



Agence de l'eau
Rhin-Meuse

n° 18337-1

DECONTAMINATION DES NAPPES ETAT DE L'ART

Tome I

Rapport de synthèse

ETUDE INTER-AGENCES
THEME "DECHETS ET TRANSFERTS DE POLLUTION"

AGENCE D'EXECUTION : RHIN-MEUSE

R/AUG12 - 123.122
RUBSEP
© - Février 1994

SOMMAIRE



PREMIERE PARTIE : OBJET DE L'ETUDE	1
1. OBJET DE L'ETUDE	2
2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE	2
2.1. Organisation générale	2
2.2. Acquisition des informations de base	3
SECONDE PARTIE : LE MILIEU SOUTERRAIN, LES POLLUANTS, LEUR COMPORTEMENT DANS LE MILIEU SOUTERRAIN	4
1. LE MILIEU SOUTERRAIN	5
1.1. Zone saturnée et non-saturée	5
1.2. Nappes libres, nappes captives, nappes alluviales	6
1.3. Surface piézométrique - carte piézométrique	6
1.4. Caractéristiques dynamiques d'un aquifère	7
1.5. L'hétérogénéité , caractéristique de base du milieu souterrain	8
1.6. Le milieu souterrain, siège d'une activité biologique	8
2. POLLUANTS LES PLUS COURAMMENT RENCONTRES	9
2.1. Polluants minéraux	9
2.2. Polluants organiques	10
2.2.1 Hydrocarbures couramment commercialisés	10
2.2.2. Autres hydrocarbures	10
2.2.3. Organo-halogénés aliphatiques	11
2.2.4. Autres substances organiques	12
2.3. Contaminations complexes	12
2.4. Propriétés importantes des polluants vis-à-vis du transfert et de la décontamination	13

3.	TRANSPORT DES POLLUANTS DANS LE MILIEU SOUTERRAIN	17
3.1.	Dans la zone non saturée	17
3.2.	Dans la zone saturée	19
3.2.1.	Généralités	19
3.2.2.	Transport convectif	19
3.2.3.	Dispersion	20
3.2.4.	Facteurs retard	20
3.2.5.	Simulation des phénomènes	21
3.3.	Exemples	21
3.3.1.	Produit moins dense que l'eau (hydrocarbure courant)	21
3.3.2.	Produit plus lourd que l'eau (solvant halogéné)	25
4.	PRINCIPAUX MECANISMES BIOLOGIQUES UTILISABLES DANS LA DECONTAMINATION DES NAPPES	28
4.1.	Généralités	28
4.2.	Mécanismes de la transformation biologique des produits organiques	28
4.3.	Mécanismes de la transformation biologique des contaminants minéraux	29
4.4.	Principaux facteurs limitants	29
4.4.1.	Non-disponibilité des contaminants	29
4.4.2.	Autres facteurs limitants	30
4.5.	Principaux contaminants accessibles au traitement biologique	31
TROISIEME PARTIE : LES PROCEDES DE DECONTAMINATION DES NAPPES		32
1.	INVENTAIRE DES PROCEDES	33
2.	ANALYSE DES PRINCIPAUX PROCEDES IN SITU	34
2.1.	Le pompage-traitement	34
2.1.1.	Principes	34
2.1.2.	Conditions d'application	35
2.1.3.	Mise en oeuvre	35
2.1.4.	Avant de lancer un pompage-traitement...	36
2.2.	L'écémage	38
2.2.1.	Principes	38
2.2.2.	Conditions d'application	39
2.2.3.	Mise en oeuvre	39
2.2.4.	Commentaires	39

2.3.	La bio-lixiviation	40
	2.3.1. Principes	40
	2.3.2. Conditions d'application	42
	2.3.3. Mise en oeuvre	42
	2.3.4. Commentaires	43
2.4.	Le sparging ou stripping in situ	45
	2.4.1. Principes	45
	2.4.2. Conditions d'application	46
	2.4.3. Mise en oeuvre	46
	2.4.4. Commentaires	47
2.5.	Le procédé UVB	48
	2.5.1. Principes	48
	2.5.2. Conditions d'application	49
	2.5.3. Mise en oeuvre	49
	2.5.4. Commentaires	49
2.6.	L'extraction double	50
	2.6.1. Principes	50
	2.6.2. Conditions d'application	51
	2.6.3. Mise en oeuvre	51
	2.6.4. Commentaires	52
2.7.	Les procédés d'oxydation in situ	52
	2.7.1. Principes	52
	2.7.2. Conditions d'application	53
	2.7.3. Mise en oeuvre	53
	2.7.4. Commentaires	53
2.6.	Les procédés biologiques	53
	2.8.1. Modifications physiques dans l'environnement souterrain	
	2.8.2. Modifications chimiques dans l'environnement souterrain	54
	2.8.3. Problèmes de mise en oeuvre	
	2.8.4. Multiplication de microorganismes endogènes	55
	2.8.5. Apport de flore exogène	55
3.	ANALYSE DES PRINCIPAUX PROCÉDES EX SITU	56
3.1.	Le stripping	56
	3.1.1. Principes	56
	3.1.2. Conditions d'application	57
	3.1.3. Mise en oeuvre	57
	3.1.4. Commentaires	57

3.2.	L'adsorption sur charbon actif'	58
3.2.1.	Principe	58
3.2.2.	Conditions d'application	58
3.2.3.	Mise en oeuvre	58
3.2.4.	Commentaires	59
3.3.	Les réacteurs biologiques	59
3.3.1.	Principe	59
3.3.2.	Conditions d'application	59
3.3.3.	Mise en oeuvre	59
3.3.4.	Commentaires	60
4.	ANALYSE DES PRINCIPAUX PROCEDES EN DEVELOPPEMENT	61
4.1.	La recherche développement sur la biodegradation des produits halogénés	61
4.2.	Les procédés passifs : Parois traitantes	62
4.3.	Les procédés électriques	63
	QUATRIEME PARTIE - SYNTHESE ADEQUATIONS SITUATIONS - PROCEDES	64
1.	TPOLOGIE HYDROGEOLOGIQUE	65
1.1.	Critères de classification	65
1.1.1.	Epaisseur et nature de la zone non-saturée	65
1.1.2.	Vitesse de déplacement de l'aquifère	65
1.1.3.	Chimie des eaux	65
1.1.4.	Hétérogénéité du milieu souterrain	65
1.1.5.	Autres facteurs	67
1.2.	Proposition de typologie des situations hydrogéologiques	67
1.2.1.	Critères de base	67
1.2.2.	Association de ces critères en fonction des conditions hydrogéologiques françaises et des contaminations connues	68
§ 1.3.	Synthèse	71
2.	TPOLOGIE DES CONTAMINATIONS	71
2.1.	Cas particulier des contaminations minérales	71
2.2.	Contaminants organiques	71
2.3.	Contaminations complexes	73

3.	ADEQUATIONS PROCEDES - SITUATIONS HYDROGEOLOGIQUES	74
4.	ADEQUATIONS PROCEDES - CONTAMINANTS	75
5.	SYNTHESE	76
5.1.	Situations "faciles" , .	76
5.2.	Situations "difficiles"	76
5.3.	Contaminations minérales	77
	CINQUIEME PARTIE : STRATEGIES DE DECONTAMINATION QUELQUES PRINCIPES GENERAUX	78
	SIXIEME PARTIE : DEVELOPPEMENTS A ENVISAGER EN FRANCE	82

1. OBJET DE L'ETUDE

La présente étude, **menée** dans le cadre du thème Interagences "Déchets et transferts de pollution", concerne la réalisation d'un état de l'art des techniques de décontamination des nappes souterraines par des **dépôts** de déchets ou des sols imprégnés.

Elle a pour objet de répondre aux besoins suivants, exprimés par les Agences de **l'Eau** et d'autres prescripteurs français :

- * disposer d'un ensemble de techniques de décontamination éprouvées, évaluées en efficacité et en coût ;
- * être en mesure de choisir dans chaque cas les solutions techniques et les critères de dépollution adaptés.

Elle est complémentaire d'études analogues, menées en 1993 et 1994 sous l'égide de **l'ADEME**, consacrées aux **méthodes** de traitement des sols, lesquelles sont en **conséquence** exclues du champ de la présente étude.

Confiée par l'agence d'exécution (Agence de l'Eau Rhin-Meuse) à Burgéap SA, l'étude a été **exécutée** au second semestre 1993 et début 1994. Burgéap s'est attaché en **sous-traitance** la coopération du GIE Anjou Recherche, de l'Institut français du Pétrole, de l'Institut d'**HydroMécanique** de l'Université de Karlsruhe (RFA), et de la **société néerlandaise** IWACO BV.

De nombreuses institutions et sociétés ont en outre apporté leur contribution à l'étude, notamment en acceptant de collaborer à l'enquête mentionnée plus loin. La liste des sociétés et personnes contactées figure en Annexe 1 au **présent** document.

2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

2.1. Organisation générale

L'étude a été organisée à partir de trois principaux volets :

- ① Inventaire des **procédés** de décontamination ;
- ② Etablissement d'une typologie, visant à mettre en relation les types de contamination recensés avec des techniques adaptées ;
- ③ Synthèse critique de l'information obtenue, visant notamment à **définir** quelques axes de travail pour la mise au point ou l'amélioration des procédés existants et la recherche de nouveaux procédés.