



# TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

## RÉSUMÉ

Pour le traitement « ex situ » de sols contaminés, on a généralement recours au procédé conventionnel par biopiles statiques. Dans le but de réduire le temps de traitement et d'élargir la gamme de matrices et de contaminants non volatils pouvant être traités par voie biologique, le procédé ROTAMIX a été développé. Ce procédé allie un retourneur rotatif autopropulsé et l'ajout de biostimulants et d'agents structurants. Lors des essais de la technologie, des sols contaminés par du pentachlorophénol (PCP) et par des hydrocarbures lourds, substances difficilement biodégradables, ont été décontaminés au niveau requis par le critère C du ministère de l'Environnement du Québec.



## SOLS CONTAMINÉS

### PROCÉDÉ ROTAMIX POUR LE BIOTRAITEMENT DE SOLS CONTAMINÉS PAR LE PENTACHLOROPHÉNOL ET DES HYDROCARBURES PÉTROLIERS



## POINTS SAILLANTS

- **Technologie**
  - Utilisation d'un retourneur rotatif autopropulsé
  - Ajout contrôlé d'agents structurants, d'amendements nutritionnels organiques et de micro-organismes
  - Amélioration des échanges solide-liquide-gaz
  - Augmentation de la capacité de rétention d'eau dans les sols traités
- **Environnement**
  - Aucune génération d'eaux de lixiviation, ni d'émissions gazeuses
  - Matrice traitée homogène répondant au critère B ou C du MEF
  - Gamme élargie de matrices et contaminants à traiter
  - Possibilité de traiter des contaminants reconnus difficilement biodégradables
- **Économie**
  - Réduction significative de la durée du traitement par comparaison au procédé par biopiles statiques



Environnement  
Canada

Environnement  
Canada

Protection

Protection

Région du Québec

Québec Region



**CNRC · NRC**



Développement  
économique Canada

Canada Economic  
Development

## OBJECTIFS DU PROJET

Au total, 50 essais ont été réalisés afin d'atteindre les objectifs suivants :

- Conditions optimales de traitement spécifiques au procédé selon la matrice et le contaminant;
- Conception et construction d'un prototype de retourneur rotatif autopulsé pour des essais de démonstration.

Phase 1 – Quarante-trois essais en laboratoire pour étudier :

- 1.1 Les caractérisations physiques des sols par des mesures d'indices de cohésion, de macroporosité et de microporosité;
- 1.2 L'influence de l'ajout d'un agent structurant, d'un amendement nutritionnel (biostimulant) ou d'un consortium microbien spécifique;
- 1.3 L'influence du retournement de la matrice, de la température de biotraitement et de l'ajout d'un consortium microbien.

Phase 2 – Quatre essais en unité pilote de biotraitement pour :

- 2.1 Étudier l'influence de la bioaugmentation et du changement d'échelle;
- 2.2 Déterminer les paramètres de conception pour la mise à l'échelle de démonstration.

Phase 3 – Trois essais à l'échelle de démonstration du prototype commercial et comparaison du biotraitement selon deux conditions :

- 3.1 Traitement par retournement;
- 3.2 Traitement statique.

## PROBLÉMATIQUE

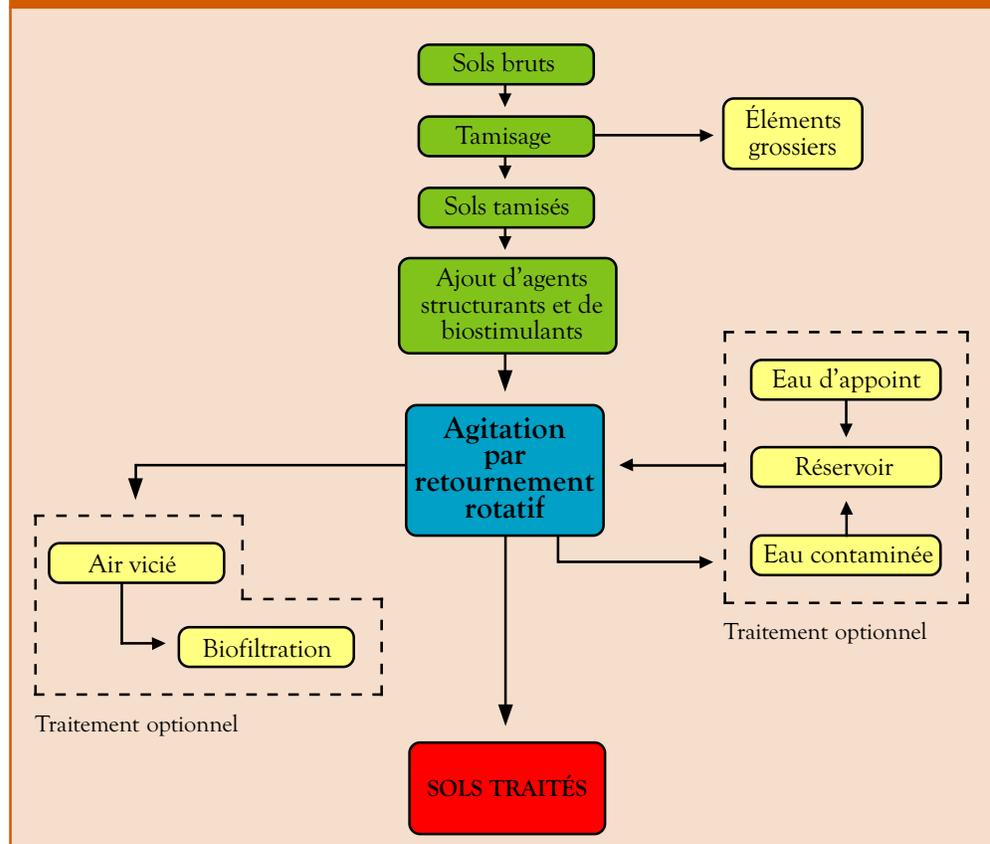
GSI Environnement est active en gestion de matrices contaminées par des substances organiques difficilement biodégradables. Les coûts d'enfouissement de telles matrices peuvent être élevés. De plus, cette avenue ne correspond pas à l'orientation privilégiant le traitement et la valorisation de matrices contaminées. Le traitement par biopiles de tels contaminants est inefficace sous nos conditions climatiques, particulièrement s'il s'agit de sols argileux. La recherche de technologies compatibles avec cette problématique a permis d'évaluer le procédé ROTAMIX.

## TECHNOLOGIE

Les sols sont d'abord tamisés et humidifiés. On ajoute ensuite un agent structurant, un amendement nutritionnel ou biostimulant (voir figure 1) et des micro-organismes. L'utilisation d'un retourneur rotatif spécialement conçu pour ce type de matrice permet un mélange optimal et une structuration des matériaux qui favorise un processus aérobie si nécessaire. Les sols sont ensuite aérés sur des conduites perforées, puis mélangés régulièrement ou non à l'aide du retourneur rotatif autopulsé. Au besoin, l'humidité, l'équilibre nutritionnel et (ou) la concentration microbienne peuvent être corrigés lors du

retournement régulier de la matrice par l'utilisation d'un système de distribution de produits liquides dont est muni le retourneur. L'agglomération du sol est éliminée par l'ajout d'agents structurants et par l'action du retourneur.

**FIGURE 1.**  
**SCHÉMA DU PROCÉDÉ ROTAMIX DE BIOTRAITEMENT**



# RÉSULTATS

Les résultats des essais sont présentés au tableau 1.

## Phase 1 : Essais en laboratoire

L'ajout d'amendements exerce un effet positif sur la microporosité (humidité du sol). Les agents structurants permettent d'accroître la macroporosité (oxygénation du sol).

Lors des essais sur des sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers (concentration initiale de 3 150 mg/kg de matière sèche d'hydrocarbures pétroliers totaux – HPT), la concentration finale obtenue (95 mg/kg m.s.) répondait au critère B du MEF.

Le critère C a également été obtenu pour les sols contaminés par du pentachlorophénol (PCP), la concentration initiale de 103 mg/kg m.s. ayant été ramenée à 5 mg/kg m.s. après traitement.

## Phase 2 : Essais en unité pilote de traitement

Les essais en unité pilote ont confirmé la vitesse de dégradation quotidienne des hydrocarbures pétroliers lourds obtenue en laboratoire, soit 143 mg/kg m.s., lorsqu'on procédait au retournement régulier du sol contaminé (concentration initiale de 24 500 mg/kg m.s. HPT). Aucune dégradation des contaminants n'a été obtenue avec le traitement conventionnel par biopiles statiques. Dans le cas des

sols contaminés par du PCP, le critère B a été atteint à partir d'une concentration initiale de 4 mg/kg m.s.

La mesure fréquente des paramètres d'opération a démontré la nécessité de contrôler l'humidité et l'oxygénation de la matrice. Pour ce faire, le retournement rotatif s'est révélé efficace.

## Phase 3 : Essais à l'échelle de démonstration du prototype commercial

La comparaison des vitesses de dégradation des contaminants présents dans les sols démontre l'avantage du procédé par retournement rotatif régulier par rapport au procédé statique. Pour les HPT, la vitesse de dégradation quotidienne est de 92 mg/kg m.s. pour les sols

traités par retournement rotatif régulier, et de 72 mg/kg m.s. lors du traitement statique avec retournement initial seulement. Aucune diminution des concentrations de HPT n'a été observée lorsque le sol n'a pas subi de retournement.

L'essai de démonstration avec le sol contaminé par du PCP a également révélé l'utilité du procédé ROTAMIX. Grâce à ce procédé, les concentrations de PCP sont passées de 4,4 à 1,7 mg/kg m.s. alors qu'aucune biodégradation n'a été obtenue avec le procédé statique. Le critère C du MEF a été atteint pour les sols contaminés par du PCP et des HPT lorsque le procédé ROTAMIX a été utilisé.

**TABLEAU 1.**  
**PERFORMANCE DE TRAITEMENT ROTAMIX – SOLS CONTAMINÉS**  
**AUX HYDROCARBURES LOURDS (HPT) ET AU PENTACHLOROPHÉNOL (PCP)**

Échelle d'essais	Description de l'essai	Concentration (mg/kg m.s.)		Vitesse de dégradation quotidienne (mg/kg m.s.)	Critère MEF*
		initiale	finale		
Laboratoire (1,5 kg) – HPT	Retournement rotatif régulier	3 150	95	153	< B
	Retournement rotatif régulier	16 500	10 500	200	> C
	Retournement initial inoculé	3 400	260	105	< B
	Retournement initial non inoculé	3 100	2 300	27	< C
Unité pilote – HPT	Retournement rotatif régulier (2 m <sup>3</sup> )	24 500	7 500	143	> C
	Retournement initial seulement (4 m <sup>3</sup> )	10 500	10 500	0	> C
Unité de démonstration – HPT	Retournement régulier (75 m <sup>3</sup> )	21 500	2 350	92	< C
	Retournement rotatif initial (75 m <sup>3</sup> )	21 000	6 000	72	> C
	Statique (400 m <sup>3</sup> )	22 500	27 000	0	> C
	Statique (11 m <sup>3</sup> )	21 300	17 500	24	> C
Laboratoire (1,5 kg) – PCP	Retournement rotatif régulier	103	5	1,78	= C
	Retournement rotatif régulier	2,4	0,95	0,02	< C
	Statique avec retournement initial	1,60	1,00	0,01	< C
Unité pilote – PCP (2 m <sup>3</sup> )	Retournement rotatif régulier	4	0,5	0,5	= B
Unité de démonstration (75 m <sup>3</sup> ) – PCP	Retournement rotatif régulier	4,4	1,7	0,03	< C
	Statique avec retournement initial	7,5	7,5	0	> C

\* Selon la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés » du ministère de l'Environnement et de la Faune, 1994 (première édition) et 1998 (dernière édition).

## POTENTIEL ET LIMITES

Le procédé ROTAMIX développé par GSI Environnement combine la bioactivation et la bioaugmentation (ensemencement microbien) ainsi que l'utilisation d'un retourneur rotatif autopulsé, dans un environnement contrôlé *ex situ*. Cette technologie, simple à opérer, n'est pas limitée par la teneur en particules fines en raison de l'ajout d'agents structurants. Elle permettrait également de traiter des sédiments, des boues et des sols argileux et/ou silteux.

Cette technologie pourrait également convenir pour d'autres contaminants qui normalement résistent à la biodégradation. Le procédé ROTAMIX fait d'ailleurs l'objet de travaux de démonstration sur des sols contaminés par des biphényles polychlorés (BPC).

Comparativement à un traitement conventionnel par biopiles statiques, l'utilisation du procédé ROTAMIX permet de réduire de 35 à 40 % les coûts de traitement biologique d'un sol conta-

miné par des hydrocarbures lourds. Sur la même base comparative, la durée de traitement peut être réduite de 2 à 3 fois, et ce, même en présence de com-posés difficilement biodégradables, par exemple le PCP.

Cependant, le procédé ROTAMIX requiert beaucoup d'espace; on doit aussi tenir compte du caractère abrasif de certaines matrices et de la présence de composés organiques volatils dans les sols ou les boues à traiter.

## INFORMATIONS

Cette fiche technologique a été rédigée à partir des résultats obtenus lors d'un projet de développement et de démonstration technologiques réalisé par GSI Environnement avec la collaboration technique et financière d'Environnement Canada et de Développement économique Canada (Québec). Le développement a été également financé par le Conseil national de recherches Canada sous le programme d'aide à la recherche industrielle (PARI).

Pour plus d'informations, s'adresser à :

Environnement Canada  
Éco-innovation technologique

Jean-René Michaud,  
ing., M.Sc.A.  
Tél. : (514) 496-6851  
Courrier électronique :  
jean-rene.michaud@ec.gc.ca

GSI Environnement

Guy Viel, M.Env., Ph.D.,  
Directeur  
Innovation/Biotechnologie  
Tél. : (819) 829-0101  
Courrier électronique :  
sherbroo@serrener.ca

Les fiches d'information Technologies Saint-Laurent sont destinées aux entreprises, industries, organismes et personnes qui s'intéressent aux nouvelles technologies environnementales. Elles sont produites par la Section Éco-innovation technologique, Environnement Canada, dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000. Elles servent à diffuser les résultats obtenus lors des projets de développement et de démonstration technologiques réalisés dans les cinq secteurs suivants : eaux usées industrielles, sols contaminés, déchets dangereux, sédiments contaminés et outil novateur.

Vous pouvez obtenir les fiches en vous adressant à :  
Environnement Canada  
Section Éco-innovation  
technologique  
105, rue McGill, 4<sup>e</sup> étage  
Montréal (Québec) H2Y 2E7  
Tél. : (514) 496-6851  
1-800-463-4311

Publications disponibles sur  
La Voie verte :  
[http://www.qc.ec.gc.ca/protect/francais/eco\\_innovation/eco\\_accueil.htm](http://www.qc.ec.gc.ca/protect/francais/eco_innovation/eco_accueil.htm)

*Production :*  
Suzie Thibodeau

*Rédaction :*  
Jean-René Michaud  
Frédéric Dutil  
Guy Viel  
Yannik Ouellette  
François Gourdeau

*Mise en page :*  
Christine LePage  
Suzie Thibodeau

*Révision du texte :*  
Monique Simond  
Christine LePage

*Impression :*  
Image Créative inc.

Publié avec l'autorisation du  
ministre de l'Environnement  
© Ministre des Travaux publics  
et Services gouvernementaux  
Canada, 1999  
N°de cat.: En1-17/43-1999F  
ISSN : 1188-7990  
ISBN : 0-662-83469-0

Février 1999

Also available in English under  
the title :  
*Rotamix process for the bio-  
treatment of soil contaminated  
with pentachlorophenol and  
petroleum hydrocarbons*