

# **TRAITEMENT DES SOLS, SOUS-SOLS ET DECHETS**

**Daniel Ballerini**

**IFP**

## LES DIFFERENTS TRAITEMENTS DE DEPOLLUTION

- Les traitements physiques
  - Lavage - Extraction - Absorption
- Les traitements thermiques
  - Incinération - Combustion catalytique
  - Désorption thermique
- Les traitements chimiques
  - Oxydation - Neutralisation
- Les traitements biologiques

IFP

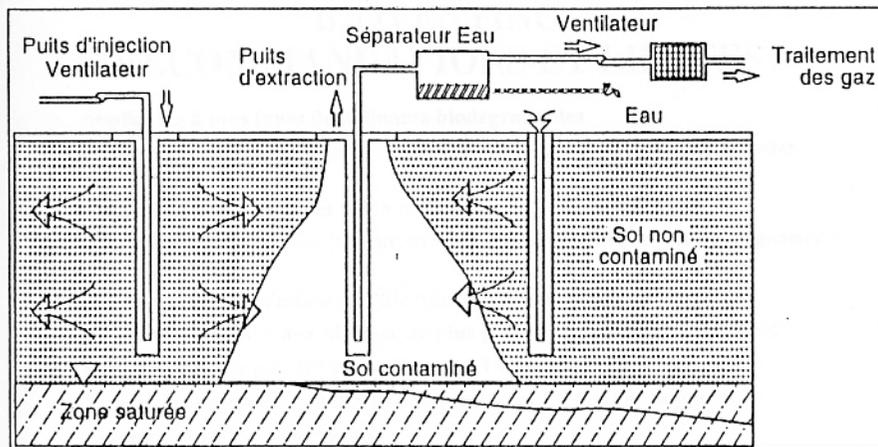
LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

## LES TRAITEMENTS BIOLOGIQUES IN SITU

- Le bioventing
- L'injection d'eau oxygénée
- L'injection de nitrates
- Traitement des sols associé à celui de la nappe

IFP

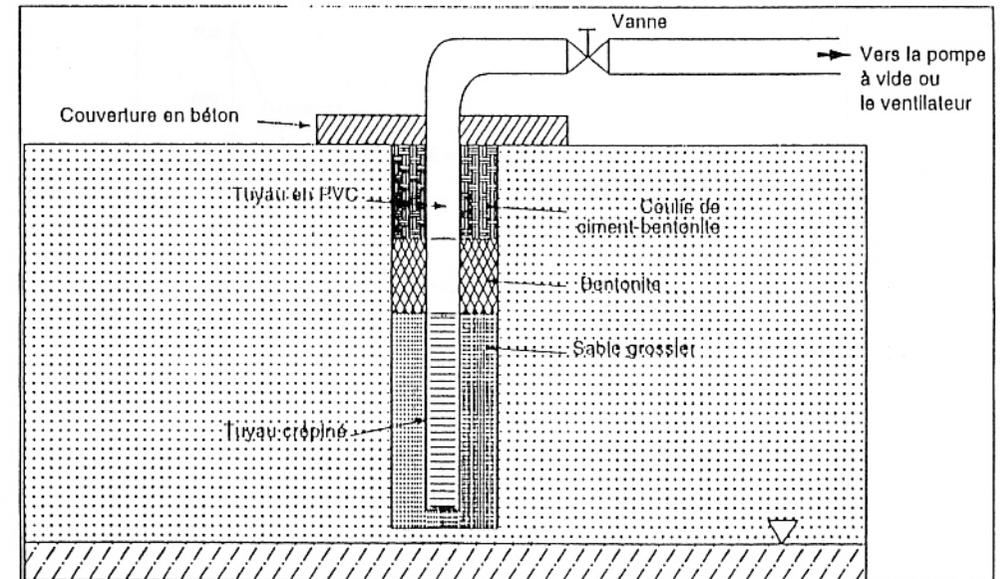
LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996



Systeme de venting

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996



Représentation schématique d'un puits

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

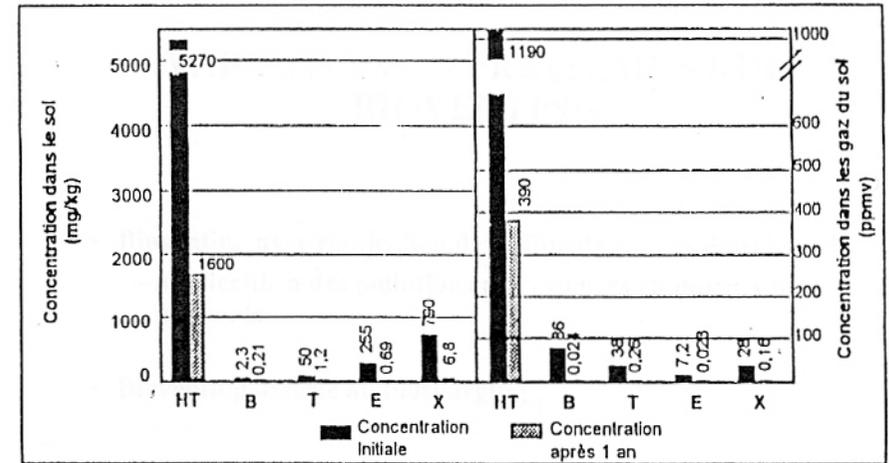
## BIOVENTING - ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT

- Caractérisation analytique de la pollution
- Perméabilité aux gaz du sol
- Rayon d'influence du vide à partir d'un puits d'extraction
  - distance à partir du puits d'extraction où  $\Delta P \geq 2,5$  mm (colonne d'eau)
- Vitesse de consommation des hydrocarbures

$$\frac{\text{masse d'hydrocarbures minéralisés}}{\text{masse d'oxygène consommé}} = 0,3$$

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996



Réduction des teneurs en hydrocarbures après un an de traitement (moyenne sur 16 sites)

IFP

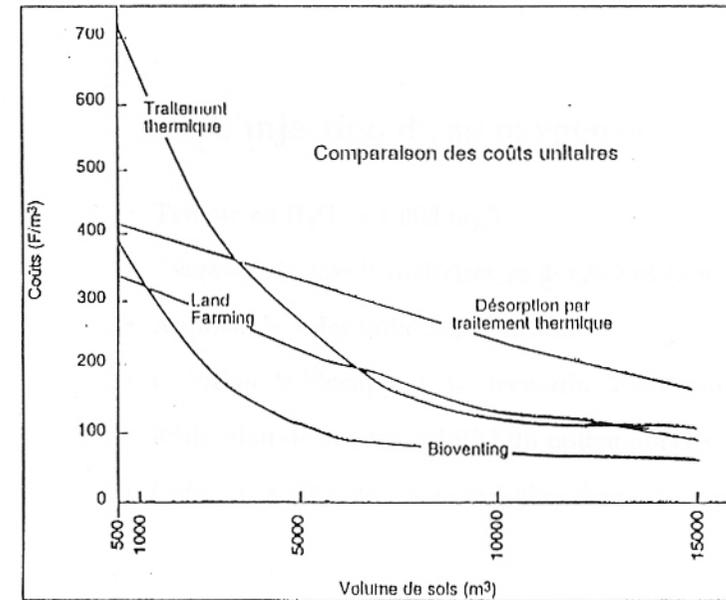
LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

## BIOVENTING RECOMMANDATIONS ET LIMITES

- Applicable à tous types de polluants biodégradables
- Applicable aux sites pollués en profondeur (> 1,5 m) et/ou sur de grandes étendues
- Volume de terres polluées > 350 m<sup>3</sup>
- Contrôle des débits d'air (teneur en hydrocarbures dans les effluents gazeux < 2,5 mg/jour/m<sup>2</sup>)
- Ajustement de la pression de l'air injecté ( $\Delta P \leq 0,4$  bar)
- Crépinage des puits aux niveaux les plus proches des zones contaminées
- Perméabilité aux gaz des sols pollués  $\geq 0,1$  Darcy
- Vitesse de consommation des hydrocarbures > 1,5 mg/kg sol/jour
- Teneur en azote  $\geq 20$  mg/kg sol
- Teneur en phosphore  $\geq 3$  mg/kg sol
- Taux d'humidité > 5 %
- Teneur résiduelle en oxygène de l'atmosphère gazeuse du sol > 4 % (v/v)
- Durée du traitement souvent supérieure à 1 an

IFP

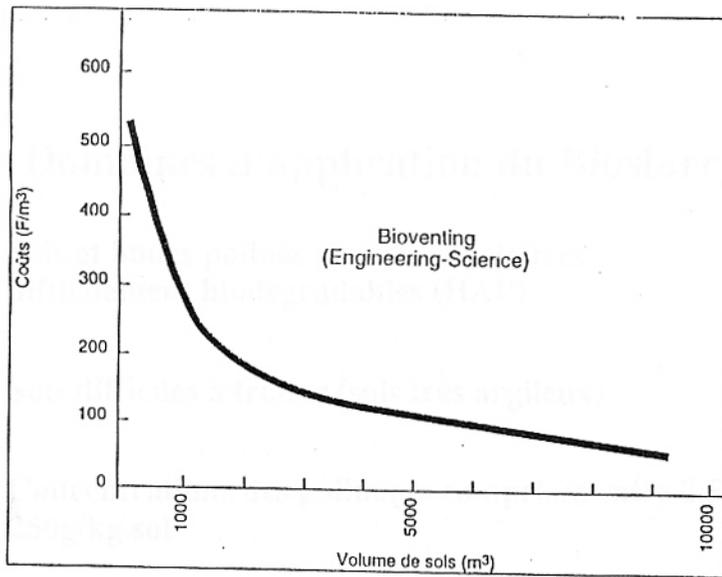
LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996



Coût du bioventing comparé à celui d'autres traitements (cas d'une pollution par du JP4)

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996



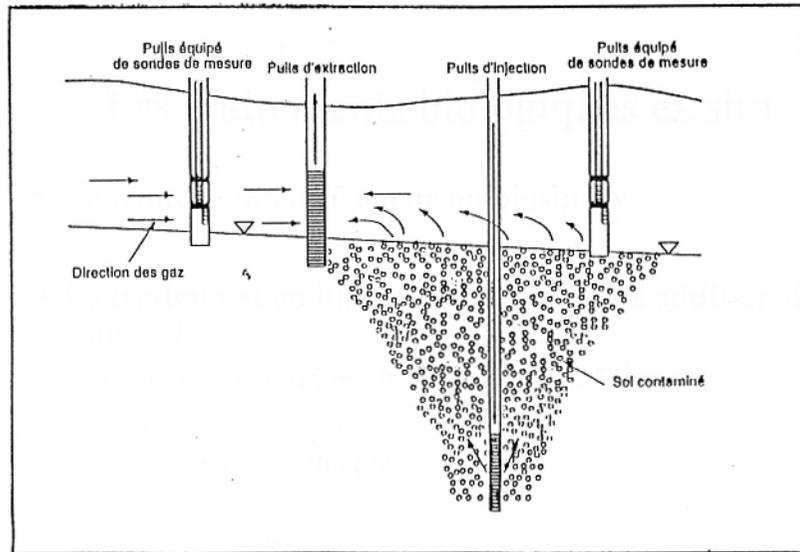
Evolution des coûts du bioventing avec les volumes de sols traités

IFP

## VARIANTES DU TRAITEMENT DE BIOVENTING

- Bioventing avec réinjection des effluents gazeux dans les sols  
– applicable à des pollutions par essences en milieux peu profonds
- Bioventing associé au biosparging
- Bioventing associé à l'injection des nutriments.

IFP



Combinaison avec le biosparging

IFP

## L'injection d'eau oxygénée

- Teneur en  $H_2O_2$  < 1 000 mg/l
- Nécessité de savoir maîtriser sa décomposition
- Applicable à des milieux perméables
- Création de blocages de la circulation des fluides
- Réduction de la perméabilité du milieu poreux
- Coût élevé (10 à 25 F/kg d'oxygène fourni)

IFP

## Domaines d'application du Bioslurry

- Sols et boues pollués par des substances difficilement biodégradables (HAP)
- Sols difficiles à traiter (sols très argileux)
- Concentrations des polluants comprises entre 2,5 et 250g/kg.sol

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

## Les traitements biologiques ex situ

- Le traitement en réacteur ou bioslurry
- Le traitement en biotertre (avec ou sans addition de compost)
  - Le biotertre statique (avec ventilation forcée)
  - Le biotertre dynamique
- Le landfarming

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

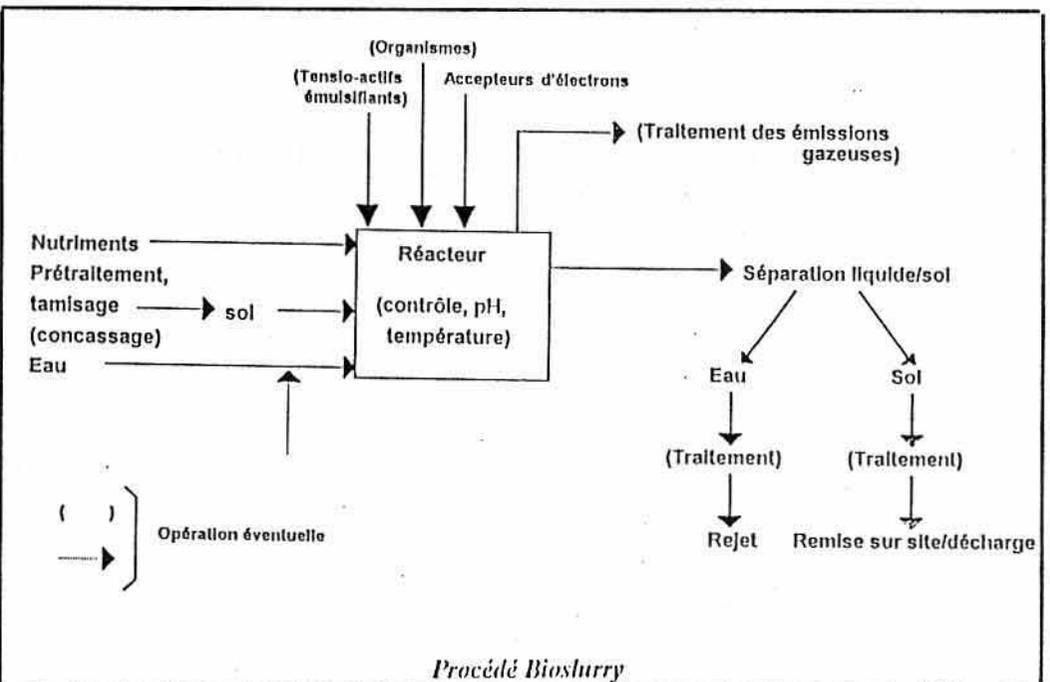
## COMPARAISON DES COÛTS TECHNIQUES DE VENTING ET BIOVENTING (cas de sols pollués par des essences et équipements loués)

	CAS 1	CAS 2	CAS 3
Tests pilote	12	16	14
Conception - Autorisation	6	8	6
Installation des équipements	24	31	25
Démarrage des installations	4	11	5
Coûts opératoires sur 1 an (main-d'oeuvre-analyses-locations-énergie)	54	174	60
<b>Coût total</b>	<b>Base 100</b>	<b>240</b>	<b>115</b>

Cas 1 = Venting sans traitement des effluents gazeux  
 Cas 2 = Venting avec traitement des effluents gazeux  
 Cas 3 = Bioventing

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996



IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

## Avantages et limites du procédé Bioslurry

### • Avantages

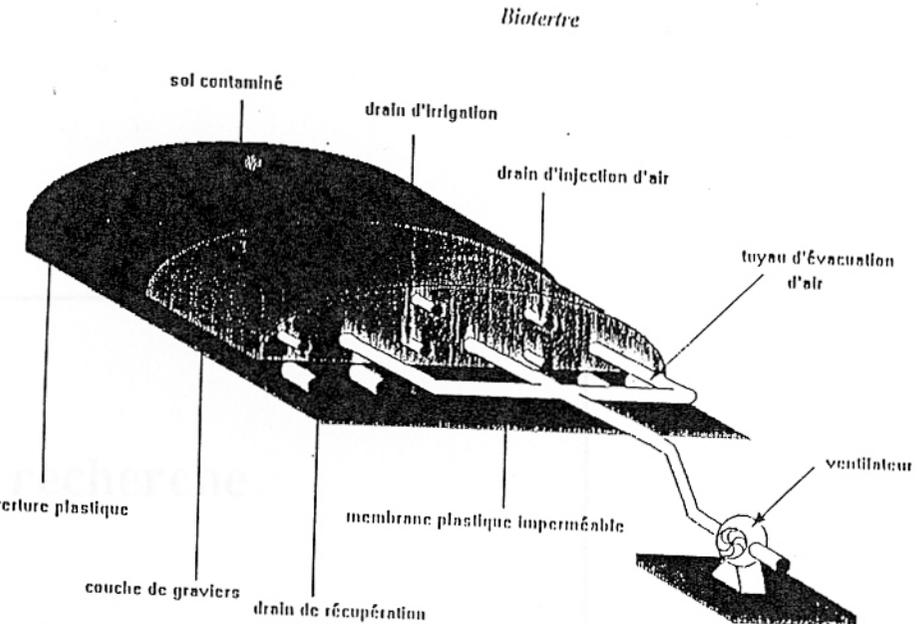
- Facilité de contrôle et maintien des conditions favorables aux microorganismes épurateurs
- Apport de souches spécialisées allochtones
- Traitement de sols fortement pollués
- Durées de mise en oeuvre courtes
- Structure du sol peu altérée

### • Limites

- Coût élevé (300 à 1500 F/m<sup>3</sup>)

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996



IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

## Biotertre et landfarming

### • Recommandations

- Importance du prétraitement des terres
  - » criblage - concassage
  - » homogénéisation (surtout dans le cas d'apport de compost, de nutriments, ou de microorganismes)
- Contrôle de l'humidité (~ 60 % de la capacité au champ)
- Contrôle des effluents gazeux et liquides

### • Limites

- Durée du traitement moyennement longues (biotertre) ou longues (landfarming)
- Maîtrise des flux peu développé
- Sols pollués renfermant moins de 40 % d'argiles

### • Coûts moyens

- Biotertre = 600 F/m<sup>3</sup>
- Landfarming = 300 F/m<sup>3</sup>

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

## Suivi de l'opération de dépollution

- Il est essentiel de quantifier l'opération de biorestauration pour crédibiliser les traitements biologiques des sols pollués.

- Nécessité de définir une méthodologie capable de préciser les bilans massiques de la dépollution
- » échantillonnage
  - » analyse des polluants
  - » analyse de la population microbienne du sol
  - » analyse des paramètres chimiques (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, éléments minéraux)

IFP

LES JOURNEES D'INFORMATION DU CEDRE - Paris le 22 novembre 1996

## Thèmes de recherche

- Bioaccessibilité des polluants
- Biodégradation des hydrocarbures (HAP)
- Développement des tests de toxicité-écotoxicité
- Recherche de microorganismes génétiquement modifiés

IFP