



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



MINISTÈRE DE  
L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DE LA PRÉVENTION  
DES POLLUTIONS ET DES RISQUES

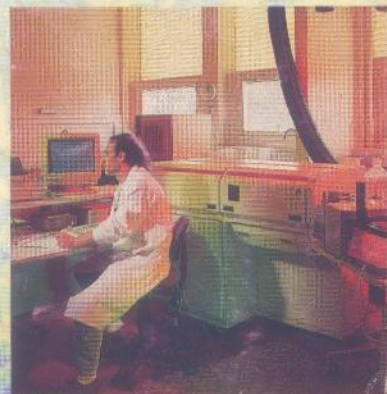
# Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes



[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)



20883



Documents  
du **BRGM 300**



ECL 59

# GUIDE SUR LE COMPORTEMENT DES POLLUANTS DANS LES SOLS ET LES NAPPES

Applications dans un contexte d'Évaluation Détaillée  
des Risques pour les ressources en eau



20883

1  
1

B. Lemièr  
J.J. Seguin  
C. Le Guern  
D. Guyonnet  
Ph. Baranger

Avec la collaboration de  
D. Darmendrail  
P. Conil



20883

Documents du BRGM 300

2001

Éditions BRGM

3, avenue Claude Guillemin, B.P. 6009  
45060 Orléans cedex 2, France  
Tél. : 02.38.64.30.28

## Table des matières

<b>1. Introduction</b> .....	9
1.1. Objectifs et limites du guide .....	9
1.1.1. EDR-Eau : contexte et définition .....	9
1.1.2. Scénario de pollution de ressource en eau .....	9
1.1.3. EDR-Eau : objectif .....	9
1.1.4. Rôle de la connaissance du comportement des polluants .....	9
1.1.5. Objectifs, cadre et limites de ce guide .....	10
1.2. Organisation du guide .....	11
<b>2. Principaux facteurs influençant le comportement des contaminants</b> .....	12
2.1. Caractéristiques physico-chimiques des contaminants .....	12
2.1.1. Rappel : principaux contaminants .....	12
2.1.2. Principales propriétés des polluants et grandeurs associées à prendre en compte .....	13
2.2. Comportement des polluants par famille .....	16
2.2.1. Les métaux et métalloïdes lourds .....	16
2.2.2. Les autres contaminants inorganiques .....	18
2.2.3. Les composés organiques : questions de nomenclature et de classification (DNAPL, COV, etc.) .....	18
2.2.4. Les hydrocarbures ou huiles .....	23
2.2.5. Les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques substitués non ou peu polaires (DNAPL et COV) .....	24
2.2.6. Les hydrocarbures aromatiques monocycliques (CAV ou BTEX) .....	26
2.2.7. Les composés phénoliques (phénols et chlorophénols) .....	27
2.2.8. Les hydrocarbures aliphatiques oxygénés : alcools, aldéhydes, cétones, acides, esters .....	28
2.2.9. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) .....	29
2.2.10. Les polychlorobiphényles (PCB), polychloroterphényles (PCT), dioxines et furannes .....	30
2.2.11. Les substances phytosanitaires (pesticides, herbicides) .....	31
2.2.12. Les substances tensio-actives .....	32
2.2.13. Les substances chimiques à usage militaire et les explosifs .....	33
2.2.14. Synthèse graphique du comportement par familles .....	33

<b>3. Processus qui influencent l'évolution de la pollution</b> .....	<b>35</b>
3.1. Facteurs liés à la nature du sol et du sous-sol .....	<b>35</b>
3.1.1. Les milieux traversés .....	<b>35</b>
3.1.2. Le sol .....	<b>35</b>
3.1.3. Le sous-sol .....	<b>37</b>
3.1.4. Principaux types de milieux souterrains .....	<b>37</b>
3.1.5. La zone non saturée .....	<b>38</b>
3.1.6. La zone saturée .....	<b>39</b>
3.2. Caractéristiques hydrauliques du milieu .....	<b>40</b>
3.2.1. Généralités .....	<b>40</b>
3.2.2. Écoulement d'une seule phase (pollution miscible) : cas des nappes .....	<b>40</b>
3.2.3. Écoulement d'une seule phase (pollution miscible) : cas de la zone non saturée .....	<b>41</b>
3.2.4. Milieu poreux saturé par plusieurs phases (pollution non miscible) .....	<b>41</b>
3.2.5. Mécanismes physiques affectant le transport .....	<b>42</b>
3.3. Caractéristiques physico-chimiques du milieu .....	<b>45</b>
3.3.1. Phénomènes physico-chimiques généraux et définitions .....	<b>45</b>
3.3.2. Processus au niveau du terme source .....	<b>47</b>
3.3.3. Processus au niveau de l'interface source-vecteur (solide-eau) .....	<b>48</b>
3.3.4. Processus au niveau du vecteur de transport, affectant le transport proprement dit .....	<b>50</b>
<b>4. Prévion du devenir d'une pollution du sol et des eaux souterraines</b> .....	<b>51</b>
4.1. Comportement de la source .....	<b>51</b>
4.1.1. Définition .....	<b>51</b>
4.1.2. Libération des polluants .....	<b>51</b>
4.1.3. Caractérisation de la source .....	<b>52</b>
4.1.4. Essais simulant le terme source .....	<b>52</b>
4.1.5. Signification et représentativité de ces essais .....	<b>53</b>
4.2. Évaluation du transfert depuis le terme source vers le récepteur .....	<b>54</b>
4.2.1. Introduction .....	<b>54</b>
4.2.2. Approche du problème via une solution analytique .....	<b>54</b>
4.2.3. Modèles numériques .....	<b>54</b>
4.2.4. Modélisation .....	<b>56</b>
4.2.5. Rappel des règles de bonne pratique en matière d'utilisation des modèles .....	<b>59</b>

<b>5. Le suivi de l'évolution pour réduire les incertitudes liées aux prévisions</b> .....	61
5.1. Prévision du comportement des polluants dans les sols : incertitudes .....	61
5.1.1. Les différentes sources d'incertitude .....	61
5.1.2. Le traitement des incertitudes .....	61
5.2. Description du dimensionnement d'un réseau de suivi de la qualité de la nappe .....	63
5.2.1. Réseau de suivi .....	63
5.2.2. Programme de suivi (monitoring) .....	63
<b>6. Recommandations finales pour la réalisation des EDR-Eau</b> .....	65
6.1. Données de base .....	65
6.2. Acquisition des données sur l'eau .....	65
6.3. Acquisition des données sur les sols .....	65
6.4. Modélisation .....	65
<b>7. Conclusion</b> .....	66
<b>Bibliographie</b> .....	67

## Liste des figures

Fig. 1 - Processus influant sur le comportement et la migration des contaminants au niveau du sol (d'après Sims <i>et al.</i> , 1984) .....	10
Fig. 2 - Transfert d'un polluant depuis une source située dans le sol vers l'eau souterraine (d'après Newell & O'Connor, 1998) .....	10
Fig. 3 - Métaux lourds dans la classification périodique .....	17
Fig. 4 - Répartition des hydrocarbures légers et denses par rapport à une nappe .....	26
Fig. 5 - Toluène (modèle moléculaire) .....	27
Fig. 6 - 2), 3), 4), 5), 6) - Pentachlorophenol, insecticide, herbicide, traitement des bois .....	28
Fig. 7 - Modèles moléculaires simplifiés du naphthalène, de l'anthracène et du benzopyrène .....	29
Fig. 8 - Formule générique des PCB (trois à sept atomes de chlore sur les positions 2 à 6, 2' à 6') .....	30

Fig. 9 - Formule de la 2, 3, 7, 8 - tetrachloro-dibenzo-p-dioxine .....	31
Fig. 10 - Schéma du comportement des polluants organiques par familles (Pellet, 1994) .....	34
Fig. 11 - Relations entre sol, sous-sol, zone non saturée et zone saturée .....	35
Fig. 12 - Exemple de l'évolution d'un panache de pollution à l'aval d'une décharge (modélisation numérique en coupe verticale réalisée avec logiciel MARTHE du BRGM) .....	38
Fig. 13 - Relation entre pression et texture du sol dans la ZNS .....	41
Fig. 14 - Flux de masse par convection au travers d'une section S de milieu poreux .....	43
Fig. 15 - Cas des polluants liquides non miscibles .....	44
Fig. 16 - Schéma de pollution par un LNAPL .....	45
Fig. 17 - Schéma de pollution par un DNAPL .....	45
Fig. 18 - Sites d'échange au niveau du terme source .....	47
Fig. 19 - Relations entre polluant en phase aqueuse et phase solide .....	48
Fig. 20 - Pollution par dépôt de solides contenant les polluants à la surface du sol .....	51

## Liste des tableaux

Tabl. 1 - Contaminants inorganiques .....	12
Tabl. 2 - Contaminants organiques par famille de produits .....	12
Tabl. 3 - Caractéristiques physico-chimiques géant le comportement des contaminants (modifié d'après M. Pellet, 1994) .....	13
Tabl. 4 - Critères d'appréciation du comportement des produits organiques (M. Pellet, 1994) .....	14
Tabl. 5 - Traduction des propriétés en terme de comportement des polluants .....	15
Tabl. 6 - Classement par familles « comportementales » des polluants organiques .....	19
Tabl. 7 - Propriétés physico-chimiques par famille de molécule chimique (hydrocarbures aliphatiques et aromatiques) .....	20
Tabl. 8 - Propriétés physico-chimiques par famille de molécule chimique (solvants polaires, phénols et HAP) .....	21
Tabl. 9 - Familles d'hydrocarbures aliphatiques .....	24

Différents facteurs influent sur le comportement des polluants dans les sols, et plus particulièrement sur le transfert des polluants vers les ressources en eau souterraine. En effet, différentes propriétés du sol, des milieux traversés et celles des polluants eux-mêmes jouent un rôle critique sur le transfert des polluants, propriétés qu'il conviendra de connaître pour comprendre et simuler le transfert de ces substances.

Le guide définit les caractéristiques physico-chimiques susceptibles d'influer sur le comportement des contaminants, ceux-ci étant traités par familles de substances présentant des caractéristiques analogues.

Il décrit en outre les principaux facteurs et processus qui influencent l'évolution de la pollution : facteurs liés à la nature du sol et du sous-sol, les caractéristiques hydrauliques et physico-chimiques du milieu, les processus au niveau du terme source, au niveau du vecteur de transport (l'eau) et au niveau de l'interface solide-eau.

Tous ces éléments interviennent sur la prévision du devenir d'une pollution du sol et des eaux souterraines. Ce document est tout particulièrement destiné à servir de référence lors de l'évaluation d'un dossier d'EDR-Eau (Evaluation détaillée des risques pour les ressources en eau).