

SÉMINAIRE

СЕМИНАР

SEMINAR

COMITÉ POUR LE DÉVELOPPEMENT
DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
ET DE L'ENTREPRISE



Distr.
GÉNÉRALE

GROUPE SPÉCIAL D'EXPERTS DE
L'INDUSTRIE CHIMIQUE

TRADE/CHEM/SEM.2/3
9 avril 2001

Séminaire sur l'analyse, les méthodologies
de traitement et la réhabilitation des sols
et des eaux souterraines pollués

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

Paris, 13-15 mars 2001

RAPPORT DU SÉMINAIRE

Introduction

1. Le Séminaire sur l'analyse, les méthodologies de traitement et la réhabilitation des sols et des eaux souterraines pollués s'est tenu à Paris (Villepinte) du 13 au 15 mars 2001, à l'invitation du Gouvernement français et sous l'égide du Groupe spécial d'experts de l'industrie chimique de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU). Il a été organisé en commun avec l'Association internationale pour l'exposition internationale du génie des procédés (Interchimie).

2. Des participants des États membres ci-après de la CEE-ONU étaient présents: Albanie, Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Estonie, Espagne, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, Finlande, France, Hongrie, Italie, Kazakhstan, Lettonie, Liban, Lituanie, Ouzbékistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Slovaquie, Slovénie, Suisse et Ukraine. Des représentants du Ghana, de la Jamahiriya arabe libyenne, du Maroc et de la Tunisie étaient présents en vertu du paragraphe 11 du mandat de la CEE-ONU.

Ouverture du séminaire

3. M. Howard Hornfeld a ouvert le séminaire au nom de Mme Danuta Hübner, Secrétaire exécutive de la CEE-ONU. Après avoir transmis les vœux d'usage, il a remercié tout spécialement le Gouvernement français et l'Association Interchimie d'avoir une fois de plus accueilli et coorganisé cet important séminaire, ainsi que le Comité français d'organisation, présidé par M. Vincent Limousin, qui n'a pas ménagé ses efforts lors des préparatifs. Il a

également remercié les nombreuses personnes qui avaient contribué de différentes manières par leurs compétences, leurs connaissances et leur énergie, soit en présidant ou en animant des sessions, soit en participant aux débats des quatre tables rondes. M. Hornfeld a également souhaité la bienvenue aux nombreux orateurs, auteurs de posters et auditeurs, et noté la diversité des pays représentés, ce qui confirmait l'importance de l'environnement dans l'industrie chimique.

4. M. Hornfeld a ensuite présenté un bref résumé des activités de la CEE-ONU et du Groupe spécial d'experts de l'industrie chimique. Il a indiqué que les changements qui se produisaient en Europe centrale et orientale offraient de nouvelles possibilités d'améliorer la coopération scientifique et industrielle dans l'ensemble de la région de la CEE-ONU. Le séminaire allait dans ce sens en offrant une tribune où l'on pouvait échanger aussi bien des idées que des techniques pratiques dans le domaine de la décontamination des sols. Il a mentionné l'intérêt que la CEE-ONU continuait de porter à cette question mais indiqué que l'insuffisance des ressources pourrait compromettre les futures activités. Il a décrit les liens que la CEE-ONU avait établis avec d'autres institutions de l'Organisation des Nations Unies et précisé que, même si les activités de la CEE-ONU étaient uniques au sein du système des Nations Unies, ces autres institutions avaient manifesté leur désir de coopérer aux futures activités et de participer aux travaux en cours.

Élection du bureau

5. M. Pierre Fillet, Commissaire général de l'Association Interchimie, a été élu Président à l'unanimité. Il a ensuite souhaité la bienvenue aux participants et les a remerciés de l'avoir élu. Il a décrit les grandes lignes du programme du séminaire et du débat prévu à l'issue du séminaire le 15 mars.

6. M. Fillet a ensuite présenté deux représentants du Gouvernement français: M. Maurice Cotte, chef du Service de la fabrication industrielle au Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, et M. Philippe Vesseron, délégué aux risques majeurs au Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, ainsi que M^{me} Martine Clément, Présidente de la Fédération des industries mécaniques (FIM) (France). Ils ont fait remarquer que la pollution des sols due à l'activité industrielle se produisait dans tous les pays industrialisés et que l'intérêt manifesté par la CEE-ONU en coopérant avec le Gouvernement français et l'Association Interchimie à l'organisation du séminaire était une preuve de la sensibilisation mondiale à ce phénomène. Ils ont fait observer que la France avait déjà lancé des activités en plusieurs phases pour remédier à ces problèmes: d'abord identifier et classer les sites; deuxièmement, traiter ces sites; troisièmement, s'occuper des aspects financiers et juridiques de la réhabilitation; quatrièmement, élaborer une méthode stratégique permettant de traiter des sites pollués; cinquièmement, soutenir la recherche et la normalisation à l'échelle internationale dans ce domaine; et sixièmement, informer le public et sensibiliser les autorités compétentes à la nécessité de la réhabilitation des sols.

Première session: **Évaluation des risques pour la santé et pour l'environnement**

Animateurs: **Michel Nominé**, Directeur de la recherche, INERIS (France)
Annette Guiseppe-Elie, DuPont Engineering (États-Unis d'Amérique)

Documents: TRADE/CHEM/SEM.2/S.1; S.2; S.3; S.4

7. La première session a souligné la nécessité et la complexité de l'évaluation des risques, qui devait non seulement tenir compte des aspects liés à la santé humaine mais également de la qualité des eaux souterraines. Les différentes approches adoptées en Europe en matière de normes et de réglementations nationales, même si elles s'inspiraient de principes généraux similaires, avaient abouti à des systèmes réglementaires différents, d'où complexité encore plus grande.

8. Cette session a permis de constater les progrès accomplis et de cerner les questions qui demeuraient à propos des méthodes actuelles d'évaluation des risques, compte tenu de la diversité des objectifs: l'homme, l'écosystème et les eaux souterraines. Le premier document présenté insistait sur l'importance de cette situation conflictuelle dans la prise de décisions fondée sur l'évaluation des risques en vue de la réhabilitation des sites pollués et dressait le bilan de l'évolution actuelle, tout en indiquant les domaines dans lesquels les efforts étaient centrés sur l'approfondissement des méthodes à utiliser. Le document suivant faisait le point des méthodes d'évaluation des risques utilisées en France et insistait sur les domaines où les doutes concernant la validité des résultats soulevaient toujours des incertitudes chez les décideurs. Ont été présentés ensuite plusieurs exemples concrets de nettoyage, après analyse des risques, de sites pollués par des traces d'explosifs, exemples s'appuyant sur des expérimentations fondées à la fois sur des essais en laboratoire et sur le terrain. Il en était résulté une méthode permettant de déterminer des critères de qualité des sols tout en tenant compte de la protection de l'ensemble de l'écosystème. Le dernier document de cette session n'a pas été présenté.

Deuxième session: **Stratégies d'investigation**

Animateurs: **Jérôme Costil**, UPDS (France)
René Goubier, Chef du Département des sols pollués, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, ADEME (France)
Lubomír Procházka, Président de l'OVAH (République tchèque)

Documents: TRADE/CHEM/SEM.2/S.5; S.6; S.7; S.8; S.9

9. Cette session, axée sur l'évaluation quantitative des risques en tant que moyen critique de gestion et de réhabilitation des sites pollués, était la suite logique de la précédente. La première contribution présentait les diverses techniques de mesure disponibles, tandis que les deux documents suivants expliquaient en détail l'utilisation de ces méthodes dans des cas particuliers: polluants dissous dans l'eau et contaminants légers non aqueux. Ont été présentés ensuite un exemple de l'utilisation sur un site d'un instrument de mesure portable - un chromatographe - et une étude des incertitudes concernant les mesures faites avec des outils géostatiques.

Troisième séance: **Méthodes de traitement: l'expérience des dépollueurs, leur contribution à l'innovation**

Animateurs: **Frank Karg**, UPDS (France)
 Lubomír Procházka, Président de l'OVAH (République tchèque)

Documents: TRADE/CHEM/SEM.2/S.11; S.12; S.13; S.14; S.15

10. Le premier document de cette session concernait la phytoréhabilitation, méthode douce et progressive, relativement simple à utiliser puisque essentiellement agricole, mais limitée en général aux cas de contamination par les métaux lourds principalement en surface ou proche de la surface. Le document suivant décrivait plusieurs techniques, dont une, relativement originale et qui a suscité un vif intérêt chez les participants, consistant à utiliser du sodium métallique pour deshalogéner des contaminants hautement chlorés tels les PCB. Le document suivant présentait deux techniques faisant appel aux biotechnologies et montrait l'importance grandissante de la bioaération. La dépollution par des agents ou des détergents actifs en surface était jugée très efficace et rapide dans le cas d'aquifères contaminés par des hydrocarbures domestiques mais pour un coût assez élevé. Une autre contribution traitait de l'emploi d'une barrière perméable en fer réactif pour le traitement d'eaux souterraines anaérobiques à écoulement lent, polluées par de l'éthylène chloré. La dernière présentation décrivait un processus d'oxydation des polluants organiques par du permanganate dissous dans un médium de base, processus qui, dans certaines conditions géologiques favorables, pourrait s'avérer rapide et économique.

Quatrième session: **Dispositions pour la suppression de l'exposition**

Animateurs: **Michel Monzain**, Union des industries chimiques (France)
 Rae Crawford, Réseau NICOLE (Royaume-Uni)

Documents: TRADE/CHEM/SEM.2/S.16; S.17, S.18; S.19

11. La session a été centrée sur l'atténuation naturelle, ou plus précisément l'atténuation naturelle contrôlée, et sur les mesures utilisées à cette fin; trois contributions ont été présentées sur le sujet. Cette procédure semblait offrir une solution pratique et satisfaisante pour certains problèmes spécifiques dans des conditions précises mais elle n'était de toute évidence pas applicable dans tous les cas et les échecs pouvaient être fréquents. Ce n'est qu'après avoir soigneusement analysé les conditions géologiques, thermiques et hydrodynamiques locales ainsi que l'ampleur de la contamination et évalué ensuite la possibilité que se produise une atténuation naturelle dans de telles conditions, que l'on pouvait recourir à cette méthode. La session avait commencé par une description du réseau NICOLE (Réseau des terrains industriels contaminés en Europe).

Cinquième session: **Stratégies de réhabilitation**

Animateurs: **René Goubier**, Responsable du Département des sols pollués, ADEME (France)
 Harald Kasamas, CLARINET (Autriche)

Documents: TRADE/CHEM/SEM.2/ S.20; S.21, S.22; S.23; S.24; S.25

12. Cette session a porté sur les critères et les méthodes permettant d'appliquer véritablement les techniques de réhabilitation des sols choisies ainsi que les mesures propres à garantir leur sécurité. Ensuite, une présentation du projet CLARINET, réalisé sous l'égide de l'Union européenne, a décrit l'échange de données d'expérience et les projets de coopération en matière de développement financés et coordonnés par les divers groupes de travail du projet CLARINET. Les autres documents expliquaient les différents éléments dont il fallait tenir compte lors du choix d'une stratégie de réhabilitation: intégration avec les objectifs de la planification régionale ou urbaine, établissement des priorités pour sélectionner plusieurs sites parmi les centaines et les centaines se trouvant dans la zone, choix d'une technique appropriée se fondant notamment sur une analyse économique réaliste. Deux études de cas spécifiques ont été présentées: l'une pour l'Europe centrale et l'autre pour l'Europe occidentale, cette dernière étant à un stade avancé de planification.

Sixième session: **Aspects juridiques, financiers et de communication**

Animateurs: **Patrick Nollet**, Directeur général, Entreprises pour l'environnement (France)
Jane Piggott, Winston and Strawn (États-Unis)

13. Forte d'orateurs venus d'Allemagne, d'Autriche, des États-Unis, de France et de Suisse et de la participation active de l'auditoire, la session a permis de débattre de tous les aspects traités au cours des trois dernières années dans les domaines en question.

14. Pour le moment, les grandes préoccupations concernaient la préservation des ressources en eau et l'élaboration de normes industrielles. De plus en plus, les législations et les politiques de réhabilitation des sols étaient fondées sur l'évaluation des risques. Il était tenu compte des conditions particulières propres aux différents sites afin d'adapter le traitement à l'usage possible du site et de ne pas se conformer simplement à des normes réglementaires contraignantes, avec pour résultat une gestion des coûts de réhabilitation et une prise en compte meilleures des politiques locales de mise en valeur des terres.

15. Tous les pays ont dans l'ensemble adopté le principe du «pollueur-payeur» mais c'était souvent l'État qui devait mettre la main à la poche lorsqu'il n'était pas possible d'identifier le pollueur ou lorsque celui-ci n'était pas solvable. Il était généralement admis que le propriétaire «innocent» du site ne devrait pas être tenu de payer plus que la valeur marchande de la terre.

16. Cela supposait évidemment que le public soit bien informé des solutions appliquées pour traiter le problème et qu'il existe une méthode efficace et sûre pour faire respecter les restrictions d'utilisation imposées au site.

Septième session: **L'expérience des pays d'Europe orientale en matière de décontamination des sols**

Animateur: **Howard Hornfeld**, CEE-ONU

17. Des représentants de l'Albanie, de la Hongrie, de la Lettonie, de la Pologne, de la République tchèque, de la Russie, de la Slovaquie et de la Slovénie (l'Estonie, l'Ukraine et l'Ouzbékistan se sont fait excuser) ont pris la parole à cette session et décrit les systèmes en

place dans leurs pays respectifs, notamment les capacités de recherche (instituts, universités et entreprises), le financement des opérations de nettoyage (financement national ou international, fonds privés ou fonds publics, programmes d'aide) ainsi que des cas spécifiques à chacun d'entre eux. Les problèmes étaient de toute évidence très complexes et la coopération avec les pays et les techniciens occidentaux était admise et souhaitée. Les orateurs ont décrit certaines techniques mises au point localement, telles que l'utilisation de zéolithes pour la décontamination des métaux lourds et l'utilisation de la biodégradation des résidus pétrolières par des microbes appropriés. Parmi les cas spécifiques, ils ont mentionné les problèmes de pollution par le mercure dans une installation de fibres de polychlorure de vinyle. Plusieurs autres problèmes ont été décrits dont certains étaient traités dans le cadre du projet pilote de la CEE-ONU.

L'évaluation des risques était une préoccupation majeure mais il était souvent difficile de prélever des échantillons, les propriétaires des sites ne se montrant pas toujours coopératifs! L'un des principaux résultats de la table ronde a été de permettre aux participants de communiquer et d'échanger des informations. De tels échanges, extrêmement utiles, devraient être encouragés.

Conclusions et recommandations du séminaire

18. À l'issue des sessions techniques, le Président a fait le point des travaux et formulé plusieurs recommandations:

a) Le séminaire doit continuer à se tenir tous les deux ans. Sa quatrième réunion aurait donc lieu au printemps 2003. Le fait que plus de 700 inscriptions aient été reçues de plus de 30 pays témoignait du vif intérêt suscité par son thème. Interchimie devrait commencer dès maintenant à préparer le prochain séminaire en coopération avec ses partenaires: la CEE-ONU, les Ministères français de l'industrie et de l'environnement, l'UPDS, l'ADEME, l'INERIS, Entreprises pour l'environnement et le Pôle de compétence «sites et sols pollués»;

b) Étant donné que le problème des eaux souterraines a suscité un grand intérêt, il faudrait accorder à la préservation des systèmes aquifères un rang de priorité élevé;

c) Il est important que de nombreux pays en transition aient participé au séminaire, il faudrait donc les encourager à être présents aux prochains séminaires de cette série et prévoir de leur accorder une aide financière à cette fin;

d) De même, vu l'intérêt qu'avaient déjà manifesté des participants venus du bassin méditerranéen et d'Amérique du Nord, ces régions devraient être l'objet d'une attention particulière;

e) Étant donné son succès, il faudrait continuer d'améliorer la qualité du séminaire dans quatre secteurs précis:

- Teneurs scientifique et technique des documents;
- Pertinence des sujets;
- Compétence des participants;
- Répartition géographique plus large des exposés oraux;

- f) On doit améliorer l'image du séminaire et le faire connaître encore plus largement:
- Le prochain séminaire devrait avoir un titre adapté facilement mémorisable;
 - Il faudrait créer un site Web en bonne et due forme;
 - L'anglais, le français et le russe devraient être conservés comme langues de travail;
 - Il faudrait diffuser plus largement le rapport du séminaire et peut-être le mettre en vente;
 - La presse spécialisée devrait sensibiliser l'opinion à l'importance de la question;
- g) Il faudrait que les aspects financiers du séminaire soient adaptés aux nouvelles conditions liées à son succès.

Clôture du séminaire

19. M. Howard Hornfeld, qui représentait le secrétariat de la CEE-ONU, a remercié le Gouvernement français et l'Association Interchimie des excellents arrangements qu'ils avaient pris et de la chaleureuse hospitalité dont chacun a pu bénéficier. Il a proposé de confier au secrétariat le soin de rédiger le rapport final du séminaire, proposition adoptée à l'unanimité.

20. M. Pierre Fillet, Président du séminaire et Commissaire général du Salon Interchimie, a remercié les participants, en particulier les auteurs et animateurs, de leur contribution substantielle, et le secrétariat de la CEE-ONU pour l'appui organisationnel fourni.

* * *

ANNEXE

LISTE DES DOCUMENTS

Première session: Évaluation des risques pour la santé et pour l'environnement mardi 13 mars

- S.1 Tendances actuelles et nouvelles questions en matière d'évaluation des risques pour le contrôle de l'environnement
Annette Guiseppi-Elie
- S.2 La mise en oeuvre de la démarche d'évaluation des risques pour la santé: premiers retours d'expérience
Roseline Bonnard, Corinne Hulot, Sandra Levêque et Michel Nominé
- S.3 Définition de critères de qualité des sols pour les explosifs: démarches en laboratoire et sur le terrain
Geoffrey I. Sunahara, Pierre Yves Robidoux, Ping Gong, Jalal Hawari, Sonia Thiboutot, Guy Ampleman, Jason M. Weeks et Agnès Y. Renoux
- S.4 Une méthodologie d'évaluation des risques sur les sites contaminés: étude d'un cas impliquant des processus d'oxydoréduction sur une nappe aquifère peu profonde
Emmanuel O. Landa et Alain C.M. Bourg

Deuxième session: Stratégies d'investigation

- S.5 Synthèse des méthodes d'investigation pour les évaluations détaillées des risques
Pierre Colin
- S.6 Approche probabiliste et conditionnelle d'estimation de l'étendue d'un panache de polluants dissous affectant une nappe souterraine
Thierry Blondel, Michel Garcia et Roland Froidevaux
- S.7 Répartition spatiale et estimation du volume et de la part modélisable de produits légers en phase non aqueuse dans les sols à partir de données de sondage
Michel Garcia, Thierry Blondel et Pierre Colin
- S.8 Utilisation et apport de la chromatographie en phase gazeuse portable associée à un logiciel d'aide à l'interprétation lors de campagnes d'analyses de sites et sols susceptibles d'être pollués
Marie-Christine Fourcade, Jean-Marie Fournion et L. Fataccioli
- S.9 Concepts géostatistiques pour l'évaluation des incertitudes
Chantal de Fouquet

Troisième session: méthodes de traitement: l'expérience des dépollueurs, leur contribution à l'innovation mercredi 14 mars

- S.10 Méthode verte de dépollution de sols contaminés par des métaux lourds à l'aide des plantes: phytoréhabilitation
Markus Puschenreiter, Wolfgang Friesl, Maria Tesar et Othmar Horak
- S.11 Décontamination complexe de sols contenant des substances organiques
Lubomír Kašák, František Kaštánek et Mečislav Kuraš

- S.12 Surveillance et évaluation *in situ* de deux approches techniques différentes de biotraitement d'un site contaminé par des hydrocarbures pétroliers
Johan Gemoets, Dirk Springael, Bart Vandervelpen, Siegfried D'Haene et Filip DeNaeyer
- S.13 Dépollution par tensio-actifs d'un aquifère contaminé par du fuel domestique
Jean-Marie Come, Vincent Riou et Jean Ducreux
- S.14 Évaluation de l'emploi d'une barrière perméable en fer réactif pour le traitement d'eaux souterraines fortement polluées par du TCE
Leen Bastiaens, Miranda Maesen, Johan Vos, Ludo Diels et Stephanie O'Hannesin
- S.15 Les méthodes d'oxydation chimique *in situ*: technique prometteuse ou éphémère?
Véronique Croze

Quatrième session: Dispositions pour la suppression de l'exposition

- S.16 NICOLE – Réseau des terrains industriels contaminés en Europe. Principales activités du projet NICOLE
Paolo Cortesi
- S.17 Atténuation naturelle ou traitement? Un préalable: comprendre
Pierre Scherrer
- S.18 Atténuation naturelle surveillée en Europe: les expériences industrielles dans le cadre du projet collaboratif NICOLE
Roger Jacquet
- S.19 Contrôle flexible des émissions: une approche de type process
Gerard A.M. van Meurs, Margot P.T.M de Cleen, Jan Taat et Erik Schurink

Cinquième session: Stratégies de réhabilitation

jeudi 15 mars

- S.20 CLARINET: un réseau européen pour une réhabilitation raisonnée des terrains contaminés
Harald Kasamas
- S.21 Les sols pollués: enjeu du renouvellement urbain
Marc Kaszynski
- S.22 Objectifs de réhabilitation des sols des sites d'anciennes usines à gaz
Dominique Saint-Royre
- S.23 Économie des projets de réhabilitation des sites et sols pollués
Annie Jacq, Claude Lacour et René Goubier
- S.24 Méthodes employées dans les processus de réhabilitation en présence de charges environnementales anciennes sur le site de Synthesia a.s. en République tchèque
Viktor Mejstřík, Lubomir Procházka et Alena Polenkova
- S.25 Réhabilitation raisonnée de vastes sites de décharges dangereuses en Suisse: lorsque creuser revient moins cher qu'étanchéifier ou isoler
Christoph Wenger et Urs Ziegler

Sixième session: Aspects juridiques, financiers et de communication

Septième session: L'expérience des pays de l'Europe orientale dans la décontamination des sols

Résumé des posters

- S.26 Évaluation des risques présentés par les sites contaminés: politique et pratiques de 16 pays européens
Harald Kasamas
- S.27 Une approche pluridisciplinaire pour déterminer l'histoire, les risques environnementaux et la faisabilité de remédiation de sols sidérurgiques contaminés par les métaux
Danielle Venditti, Sylvain Durécu, Jean-Marc Strauss et Jacques Berthelin
- S.28 Les pollutions industrielles générées en milieu urbain au XIX^e siècle
Laurence Lestel
- S.29 Méthode de fluorescence X à dispersion d'énergie pour la détermination de métaux à l'état de traces dans l'eau de mer
Genci Luarasi, Ramazan Bukli et Ali Gjebrea
- S.30 La surveillance de la pollution comme moyen de mettre en œuvre une politique d'État efficace
Olga P. Apatenko
- S.31 Mesure de l'inhibition de l'activité de la ttc-déshydrogénase sur des sols contaminés au moyen de l'essai *Pseudomonas fluorescens*
Roberta Guerra, Antonella Iacondini, Federica Abbondanzi, Rita Antonellini, Valentina Caroli et Luigi Bruzzi
- S.32 Lixiviabilité de B et Ba des sols au voisinage d'une usine chimique démantelée
Katarzyna Bojarska et Zbigniew Bzowski
- S.33 Utilisation du couplage entre une thermobalance et un chromatographe en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse pour la définition des conditions de traitabilité par désorption thermique de sols pollués
Camille Dutheil, Jean Carré, Jean-Marie Letoffe et Lyliane Faure
- S.34 Méthodes de rétention, de décontamination et de remise en végétation des sols contaminés
S.V. Mikheikin, P.G. Ogulnik, L.V. Pronina, A. Yu. Smirnov, V.P. Simonov, A.B. Zezin, T.N. Bolysheva, G.P. Glazunov et A.D. Fless
- S.35 Réseaux internationaux sur les terres contaminées
Harald Kasamas
- S.36 Outils moléculaires et isotopiques pour les études sur les polluants
Eric Lichtfouse
- S.37 Surveillance des polluants dans les sols et les eaux souterraines
Yevgueny P. Buravlev

- S.38 Prédiction des résultats d'expériences de biorégénération *in situ* à l'aide de courtes expériences hors site de traitement en phase boueuse
Suzanne De Cort et Hubert Verachtert
- S.39 Lysimètres de grande taille: évaluation de méthodes de régénération des sols contaminés
Andreas Krenn et Johann Riesing
- S.40 Chelate mobilisation and phytoextraction of heavy metals from contaminated soil
Helena Grèman et Domen Leštan
- S.41 Interparticulaire contaminant exchange for soil cleaning
Johannes Dück, Roman Breiter et Thomas Neeße
- S.42 Mise au point d'une couverture végétale pour optimiser l'activité des micro-organismes méthanotrophiques dans les sols de couverture des décharges
Thomas Reichenauer
- S.43 Procédé de décontamination métallique des sols
Laurent Rizet et Daniel Daviller
- S.44 Conception d'un procédé sulfito-chlorhydrique de décolmatage et de maintenance de puits captants d'eaux souterraines polluées par du manganèse et des manganobactéries
Frank Clanet
- S.45 Régénération microbiologique des gravats contaminés aux HAP au moyen de consortiums alcalinophiles
Bernhard Gemende, Marion Bittner, Gerhard Mueller, Roland H. Mueller et Wolfgang Babel
- S.46 Mobilisation sélective des métaux lourds dans des sols pollués
Martin Kubal et Mečislav Kuraš
- S.47 Réduction du Fe(III) par des bactéries sulfato-réductrices dans la perspective d'une biolixiviation des métaux toxiques associés au fer
Fabienne Battaglia-Brunet, Catherine-Dorothee Loiseau, Ioannis Ignatiadis et Dominique Morin
- S.48 Biorégénération des sols pollués par des métaux lourds avec un réacteur biométal à boues
Ludo Diels, Mark De Smet, Liliane Hooyberghs, Luc Kinnaer, Philippe Corbisier et Gunther Brox
- S.49 Démonstration d'un nouveau bioréacteur pour le traitement *in situ* des eaux souterraines (élimination de la DCO et des COHA)
Ludo Diels, Sandra Van Roy, Kurt Peys, Manfred Schleifenheimer, Thomas Schumann, Klaus Nitsche, Karl Heinz Eckhold et Dieter Frense
- S.50 Démonstration de techniques de traitement biologique, de lessivage des sols et d'agglomération au charbon pour la réhabilitation *ex situ* des sites d'usines de gaz manufacturé
Johan Gemoets, Leen Bastiaens, Dirk Springael, Nathalie Leys, Liliane Hooyberghs, D. Van Houtven, I. Janssen et Ludo Diels

- S.51 Bioprécipitation *in situ* des métaux lourds dans les eaux souterraines
Ludo Diels, Daniel van der Lelie, Johan Gemoets, Dirk Springael et Leen Bastiaens
- S.52 Régénération des sols par l'utilisation de zéolithes
Barbara Gworek et Marek Borowiak
- S.53 Mécanismes d'extraction des hydrocarbures et des métaux lourds des sols d'une ancienne raffinerie de pétrole au moyen d'acides organiques
Rosa Galvez-Cloutier et Eric Torres
- S.54 Élimination des PCB dans les sols pollués par des huiles minérales
Krystyna Cedzyńska et Z. Kolanski
- S.55 Atténuation naturelle du chromate (CrO_4^{2-}) dans les eaux d'irrigation et les sols des rizières
Ioannis Ignatiadis, Sandro Gail, Marie Christine Dictor et Fabienne Battaglia-Brunet
- S.56 Traitement chimique en conditions réductrices de métaux et de l'arsenic dans les sols de sites industriels ou miniers
Sylvaine Tellier et Christine Gleyzes
- S.57 Décontamination électrocinétique de sols pollués par des HAP
Charlotte Hurel et Sylvaine Tellier
- S.58 Étude sur un pilote semi-industriel de la désorption thermique en continu pour le traitement des terres polluées
Vivien Renauld, Guy Fraysse, Véronique Risoul, Sylvain Durecu, Gwénäelle Trouvé et Patrick Gilot
- S.59 La technologie MPPE pour éliminer les composants organiques dispersés et dissous dans les nappes souterraines
Daniel Billet et Daniel Boutet
- S.60 La déshalogénéation par réaction mécano-chimique (DMCR): une technique économique et écologique d'élimination des polluants polyhalogénés
Volker Birke
- S.61 Procédé de stabilisation et de solidification de substances solides et liquides contaminées par l'arsenic et les dérivés arsenicaux en présence de substances accompagnatrices polluantes et toxiques
Robert Loignon
- S.62 Study of horizontal and vertical distribution of oil products and oil shale oil in different type soils and ground water
Arvo Käär
- S.63 La régénération des sols et des eaux souterraines: optimisation du procédé 2-phaseTM extraction pour le traitement accéléré des solvants chlorés
José Fernandez
- S.64 Phytorégénération des sols endommagés par l'activité industrielle dans l'Oural
Tamara Chibrik
- S.65 Phytorégénération des sols contaminés par des métaux lourds
Ekkehard Petzold et Eva Maria Lüring

- S.66 Inactivation des métaux *in situ* et remise en végétation des sols contaminés
Daniel van der Lelie, Philippe Corbisier, Ludo Diels, Nele Spelmans, Herman Clijsters et Jaco Vangronsveld
- S.67 Technique d'utilisation des argiles recyclées traitées avec des huiles absorbées
Abdusamak A. Kadyrov
- S.68 Protection des eaux naturelles contre la pollution: capacités réelles et potentielles des sols
Galina Motuzova
- S.69 Développement de techniques utilisant l'activité des bactéries sulfato- et métallo-réductrices pour éliminer les métaux lourds et les métalloïdes dans les eaux souterraines et les sols - bioréduction des métaux
Ioannis Ignatiadis, Fabienne Battaglia-Brunet, Mireille Bruschi, Alain Dolla, Bernard Olivier, Jean-Louis Garcia, Franz Glombitza, Yannis Fessas, Martin Marggraff, Niels Van der Lelie, Ludo Diels, Ioannis Paspaliaris, Nymphodora Papassiopi, Angelos Nefeloudis et Andreas Efstathiou
- S.70 Étude du changement de phase d'un liquide dans un sol
Ali Chamhari, Bruno Cousin, Jean-Claude Bénet et Thierry Ruiz
- S.71 Détermination rapide des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sols
Evelyne Touraud, O. Cloarec, C. Gonzalez et Olivier Thomas
- S.72 Minimizing the environmental impact of oil exploration and exploitation by remediation of oil-sludge lagoons: several case studies
Thierry Minguet
- S.73 A case of accidental pollution of drinking water by pesticides
Genci Luarasi, Ramazan Bukli et Ali Gjebrea
- S.74 Un exemple de dépollution de dérivés organochlorés sur un site situé en zone rurale
Laurence Amalric, Henri Molleron et Roger Jeannot
- S.75 Réhabilitation de sites pollués: évaluation de l'impact environnemental
François de Tarragon
- S.76 Réhabilitation de sites pollués par stabilisation: deux retours d'expériences industrielles
François de Tarragon
- S.77 Soil and groundwater protection in Germany: joint principles for common targets
Claus G. Bannick, Wolfgang Leuchs, Reinhard Röder et Joachim Ruf
- S.78 ANCORE: Academic Network on Contaminated land Research within Europe
Martin Bittens et Georg Teutsch
- S.79 La bioremédiation *in situ*: évaluation de la faisabilité de la méthode
Julien Troquet
- S.80 La contamination des sols et des sous-sols en Roumanie: état des lieux et enjeux socioéconomiques
Lazar Avram et Julien Troquet

- S.81 Panaches d'hydrocarbures et méthodes de régénération naturelle des sites contaminés par le pétrole
Norman J. Novick
- S.82 Large scale R&D program of the German Federal Ministry for Education and Research: applying reactive barriers and treatment zones in Germany
Volker Birke, H. Burmeier et D. Rosenau
- S.83 Approche méthodologique et expérimentale de la faisabilité et de l'évaluation des performances des techniques de traitement des sols pollués
Emmanuel Vernus, Philippe Revin, Laetitia Patton, Nadine Dueso et Yves Perrodin
- S.84 Utilisation des barrières géochimiques du sol pour contrôler les métaux lourds dans le sol d'un district minier
Vasyl Savosko
- S.85 Relèvement écologique et socioéconomique des zones irradiées: Comment remédier aux conséquences de la catastrophe de la centrale nucléaire de Tchernobyl
Vladimir Udovichenko
- S.86 Nettoyage de sites contaminés - Perspectives pour la Pologne, la Hongrie et la République tchèque
Lars Jörgens et Martin Faulstich
- S.87 Biorégénération *in situ* d'hydrocarbures de pétrole dans l'ancienne base aérienne soviétique de Hradčany (République tchèque)
Jiřina Macháčková, Ferdinand Herčík, Stanislava Prokřová, Jan Masák et Vladimír Jirků
- S.88 Nouvelle loi pour la protection des eaux souterraines en Hongrie
Eva Deseö et László Balásházy
- S.89 Financement de la réhabilitation des sites contaminés: questions juridiques au regard de la législation suisse
Marco Zaugg
- S.90 La loi allemande sur la protection des sols vue par l'industrie allemande
Antonius Hamers
- S.91 Les relations communautaires: un élément essentiel pour réussir une opération de décontamination
Barbara Maco
