcus, avocat américain, éclaire la situation française d'un chapitre sur le traitement réglementaire et juridique des problèmes liés à l'amiante aux États Unis.

Amiante : obligations et responsabilités vient à point pour rappeler que désormais, l'objectif de santé publique négligé pour le cas de l'amiante par les pouvoirs publics dans les décennies passées s'impose aux intérêts économiques.

Bon de commande

A retourner à SAP - 7, chemin de Gordes - 38100 Grenoble
avec votre règlement

Je soussigné :

Entreprise :

Adresse :

Code postal : Ville :

déclare passer commande de..... exemplaire(s) de l'ouvrage *Amiante, obligations et responsabilités*, au prix unitaire de 281F TTC (dont TVA 5,5 % : 14,65 F).

Règlement à la commande par chèque ci-joint
ou par virement au CCP SAP 0134695R028
Grenoble. Je désire une facture en retour en
exemplaire(s).

Signature ou cachet :

Format 15,5*24 – 208 pages – 2000 – 281 F TTC franco de port (266,35 F HT – TVA 5,5 % : 14,65 F)

Société Alpine de Publications (SAP) – 7, chemin de Gordes – 38100 Grenoble
Tél. : 04 76 43 28 64 – Fax : 04 76 56 94 09 – sap@pro-environnement.com