

IFP Publications

MARÉES NOIRES ET SOLS POLLUÉS PAR DES HYDROCARBURES

Enjeux environnementaux
et traitement des pollutions

Christian Bocard



059615

► **C. BOCARD**

Ingénieur de l'École du pétrole et des moteurs
Docteur ès Sciences de l'Université de Paris

ECL 172

059615



MARÉES NOIRES ET SOLS POLLUÉS PAR DES HYDROCARBURES

► Enjeux environnementaux
et traitement des pollutions



059615

2006



Editions TECHNIP 25 rue Ginoux, 75015 PARIS, FRANCE



Table des matières

Préambule	V
Remerciements	VI
Organismes et administrations cités	X
Liste des abréviations	XI
Introduction	1
Références bibliographiques	10

Chapitre 1

CARACTÉRISATION, DÉTECTION ET ANALYSE DES HYDROCARBURES

1.1 Nature, origine et principales propriétés physico-chimiques des hydrocarbures	11
1.2 Identification et caractérisation analytique des pollutions par hydrocarbures	23
1.2.1 Problématique et besoins	23
1.2.2 Méthodes d'analyse et exemples	24
1.3 Détection et quantification des hydrocarbures dans les eaux et les sols ..	39
1.3.1 Problématique et méthodes génériques	39
1.3.2 La télédétection aérienne	43
1.3.3 Les méthodes géophysiques de localisation des pollutions dans les sols	50
1.3.4 L'analyse quantitative des hydrocarbures dans les eaux et les sols	57
1.3.4.1 Considérations générales	57
1.3.4.2 Spécificités et limites des principales méthodes	60
1.3.4.3 Mesures <i>in situ</i> dans les sols et analyse des gaz	72
1.3.5 Les systèmes d'alerte et de surveillance des milieux	73
Références bibliographiques	75

Chapitre 2

L'ÉCODYNAMIQUE DES HYDROCARBURES ET LA MODÉLISATION

2.1 Processus physico-chimiques	79
2.1.1 Vaporisation d'une phase huileuse : transfert huile-air	81

2.1.2	Dissolution dans l'eau : transfert huile-eau	83
2.1.3	Vaporisation des hydrocarbures dissous dans l'eau (transfert eau-air)	86
2.1.4	Adsorption sélective des hydrocarbures dissous sur les solides	87
2.1.5	Émulsification	89
2.2	Processus d'oxydation chimique et biologique	91
2.2.1	Oxydation chimique	91
2.2.2	Biodégradation et biodégradabilité	93
2.3	Les pollutions marines et fluviales : interactions avec les milieux, évolution des polluants et modélisation des phénomènes	103
2.4	La pollution des sols et des eaux souterraines	118
2.4.1	Infiltration et migration d'un produit pétrolier	118
2.4.2	Contamination de la nappe phréatique par les hydrocarbures solubles	125
2.4.3	L'atténuation naturelle	130
2.4.4	Les modèles mathématiques : apports et limites	133
	<i>Références bibliographiques</i>	<i>140</i>

Chapitre 3

L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET L'ÉVALUATION DES RISQUES ÉCOLOGIQUES ET SANITAIRES

3.1	Concepts généraux, finalités et méthodologies	147
3.2	L'impact écologique des marées noires et les risques sanitaires associés	153
3.2.1	Impact réel et évaluation du risque	153
3.2.2	Description de l'impact dans quelques cas typiques	154
3.2.3	L'évaluation des risques écologiques	164
3.2.4	Évaluation des risques sanitaires lors des opérations de nettoyage du littoral	167
3.3	L'évaluation des risques liés aux sols pollués	169
3.3.1	Le bien-fondé de la démarche	169
3.3.2	L'utilisation des modèles de transfert-atténuation et des modèles « multimédia » : validité et incertitudes	171
	<i>Références bibliographiques</i>	<i>182</i>

Chapitre 4

LE TRAITEMENT DES POLLUTIONS : COMMENT ET JUSQU'OU INTERVENIR

4.1	La problématique générale du traitement des pollutions	187
4.2	La lutte contre les marées noires : défi technologique ou économique ?	191
4.2.1	Du <i>Torrey Canyon</i> (1967) au <i>Prestige</i> (2002) : condensé historique des progrès technologiques et méthodologiques	191
4.2.2	Description des techniques de lutte en mer et de réhabilitation du littoral	196
4.2.2.1	La lutte en mer	196
4.2.2.2	La lutte côtière et la réhabilitation du littoral	219

4.2.3	La récupération des hydrocarbures restant dans une épave coulée	225
4.2.4	Le bilan : stratégies de réponse et gestion des pollutions	226
4.3	La réhabilitation des sols et des aquifères pollués	231
4.3.1	La décision de réhabilitation et les objectifs du traitement	231
4.3.2	Les options techniques et leurs potentialités de dépollution	234
4.3.2.1	Le traitement sans mouvement de sol (in situ)	235
4.3.2.2	Le traitement des terres excavées	256
4.3.3	Synthèse : les points-clés de l'optimisation du bénéfice économique et environnemental net	267
4.3.3.1	La qualité du diagnostic et de l'évaluation des risques	267
4.3.3.2	Le choix d'une filière de traitement	270
	<i>Références bibliographiques</i>	<i>274</i>
	Conclusion	281
	Glossaire	283
	Index	291



MARÉES NOIRES ET SOLS POLLUÉS PAR DES HYDROCARBURES

Enjeux environnementaux et traitement des pollutions

Cet ouvrage décrit les spécificités de chacune des deux problématiques que représentent les déversements accidentels de pétrole, ou de produits pétroliers en mer et les pollutions par des hydrocarbures des sols et des eaux souterraines.

L'auteur montre que, compte tenu des contraintes techniques et économiques généralement rencontrées, les réponses stratégiques apportées dans ces deux cas relèvent finalement de la même approche basée sur l'évaluation des risques pour l'homme et pour les écosystèmes : ceci débouche sur le concept de bénéfice économique et environnemental net qui peut justifier, dans certains cas, l'option consistant à laisser agir l'atténuation naturelle.

La compréhension de l'impact des pollutions, décrit factuellement dans le cas de quelques grandes marées noires, s'appuie sur la connaissance théorique et expérimentale des processus d'évolution physique, chimique et biologique des polluants dans les divers milieux (ce que l'on appelle ici "écodynamique") en tenant compte de la diversité chimique des hydrocarbures et de leurs propriétés.

Les modèles mathématiques, outils d'évaluation des risques, sont abordés de façon pratique sur la base de nombreux résultats de simulation pour en montrer le fonctionnement. Les méthodes d'analyse et de détection des polluants sont décrites sur un mode concret qui précise leur domaine d'application. Enfin, les techniques de traitement des pollutions et de réhabilitation des milieux sont décrites en mettant l'accent sur les aspects opérationnels et stratégiques.

Cet ouvrage s'adresse à la fois aux ingénieurs et techniciens désirant approfondir des aspects des problématiques abordées avec lesquels ils sont peu familiers, aux décideurs ayant besoin de mieux en appréhender la problématique, et à des lecteurs peu avertis qui y trouveront une information circonstanciée.

Christian Bocard, Ingénieur ENSPM, Docteur es Sciences, a fait toute sa carrière à l'IFP. Après des travaux de recherche en pétrochimie dans le domaine de l'oxydation des hydrocarbures, il a conduit, pendant plus de vingt ans, des projets de Recherche et Développement portant sur les pollutions des eaux et des sols par des hydrocarbures. Conseiller technique des Pouvoirs Publics en matière de pollutions pétrolières accidentelles, il a également contribué à la mise en place du CEDRE (Centre de Documentation, de Recherches et d'Expérimentation sur les pollutions accidentelles des eaux) et a été membre de son Comité Technique.

ISBN 10 : 2-7108-0832-3
ISBN 13 : 978-2-7108-0832-9



9 782710 808329

www.editionstechnip.com

IFP Publications