

SECRÉTARIAT D'ÉTAT AUPRÈS DU PREMIER MINISTRE CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA QUALITÉ DE LA VIE SERVICE DE L'EAU

DOCUMENT PUBLIC

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR LES HYDROCARBURES

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département EAU

Rapport du B.R.G.M.

84 SGN 198 EAU

Juin 1984

SECRÉTARIAT D'ÉTAT AUPRÈS DU PREMIER MINISTRE CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA QUALITÉ DE LA VIE

SERVICE DE L'EAU

14, Boulevard du Général Leclerc - 92521 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX - Tél.: (1) 758.12.12



ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR LES HYDROCARBURES

par

M. BARRÈS - R. CARLY - A. LALLEMAND-BARRÈS

avec la collaboration de J.C. ROUX



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Département EAU

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex (France) - Tél.: (38) 63.80.01

Rapport du B.R.G.M.

84 SGN 198 EAU

Juin 1984

RÉSUMÉ

Au titre du programme 1983 "Protection des eaux souterraines", le Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Qualité de la Vie (Direction de la Prévention des Pollutions) a confié au B.R.G.M. (Département EAU - Mission de Service Public) une étude documentaire d'évaluation des techniques de dépollution des captages pollués par déversements accidentels d'hydrocarbures ou de produits toxiques de comportement similaire.

Le dépouillement d'une abondante documentation tant française qu'étrangère, a servi dans le présent rapport, après un rappel de la méthodologie d'étude de ce type de pollutions et des principes généraux et recommandations pour la dépollution d'un aquifère (première partie), à sélectionner et analyser (rédaction de fiches techniques) 43 expériences ou opérations de dépollution en France (23 cas) et à l'étranger (20). L'analyse de ces opérations, exemplaires ou non, montre la nécessité d'une intervention rapide mais aussi très méthodique et conduite dans un ordre rigoureux : localisation de la fuite, puis reconnaissance hydrogéologique détaillée de la zone polluée, mise en place de dispositifs de récupération (puits de pompage) parfois équipés de matériaux spéciaux, installation de systèmes de séparation eau et huile, enfin contrôles de l'efficacité du procédé et suivi analytique pendant plusieurs années des teneurs en hydrocarbures.

Ces opérations sont souvent longues et donc coûteuses, mais sont parfois rentabilisées par la valeur et le tonnage du produit récupéré.

Enfin, toutes les installations fixes (réservoirs, dépôts, canalisations, raffineries ou station service) devraient faire l'objet d'études préalables détaillées (notamment vulnérabilité hydrogéologique des sites) et être contrôlées périodiquement (étanchéité, qualité des eaux) et devraient disposer d'un plan d'intervention prévisionnel (techniques et moyens à mettre en oeuvre) en cas d'accident.

SOMMAIRE

			pages
INT	ROD	UCTION	1
I -	DÉ	POLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR LES	
	НΥ	DROCARBURES	2
	1.	MECANISMES DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES	2
	2.	ETUDE ET RECONNAISSANCE DE LA POLLUTION	6
		2.1. Evaluation de la zone accidentée	6
		2.2. Conception des puits de contrôle	6
		2.3. Mise en place des puits2.4. Echantillonnage et détection du produit	6 7
	3.	PREVENTION DE LA PROPAGATION DE LA POLLUTION DANS LES NAPPES	8
		3.1. Mise en place d'un mur3.2. Protection hydrodynamique	8 9
	4.	DEPOLLUTION	10
		4.1. Dépollution du sol4.2. Dépollution des nappes	10 13
	5.	TYPES DE POMPAGE	17
		5.1. Système à une seule pompe5.2. Système à deux pompes5.3. Recommandations	17 18 23
	6.	TRAITEMENT ET REJET DES LIQUIDES POMPES	25
		6.1. Traitement de l'hydrocarbure6.2. Traitement des mélanges huile dans l'eau6.3. Traitement de l'eau	25 25 26
		o.s. Traftement de t eau	20
I I -	AN	ALYSE DES FICHES ET COMMENTAIRES	28
	1.	RESULTATS STATISTIQUES	28
		1.1. Type d'accidents ou incidents	28
		1.2. Volumes estimés ou mesurés des fuites	28
		1.3. Nature des terrains concernés	28
		1.4. Durée des opérations de dépollution ou de récupération d'hydrocarbures	29

p	ages
2. NATURE DES ACCIDENTS	29
3. METHODOLOGIE D'INTERVENTION	30
4. TECHNOLOGIE4.1. Dépollution des eaux4.2. Dépollution du sol	31 31 32
5. MATERIEL UTILISE	32
6. COUT DES OPERATIONS	32
III - EXEMPLES D'EXPÉRIENCES DE DÉPOLLUTION RÉALISÉES	35
3.1. en FRANCE (fiches techniques n° 1 à 23)	35
3.2. à l'ETRANGER (fiches techniques n° 24 à 43)	168
IV - CONCLUSIONS	272
BIBLIOGRAPHIE	274

* *

INTRODUCTION

Le déversement accidentel d'hydrocarbures (fuites, accidents, dépôts clandestins de résidus pétroliers) constitue un risque important pour la qualité des eaux, et notamment l'altération de la qualité des eaux souterraines.

De très faibles concentrations suffisent en effet à rendre l'eau impropre à la consommation et à provoquer une contamination persistante.

On peut affirmer qu'actuellement aucune solution réellement ou totalement satisfaisante n'a encore été trouvée pour dépolluer une nappe et la protection des captages se fait essentiellement par confinement de la pollution par des méthodes nécessitant des dispositifs permanents souvent fort onéreux et n'offrant pas toujours toute garantie.

La présente étude, confiée en 1983 au B.R.G.M. par le Secrétariat d'Etat à l'Environnement dans le cadre du programme "Protection des eaux souterraines", a pour but de faire le point acquis en matière de dépollution des nappes d'eau contaminées par des hydrocarbures ou des substances similaires nocives et toxiques pour la santé publique.

Ce travail documentaire a été réalisé à partir de l'analyse de cas concrets et de comptes rendus d'expériences de dépollution réalisées ces dernières années en France et dans le Monde, afin de mettre en valeur les méthodes de dépollution donnant les meilleurs résultats et susceptibles d'être développées.

Des contacts ont été pris avec divers organismes ou bureaux d'études français compétents dans ce domaine : l'Institut de Mécanique des Fluides (M. ZILLIOX), le Bureau de recherches en géologie appliquée (M. BERAUD), l'Institut français du pétrole (IFP), le Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (CEDRE) que nous tenons ici à remercier pour leurs conseils ou la documentation fournie.

Ainsi parmi une abondante documentation, 43 cas ou expériences nous ont paru particulièrement intéressants (23 en France, 20 à l'étranger) et ont été retenus pour une description analytique détaillée dans le présent rapport (cf. chapitre II).

`

I - DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR LES HYDROCARBURES

1. MECANISMES DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

L'hydrocarbure déversé à la surface du sol va s'épandre en surface et s'infiltrer en profondeur. La profondeur de pénétration dépend de la nature du sol, du type et de la quantité d'hydrocarbure.

L'huile (pétrole brut) qui pénètre dans le sol va se déplacer vers le bas sous l'influence de la gravité et de la capillarité. La vitesse d'infiltration est liée à la viscosité du produit et à la porosité du sol.

Dans un terrain perméable, l'infiltration est surtout verticale et due à la gravité ; dans un terrain moins perméable, les forces capillaires jouent un rôle plus important et la pénétration horizontale augmente.

On donne quelques valeurs de la rétention d'huiles dans les sols poreux :

Sol	R = Capacité de rétention d'huiles l/m ³
Galets, graviers	5
Graviers, sables grossiers	В
Sable grossier, sable moyen	15
Sable moyen, sable fin	25
Sable fin, silt	40

- Migration à la surface de la nappe

L'huile qui atteint la surface de la nappe peut s'étaler sur la nappe. L'huile se répand dans la frange capillaire. Cette "galette" d'huile se déplace latéralement dans la même direction que l'eau souterraine. L'extension de la migration peut être évaluée par modèle mathématique.

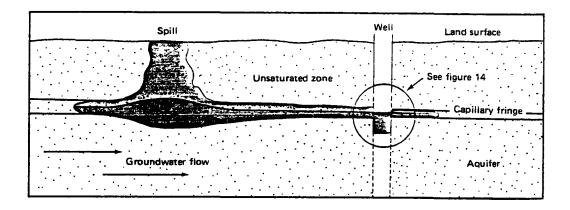


Fig. 1 - Prograpation de l'hydrocarbure à la surface de la nappe (CONCAWE 3/79)

La formule suivante permet de calculer approximativement l'extension maximale de l'huile à la surface de la nappe :

$$S = \frac{1000 \text{ V} - \text{A} \times \text{R} \times \text{d} \times \text{k}}{\text{F}}$$

S = extension maximale de l'huile à la surface de la nappe, en m^2

V = volume d'huile infiltré, en m³

A = superficie de l'infiltration, en surface, en m^2

R = capacité de rétention du sol au-dessus de la nappe, en $1/m^3$

d = profondeur jusqu'à la nappe, en m

F = huile contenue au-dessus de la frange capillaire, en $1/m^2$ (mm)

k = facteur de correction pour différentes viscosités

k = 0,5 (produits peu visqueux ex : essence)

k = 1,0 (kérosène, gasoil)

k = 2 (huiles plus visqueuses)

De plus, il faut considérer que des fluctuations de la surface de la nappe mettent en contact l'huile avec des zones de sol qui ne l'étaient pas et diminuent le volume libre d'huile (fig. 2).

D'autre part, l'épaisseur d'huile à la surface de la nappe n'est pas la même que celle qui est mesurée dans le puits (fig. 3) ainsi que l'ont montré et observé de nombreux auteurs (CONCAWE, 3/79).

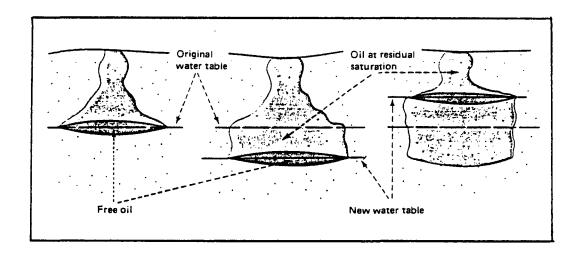
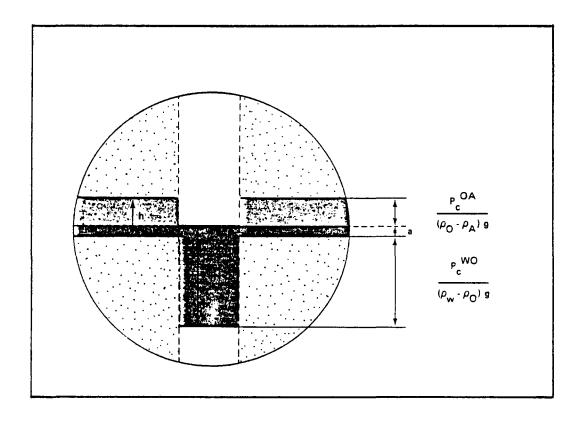


Fig. 2 - Contamination du sol due aux fluctuations de la surface libre (CONCAWE 3/79)



<u>Fig. 3</u> - Epaisseur d'huile dans un forage et dans la formation adjacente (CONCAWE 3/79)

- Migration à l'intérieur de la nappe

Le mouvement des hydrocarbures dissous dans l'aquifère dépend de l'environnement hydrogéologique. Plusieurs cas peuvent se présenter :

- L'huile libre n'atteint pas la surface de la nappe, mais l'eau qui percole dans le sol dissout certains composants de l'huile dans la zone non saturée et les transporte dans la nappe.
- Le corps de l'huile pénètre dans la mappe et l'huile se dissout.
- Suite à une variation du niveau piézométrique, une partie de l'huile reste dans la zone de saturation.

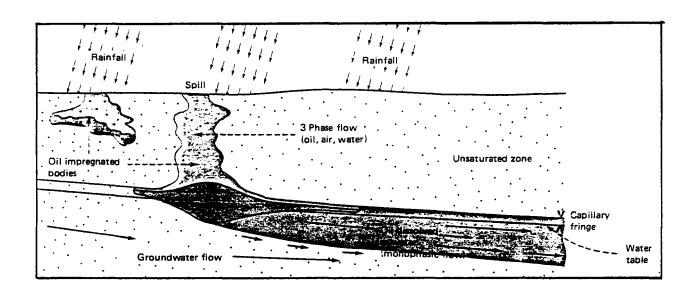


Fig. 4 - Mécanismes du transport de l'huile après déversement (CONCAWE 3/79)

2. ETUDE ET RECONNAISSANCE DE LA POLLUTION

2.1. Evaluation de la zone accidentée

La manière d'évaluer un accident est fonction des conditions du site ; une méthodologie générale est difficile.

En général, la première chose à faire est de localiser et d'éliminer la source de contamination. Souvent elle est proche de l'endroit où le produit est détecté, sauf si le produit a eu le temps de migrer pendant des années avant d'être détecté.

Une étude de terrain doit permettre de localiser les réservoirs ou les sources potentielles de pollution, en même temps que les puits à partir desquels on peut déterminer le gradient d'écoulement.

2.2. Conception des puits de contrôle

La disposition de la partie crépinée est importante. Des crépines doivent être mises en place à partir de la surface de la nappe, en tenant compte des variations saisonnières de niveau, et sur une hauteur correspondant aux premiers mètres de cette nappe. On devra employer des matériaux résistant aux hydrocarbures. La taille des puits dépend de leur utilisation ; s'il s'agit d'échantillonner, de mesurer des niveaux, un diamètre de 5 cm suffit ; s'il faut pomper pour récupérer le produit, ils doivent être plus grands.

2.3. Mise en place des puits

Les puits seront implantés au départ, là où la contamination a été détectée, puis en amont pour délimiter la source de contamination.

De plus, il faut mettre des puits à la périphérie de la zone accidentée pour contrôler la migration du produit.

Il faut surveiller les variations du niveau du liquide et déterminer les gradients.

2.4. Echantillonnage et détection du produit

Quand des quantités importantes d'huile existent à la surface de la nappe, l'épaisseur peut être mesurée avec un ruban en acier, avec des pâtes à eau-huile, ou avec des sondes de mesure de résistivité. Il faut enregistrer le niveau de la surface de liquide et l'interface huile-eau pour pouvoir évaluer la forme de la lentille d'hydrocarbure et les voies possibles de migration. S'il n'y a pas accumulation de produit en surface, la présence d'hydrocarbure dans l'eau peut être détectée à l'odeur.

On prélèvera des échantillons à la fois pour déterminer la nature de l'hydrocarbure et sa concentration dans l'eau.

La solubilité de l'hydrocarbure dépend du type de produit ; celle de l'essence est comprise entre 20 et 80 mg/l. Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons en verre, et la bouteille ne doit être remplie que partiellement pour permettre l'extraction totale de l'échantillon si nécessaire. Il faut au moins un litre par échantillon. Si l'analyse n'est pas possible le jour même, il faut le traiter pour empêcher la dégradation biologique, en acidifiant à pH 2 ou moins par HCl ou H_2SO_4 .

L'identification du produit peut être difficile en raison d'altérations, et doit être faite par une personne expérimentée.

3. PREVENTION DE LA PROPAGATION DE LA POLLUTION DANS LES NAPPES

3.1. Mise en place d'un mur

La paroi a pour but d'établir une barrière sous la surface de la nappe, à travers de laquelle l'huile ou l'eau contaminée ne peut passer.

La solution idéale est d'ancrer la paroi dans le substratum imperméable (fig. 5) : dans ce cas on évite la propagation à la fois de l'huile libre à la surface de la nappe et de l'huile dissoute dans la nappe.

On maintient une légère dépression de la surface de la nappe en pompant, pour éviter toute fuite vers l'extérieur.

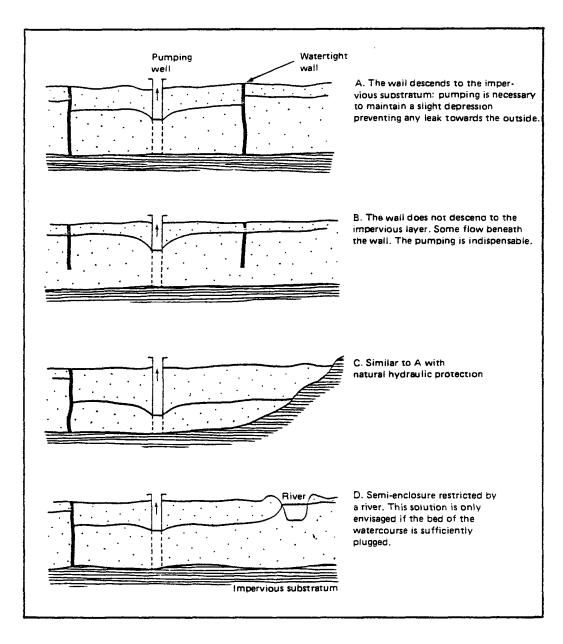


Fig. 5 - Mur vertical

Une paroi n'est par conséquent satisfaisante que si elle est associée à un contrôle hydrodynamique de l'écoulement. L'utilisation d'un tel mur est selon CONCAWE (3/79), non économique, peu pratique; cela ne fait que compliquer les méthodes de traitement qui reposent sur le contrôle hydrodynamique.

3.2. Protection hydrodynamique

Le principe de cette méthode est de modifier le sens de l'écoulement de manière à amener l'huile ou l'eau contaminée vers un point de contrôle spécifique. Le succès de la méthode est lié au maintien d'un gradient artificiel à la surface de la nappe (fig. 6).

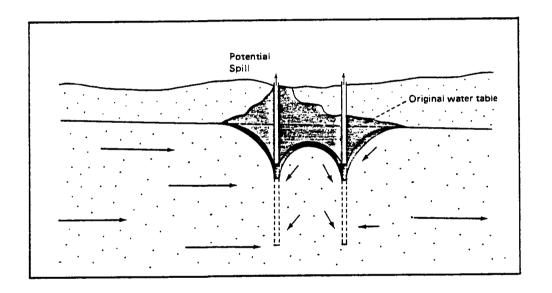


Fig. 6 - Protection hydrodynamique (CONCAWE 3/79)

L'huile libre se déplacera vers le fond du cône de dépression où elle pourra être récupérée.

L'efficacité des mesures mises en place sera vérifiée soit par un réseau de piézomètres, enregistrant les variations de niveau de la nappe, soit par des puits dans lesquels la détection d'hydrocarbures est effectuée par analyse chimique, ou par l'odeur et le goût.

4. DEPOLLUTION

4.1. Dépollution du sol

Le sol dans lequel l'hydrocarbure s'est infiltré peut être traité de différentes manières par :

- une remise en état in situ basée sur des procédés de biodégration,
- le prélèvement et la mise en décharge,
- le lavage et la récupération de l'hydrocarbure dans la nappe.

4.1.1. Régénération du sol

Les bactéries qui dégradent les hydrocarbures sont présentes normalement. Le déversement d'hydrocarbures va leur permettre de se multiplier, ceci étant dû à la mise à leur disposition d'éléments nutritifs et d'oxygène. Après déversement de la plupart des hydrocarbures, les bactéries aérobies peuvent réhabiliter le sol dans un délai de 1 à 4 ans selon la nature du sol, la quantité d' \mathbb{O}_2 et d'éléments nutritifs et la température ambiante.

Une dégradation anaérobie peut se produire en l'absence d' \mathbb{O}_2 , mais à une vitesse négligeable.

En climats européens, la restauration du sol se fait toujours : le problème est d'accélérer le processus.

Les méthodes de régénération in situ consistent en aération, dilution de l'hydrocarbure, fertilisation.

L'aération peut se faire par le labour, le but étant d'amener l'hydrocarbure près de la surface pour permettre l'évaporation et l'accès de l' \mathbb{O}_2 . Ce traitement est bénéfique surtout par temps chaud.

BÖLSING (1972) propose de traiter le sol avec de la chaux spécialement préparée. Au cours de l'hydratation du sol, qui suit, la surface de la chaux augmente et l'huile est non seulement répartie sur une surface plus grande, mais elle est aussi fixée. Elle devient moins mobile.

Pour que les bactéries agissent plus efficacement, il faut aérer le sol par labourage.

Si la couche non-saturée est enlevée, on laissera les couches sousjacentes, ouvertes, aussi longtemps que possible avant de mettre en place une couverture de sol propre.

Les procédés de régénération doivent être appliqués jusqu'à ce que la concentration des hydrocarbures tombe à 500-1000 mg/kg. La vitesse de transformation de l'hydrocarbure dépend d'éléments tels que N, P et K. On corrige l'équilibre en appliquant un engrais minéral à N, P, K. Sur sols argileux ou sols à déficit de Ca, on peut aussi appliquer de la chaux. Les matériaux organiques ayant un rapport C/N élevé (paille, feuilles) sont à proscrire : ils aggravent l'excès de "fuel" biologique.

La première application de fertilisant doit être faite immédiatement pour donner un rapport de 1 partie d'azote pour 10 parties de carbone. Des analyses de sol effectuées tous les six mois permettent de détecter les déficiences.

Les bactéries existant naturellement, s'adaptent à leur nouveau régime en deux semaines. La dégradation biologique d'un hydrocarbure est un processus à long terme, et au début il n'est pas justifié d'ensemencer avec des bactéries spéciales. Cependant, s'il était possible de les développer, cela éviterait le fertilisant.

Selon l'époque de la contamination par des hydrocarbures, il peut être utile d'activer la microflore du sol en améliorant localement les conditions climatiques, par exemple en hiver par l'utilisation d'un film en matière plastique noire qui élève la température du sol et qui favorisera le démarrage de la microflore (GATELIER et al.).

Une fois les fractions pétrolières les plus inhibitrices éliminées par voie microbiologique ou par évaporation, l'établissement d'une couverture végétale, par exemple une légumineuse fixatrice d'azote, doit maintenir la dégradation microbienne des hydrocarbures à un niveau plus actif que sur un sol nu (GATELIER et al.).

L'épuration in situ est moins coûteuse que les autres solutions.

4.1.2. Enlèvement du sol

L'extraction du sol et son remplacement par un sol propre est une opération coûteuse. Elle ne se justifie que pour de petites quantités de sol.

Les quelques centimètres de sol saturé en hydrocarbures sont enlevés à l'aide de bulldozers. On peut éliminer jusqu'à 50 cm de sol. Le sol prélevé devra être stocké sur une feuille plastique étanche. L'hydrocarbure sera piégé, en ajoutant un adsorbant. Le sous-sol reste exposé à l'air le plus longtemps possible et traité comme dans le § 2.1.

L'excavation du sous-sol ne se fera que si l'on est à proximité d'un puits d'alimentation en eau potable, qu'il faut protéger. Il faudra cependant prendre des précautions pour ne pas endommager les fondations, câbles, etc., et éviter des explosions possibles. Ces travaux ne sont donc à entreprendre que si les essais à l'explosimètre sont satisfaisants.

On peut aussi laver le sous-sol pour déplacer l'hydrocarbure en direction de la nappe. Ceci est associé à un procédé de récupération dans la nappe.

4.1.3. Lavage du sol

La capacité résiduelle du sol en hydrocarbure dépend de la teneur en eau : elle sera faible dans un sol ayant une teneur en eau importante.

Les techniques de lavage consistent à remplacer une partie de l'hydrocarbure du sol par de l'eau. L'hydrocarbure est déplacé vers l'entonnoir de collecte qui se crée à la surface de la nappe. L'eau et l'hydrocarbure sont récupérés et séparés. L'eau est recyclée ou bien on amène de l'eau fraîche. Le volume appliqué ne doit pas dépasser la capacité de la pompe ; on devra donc trouver un équilibre.

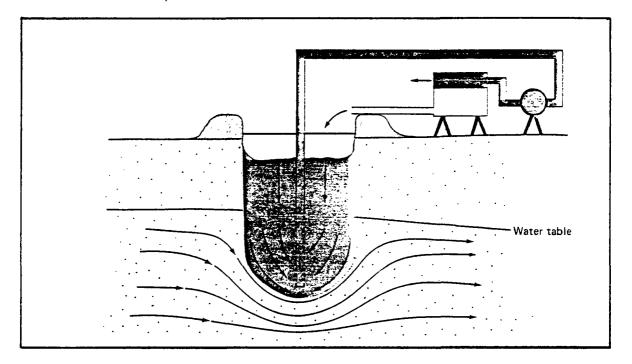


Fig. 7 - Lessivage de l'huile à travers la zone non-saturée (CONCAWE 7/81)

4.2. Dépollution des nappes

Le système de récupération sera fonction du site. D'autre part, il dépendra des conditions hydrogéologiques, de l'étendue et du volume du déversement et de ses conséquences immédiates ou potentielles.

4.2.1. Les tranchées

Les déversements de faible importance rencontrant une nappe peu profonde (moins de 3 m) ou une barrière à la migration verticale, peuvent être interceptés par tranchée ou drain.

Le matériel nécessaire n'est pas compliqué et peut être installé rapidement.

Les facteurs suivants doivent être considérés :

- 1) la tranchée doit couper toute la largeur du déversement, donc elle doit être limitée.
- 2) par suite de l'instabilité du sol, du volume de matériau à déplacer, la profondeur de la tranchée est en général limitée à 1,80 m à 2,50 m,
- 3) l'écrémage ou le pompage du produit doit être continu pour éviter l'accumulation et la migration du produit aux extrémités de la tranchée.

Une fois l'excavation faite, une barrière imperméable doit être installée sur une face de la tranchée pour stopper la migration du produit flotant mais permettre à l'eau de passer dessous. La tranchée peut rester ouverte, et des systèmes d'écrémage peuvent être utilisés pour récupérer le produit flottant.

Il est possible aussi de combler la tranchée avec un matériau poreux et d'installer un drain ou un puits de grand diamètre. L'avantage du système à écrémage est que les quantités d'eau à rejeter sont moindres. Par contre l'opération est longue car le système repose principalement sur le gradient naturel pour le déplacement de l'huile jusqu'à la tranchée. Le pompage dans les tranchées crée un gradient et l'opération est plus rapide. Les volumes d'eau à rejeter sont plus importants (fig. 1 et 2).

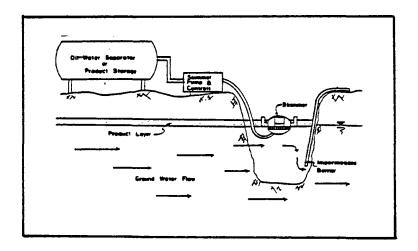


Fig. 8 - Tranchée utilisant une pompe à écrémer (d'après BLAKE et LEWIS)

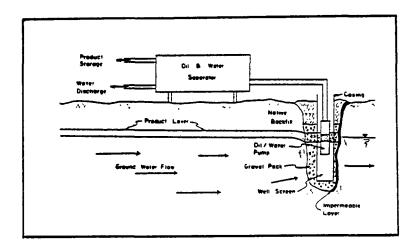


Fig. 9 - Tranchée utilisant un puits de récupération et une seule pompe (d'après BLAKE et LEWIS)

4.2.2. Les puits de récupération

Lorsque l'on pratique un pompage dans un forage, il se forme un cône de dépression dont l'axe est le forage. L'hydrocarbure libre à la surface piézométrique s'écoule en direction du fond du cône où la couche d'hydrocarbure s'épaissit et peut être éliminée. Le succès de la méthode dépend du maintien du gradient artificiel à la surface de la nappe.

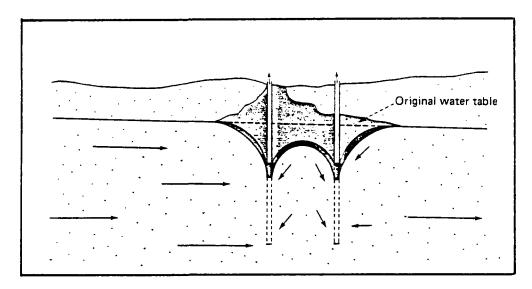


Fig. 10 - Migration de l'hydrocarbure vers le cône de dépression (CONCAWE 7/81)

S'ils sont bien conçus, les puits de récupération sont plus efficaces et agissent plus rapidement que les tranchées. Le puits doit être conçu pour une efficacité maximale, tout en évitant le pompage de sable. Le taux de récupération du produit est directement lié à l'efficacité du puits de pompage. La longueur des crépines est un peu plus grande que dans les puits standard. Si la partie crépinée est placée à une trop grande profondeur, et que le rabattement n'est pas suffisant pour rabattre la nappe jusqu'à la partie crépinée, les hydrocarbures lents, flottants n'entreront pas dans le puits. Le type et la taille des crépines ont également une importance. On recommande un système fournissant un pourcentage maximal de surface ouverte. Plus la surface crépinée sera longue, moins vite il sera nécessaire de nettoyer et redévelopper le puits en cas de colmatage.

La taille du tubage et de la crépine dépendront de l'équipement utilisé pour le pompage. Dans les systèmes à une seule pompe la taille minimale est de 150 mm, et dans les systèmes à deux pompes, il faut un diamètre minimum de 250 mm.

La mise en opération du puits est très importante pour les résultats finaux. Le cône de dépression doit être ajusté de façon à ce qu'il soit juste suffisant pour récupérer le produit.

Il n'est pas nécessaire de pomper l'eau à des débits accélérés sous prétexte d'augmenter le gradient vers le puits de pompage. Un rabattement excessif obligera l'huile à se déplacer dans une épaisseur de sol plus grande. Quand le produit migrera dans le sol non saturé, une partie devient pelliculaire et ne sera pas récupérable. La quantité d'hydrocarbure retenue dans la matrice de l'aquifère dépendra du type de produit et des propriétés de l'aquifère.

Dans le cas de pollution étendue, PELIKAN recommande l'utilisation d'une ou plusieurs rangées de puits perpendiculaires à la direction d'écoulement de l'eau souterraine.

La dépression formée lors du pompage dans les puits doit être continue et maintenue sur toute la bande polluée. Les distances entre les puits doivent être calculées de telle sorte que les cônes de dépression qui se forment se recouvrent pour 1/4 ou 1/3 ; de cette manière, si l'un des puits est déficient, la dépression est assurée par les puits voisins.

Les puits de pompage doivent être forés jusqu'à la roche imperméable, de sorte qu'une dépression suffisante puisse être assurée dans toutes les positions, avec une variation possible de perméabilité.

5. TYPES DE POMPAGE

La sélection du système de pompage dépendra des conditions hydrogéologiques, du matériel disponible, du volume déversé. On distingue :

- 1) Système à une pompe et un seul puits,
- 2) Une seule pompe avec plusieurs puits.
- 3) Système à deux pompes et deux puits.
- 4) Système à deux pompes et un puits.

5.1. Système à une seule pompe

Les systèmes à une pompe et un seul puits ont plusieurs avantages. Ils sont moins coûteux à construire que les puits à deux pompes. Un simple flotteur permet de vérifier que le niveau est maintenu proche de la pompe. Les diamètres de puits sont aussi plus petits. Par contre, ils présentent aussi des inconvénients. Il faut séparer le produit mélangé à l'eau, en surface. L'agitation du produit peut l'émulsifier et rendre la séparation avec l'eau, difficile. On peut aboutir à une augmentation des composés d'hydrocarbures solubles retenus dans l'eau. Ces désavantages font qu'ils sont moins intéressants que les systèmes à deux pompes.

Ils peuvent être utilisés en liaison avec les tranchées et quand un rabattement important de la nappe ne s'impose pas.

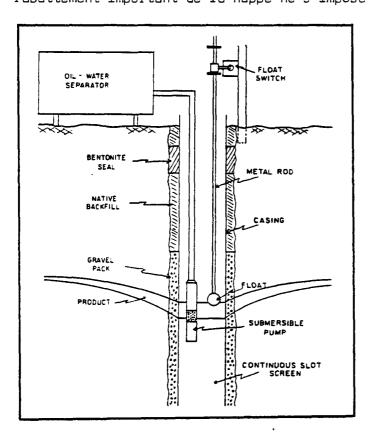


Fig. 11

Schéma du système à une pompe utilisant une pompe immersible et un flotteur de contrôle

(d'après BLAKE et LEWIS)

Les systèmes à une seule pompe, avec plusieurs puits ont les mêmes problèmes, mais dans les formations peu perméables, cela peut être la seule solution possible.

Il est possible de construire dans un premier temps, un puits à une seule pompe et de le dimensionner de façon à ce que dans un deuxième temps il puisse être aménagé de manière plus complexe.

5.2. Système à deux pompes

5.2.1. Deux pompes et deux puits

Les systèmes à deux pompes avec deux puits sont utilisés quand il existe sur le site un puits de diamètre trop faible pour pouvoir y placer deux pompes. Si un puits crépiné dans la partie inférieure de la nappe, existe, on peut installer un autre puits de faible diamètre crépiné dans la partie supérieure de la nappe (fig. 12).

L'eau est pompée dans la partie inférieure de la nappe et le produit accumulé est écrémé dans l'autre puits. Il est nécessaire dans ce cas d'installer des contrôles électroniques dans le puits à eau de manière à court-circuiter la pompe à eau si l'accumulation d'hydrocarbure est trop grande ou si la pompe à hydrocarbure tombe en panne.

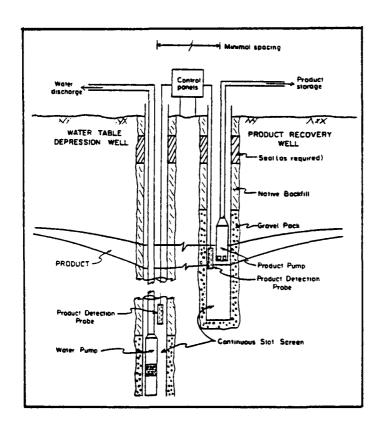


Fig. 12
Schéma du système à deux pompes utilisant deux puits de faible diamètre

(d'après BLAKE et LEWIS)

5.2.2. Deux pompes dans un seul puits

Le système le meilleur est le système à deux pompes dans un seul puits. La pompe à eau est placée près du fond du puits et le cône de dépression est formé avec un débit contrôlé. La pompe à hydrocarbure suspendue à un câble est placée au-dessus de la pompe à eau et ajustée de sorte que le prélèvement soit fait à l'interface huile-eau. Des contrôles automatiques déclenchent la pompe à hydrocarbure quand le produit s'accumule. Des contrôles sont placés aussi près que possible près de la pompe à eau pour arrêter la pompe au cas où le produit s'accumulerait dans le puits et arriverait au niveau de l'entrée d'eau.

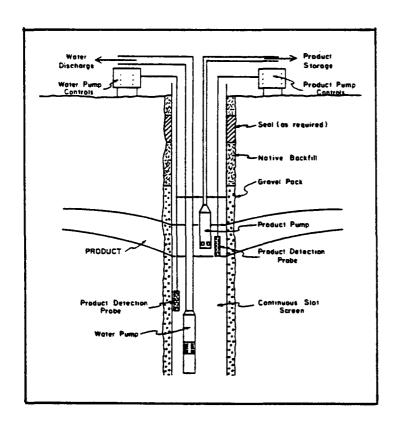


Fig. 13
Schéma du système à deux pompes et un seul puits
(d'après BLAKE et LEWIS)

Ce système sophistiqué est décrit par BLAKE et a été utilisé avec succès aux Etats-Unis, en particulier par YANIGA.

Il existe des systèmes plus simples dans lesquels l'hydrocarbure qui s'accumule dans le puits est éliminé par un écrémeur tel que courroie ou câble à adsorption, ou un dispositif flottant. La fig. 14 montre un puits dans lequel une courroie entraîne un rouleau placé sous la couche d'huile et un autre placé à la tête du forage. La courroie est en textile ou en acier.

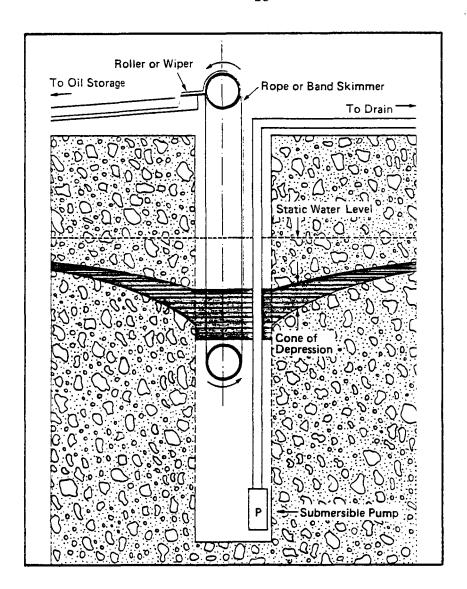


Fig. 14 - Récupération de l'hydrocarbure par une courroie à écumer

(CONCAWE 7/81)

Ce type de puits à deux pompes peut être perfectionné en incorporant à l'intérieur du forage, un autre puits qui descend presque jusqu'au fond du tubage externe (fig. 15).

Ceci évite à l'huile d'être entraînée dans la pompe à eau, et d'autre part cette solution permet au forage d'être moins profond que les forages précédemment décrits, quoique le diamètre doive être plus grand.

La pompe à éliminer les hydrocarbures marche de façon intermittente ; la pompe à eau fonctionnera en continu au début de l'opération, mais pourra fonctionner par intermittence dans un stade ultérieur. Les opérations de pompage sont nécessaires pendant plusieurs mois, voire plusieurs années.

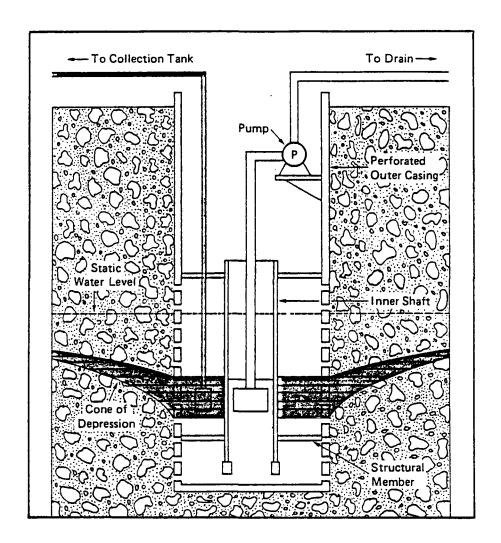


Fig. 15 - Double puits (CONCAWE 7/81)

Le taux de récupération des hydrocarbures est élevé au début ; il diminue au fur et à mesure que le sous-sol est drainé jusqu'à la saturation résiduelle en hydrocarbure. On peut alors faire appel à des techniques de lavage pour accélérer le processus.

STEGEMANN décrit également un système combiné de puits et d'une chambre de séparation. Dans ce cas, on pompe le mélange huile-eau qui est ramené dans un puits voisin où huile et eau sont séparées.

Citons aussi le type de puits construit en Tchécoslovaquie, par PELIKAN: ce puits comporte un cylindre collecteur fermé à la base. Les hydrocarbures tombent dans ce cylindre et sont évacués par un tube d'aspiration relié à la pompe à hydrocarbures. Ce cylindre peut se déplacer pour être localisé au niveau de la couche d'huile (fig. 16).

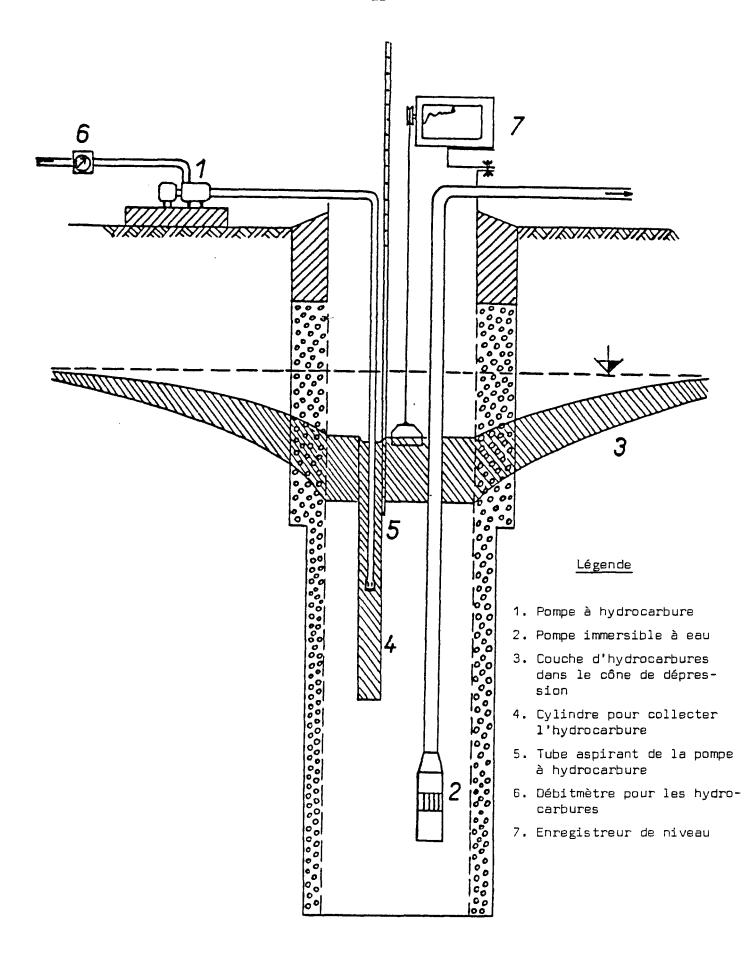


Fig. 16 (d'après PELIKAN)

Le système à deux pompes dans un seul puits présente de nombreux avantages.

L'hydrocarbure et l'eau sont séparés dans le puits et un séparateur n'est pas nécessaire en surface. L'hydrocarbure peut dans certains cas être revendu sans traitement. Les risques d'augmentation d'hydrocarbures dissous dans l'eau sont moindres, car eau et hydrocarbure ne sont pas mélangés au départ. Le système est complètement automatique et peut fonctionner en continu, augmentant de ce fait l'efficacité et la vitesse de récupération.

Ce système présente cependant quelques inconvénients : il nécessite un puits de plus grand diamètre. Il est plus onéreux en raison des contrôles électriques. Si l'on utilise des sondes à résistivité pour détecter le produit, il faut les nettoyer de temps à autre, surtout lorsqu'il s'agit d'hydrocarbures lourds. Les différentes parties électroniques et automatiques risquent de tomber en panne. Il est nécessaire de contrôler l'ensemble du système au moins une fois par semaine.

De plus, il est indispensable de mettre en place les deux pompes avec un soin extrême. Le débit de pompage de l'eau et la localisation de la pompe à hydrocarbure doivent être ajustés de telle sorte que l'interface eau-huile soit maintenu à un niveau constant. Il est donc nécessaire de contrôler la stabilisation dans le puits.

Ce système est réservé à un personnel expérimenté.

5.3. Recommandations

5.3.1. Matériel utilisé

Le matériel doit être choisi de telle sorte qu'il soit compatible avec le produit à récupérer. Il faut laisser aux spécialistes le soin de choisir et installer le système de récupération de l'hydrocarbure.

Pour le choix de la pompe à eau, quelques critères entrent en jeu :

- toutes les parties en contact avec l'eau doivent être résistantes aux hydrocarbures, même dans le cas d'un système à deux pompes, car des hydrocarbures dissous peuvent faire fondre les parties non résistantes,

- s'il s'agit d'une pompe immersible, les tuyaux doivent aussi être résistants aux hydrocarbures,
- les revêtements électriques seront en téflon.

Les mêmes recommandations s'appliquent aux pompes à hydrocarbures, qui doivent être aussi non explosives. La compatibilité avec la viscosité du produit doit être étudiée sérieusement.

L'Institut de Géologie de l'Ingénieur de Brno en Tchécoslovaquie a mis au point des crépines en polypropylène qui semblent très satisfaisantes.

5.3.2. Sécurité

Toutes les précautions de sécurité doivent être prises pour minimiser la possibilité de feu ou d'explosion.

Avant tout travail de forage, il faut s'assurer de ne pas heurter de conduites souterraines.

Pendant le forage, une partie des hydrocarbures est remontée vers la surface ce qui peut présenter un danger : on éloignera toute source de chaleur, et tout ce qui peut enflammer les vapeurs.

Il faut éviter le forage par rotary à air car l'injection d'air dans l'hydrocarbure peut produire un mélange inflammable. Pendant le phase de développement du puits, on vérifiera la présence de vapeurs inflammables.

6. TRAITEMENT ET REJET DES LIQUIDES POMPES

Les liquides pompés provenant des puits de récupération seront soit de l'huile, soit un mélange huile-eau. L'eau pompée sera soit dépourvue d'huile, soit contiendra des hydrocarbures dissous. Il peut se faire qu'il y ait une émulsification après pompage.

6.1. Traitement de l'hydrocarbure

Si le système comprend un écumeur d'huile, l'huile peut être récupérée sous une forme relativement propre et réutilisable, et il faut simplement séparer l'eau résiduelle et filtrer.

6.2. Traitement des mélanges huile dans l'eau

L'eau pompée contenant des hydrocarbures doit passer dans des séparateurs temporaires, qui peuvent être soit des citernes, soit des fosses dans le sol. Un temps de résidence minimum de vingt minutes est nécessaire pour que l'huile et l'eau soient bien séparées. Un système simple comme celui de la figure 17 ne peut convenir que pour des débits n'excédant pas 600 1/j.

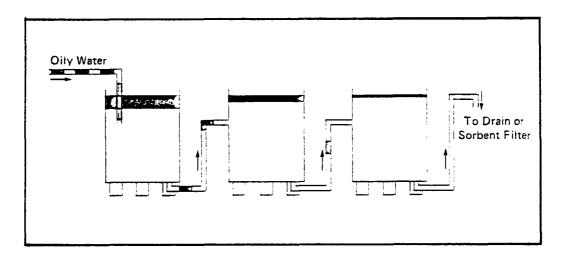


Fig. 17 - Système simple de séparateurs (CONCAWE 7/81)

Pour éliminer toute trace d'huile, l'eau peut passer sur des filtres adsorbants avant d'être rejetée.

6.3. Traitement de l'eau

L'eau récupérée dans la nappe peut contenir des hydrocarbures dissous et des produits provenant de la dégradation biochimique. Cette eau peut être mise en systèmes de surface dans lesquels elle sera diluée et éventuellement biodégradée ; si cette solution n'est pas possible, on peut la rejeter dans des égouts et la traiter.

On peut aussi traiter l'eau in situ. On peut par exemple faire passer l'eau dans une lagune située dans la zone d'influence d'un puits de récupération (fig. 18). L'eau polluée peut se déplacer vers le puits de récupération.

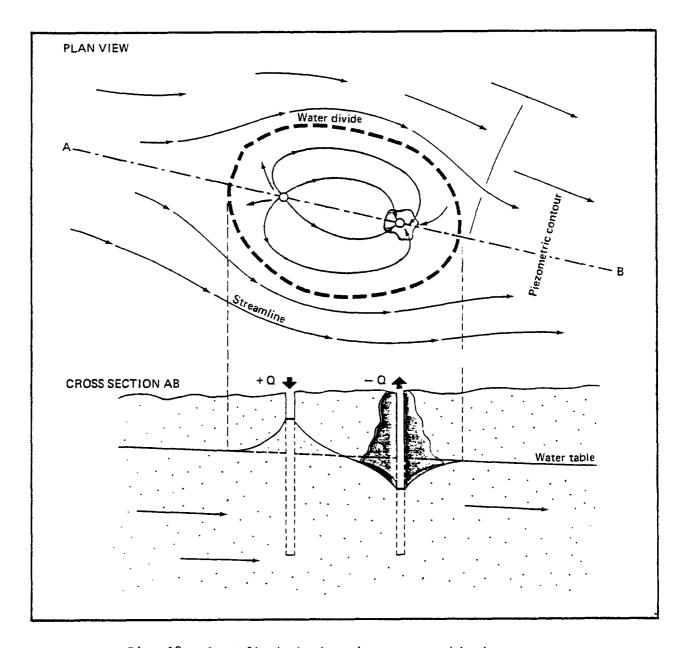


Fig. 18 - Contrôle hydrodynamique par combinaison de recharge et pompage (CONCAWE 7/81)

L'eau peut être recyclée jusqu'à ce que la biodégradation ramène la contamination à un niveau acceptable. Il ne faut pas perdre de vue cependant que si l'on fait repasser dans le sol l'eau contaminée par des traces d'hydrocarbures, on recycle les contaminants dissous dans l'eau, ce qui entraîne un ralentissement du processus de restauration. La dégradation des hydrocarbures est beaucoup plus rapide en bonnes conditions d'oxygénation.

Les méthodes de nettoyage de l'eau polluée par injection ont été utilisées dans le passé, mais sont à éviter. Elles consistaient à faire monter le niveau de la nappe pour amener l'huile à la surface, mais les forces dues à la différence de gravité de l'eau et de l'huile ne suffisent pas à amener l'huile à l'extérieur du sol, et même si c'était possible l'huile remontante polluerait le sol propre, ce qui est sans intérêt.

Selon CONCAWE 7/81, ces méthodes sont à rejeter.

II - ANALYSE DES FICHES ET COMMENTAIRES

Outre un commentaire sur les techniques de dépollution mises en oeuvre dans les différents cas relatés ici, l'examen de ces fiches appelle quelques remarques générales.

RESULTATS STATISTIQUES (nature des accidents, volume des pertes, durée des opérations)

1.1. Type d'accidents ou incidents

Nombre de cas	Fuites : cuves réservoirs oléoducs	Accidents (route - voie ferrée)	Incidents sur raffineries ou zones industrielles	Dépôts clandestins	?
France	9	3	3	1	7
Etranger	ranger 14		3	0	1

1.2. Volumes estimés ou mesurés des fuites

Volumes estimés de s fuites	1 à 10 m ³	10 à 50 m ³	50 à 100 m ³	100 à 500 m ³	500.à 1000 [.] m ³	>1 000 m ³	?
Nombre de cas France	2	4	1	3	3	1	9
Nombre de cas Etranger	2	2	0	3	1	5	7

1.3. Nature des terrains concernés

Nombre de cas	Alluvions	Craie calc. dolomie	Argile Sables		Grès	?
France	14	4	2	٥	0	3
Etranger	9	3	0	3	1	4

1.4. <u>Durée des opérations de dépollution ou de récupération</u> d'hydrocarbures

Nombre de cas	≼6 mois	6 mois à 1 an	1 à 2 ans	2 à 3 ans	3 à 5 ans	5 à 10 ans	> 10 ans	?
France	4	1	1	4	-	2	-	11
Etranger	2	1	1	3	-	3	1	9

2. NATURE DES ACCIDENTS

Les accidents sont de deux types :

- déversement accidentel d'un camion citerne lors d'un accident de la route,
- fuite dans un réservoir, dépôt, canalisation, raffinerie ou station service, rejet dans des carrières désaffectées.

Dans le premier cas, il s'agit bien d'un accident qu'il est difficile de prévoir et d'éviter. Par contre, les pollutions relevant du deuxième type, et qui sont la majorité dans les cas analysés, amènent à se poser quelques questions.

Une législation concernant les installations (réservoirs, conduites, etc.) existe en France*; à l'étranger elle existe certainement aussi : on peut se demander si elle est appliquée et si des contrôles sont faits régulièrement. La fiche concernant le cas de Mannheim par exemple, fait état de pollutions répétées dues apparemment à un mauvais état des installations ; ailleurs, comme à Niederhasli il s'agit d'ouverture malveillante de robinet ; à Abscon en France on voit des rejets de fond de cuve dans une carrière désaffectée.

Un seul article (voir article 504 joint en annexe) dans la législation française concerne la protection du sol et du sous-sol. En Europe et aux Etats-Unis, on peut supposer qu'une réglementation identique existe. Or si l'on analyse les cas étudiés, on constate que la plupart des dépôts, réservoirs, stockages sont implantés sur des terrains très perméables, milieux alluviaux la plupart du temps, ou milieux fissurés. Quelques cas français font état d'un soubassement étanche, mais dans les cas étrangers, il n'en est pas fait mention.

^{*} Règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides de 1ère et de 2ème classe. Arrêté du 9.11.1972.

Une des questions que l'on peut se poser est la suivante : la sitologie de ce type de dépôts ne devrait-elle pas être réglementée de façon plus rigoureuse, comme c'est le cas par exemple pour les déchets industriels. Il faudrait envisager une récupération possible des hydrocarbures, car la dépollution du sol n'est pas toujours plus aisée que la dépollution des nappes. Il faudrait imposer l'étanchéification du site de stockage.

3. METHODOLOGIE D'INTERVENTION

L'examen détaillé des cas sélectionnés met en évidence que les opérations de dépollution réussies sont en général celles pour lesquelles une méthodologie d'intervention, rigoureuse, a été utilisée. Il est tout à fait déconseillé d'intervenir de façon désordonnée. Les opérations ont intérêt à être conduites dans l'ordre suivant :

- Identifier avec certitude et localiser la fuite.
- Localiser et circonscrire très exactement la zone polluée : pollution du sous-sol, étendue de la couche d'huile sur la nappe et son épaisseur. Ceci sera nécessaire pour déterminer le cône de rabattement de la nappe et empêcher le déplacement de l'hydrocarbure.
 - On remarque à cet égard les études réalisées aux Etats-Unis, en Tchécoslovaquie ou en RFA où un soin très particulier est apporté à la délimitation précise de la zone polluée. Citons par exemple le cas de Raunheim en RFA pour lequel plus de 70 piézomètres de diamètre 150 mm ont été forés pour reconnaître l'extension de l'huile et du pyronaphte dissous.
- Identifier la nature des terrains compris entre la surface du sol et la nappe : ceci évite des erreurs telle que l'excavation d'un niveau argileux protégeant la nappe.
- Déterminer les caractéristiques de la nappe polluée, par des pompages d'essai par exemple. Il est notamment indispensable de connaître la direction d'écoulement des eaux souterraines.
- Mettre en place les dispositifs de récupération des hydrocarbures.
- Prévoir un système de séparation de l'eau et de l'huile et l'endroit de rejet de l'eau.
- Contrôler par des analyses sur prélèvements d'échantillons d'eau, la teneur en hydrocarbures pendant plusieurs années.

4. TECHNOLOGIE

4.1. Dépollution des eaux

- La récupération de l'hydrocarbure libre à la surface de la nappe est faite soit par tranchée (souvent utilisée en France, peu à l'étranger), soit par pompage dans un puits, ou une rangée de puits (cas en Tchécoslovaquie) ou un puits double (cas Raunheim RFA).

On constate que les résultats les meilleurs sont obtenus par les techniques de pompage. Ceci est particulièrement vrai en milieu poreux perméable, terrain alluvial, sableux ou graveleux. Quelques cas paraissent assez exemplaires de ce point de vue : Zitny Ostrov près de Bratislava en Tchécoslovaquie où deux rangées de 9 puits assurent une dépression permanente de la nappe et la récupération de l'hydrocarbure. C'est ainsi que 24 000 t ont été récupérés. L'efficacité de cette technique est mise en évidence également par YANIGA à Genesee County dans le Michigan, où de façon anonyme à Raunheim en RFA).

- L'utilisation de tranchées ne semble pas aussi efficace : c'est ce qui ressort de nombreux cas où elle est utilisée en France. En Allemagne, à Netphen où seule cette technique était utilisée, on observe plusieurs années après l'arrêt des opérations de dépollution, la réapparition d'hydrocarbure.

L'utilisation de cette technique est à réserver selon PELIKAN aux terrains peu perméables.

Il faut noter que dans le cas de pollution en terrain karstique, comme par exemple à Charmoille dans le Jura suisse, ou à Münnerstadt (RFA), l'inefficacité des techniques de pompage dans un puits pour récupérer l'hydrocarbure n'est pas, à notre avis, à imputer à la méthode, mais plutôt au fait que l'extension et la localisation de la pollution sont imprévisibles et difficiles à cerner dans ces terrains.

- La récupération des hydrocarbures dissous dans la nappe, est en général effectuée également par pompage. PELIKAN, en particulier dans le cas de pollution de Zitny Ostrov, effectue des dosages d'hydrocarbures dans l'eau pompée. Ces hydrocarbures sont extraits de l'eau ; cette extraction se fait en général par décantation. Une technique mise au point aux Etats-Unis exposée

par YANIGA dans le cas de Montgomery County, en Pennsylvanie, mérite de retenir l'attention, et est décrite dans la fiche relative à ce cas. La séparation eau-hydrocarbure se fait dans une tour de récupération par désessençage à l'air. Les résultats obtenus sont satisfaisants (cf. fiche n° 42).

4.2. Dépollution du sol

En ce qui concerne le sol, on note à l'examen des fiches, que dans quelques cas, le sol est enlevé et mis en décharge. Dans d'autres cas, en particulier dans le cas de sols limoneux, on laisse agir la biodégradation.

Quelques auteurs font appel au lessivage du sol quant le sol est perméable : c'est le cas à Russelheim par exemple, où le sol est lessivé avec une solution de détergent. L'émulsion huile-détergent est prélevée ensuite dans le puits de pompage. Ceci évite l'excavation du sol.

5. MATERIEL UTILISE

La réussite d'une opération de dépollution sera également fonction du matériel utilisé.

On note par exemple à Raunheim, qu'en raison de l'agressivité du pyronaphte envers les produits synthétiques, toutes les conduites d'arrivée et de départ des pompes sont en téflon, et que les coussinets des pompes sont en métal ou en téflon.

A noter aussi les crépines en polypropylène mises au point à Brno (Tchécoslovaquie).

Pour ce qui est des aménagements particuliers des puits de pompage et des pompes, on se reportera en particulier aux fiches concernant les cas de Genesee County USA, de Zitny Ostrov en Tchécoslovaquie (type de puits utilisé par PELIKAN), de Raunheim (système à deux pompes ou à trois pompes).

6. COUT DES OPERATIONS

On dispose de peu d'éléments. Dans le cas de dépollution à Raunheim, RFA, l'auteur indique un coût de 20 millions de marks (environ 60 millions de francs) pour une fuite estimée à 4000 m 3 .

A Niederhasli (Suisse), pour une perte d'environ 260 m³ de fuel en 1967, le coût total des travaux (hors étanchéification de l'aire de stockage) se monte à fin janvier 1980 à 1 million de francs.

En Tchécoslovaquie, PELIKAN, sans donner le coût de l'opération de dépollution, indique qu'il est compensé par le prix des 24 000 tonnes d'hydrocarbures récupérées.

A Bayonne (USA), le coût des installations de dépollution était d'environ 40 000 dollars (320 000 F).

En France, le coût global (études, travaux de protection et fonctionnement du dispositif) pour l'accident (fuite de 540 m^3) cité par J.F. BERAUD (fiche n° 23) s'est élevé à 2,5 millions de francs.

On constate que les opérations de dépollution sont très coûteuses, mais que celles qui sont réussies sont celles où les moyens investis sont importants.



- 34 - ANNEXE

Extrait de "Règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides de 1ère et 2ème classe". Arrêté du 9 novembre 1972

501.6 — Le réseau d'égouts des eaux polluées et les installations d'épuration doivent être maintenus en bon état de fonctionnement.

Article 502 - Qualité des effluents rejetés.

- 502.1 Les déversements et prélèvements de contrôle doivent satisfaire aux prescriptions réglementaires en vigueur.
- 502.2 Toutes dispositions doivent être prévues pour permettre d'effectuer les prélèvements et les contrôles des effluents liquides avant leur rejet.
- 502.3 Des contrôles de la qualité des eaux rejetées doivent être effectués périodiquement. Les résultats de ces contrôles doivent être consignés dans un registre.

Article 503 - Protection des cours d'eau et des plans d'eau.

Tout appontement ou ensemble d'appontements doit être équipé de dispositifs, tels que par exemple des barrages flottants, limitant l'épandage accidentel d'hydrocarbures. De tels dispositifs doivent être conçus de manière à permettre une évacuation rapide des navires et bateaux. De plus doit être constituée sur place une réserve de produits absorbants d'un volume suffisant.

Par ailleurs, l'extrémité des canalisations fixes de chargement ou de déchargement, côté appontement, doit être équipée de vannes à fermeture rapide.

Article 504 - Protection du sol et des eaux souterraines.

504.1 — Afin de prévenir toute pollution des eaux souterraines, notamment lorsque le dépôt est implanté à l'intérieur des périmètres de protection tels qu'ils sont définis à l'article 1 du décret nº 67-1093 du 15 décembre 1967, et dont les règlementations s'appliquent en tous cas, l'entraînement des hydrocarbures par les eaux de ruissellement et leur infiltration dans le sol doivent être strictement évités. A cet effet, les prescriptions suivantes doivent être respectées.

Les cuvettes de rétention à créer doivent être rendues étanches. A titre indicatif, l'une des techniques suivantes peut être mise en œuvre pour satisfaire à cette obligation :

- a) le sol peut être recouvert d'une couche d'argile compactée de U,50 m. d'épaisseur ou d'un revêtement bitumineux approprié;
- b) contre les effets d'un débordement accidentel d'hydrocarbures, on peut réaliser autour du réservoir un anneau de rétention étanche en béton, de 3 m. de largeur environ. Cet anneau de rétention est relié au réseau d'égouts des eaux polluées, au moyen d'une conduite, de manière à évacuer les effluents recueillis.
- 504.2 Lorsqu'il n'y a pas de risque de pollution des eaux souterraines et des eaux de surface (rivières...), la perméabilité du fond des cuvettes peut constituer un facteur de sécurité contre l'incendie et peut être admise.
- 504.3 Lorsque la présence de nappes d'eau souterraines nécessite une attention particulière, et qu'il s'agit d'un dépôt avec transvasement, quelle que soit sa capacité, ou d'un dépôt sans transvasement de capacité totale supérieure à 10 000 m³, un ou plusieurs puits de contrôle de la qualité des eaux doivent être judicieusement implantés, afin de permettre une surveillance efficace de l'eau des ces nappes.

Ces puits doivent autant que possible être situés à l'intérieur de l'enceinte des dépôts concernés.

En cas de pollution des eaux toutes dispositions doivent être prises pour faire cesser le trouble constaté.

- 504.4 Les autres emplacements que les cuvettes de rétention tels que stations de pompage d'hydrocarbures, postes de chargement, postes de déchargement, etc., où un écoulement accidentel d'hydrocarbures est à craindre, doivent comporterun sol étanche permettant de canaliser les fuites et les égouttures vers le réseau d'égouts ou les capacités visés à l'article 501.1.
- 504.5 Les réservoirs contenant des hydrocarbures liquides à l'exception des fuel-oils lourds, bitumes et graisses doivent être soumis à une visite intérieure décennale en vue de vérifier leur étanchéité.

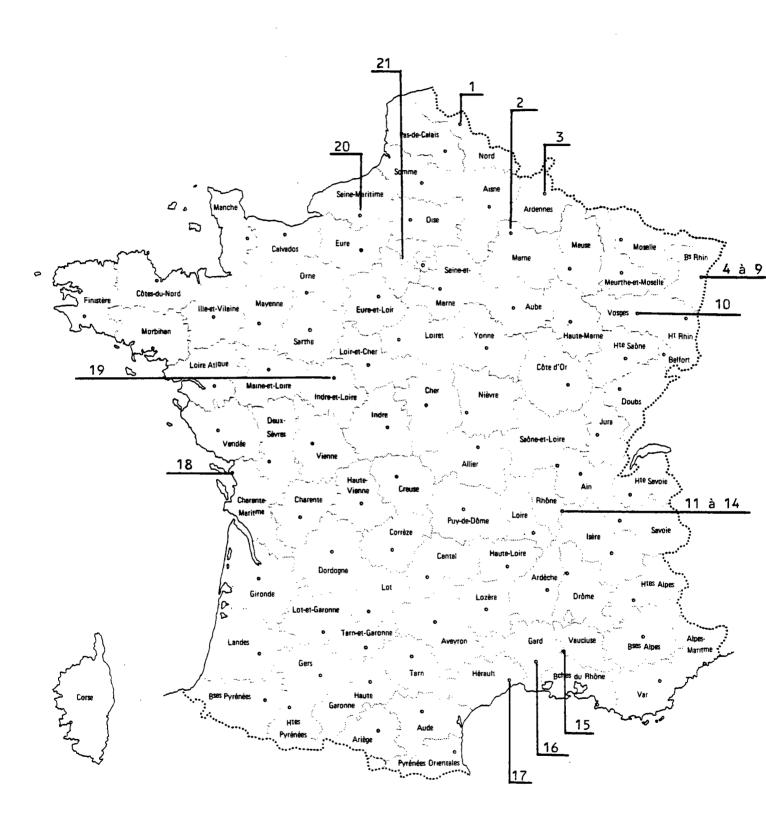
Cette prescription n'est pas applicable lorsque des dispositions techniques sont prises pour déceler toute fuite dans les fonds des réservoirs.

III - EXEMPLES D'EXPÉRIENCES DE DÉPOLLUTION RÉALISÉES

- 3.1. EN FRANCE
- 3.2. A L'ETRANGER

3.1. Expériences de dépollution réalisées en FRANCE

(Fiches techniques n° 1 à 23)



Légende

Localisation départementale des opérations relevées en France

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 1

1. AFFAIRE : Usinor - Denain - Dépollution de la carrière d'ABSCON

1.1. Documents consultés :

- 1 Dépôt de fuel lourd dans la carrière d'ABSCON (Nord). Etude de la migration des hydrocarbures dans la craie.
- 2 Dépollution de la carrière d'ABSCON (ancien dépôt de fuel lourd). Epandage des terres polluées par les hydrocarbures et contrôle de la dégradation biologique.

1.2. Auteurs:

- 1 P. CAULIER
- 2 P. DESGRANGES et P. CAULIER
- 1.3. <u>Origine</u>: BRGM SGR/Nord-Pas de Calais Nos : 1 76 SGN 129 NPC 2 80 SGN 690 NPC/MGA
- 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans

1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

- Doc. n° 1 : 1) Plan de situation du dépôt (1/5000).
 - 2) Plan de situation des trous réalisés à la pelle mécanique.
 - 3) Résultats d'analyses de terre et d'eau (graphique et tableau).
 - 4) Schéma du déplacement des hydrocarbures au contact de la nappe.
 - 5) Zonation des terrains pollués.
 - 6) Annexe 1 Résultats des analyses de terre (Ircha).
 - 7) Annexe 2 Résultats des analyses d'eau (Pasteur-Lille).

$\underline{\text{Doc. }}$ $\underline{\text{n}}^{\circ}$ 2 : 1) Plan de situation.

- 2) Plan d'implantation des sondages.
- 3) Evolution des hydrocarbures dans la couche 0-20 cm.
- 4) Evolution des hydrocarbures dans la couche 20cm 1 m.
- 5) Chromatogrammes des hydrocarbures saturés.

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : de 1965 à 1975
- 2.2. Département : Nord
- 2.3. Commune : Abscon
- 2.4. Coordonnées : X = 669,575 ; Y = 293,350 ; altitude du sol naturel : environ +48 m NGF.

- 2.5. Type d'installation affectée : Ancienne carrière de craie, d'une surface de 600 m². Ce trou est profond de 20 à 25 m.
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Des fonds de cuve de fuel lourd ont été déversés dans cette carrière pendant une dizaine d'années par la Société USINOR-DENAIN.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel lourd.
- 2.9. Type de pollution : L'étude de l'extension des terrains pollués a permis de constater: que les terrains étaient totalement ou partiellement imprégnés de façon visible sur environ 7 m tout autour du dépôt.

Que les hydrocarbures se sont propagés sur la nappe et ont imprégné les terrains jusqu'à plus de 45 m du dépôt vers l'Est.

Qu'une partie des hydrocarbures s'était dissoute dans l'eau de la nappe à une teneur d'environ 0,7 mg/l. Le volume du sol imprégné au fond du trou est estimé à 600 m 3 .

- 2.10. Causes de la pollution : Rejets en carrière.
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: En 1976, bien qu'une partie des hydrocarbures ait été évacuée, il subsistait au fond du trou une boue noirâtre (mélange de terre et d'hydrocarbures). Les terrains étaient totalement ou partiellement imprégnés de façon visible sur environ 7 m autour du dépôt.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1. Nature des terrains concernés : Huit trous ont été creusés qui ont tous atteint la nappe de la craie qu'ils ont pénétrée sur 0,50 m à 1,50 m selon la tenue des terrains.

Le premier trou (P5) a rencontré 1 m de craie puis 3,5 m d'argile sableuse.

Les 4 trous suivants (P4, P3, P2, P6) ont rencontré de la craie fracturée en morceaux de taille centimétrique.

Le trou suivant (P1) a rencontré de la craie en bloc de taille décimétrique.

Les autres trous (P7 et P8) de la craie, puis des schistes en fond de trou.

Tous ces terrains sont apparemment des remblais déposés dans la carrière lors de son exploitation.

- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Nappe de la craie qui affleure au fond du trou.
 - 3.2.1. <u>Profondeur</u>: La cote piézométrique est à +27 m NGF environ. Son substratum (toit des marnes bleues du Turonien moyen) étant à la cote +5 m NGF, la nappe a donc une épaisseur de l'ordre de 20 m.
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : du Sud vers le Nord.
 - 3.2.3. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: Les captages les plus proches sont ceux d'Abscon situés à 1 km au Sud-Duest et ceux de Fenain à 3 km au Nord. Situés à l'aval-nappe, ils sont menacés à long terme.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDES MIS EN OEUVRE

Il a été procédé au creusement de huit trous, à la pelle mécanique. Cinq sont situés sur l'axe est et trois sur l'axe nord. Ils ont tous atteint la nappe de la craie. Ces trous sont distants de 10 m. Le premier de l'axe est est situé à 5 m du bord du dépôt et le premier de l'axe nord, à 7 m du bord du dépôt (voir figure ci-jointe). Des échantillons de sols et d'eau ont été prélevés pour analyses.

4.1. Résultats obtenus : Sur P1, à partir de 2 m de profondeur, l'imprégnation des fissures entre les blocs de craie par les hydrocarbures est totale. A 3,50 m de profondeur, on a constaté l'arrivée d'une pellicule d'hydrocarbures surnageant sur l'eau de la nappe.

Sur P6, on a observé la présence d'une lentille contaminée par des hydrocarbures vers 2,40 m.

Les autres trous ne présentaient pas de traces de contamination des terrains visibles à l'oeil nu.

Pour les trous P1, P2 et P6, on a constaté le dégagement d'une odeur fétide lorsque la pelle mécanique atteignait la nappe de la craie.

A partir des résultats d'analyse, il apparaît que les hydrocarbures se sont infiltrés dans les terrains autour du trou et se sont étalés en une mince couche sur la nappe de la craie dans le sens de l'écoulement de la nappe probablement dirigé vers l'Est ou le Nord-Est. Une partie des hydrocarbures a été dissoute et se propage donc dans la nappe.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : Eté 1976 puis juin 1978
- 5.2. <u>Techniques utilisées</u>: Epandage des terrains imprégnés sur des terres agricoles avec aération pluriannuelle du sol et apport d'engrais pour activer la biodégradation des hydrocarbures par les microorganismes du sol.

L'épandage a été réalisé sur 2 ha de pâtures, propriété d'Usinor à Abscon, avec accord des autorités compétentes. Ces pâtures sont situées à proximité immédiate de l'ancien trou à fuel.

La prairie a été détruite au rotovator et à l'extirpateur sur une profondeur de 15 à 20 cm. Il y a eu épandage d'engrais (300 unités de phosphates et 50 d'azote à l'hectare). L'épandage et le mixage des hydrocarbures avec le sol au rotovator a été réalisé en juin 1978. Cinq opérations de prélèvement de sol ont eu lieu à 2, 5, 10, 15 et 22 mois après épandage en cinq points. La terre a été retournée un mois avant les 2è, 3è et 5è prélèvements (homogénéisation et aération).

5.3. Résultats : On a constaté un retard dans la biodégration dû au manque d'homogénéité du mélange sol-terres polluées en raison de la nature de ces dernières.

La biodégradation est quand même effective puisque le taux d'hydrocarbures dans le sol qui était de 4,8 % en moyenne au départ est passé en 1980 à 0,7 % en moyenne dans les 20 premiers centimètres. Mais elle reste lente cependant en raison de la nature des produits qui sont des résidus de fuel lourd difficiles pour les microorganismes à dégrader.

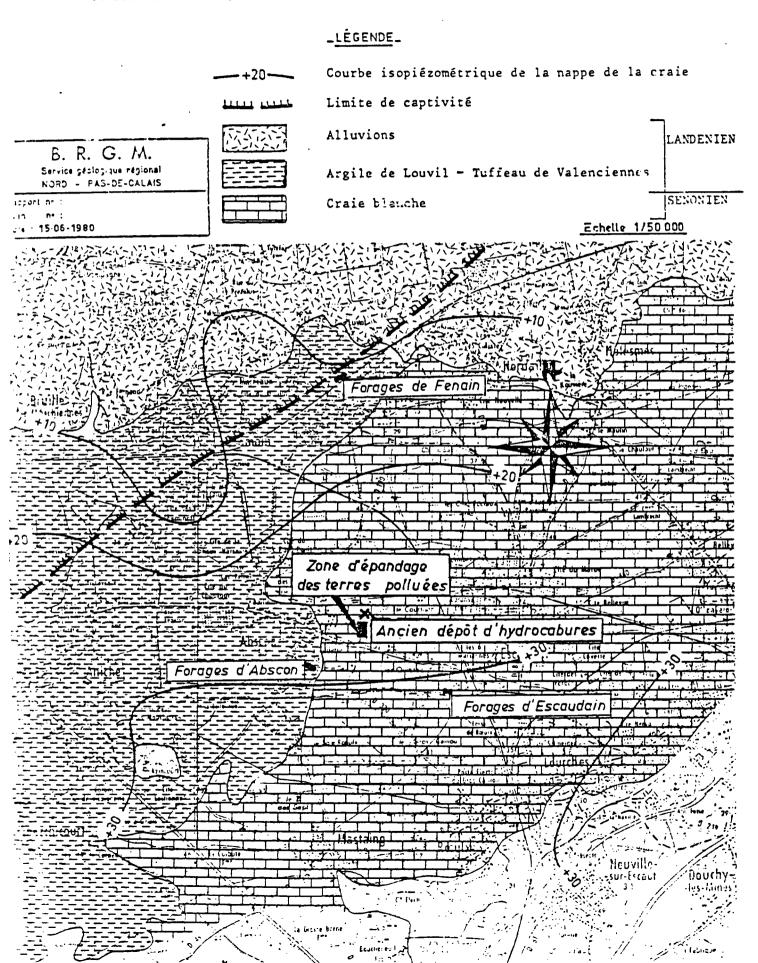
ELEMENTS DE COUTS OPERATOIRES

Le coût de la dépollution est estimé à 180 000 F.

CARRIERF USINCR A ABSCON (Nord)

150 SGN 690 NPC/MGA)

PLAN DE SITUATION



B. R. G. M.

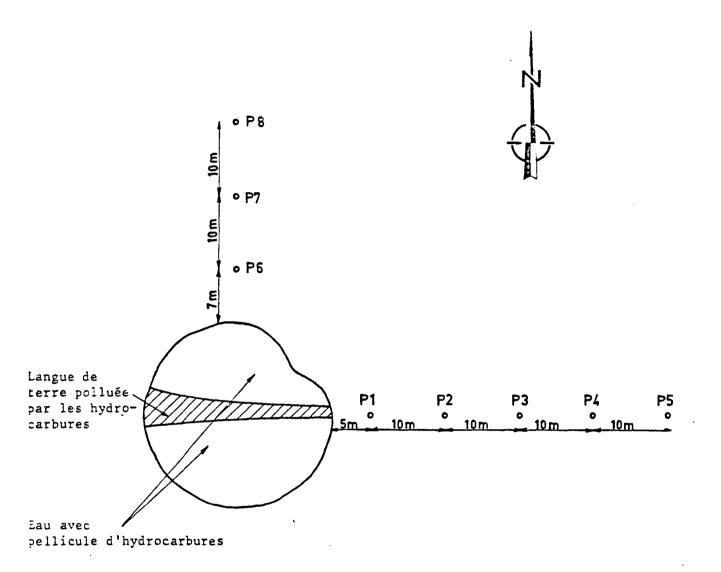
Service géologique régional NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport no : 76 SGN 129 NPA

Plan no : Date - 30-03-1976 CARRIERE USINOR A ABSCON (Nord)

PLAN DE SITUATION DES TROUS REALISES

A LA PELLE MECANIQUE



ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR LES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 2

- 1. AFFAIRE : Centre BP Service de Tinqueux (Marne)
 - 1.1. <u>Document consulté</u>: Etude des conséquences et des conditions de récupération d'une fuite d'hydrocarbures mai 1980.
 - 1.2. Auteurs : P. MORFAUX et S. PUYOÔ
 - 1.3. Origine: BRGM SGR/Champagne-Ardenne N°: 80 SGN 351 CHA
 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - 1 Coupe longitudinale de la cuve enterrée
 - 2 Schéma hydrogéologique
 - 3 Coupe explicative du dispositif de récupération et de protection
 - 4 Carte de situation (1/25 000)
 - 5 Implantation des sondages (1/1000)

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : Avril 1980
- 2.2. Département : Marne
- 2.3. Commune : Tinqueux
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Stockage de fuel dans deux cuves métalliques de 60 m³ semi-enterrées (fig. 1).
- 2.6. Description (historique) de l'accident : La fuite a été constatée sur la plus ancienne des deux cuves (mise en place en 1968) après son remplissage le 23 avril 1980. On a constaté plusieurs perforations à la base de la cuve liées à la corrosion électrochimique. On peut supposer qu'il y a eut mise en charge électrique entre les argiles acides saturées d'eau et les sables calcaires basiques (d'après les auteurs).
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Les pertes sont estimées à 45 000 litres au maximum (si le percement de la paroi métallique s'est effectué progressivement, une quantité plus importante d'hydrocarbures a pu s'écouler).
- Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : Sous une couche de remblai et de terre végétale, le sous-sol est constitué par une épaisseur de 2 à 4 m d'alluvions reposant sur la craie très fissurée constituant un aquifère de bonne qualité.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé: Il s'agit de la nappe de la craie fissurée drainée par la Vesle. La synthèse des observations sur la nature des terrains et de la nappe touchés ou menacés est exprimée dans le schéma hydrogéologique ci-joint.
 - 3.2.1. <u>Profondeur</u>: Le niveau statique de l'eau se situe, dans ce secteur, entre 1 et 2 m de profondeur.
 - 3.2.2. <u>Direction de l'écoulement</u>: L'écoulement s'effectue vers le Nord. Un axe de drainage nord-sud est sans doute encore fonctionnel à l'emplacement de la Muire, malgré sa mise en conduite.
 - 3.2.3. <u>Vulnérabilité</u>: Le fuel atteint le niveau piézométrique de la nappe de la craie et sans intervention, il se répandra vers le Nord dans le sens d'écoulement de la nappe.
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: La nappe est exploitée par un forage à usage industriel situé à 70 m, en aval de la fuite du fuel. Plusieurs puits sont utilisés pour l'irrigation de cultures maraîchères.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Douze fosses de 35 m de profondeur environ ont été creusées pour la reconnaissance de la nature du terrain et de l'extension de la nappe de fuel. Les trois fosses d'où sont apparues les plus importantes venues de fuel ont été équipées de buses perforées en ciment, de 1 m de diamètre et d'un massif en gravier. Les autres fosses ont été munies de tube plastique crépiné (Ø 0,11 m).

- 4.1. Résultats obtenus :
- 4.2. Evolution de la pollution : La nappe de fuel a été piégée dans les alluvions et ne parait pas s'être étendue au-delà d'une vingtaine de mètres de la cuve.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : 3 mai 1980
- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Techniques utilisées: Le principe du dispositif de récupération et de protection est représenté en annexe. Il s'agissait de créer un cône de rabattement par pompage sur les trois points les plus riches en fuel et d'injecter de l'eau sur 7 autres sondages, de manière à créer une barrière hydraulique autour des points de pompage. La différence de niveau entre les points de pompage et ceux d'injection est de 1 à 2 m.

Le liquide pompé décante dans la cuve restée en place puis est envoyé par camion au dépôt de Sillery où une séparation plus complète est effectuée. Le pompage sur le puits de la Société Reims-Color a été arrêté dès connaissance de l'accident.

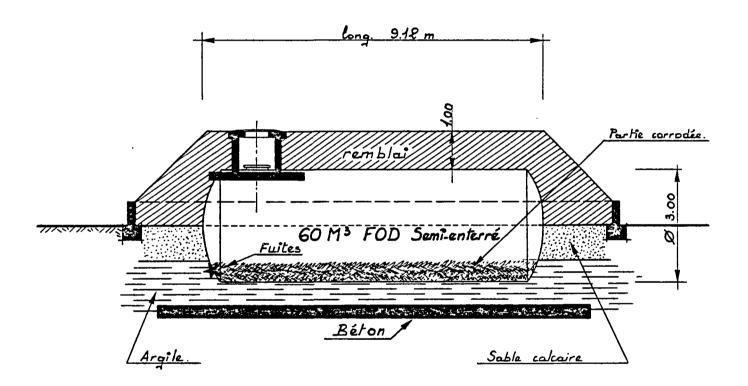
5.4. Résultats : A la date du 23 mai 1980, 17 à 18 m^3 de fuel avaient été récupérés sur un volume total pompé de 112 m^3 .

A la même date, sur le sondage S3 (un des points où la venue de fuel était la plus importante) le niveau, au repos, est à la cote 72,89 m et l'épaisseur de la nappe de fuel est de 14 cm.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

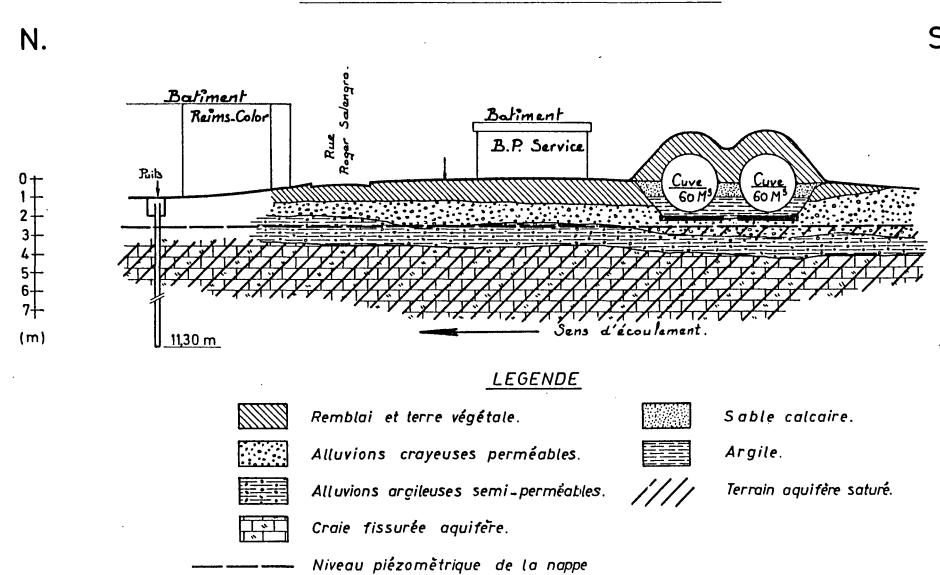
Il importe de maintenir le dispositif en place jusqu'à la disparition de la nappe de fuel, dont l'épaisseur peut être contrôlée tous les deux ou trois jours. L'exploitation du puits de la Société Reims-Color ne pourra être reprise qu'après la détermination des teneurs en hydrocarbures solubles. Enfin, par mesure préventive, il est nécessaire d'enlever la cuve semi-enterrée encore en place, exposée à la corrosion tout comme l'autre.

COUPE LONGITUDINALE De la cuve enterrée.



Echelle: 1cm/m

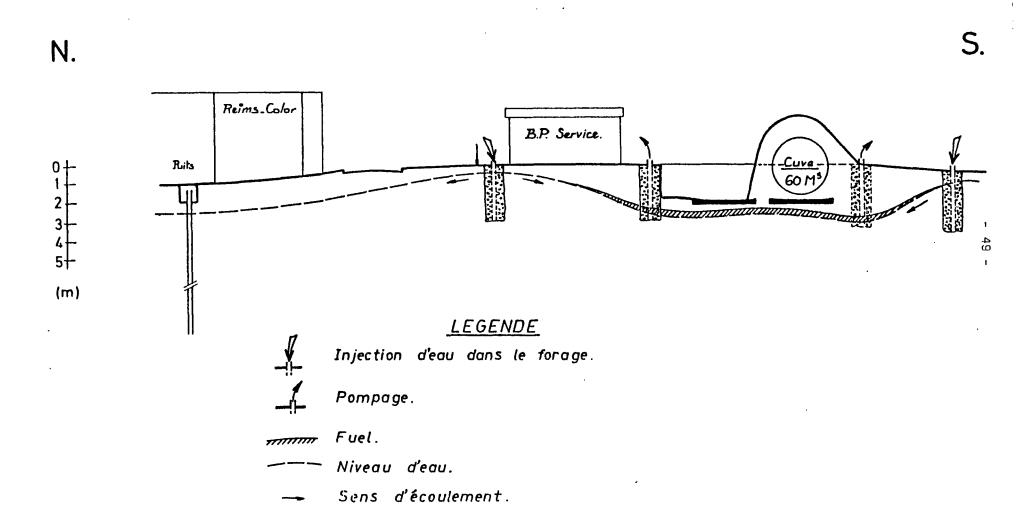
SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE.



de la craie.

COUPE EXPLICATIVE

Dispositif de récupération et de protection.



ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 3

- 1. AFFAIRE: Pollution par hydrocarbures en amont du captage AEP du syndicat de Vrigne-Meuse (Ardennes)
 - 1.1. Documents consultés :
 - 1 <u>Note technique n° 1</u> Délimitation de la zone imbibée de fuel sous le ballast oct. 1980.
 - 2 <u>Note technique n° 5</u> Etude des possibilités de remise en exploitation du puits AEP par la création d'une barrière hydraulique en aval de la zone contaminée juin 1983.
 - 1.2. Auteur : M. KERJEAN

 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

Doc. n° 1: 5 figures et 2 annexes

Doc. n° 2: 17 figures

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

2.1. Date: 31 janvier 1980

2.2. Département : Ardennes

2.3. Commune : Vrigne-Meuse

- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Gare de triage de Vrigne-Meuse
- 2.6. Description de l'accident : Pas de données dans les documents
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 165 000 litres
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel
- 2.9. Type de pollution : sol et nappe
- 2.10. Causes de la pollution :

2.11. <u>Dégâts apparents</u>: Il est probable que la plus grande partie du déversement non récupéré est reparti vers l'aqueduc puis vers la Meuse. Ce transfert a été favorisé par le percement du dalot sous les voies et le déversement de grandes quantités d'eau.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés: Le remblai des voies ferrées repose sur les limons plus ou moins sableux des alluvions modernes de la Meuse (4 à 5 m d'épaisseur au droit des voies ferrées); sous les limons se trouvent des alluvions sablo-graveleuses calcaires épaisses de 2 à 4 m sous le faisceau des voies. Ces alluvions reposent sur les marnes à ovoïdes du Domérien inférieur.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Il existe une nappe d'eau sous pression sous la couverture limoneuse de 4 à 5 m d'épaisseur.
 - 3.2.1. Profondeur : voir tableau des caractéristiques des sondages.
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement :
 - 3.2.3. Vulnérabilité:
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacées</u> : à 400 m en aval du point de déversement des hydrocarbures, la nappe est exploitée pour l'alimentation en eau potable à partir d'un puits à drains rayonnants.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Pour préciser la quantité d'hydrocarbures, éventuellement mobilisable, restant dans le remblai ainsi que leur extension, 26 sondages ont été effectués à la moto-tarière (fig. 3). 19 de ces sondages ont été équipés de tube piézométrique en PVC (Ø 41/45 mm). Dans l'ensemble des sondages équipés, une mesure de l'épaisseur d'eau et d'hydrocarbure a été effectuée à l'aide d'un télescomètre et de pâtes révélatrices. Tous les sondages ont été nivelés à partir de la cote du sondage SC (fig. 4).

4.1. Résultats obtenus :

4.2. Evolution de la pollution : L'extension de la lentille de fuel est de 60 m vers l'Est, 50 m vers le Sud et 15 m vers le Nord du point de déversement. Les faibles quantités de fuel restant au-dessus des limons ne peuvent être récupérées par pompage.

5. MESURES PRISES APRES LE DEVERSEMENT

- 1 Curage du fossé situé en bordure et au Sud du remblai pour faciliter l'écoulement des eaux vers la Meuse.
- 2 Percement du dalot passant sous les voies à 60 m à l'Ouest du lieu de l'accident pour faciliter l'écoulement du fuel vers le fossé.
- 3 Déversement à l'endroit de l'accident de grandes quantités d'eau à l'aide de wagons-citerne pour rejeter le maximum de fuel vers le fossé.

4 - En mai 1980, 9 sondages ont été réalisés et équipés de tubes piézométriques en PVC (sondages SC à S8 reportés sur la figure n° 3).

5.1. Moyens de protection du captage AEP

Création d'une barrière hydraulique par pompage réalisé dans le sondage S7, simultanément à la remise en exploitation du puits AEP. Dans un premier temps, ce double pompage a été effectué pendant une période de deux mois (11/01 au 10/03/83). Les relevés piézométriques mettent en lumière l'emprise de l'ensemble de la zone contaminée par le pompage dans S7. Le débit de ce pompage représente le tiers de celui prélevé dans le puits du syndicat de Vrigne-Meuse.

Sur le plan chimique, mis à part le passage d'une pollution qui s'est vraisemblablement déplacée avant l'essai de pompage simultané, aucun incident ne s'est produit dans le puits.

A la suite de ces résultats encourageants, il a été réalisé un forage définitif de contre-pompage au pied du talus de triage SNCF (forage S12). Ce forage équipé d'un tubage métallique de 200 mm de \emptyset peut fournir un débit de 50 m³/h ce qui permet d'assurer au puits de captage AEP un débit de l'ordre de 100 m³/h.

SITUATION DU LIEU DE L'ACCIDENT ET DU CAPTAGE A.E.P. DU SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE VRIGNE-MEUSE (Ardennes)

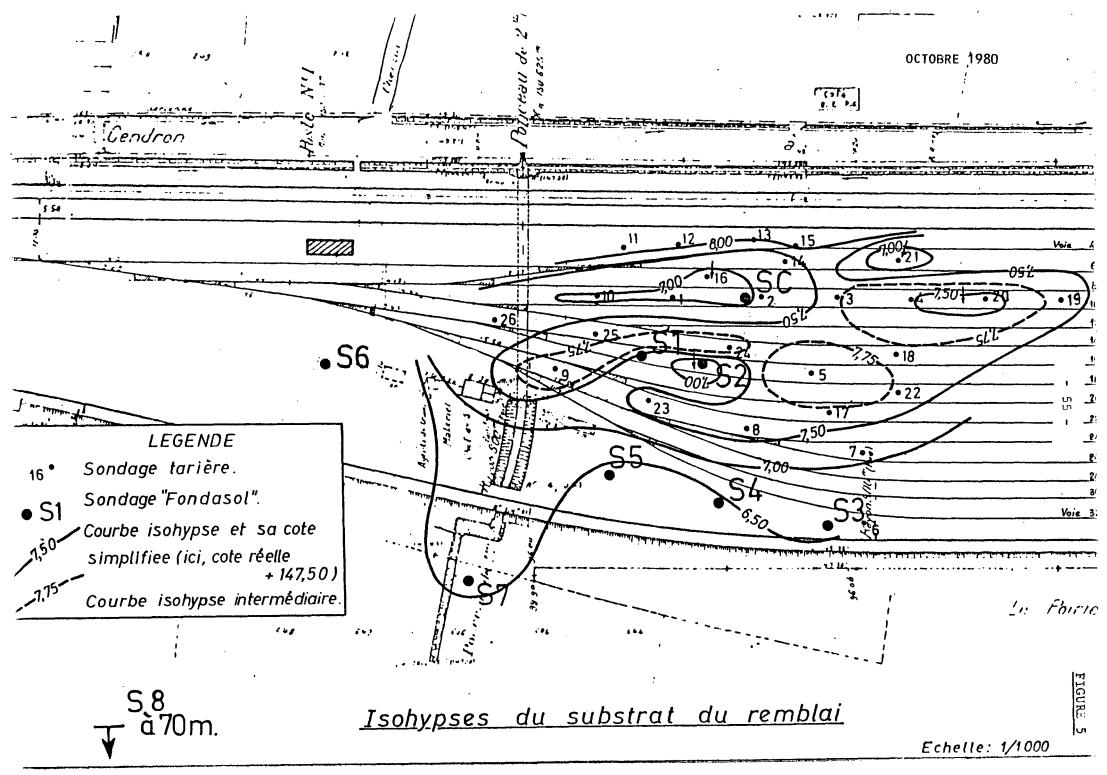


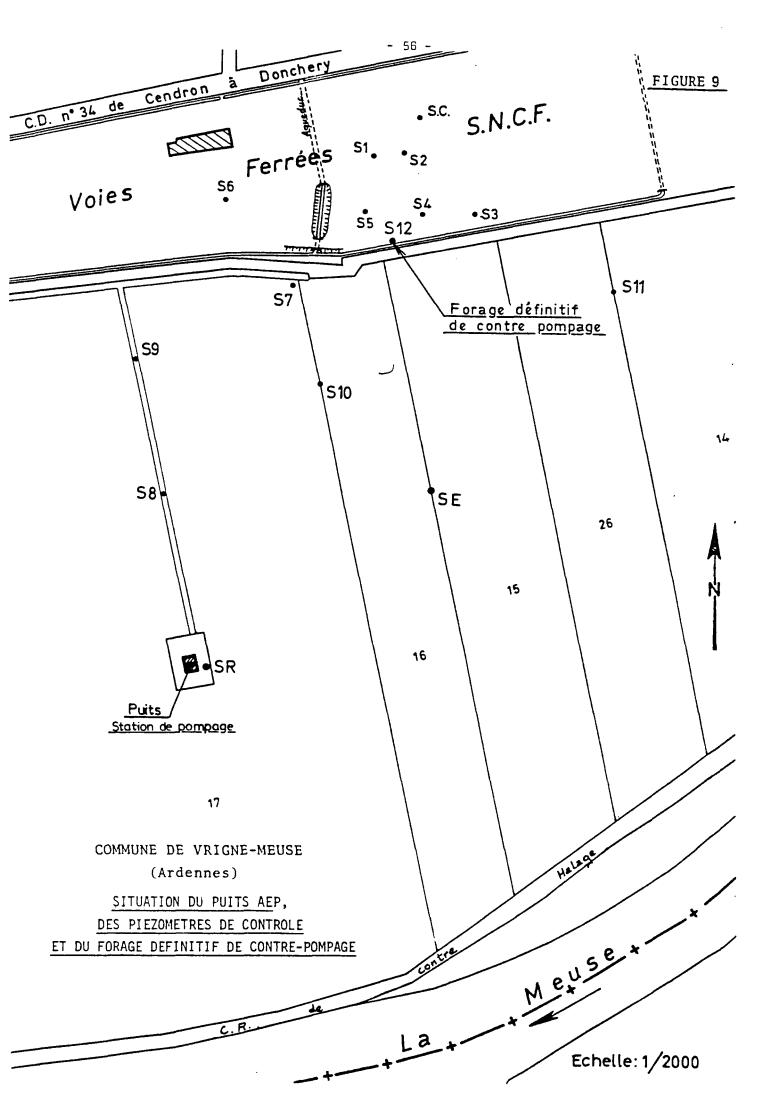
FIGURE 4

CARACTERISTIQUES DES SONDAGES - RELEVE EAU ET FUEL DU 23/07/80

I* SONDAGE	PROFONDEUR PROFONDEUR (m)	EPAISSEUR REMBLAI (m)	COLE AU SOL	COTE DU TOIT DES LIMONS	PROFONDEUR EAU (m)	COTE NIVEAU D'EAU	EPAISSEUR NAPPE FUEL	ODEUR DE PUEL				OBS.
								NULLE	LEGERE	MOYENNE	FORTE	
							ļ					1
1	1,80	1,50	+ 148,48	+ 146,98	Jec .			ì	x		ľ	ł
2	2,00	1.20	+ 148,45	+ 147.25	1,40	+ 147,05		1	X			{
3	1,90	0,65	+ 148,45	+ 147,80	0,86	+ 147,59	l -	1 :		x	1	Ī
Ĺ	1,10	0.80	+ 148,35		0,89	+ 147,46	-		x			
5	0,90	0,50	+ 148,36	+ 147.86	0,45	+ 147,91				x	Ì	
6	0,90	0,60	+ 148,27	+ 147,67	•	+ 147,15	x	X				non tub
7	1,70	1,30	+ 147,37		1.22	+ 147,15		Х				i
8	1.50	0,80	+ 147,42	+ 147,62	0,72	+ 147,70	-			X		}
9	1,20	0,50	+ 147,36	+ 147,86	0,76	+ 147,60	-	1	. 1		X	}
10	1,80	1,50	+ 147.49	+ 146,99	1,16	+ 147,33	1 à 2 mm				X	ŀ
11	0,90	0.35	+ 147,47	+ 148,12	•	-	-	x				non tul
12	0,90	0,40	+ 147,42	+ 148,02	-	•	-	X				non tub
13	0,90	0,50	+ 147,50	+ 148,00	-	•	-	Х				non tul
14	1,40	0,95	+ 147,42	+ 147,47	#ec	-	1 à 2 mm	1			X	
15	0,90	0,45	+ 147,46	+ 148,01	8 e c	-		x				ŀ
16	1,80	1,70	+ 147.47	+ 146,77	1,50	+ 146,97	1 2 2 mm	}	`	X		}
17	0,90	0,60	+ 147,33	+ 147,73	0,40	+ 147,93	-	X				ł
18	1,10	0,55	+ 147.31	+ 147,76	0.38	+ 147,93	traces				X	ĺ
19	0.80	0.40	+ 147,28	+ 147,88	-	•	-		1			non tul
20	1,40	1,10	+ 147,37	+ 147,27	1,09	+ 147,28		x				İ
21	1,70	1,70	+ 147,32	+ 146,62	-	-	-			X		non tub
22	1,00	0,55	+ 147,31	+ 147,76	0,41	+ 147,90	- '	x				!
23	1,20	0,65	+ 147,35	+ 147,70	0,76	+ 147,59	-	X				1
24	1,40	0,60	+ 147,42	+ 147,82	0.46	+ 147.96	traces	!!	x			
. 25	0,90	0,65	+ 147.31	+ 147,66	0,38	+ 147,93	traces		1	X		
26	1,20	1,10	+ 147,43	+ 147,33	-	-	-	×				non tub
				I								
			- 7									

N° SONDAGE	PROFONDEUR	EPAISSEUR REMBLAI (m)	COTE AU SOL	COTE DU TOIT DES LIMONS	PROFONDEUR EAU (m)	COTE NIVEAU D'EAU	EPAISSEUR NAPPE FUEL		ODEUR	DE FUEL	,	ORS.
								NULLE	LEGERE	MOYENNE	FORTE	
S C S S S S S S S S S S S S S S S S S S	10,00 9,00 11,00 10,00 10,00 10,00 0,00	1,70 1,30 1,70 1,60 2,10 2,10 3,50 0	+ 148,46 + 148,48 + 148,43 + 148,31 + 148,32 + 148,35 + 148,36 + 146,58 + 146,39	+ 146,76 + 147,18 + 146,73 + 146,61 + 146,22 + 146,25 + 144,86 + 146,58 + 145,89	2,80 2,83 3,37 3,24 3,28 3,29 3,25 1,56 1,51	+ 145,66 + 145,65 + 145,06 + 144,97 + 145,06 + 145,11 + 145,02 + 144,88	12 cm 14 cm traces	x	x x x	X		





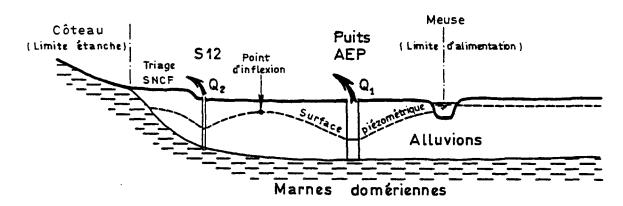


Figure 16: Schéma de la structure de l'aquifère alluvial.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 4

- 1. AFFAIRE : Pollution accidentelle à Hoenheim (près Strasbourg) (Bas-Rhin)
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine: Cas 7: Hoenheim
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - Schéma de situation
 - Coupe hydrogéologique

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date: 27.9.1971
- 2.2. Département : Bas-Rhin
- 2.3. Commune : Hoenheim
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : camion citerne
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: A la suite d'un accident d'un camion citerne, 7 m³ de supercarburant se sont déversés et infiltrés dans le fossé en bordure de la route.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 7 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : essence
- 2.9. Type de pollution : Pollution du sol, essence libre à la surface de la nappe, et essence dissoute dans l'eau.

- 2.10. Causes de la pollution : renversement de camion citerne
- 2.11. Dégâts apparents :

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. <u>Nature des terrains concernés</u>: Terre arable, remblais et terre argileuse, sables et graviers.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : sables et graviers
 - 3.2.1. Profondeur : 3 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement :
 - 3.2.3. Vulnérabilité:
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés :
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe : 1,50 m

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Aucun au départ.

Le 17 et 19 novembre 1971, on a mis en place deux piézomètres pour observer l'étendue de la pollution.

A partir des forages et de l'analyse des échantillons de sol, on a établi la coupe hydrogéologique. L'eau des piézomètres était analysée à différentes périodes.

4.1. Résultats obtenus : Les analyses d'eau provenant de P1 et P2 ont mis en évidence, dans P1 une couche de plusieurs centimètres d'essence surnageant sur l'eau, et dans P2 une teneur en hydrocarbure dissous de 24 mg/l. En mars 1972, la teneur en hydrocarbures dissous, dans P2, était de 7,2 mg/l.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

72 heures après l'accident, on procèda à l'excavation du terrain imprégné, à la pelle mécanique. La profondeur de la fosse était de 3,5 m et sa superficie de 21 m sur 4 m. On a brûlé l'essence qui s'était étalée audessus du niveau d'eau dans la fosse ainsi creusée.

Aucun autre moyen de dépollution n'est mentionné pour la pollution constatée ensuite.

5.1. Résultats :

Quelques jours après l'excavation et suite à un abaissement du toit de la nappe, on observait une mince couche d'essence à la surface de l'eau.

Les piézomètres mis en place ultérieurement ont montré que l'essence s'était propagée dans la direction d'écoulement de la nappe.

L'excavation et combustion in situ de l'essence n'ont pas totalement évité la pollution.

Au contraire, il apparaît qu'il aurait fallu éviter de percer la couche de limon argileux et essayer de drainer l'essence vers une tranchée de récupération d'une profondeur de l'ordre de 1,5 m, en aval de la zone de déversement.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

La pollution est contrôlée à intervalles plus ou moins réguliers dans les deux piézomètres.

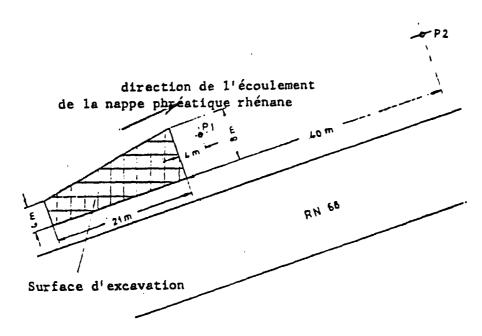


Fig.4.19 Cas Hoenheim. Schéma de la situation

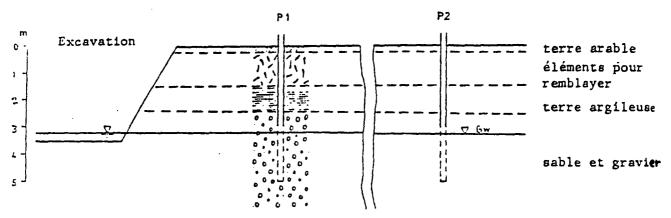


Fig. 4.20 Cas Hoenheim. Coupe hydrogéologique

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 5

- 1. AFFAIRE : Pollution accidentelle à Haguenau (Bas-Rhin)
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe
 AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 6 : Hagueneau (Bas-Rhin)
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - Situation
 - Extension de la zone de gazole
 - Coupes géologiques du corps d'huile
 - Niveau de l'eau et épaisseur de la couche de gazole dans le piézomètre P4

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date: mi-août 1965
- 2.2. Département : Bas-Rhin
- 2.3. Commune : Hagueneau
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : camion-citerne
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: A la suite d'un accident, un camion-citerne s'est déversé dans le fossé en bordure de la route, en peu de temps les 24 m³ de gazole se sont infiltrés.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 24 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : gazole

- 2.9. Type de pollution : Pollution du sol et pollution de la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : Renversement de camion-citerne
- 2.11. Dégâts apparents : Zone d'infiltration étroite et allongée

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : Sables fins sur 3 m et sables grossiers au-dessous.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : dans le sable
 - 3.2.1. Profondeur:
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : SW NE
 - 3.2.3. Vulnérabilité:
 - 3.2.4. Situation des captages, puits, ou sources menacés :
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Des piézomètres d'observation ont permis de déterminer l'extension de la zone contaminée, ainsi que 16 forages à la tarière.

4.1. Résultats obtenus : La figure qui montre l'extension maximale deux ans et demi après l'accident met en évidence l'élargissement du corps d'huile.

Les coupes géologiques du corps d'huile, parallèles à la route, montrent que le gazole a localement pénétré à plus de 5 m de profondeur au droit de la zone d'infiltration. Ceci ne s'explique que par la faible cote du niveau d'eau en fin d'une période de sécheresse au moment même de l'accident. Suite à une remontée de la nappe d'environ 1,50 m, la partie mobilisable au niveau du toit de la nappe se trouvait fixée de façon irréversible.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

On a procédé à un pompage dans le forage F, pour former un cône de rabattement et récupérer l'huile.

Plus tard, un puisard de deux mètres de diamètre a été mis en place ; il était crépiné sur une hauteur de un mètre au niveau du toit de la nappe et totalement étanche par ailleurs.

5.1. Résultats obtenus :

Le puits F a permis de récupérer 10 litres d'huile.

Le puisard a permis de récupérer seulement $0,5~\mathrm{m}^3$ d'huile : le rabattement était insuffisant.

Par calcul, le volume de terrain atteint par le produit était estimé à 1600 m³. Devant le résultat peu satisfaisant de récupération du produit par pompage, on a décidé l'excavation du sol.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Contrôle par piézomètres et sondages tarière.

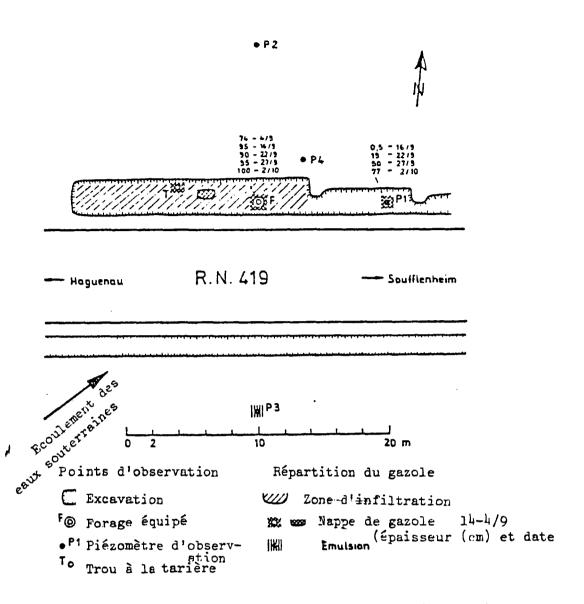


Bild.4.15: Cas Hagenau. Situation (croquis)

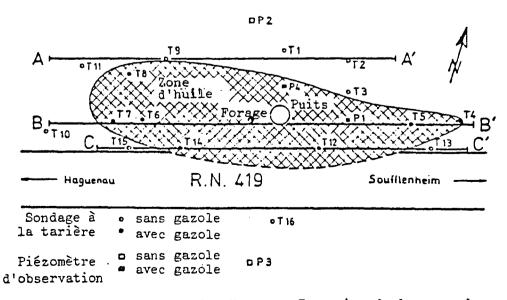


Bild 4.16: Cas Hagenau. Extension de la zone de gazole

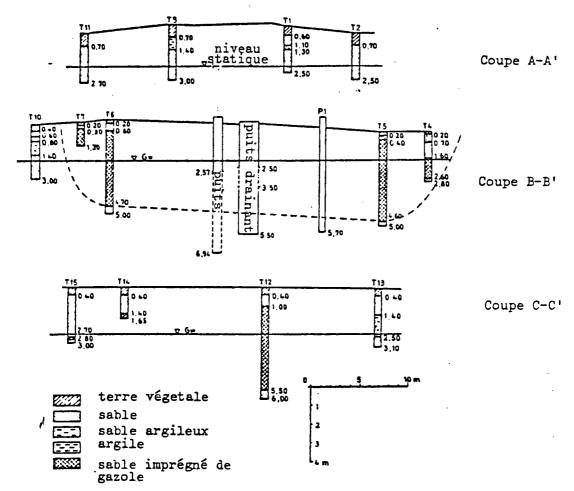


Bild 4.17: Cas Hagenau. Coupes géologiques du corps d'huile

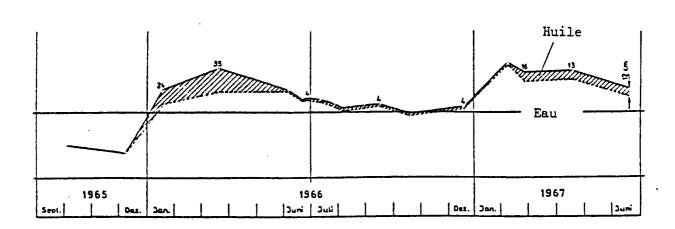


Bild 4.18: Cas Hagenau. Niveau de l'eau et épaisseur de la couche de gazole dans le piézomètre P4

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 6

1. AFFAIRE : Base aérienne de Strasbourg-Entzheim (Bas-Rhin)

1.1. Documents consultés :

- 1 Etude de la pollution des eaux souterraines par du kérosène.
- 2 Recherche par sondage de l'extension d'une nappe de kérosène.
- 3 Etude de la nappe de kérosène.
- 4 Note de synthèse et résultats des contrôles sept. 1974 à déc. 1977.
- 5 Travaux réalisés en 1978.
- 6 Contrôle de la qualité des eaux en 1979.
- 7 Impact sur la nappe de l'arrêt de pompage de dépollution et détermination de la zone d'emprunt des pompages à Holtzheim.
- 8 Contrôle de la qualité des eaux en 1981.

1.2. Auteurs:

- 1-2-3 : L. SIMLER
- 4 : M. DAESSLE et F. MUNCK
- 5 6 : Y. BABOT et F. MUNCK
- 7 8 : G. RINCK et J.J. RISLER

1.3. Origines:

- 1 à 3 : BRGM SGAL
- 4 à 8 : BRGM SGR/Alsace

Nos : 4 : 78 SGN 263 ALS

5 : 79 SGN 298 ALS

6 : 79 SGN 726 ALS 7 : 81 SGN 201 ALS

8 : 82 SGN 137 ALS

1.4. Archivage:

- 1 à 3 : BRGM SGR/ALS
- 4 à 8 : Bibliothèque BRGM Orléans

1.5. Illustrations, cartes, hors texte:

- Doc. n° 1 : 1 plan, 1 diagramme, 4 résultats d'analyse
- Doc. n° 2 : 1 plan, 6 tableaux
- Doc. n° 3 : 6 illustrations, 1 annexe concernant les coûts opératoires
- Doc. n° 4 : 1 plan, 2 cartes piézo, 20 graphiques, 3 figures, 1 tableau
- Doc. n° 5 : 1 plan, variations piézo, analyses (2 annexes)
- Doc. n° 6 : 1 plan, variations piézo, épaisseurs kérosène, analyses (2 annexes)
- Doc. n° 7 : 5 cartes et mesures piézo, épaisseurs kérosène, analyses (2 annexes), 4 figures
- Doc. n° 8 : cartes et mesures piézo, épaisseurs kérosène, analyses (3 annexes)

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

2.1. Date: Constatation en 1971

2.2. Département : Bas-Rhin

2.3. Commune : Entzheim

2.4. Coordonnées :

2.5. Type d'installation affectée : Dépôt de carburants

- 2.6. Description (historique) de l'accident : Les documents ne fournissent pas de détails sur l'accident lui-même, mais font le récit de la découverte des fuites par la station météo, dont le robinet, depuis début 1971, débitait de l'eau sentant le kérosène et qui, au mois de juin de la même année, constata que le robinet donnait du kérosène pur. On a découvert à cette époque que le puits de la station était fortement pollué (épaisseur de 60 cm de kérosène). La station météo étant située à l'aval du dépôt de carburant de la base, celle-ci fut soupçonnée.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Estimé en 1972 à 1800 m 3 au minimum, le volume des pertes a été révisé en hausse en 1973. A cette époque, l'estimation était de 3000 à 6000 m 3 .
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : kérosène (carburéacteur)
- 2.9. Type de pollution : sol et eau

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés: L'implantation de cinq piézomètres a permis d'établir une coupe précise des terrains traversés. Les alluvions rhénanes se situent à une profondeur moyenne de 10 m. Elles sont recouvertes par des alluvions vosgiennes, composées de sables, graviers et galets. Ces alluvions sont elles-mêmes recouvertes d'une couche de terre végétale et de limons sableux ou sablonneux d'épaisseur variant de 1 à 1,50 m.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Nappe phréatique alluviale du Rhin. Dans le secteur de l'aérodrome, l'épaisseur de la nappe est de 30 à 40 m.
 - 3.2.1. <u>Profondeur</u>: Le toit de la nappe se situe environ à la limite des alluvions vosgiennes alluvions rhénanes, soit environ 10 m de profondeur.
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Dans le secteur d'étude, l'écoulement se fait vers le N.E, le gradient allant en augmentant d'Ouest en Est en passant de 1,5 % au niveau du stockage K3 à 0,5 % en aval de la base aérienne.
 - 3.2.3. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u> : Le captage de Lingolsheim à un peu moins de 2 km à l'aval nappe de la zone contaminée apparaît comme le plus directement menacé.
 - 3.2.4. Fluctuations de la nappe : estimées à + 50 cm par année.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- Doc. de 1972 : mise en place de 5 piézomètres de contrôle (forage de Ø 600 mm, profondeur comprise entre 11,5 et 13 m, tubage 134/140 mm, crépinés par fentes avec massif de gravier, calibré sur la hauteur crépinée, soit sur 3 m). Mise en place d'un tubage réhaussé acier Ø 160 x 145 de 0,50 m de hauteur avec couvercle (fermeture à cadenas) noyé dans un massif de béton.
- Doc. de 1973 : au total 41 sondages ont été exécutés dans le but de circonscrire l'étendue de la lentille.
 - 4.1. Résultats obtenus : L'examen des résultats de sondage montre que le kérosène se trouve généralement entre 5 et 8,50 m de profondeur, audessus de la tranche de battement de la nappe et de la zone capillaire et qu'il ne repose pas toujours directement sur la nappe d'eau.
 - 4.2. Evolution de la pollution : L'extension de la lentille se fait dans le sens d'écoulement de la nappe phréatique est-nord-est sur une longueur d'environ 1 km et une largeur de l'ordre de 500 m.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : avril 1975
- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Technique utilisée: Doublet de dépollution (puits de pompage au centre du dépôt K1 et tranchée de réinjection en amont). L'objectif poursuivi consiste à extraire le kérosène flottant sur la nappe et à empêcher au moyen du circuit fermé, ainsi réalisé, la fraction soluble de s'écouler vers l'aval de la nappe.

Une tentative de dépollution du sol au moyen de plantations expérimentales de luzerne (en mai-juin 1976). L'action des bactéries dans le système radiculaire devant faciliter la biodése développe gradation des hydrocarbures. Le puits de dépollution foré en 1974 dans K1 a été équipé de deux pompes (eau et hydrocarbures). Le pompage continu de l'eau permet, grâce au cône de dépression, de maintenir et de drainer en son centre, la nappe de kérosène pour la récupérer. De 1974 à 1977, le pompage d'eau a été pratiquement continu mais l'extraction du kérosène n'a pu se faire que pendant les périodes de basses eaux lorsque la hauteur du kérosène atteignait deux mètres dans le puits (kérosène/eau pompée). L'eau soutirée dans le puits est refoulée 300 m en amont et réinjectée dans le sous-sol par la tranchée de drainage. Mais on constate que si le débit de pompage est maintenu à 4000 m³/j, la zone d'emprunt n'englobe pas toute la zone contaminée et les pompages ne risquent pas d'attirer les hydrocarbures dissous qui vont se propager vers l'aval et se diluer sans menacer particulièrement les captages d'eau éloignés. Le puits de Lingolsheim (captage AEP) est cependant situé en aval du stockage K2. Si les pompages sont augmentés à 400-600 m³/h la zone d'emprunt englobe toute, ou en partie, la zone contaminée K1 et les hydrocarbures dissous se dirigeront alors vers le puits de Holtzheim ce qui représente une augmentation maximale de la teneur moyenne annuelle aux forages de 0,06 mg/l d'hydrocarbures. Les teneurs passeraient alors de 0,08 à 0,12 mg/l, encore acceptables pour l'alimentation en eau potable.

Le pompage de dépollution K1 a été arrêté en avril 1980.

- 5.4. Résultats : Le rendement moyen de la récupération pour les trois années a été de 0,6x10^{-4*}. On a constaté pendant cette période (1974-1978):
 - 1. La fixité du kérosène dans le terrain et au niveau de la nappe.
 - 2. Une diminution lente des teneurs en hydrocarbures dissous.
 - 3. Une faible efficacité de l'action des plantations de luzerne.
 - 4. Une forte diminution du rendement du puits de dépollution.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

- 1. Puits et piézomètres situés dans l'enceinte de la base et en direction des forages d'alimentation AEP (Holtzheim et Lingolsheim).
- 2. Mesures des niveaux d'eau et de l'épaisseur du kérosène.
- 3. Prélèvements et analyses des teneurs en hydrocarbures.
- 4. Fin 1977 et courant 1978, dosages par l'IFP des BTX (benzène, toluène, xylène) qui sont des hydrocarbures aromatiques spécifiques du kérosène.
- 5. En 1981, un contrôle minimum a été instauré en aval des stockages K1, K2 et K3 et le secteur K1-Holtzheim. Une campagne de mesures (trimestrielles) de l'épaisseur d'hydrocarbures et du niveau est réalisée sur 8 points, le contrôle des teneurs en hydrocarbures dissous et du niveau d'eau sur 10 points et des analyses chimiques de type II et de DCO sur 3 points.

6.1. Résultats obtenus :

6.2. Volumes récupérés en fonction du temps :

58 m³ 1975 : 40 m^3 1976 : 4 m³1977 : 2 m³1978 :

1979 : $1,450 \text{ m}^3 \text{ en janvier}$ 1979 : $0.250 \text{ m}^3 \text{ en mars}$ 1979 : 0,350 m³ en septembre

les autres mois n'ont rien donné en 1979.

6.3. Séquelles :

1979 : en moyenne les teneurs en hydrocarbures dissous sont en légère hausse par rapport à 1978 (détermination sur 17 points de contrôle).

En particulier, les teneurs relevées sur deux piézomètres passent l'une de 0,04 à 0,21 mg/l et l'autre de 0,02 à 0,09 mg/l. L'évolution moyenne, pour les 17 piézomètres est la suivante :

sept. 1974 à mars 1976 : 0,31 mg/lavril 1976 à déc. 1977 : 0,14 mg/ljanvier 1978 à déc. 1978 : 0.09 mg/ljanvier 1979 à oct. 1979 : 0,12 mg/l

Pour la période 1979-1980-1981, la teneur moyenne s'est stabilisée aux environs de 0,1 mg/l (valeur comparable à la limite acceptable en AEP).

^{*} Rapport volume kérosène récupéré/volume eau pompée

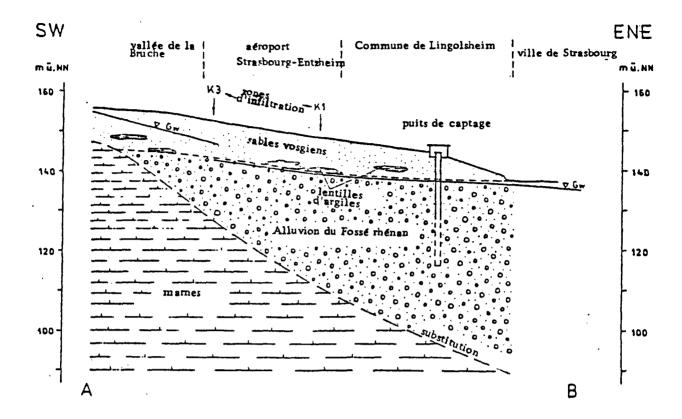
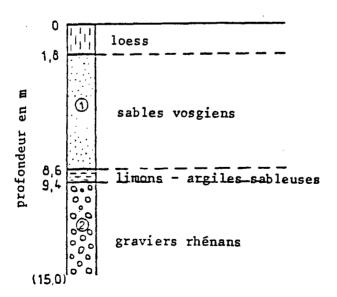


Fig. 4.12 : Cas Strasbourg-Entzheim. Coupe hydrogéologique, schéma avec forte distorsion.



[:] Cas Strasbourg-Entzheim. Forage expérimental au droit de la zone d'infiltration.

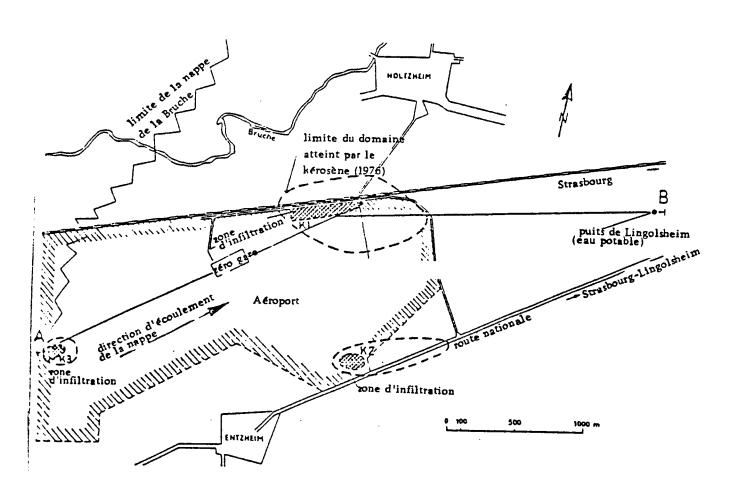


Fig. Cas Strasbourg-Entzheim. Plan de situation.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 7

1. AFFAIRE : pipe-line raffinerie de Strasbourg à la Wantzenau (Bas-Rhin)

1.1. Documents consultés :

- 1 Compte rendu sommaire des travaux concernant la pollution par hydrocarbures à la Wantzenau.
- 2 Compte rendu des travaux de dépollution et contrôle de nappe du début décembre 1982 à mi-février 1983.
- 3 Compte rendu des contrôles mensuels de la nappe phréatique de février à avril 1983.

1.2. Auteurs:

- 1 Y. BABOT, G. RINCK et J.J. RISLER
- 2 G. RINCK, J.J. RISLER
- 3 G. RINCK, J.J. RISLER
- 1.3. Origine : BRGM SGR/Alsace

N^{os} : 1 - Résumé 27/45

2 - 83 SGN 215 ALS

3 - 83 SGAL 092 (83 SGN 469 ALS)

1.4. Archivage:

- Documents n° 1 et 3 : BRGM SGR/ALS
- Document n° 2 : Bibliothèque BRGM Orléans

1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

- Document n° 1 :
 - . Plan de situation au 1/10 000
 - . Schéma d'implantation au 1/500 (situation au 3/12/82)
- Document n° 2:
 - . Cinq tableaux
 - . Six annexes
- Document n° 3 :
 - . Carte piézométrique au 1/10 000 (état du 26/04/83)
 - . Carte piézométrique au 1/1 000
 - . Résultats d'analyses d'eau

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

2.1. Date: 24 décembre 1982

2.2. Département : Bas-Rhin

2.3. Commune : La Wantzenau

- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée :, pipe-line
- 2.6. Description (historique) de l'accident : Le déversement a eu lieu à environ 1,2 km au Nord-Est de l'agglomération de la Wantzenau dans une prairie d'environ 25 m de large située entre la digue des hautes eaux à l'Ouest et un fossé asséché à l'Est qui rejoint le Waldrhein ou Vieille Ill à environ 140 m au Nord. Le fossé a été envahi par les hydrocarbures sur une distance d'environ 200 m.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites :
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause :
- 2.9. Type de pollution : terrains et nappe
- 2.10. Causes de la pollution : Les hydrocarbures déversés dans le fossé à sec étaient situés au-dessus de la nappe. Par contre, au niveau du Waldrhein, la nappe est fortement drainée.
- 2.11. Dégâts apparents : La nappe d'hydrocarbures flotte sur la nappe phréatique et il y a pollution des sols (voir annexe n° 1 ci-jointe).

3.1. Nature des terrains concernés :

- 1 A l'Ouest de la digue des hautes eaux : 1,5 à 1,8 m de limons brunclair. A plus de 1,80 m de profondeur : graviers, sable, galets propres.
- 2 Au droit de la zone contaminée (entre digue et fossé) : 0,6 à 1,1 m de limons brun-clair. A partir de 1 m : graviers, sable, galets propres.
- 3 Bordure est du fossé : 0,30 m terre végétale et limons, de 0,3 à 2 m : sable fin et limoneux.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : nappe des alluvions rhénanes
 - 3.2.1. Profondeur: le 30/11/1982
 - 1 A l'Ouest de la digue des hautes eaux : vers 2,60 2,90 m
 - 2 Au droit de la zone contaminée : vers 1,40 1,80 m
 - 3 Bordure est du fossé : vers 1,60 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Nord Nord-Est avec un gradient moyen de 0,7 %.
 - 3.2.3. <u>Vulnérabilité</u>: La pollution de la nappe est à craindre aux environs du fossé (en amont du Waldrhein) et aux environs de la fuite du pipe-line.
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés : Les captages
 AEP du Syndicat de la Wantzenau-Kilset sont situés à environ 350 m
 au N-N-W de la nappe d'hydrocarbures flottant sur la nappe phréatique. Quant aux captages AEP de Gambsheim, ils sont situés à plus
 de 3 km de la nappe d'hydrocarbures (N-E) voir annexe 1 ci-jointe.

3.2.5. Fluctuations de la nappe : Le battement annuel est de l'ordre de 0.70 m.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- 25.11.82 : Implantation de 8 sondages au Nord du pipe-line (numérotés S1 à S8).
- 26.11.82 : Implantation de 6 sondages supplémentaires (S9 à S14).
- 4.1. Résultats obtenus : Les sondages S1 à S8 ont permis de repérer la lentille d'hydrocarbures flottants sur la nappe.
- 4.2. Evolution de la pollution : Les sondages S9 à S14 ont montré que l'extension de la nappe d'hydrocarbures flottants au toit de la nappe phréatique était rapide.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- **5.1.** Date de mise en oeuvre : 26/11/1982
- 5.2. Durée des opérations : du 26/11/1982 à la mi-février 1983

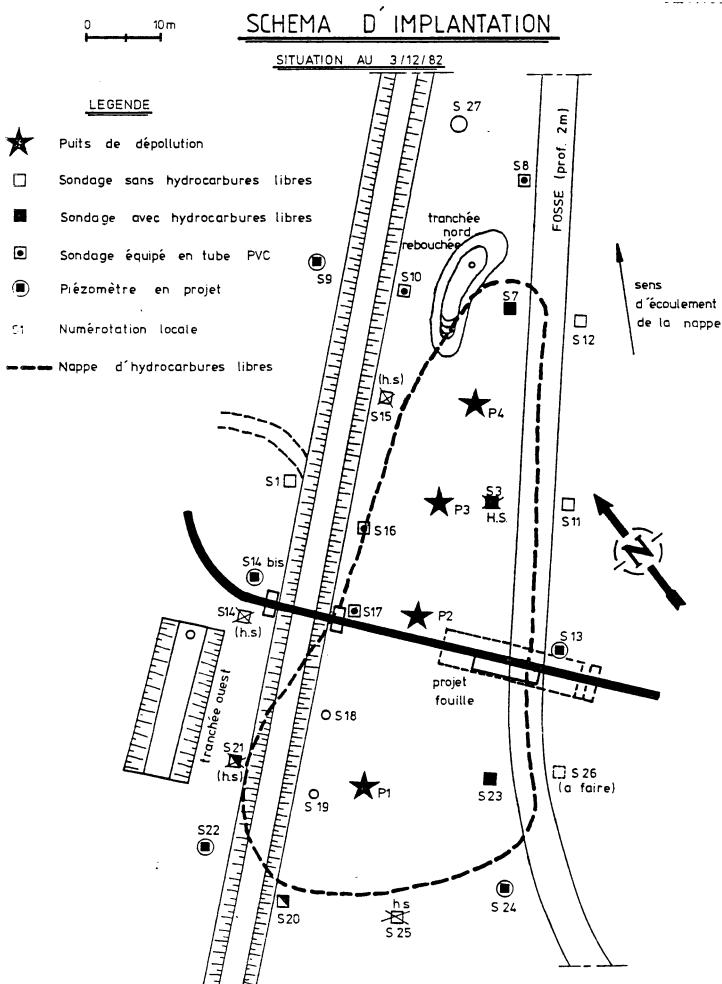
5.3. Techniques utilisées :

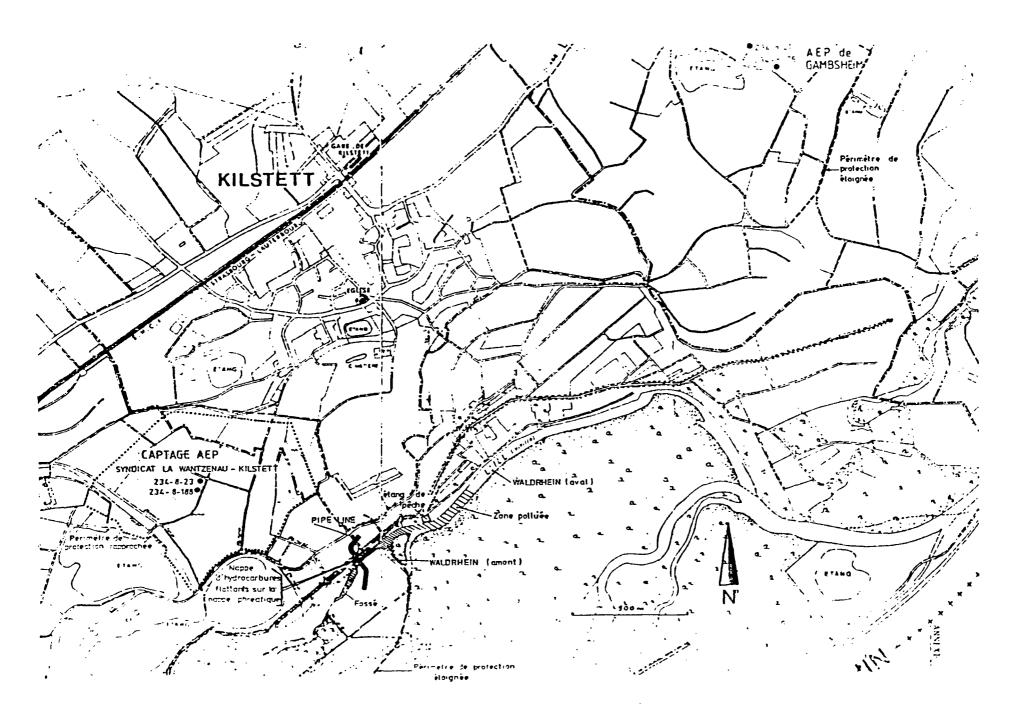
- 1 Pompage des hydrocarbures encore relativement fluides dans le fossé adjacent.
- 2 Réalisation de 4 puits de dépollution.Pendant la réalisation des puits, écrémage des hydrocarbures dans les trous faits à la pelle (S3, S7, S23). Les puits de dépollution sont constitués de buses de 2000 mm crépinées entre -1 et -4 m d'une profondeur d'environ 5 m.
- 3 Réalisation d'une tranchée d'environ 20 m de long à 15 m à l'Est de la zone polluée.
- 4 Pompage sur les puits de dépollution et contrôle des niveaux et de l'épaisseur d'hydrocarbures.Les débits initialement de 50 m³/h minimum ont été renforcés (80 à 100 m³/h/par puits).
- 5 Rejet des eaux dans le Waldrhein.
- 6 Ecrémage des puits à l'aide d'un tapis absorbant.
- 5.4. Résultats: Les pompages de dépollution renforcés en février 1983 ont attiré dans leur zone d'emprunt la totalité des lignes de courant de la nappe, transitant sous la zone contaminée, évitant la migration des hydrocarbures dissous dans la nappe vers l'aval.

D'après les estimations de la raffinerie, la quantité d'hydrocarbures flottants récupérés au toit de la nappe était de 107 m 3 environ au 21/12/82. Cette récupération est tombée à moins de 1 m 3 /j au début février 1983.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Mesures des niveaux d'eau et des épaisseurs d'hydrocarbures sur 31 points en février 1982, puis sur 33 points en mars et avril 1983. Prélèvements d'eau pour analyses. Exécution de deux piézomètres supplémentaires S34 et S35 à environ 30 m et 200 m en amont de la zone contaminée.





FICHE TECHNIQUE N° 8

1. AFFAIRE : Société Rhin-Rhône

- 1.1. Document consulté*: Etude de la pollution de la nappe phréatique suite au déversement d'hydrocarbures au dépôt Rhin-Rhône au Port aux pétroles de Strasbourg. Mise en oeuvre et contrôle des opérations de dépollution.
- 1.2. Auteurs : G. RINCK, J.J. RISLER
- 1.3. Origine: BRGM SGR/Alsace N°: 82 SGN 285 ALS
- 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
- 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - 1 Plan de situation
 - 2 Coupe transversale Sud-Nord
 - 3 Coupe transversale Sud-Est Nord-Ouest
 - 4 Schéma d'un puits de dépollution
 - 5 Variation du niveau d'eau et de l'épaisseur d'hydrocarbures aux piézomètres 272-3-635 (P5) et 272-3-427
 - Variation du niveau du Rhin à Strasbourg
 - Courbe de récupération par écrémage des hydrocarbures
 - 6 Tableau des niveaux d'eau et de l'épaisseur d'hydrocarbures dans les piézomètres et les puits de dépollution
 - 7 résultats des analyses d'eau
 - 8 Caractéristiques des piézomètres de contrôle de la zone contaminée
 - 9 Ecrémage périodique des hydrocarbures libres

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : 04 décembre 1980
- 2.2. Département : Bas-Rhin
- 2.3. Commune : Strasbourg (Port aux pétroles)
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Stockage d'hydrocarbures
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Accident survenu sur la bordure ouest du Port aux pétroles. Rupture d'une vanne à la suite de fortes gelées.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 285 m³

^{*} cf. fin de fiche

- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : gazole
- 2.9. Type de pollution: Les terrains superficiels ont été contaminés par infiltration verticale. Il y a contamination par propagation horizontale sur la couche de limons et au toit de la nappe phréatique.
- 2.10. Causes de la pollution :
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: Bien que n'ayant pas dépassé l'emprise du port aux pétroles, la nappe d'hydrocarbures menaçait une zone d'activité maraîchère, située à 100 m à l'aval du port, qui utilise pour ses besoins l'eau de puits privés.

- 3.1. Nature des terrains concernés : Le terrain est constitué de remblais graveleux de 3 m d'épaisseur, déposé sur une couche de terre végétale et de limons, de 0,5 à 1 m d'épaisseur, recouvrant les sables, graviers et galets rhénans dont l'épaisseur atteint localement 90 m.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Il s'agit de la puissante nappe phréatique de la plaine d'Alsace.
 - 3.2.1. Profondeur : de l'ordre de 3 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Nord Nord-Ouest avec un gradient localement élevé (de l'ordre de 1,5 %).
 - 3.2.3. Vulnérabilité : La vulnérabilité est très importante.
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: Nombreux puits dans la zone maraîchère qui sont indispensables aux activités de cette zone.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe : Relevées sur deux piézomètres, les fluctuations sont de 0,93 m de février 1981 à janvier 1982.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Une première phase a consisté en la reconnaissance et décapage des terrains contaminés, ainsi qu'en la mise en place d'un rideau de palplanches (9 au 30.12.1980). Il a été procédé à l'implantation de 5 piézomètres crépinés de -2 à -4 m* . Il y a eu ouverture d'une tranchée de 5 m de profondeur sur 54 m de long, à l'amont des palplanches, dans le but de pomper les eaux en profondeur pour créer un cône d'appel et permettre l'écrémage des hydrocarbures. Les eaux pompées ont été rejetées dans le réseau d'assainissement du dépôt équipé d'un séparateur central. Au total, 27 piézomètres ont été répartis à la périphérie de la zone contaminée, pour la reconnaissance du corps d'imprégnation.

^{*} Ces 5 piézomètres de 4 m de profondeur sont destinés au contrôle de la nappe à l'aval des puits et de la tranchée.

- 4.1. Résultats obtenus : Le rideau de palplanches de 54 m x 8, prolongé de 25 m vers le Nord et de deux fois 5 m de retour (89 m en tout) a permis de stopper la progression de la nappe d'hydrocarbures. D'autre part, l'opération de décapage des terrains contaminés (550 m³) déposés sur une décharge appropriée a permis de récupérer environ 25 m³ de gazole en imprégnation.
- 4.2. Evolution de la pollution : La nappe d'hydrocarbures flottants a atteint une superficie de 1,6 ha, ne dépassant pas l'emprise du Port aux pétroles.

5. MOYENS DE DEPOLLUTIONS MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : 31 décembre 1980
- 5.2. Durée des opérations : du 31/12/1980 au 09/01/1981
- 5.3. Techniques utilisées: En plus des travaux réalisés en première phase: rideau de palplanches, tranchée et décapage, il a été procédé à la mise en service de 4 puits de fixation (buses de ciment de Ø 1255 mm, sur une profondeur de 6,5 m, perforées de 2,50 à 4 m de profondeur pour la récupération des hydrocarbures, le fond des puits n'est pas étanche). L'eau a été pompée à la partie inférieure des puits à raison de 30 à 35 m³/h de façon à ne pas provoquer de mélange avec les hydrocarbures accumulés au-dessus de l'eau (voir ci-joint).

Les hydrocarbures libres accumulés dans les quatre puits et dans la tranchée sont écrémés périodiquement à l'aide d'une petite pompe à faible débit, ou d'un récipient lesté.

5.4. Résultats: Le cône d'appel de ces pompages a permis de fixer la zone contaminée, de rendre plus efficace la récupération des hydrocarbures libres et de limiter la propagation des eaux contaminées par des hydrocarbures dissous vers les puits d'alimentation en eau situés à l'aval. En un an, 136,5 m³ de gazole ont été récupérés (décapage + écrémage) représentant 47 % du produit déversé.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Les contrôles de conductivité, dureté, nitrates, nitrites, ammonium, chlorures, D.C.O. et hydrocarbures dissous ont été réalisés trimestriellement sur 9 piézomètres situés en aval et un en amont.

6.1. Résultats: Les teneurs en hydrocarbures dissous sont restées en général inférieures à 0,2 mg/l, seuls deux points ont atteint 0,7 mg/l en période de hautes eaux de la nappe.

Les valeurs de la D.C.O. sont inférieures à 15~mg/l en période de moyennes eaux, mais varient entre 9~et~35~mg/l en période de hautes eaux.

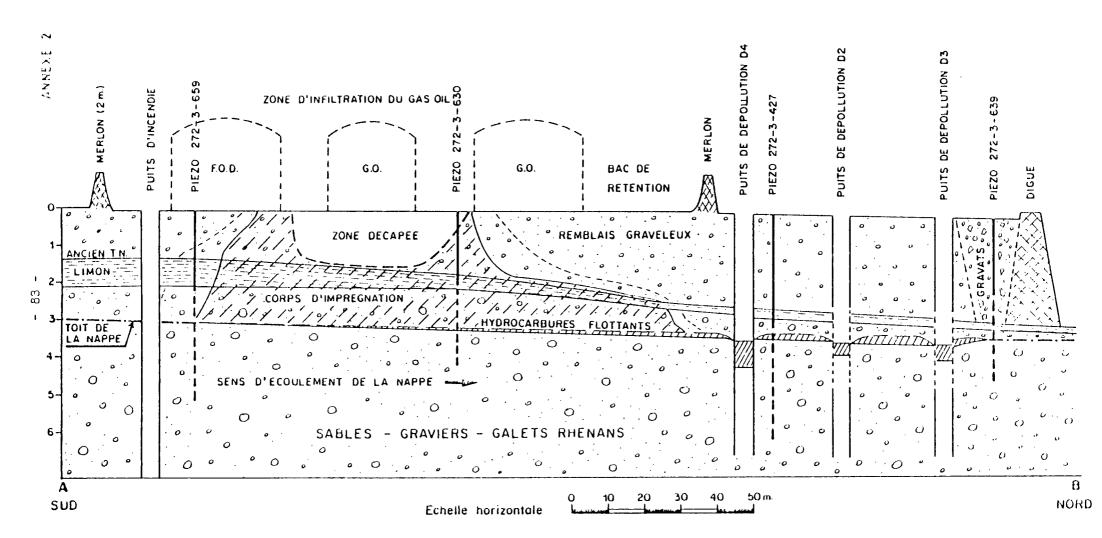
Les contrôles réalisés dans les puits privés situés à l'aval de la zone contaminée ne présentent pas de teneurs élevées en hydrocarbures dissous qui soient imputables au déversement, qui ne semble pas avoir provoqué de dégradation de la qualité des eaux souterraines en dehors des limites du Port aux pétroles.

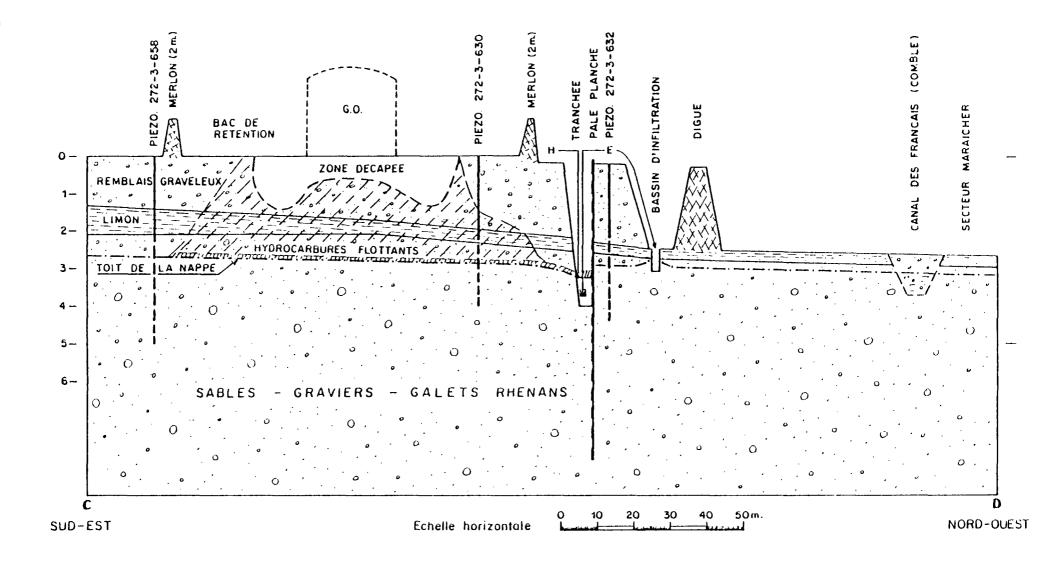
6.2. Volumes récupérés en fonction du temps :

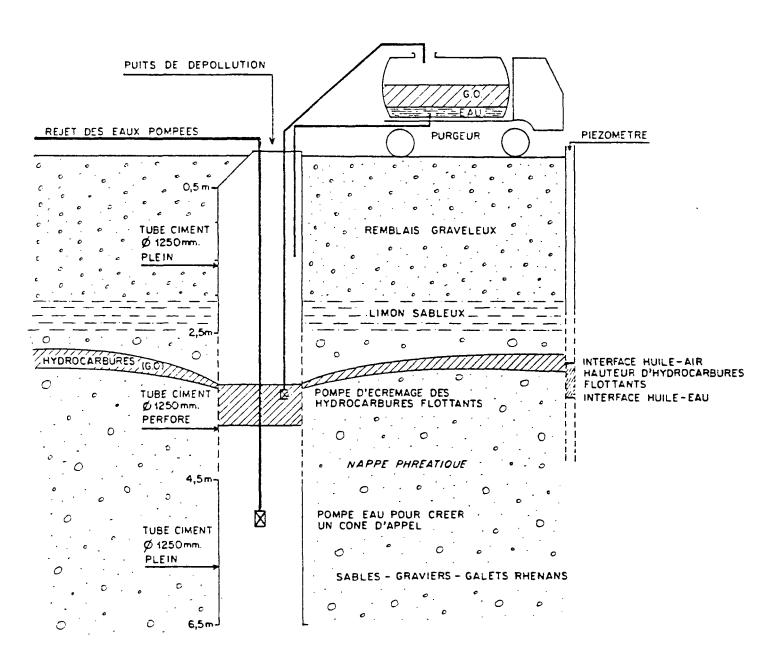
E-07.10	Volumes en m ³		
Epoques	par période	cumulés	
fin déc. 1980	14,2	14,2	
Janvier 1981	56,7	70,9	
Février 1981	29,5	100,4	
Mars 1981	4,4	104,8	
Avril 1981	1,3	106,1	
Mai à juillet 1981	3,4	109,5	
Juillet à déc. 1981	2	111,5	

De mai à juillet 1981, la récupération est de l'ordre de 1,1 $\rm m^3/mois$ et de juillet à décembre, elle n'est plus que de 0,3 à 0,4 $\rm m^3/mois$.

^{*} Etude pour l'Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse "Mesures d'hydrocarbures en traces effectuées sur les eaux de la nappe dans le secteur du port aux pétroles de Strasbourg". Rapport définitif (campagne 1981 et 1982) - Octobre 1982 Laboratoire de Physico-Chimie des hydrocarbures - Institut de Chimie/ U.L.P. Strasbourg.







Ö

FICHE TECHNIQUE N° 9

- 1. AFFAIRE : SCHLM Pollution par hydrocarbures, rue Baumann à Illkirch (Bas-Rhin)
 - 1.1. <u>Document consulté</u>: Société Coopérative d'habitation à loyer modéré Pollution par hydrocarbures rue Baumann à Illkirch Reconnaissance de la pollution, premières mesures de dépollution 5 juillet 1983.
 - 1.2. Auteurs : G. RINCK, J.J. RISLER
 - 1.3. Origine: BRGM SGR/Alsace N°: 83 SGN 509 ALS
 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - Plan de situation (ci-joint)
 - Coupes géologiques des sondages
 - Profils
 - Résultats d'analyse

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : SGR/Alsace informé le 31 mai 1983
- 2.2. Département : Bas-Rhin
- 2.3. Commune : Illkirch-Graffenstaden
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Il s'agit d'une fuite sur l'installation de stockage de F.O.D. des bâtiments HLM rue Baumann (cuve de 40 m³ située au n° 23 de la rue Liebermann).
- 2.6. Description (historique) de l'accident : Venues importantes d'hydrocarbures sur la rivière l'Ill (29/05/83) au débouché de deux déversoirs d'orage du réseau d'assainissement. Après la visite des égouts du réseau d'assainissement, il est apparu que les hydrocarbures provenaient d'infiltrations dans les conduites du réseau d'assainissement sur un tronçon situé à proximité des cuves à F.O.D. des bâtiments HLM 23 rue Liberman. La vérification des cuves a permis de déceler une fuite de débit estimé de 30 à 50 1/j.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Le volume total des fuites est estimé à 100 m^3 .
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel-oil domestique
- 2.9. Type de pollution : pollution de la nappe

- 3.1. Nature des terrains concernés : Remblais, limons graveleux, limon, sable fin, sable gravier et galets (voir profil ci-joint).
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Selon l'emplacement des sondages, le niveau de la nappe se situait entre 1,70 m et 3,71 m du niveau du sol (cote repère NGF IGN 65) le 11.07.83. Ecoulement approximativement vers le Nord.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Le programme de reconnaissance de la zone contaminée prévoyait 25 sondages d'environ 5 m de profondeur. Au total, 20 sondages de 4,5 à 5 m de profondeur, équipés d'un tube PVC Ø 40 ou 50 mm, crépinés sur environ 4 m de hauteur à partir de la base, ont été réalisés. 12 piézomètres ont été équipés d'une tête de protection métallique. 18 sondages ont été consacrés à la reconnaissance de la contamination induite par les fuites. D'autre part, afin de contrôler l'état de la nappe à l'aval des cuves, 2 piézomètres ont été implantés.

4.1. Résultats obtenus : La coupe géologique de chaque sondage et le résultat des contrôles du degré d'imprégnation en hydrocarbures ont été déterminés sur les échantillons prélevés d'un carottier de 90 mm de Ø. L'ensemble des observations est présenté en annexe du document. La présence d'hydrocarbures a été nettement détectée dans 8 sondages. 10 sondages situés à la périphérie de la zone contaminée permettent de surveiller la propagation éventuelle de la contamination et de contrôler la qualité des eaux de la nappe. La zone contaminée couvre une surface de l'ordre de 11000 m² (voir annexe 1 ci-jointe). L'épaisseur des hydrocarbures flottants a atteint 0,52 m au piézomètre S.8 (04.07.73)

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

Mise en place d'un premier puits de fixation (tube métallique crépiné \emptyset 600 mm de -0,7 à 5,7 m) niveau d'eau vers 2 m/sol. Avant-puits de 0 à 1,5 m en buse de ciment de 1150 mm \emptyset . Pompe de 100 m 3 /h à 5,4 m de profondeur. Pompage journalier de 7 à 17 h à partir du 4 juin 1983. Le rabattement du puits est de l'ordre de 1 m.

En plus du puits de fixation, quatre autres puits de dépollution sont programmés au coeur de la nappe d'hydrocarbures flottants. Les caractéristiques de ces puits sont les suivantes :

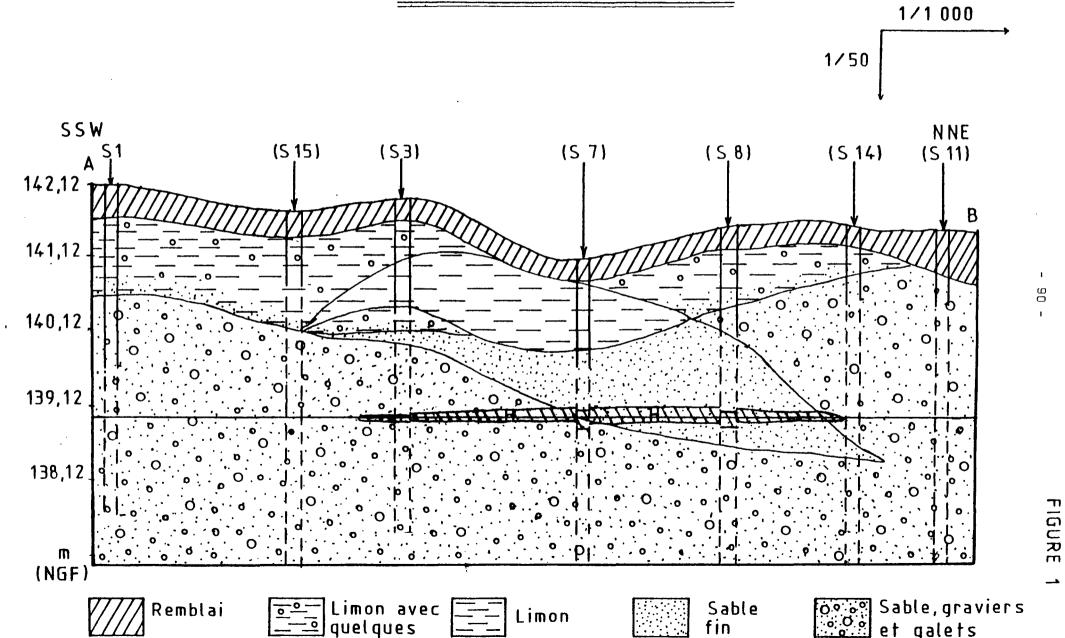
- forage en Ø 1000 mm minimum jusqu'à 7,5 m de profondeur,
- tubage en Ø 600 mm minimum jusqu'à 1,50 m de profondeur,
- tubage métallique crépiné \emptyset 600 mm minimum de 1,50 m à 6,5 m avec mise en place de gaine filtre à l'extraction,
- couvercle et fermeture de la tête de forage.

Le pompage de l'eau sur chaque point sera de l'ordre de 60 $\rm m^3/h$ pendant 10 h minimum par jour. La récupération des hydrocarbures devra être effectuée au moins une fois par jour avant l'arrêt des pompages d'eau.

- 5.1. Résultats obtenus : A la fin juin 1983, un premier bilan de la récupération donnait les résultats suivants :
 - du 29/05 au 10/06/83, 4 à 5 m 3 de fuel ont été récupérés à l'aval des déversoirs et dans les égouts. (Les infiltrations du fuel dans les égouts ont été négligeables à partir du 10 juin),
 - du 3 au 6 juin, la récupération au niveau du puits de dépollution a été de 3 $\rm m^3$ environ, puis de 100 l/j jusqu'en début juillet 1983.

POLLUTION D'ILLKIRCH GRAFFENSTADEN





Limon

quelques nraviore

et galets

5

FICHE TECHNIQUE Nº 10

- 1. AFFAIRE : Pollution au lieu-dit "L'Etang" à Contrexéville (88)
 - 1.1. Documents consultés :
 - 1 Etat de la pollution par du F.O.D. et des recherches engagées pour circonscrire l'origine de la pollution, à la date du 02.05.1977.
 - 2 Recherche de la source de la pollution.
 - 3 2ème phase 17 août 1978.
 - 1.2. Auteurs:
 - 1 J. RICOUR
 - 2 R. HENTINGER, C. MAIAUX, J. RICOUR et col.
 - 3 R. HENTINGER, J. RICOUR
 - 1.3. Origine : BRGM SGR/Lorraine

N^{os} : 1 - SGR/LOR n° 77/55 2 - 78 SGN 019 LOR

3 - 78 SGN 464 LOR

- 1.4. Archivage:
 - : BRGM SGR/LOR

2 et 3 : Bibliothèque BRGM - Orléans

1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

Document n° 1 : Carte de la situation au 1/25 000

Document n° 2 : 4 figures dans le texte

9 annexes

Document n° 3 : 6 figures

6 annexes

1 tableau

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : Date de constat de la pollution en avril 1976
- 2.2. Département : Vosges
- 2.3. Commune : Contrexéville
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : inconnue, mais la base aérienne 902 semble être à l'origine de la pollution.

- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Il parait probable que plusieurs pollutions par hydrocarbures de natures diverses soient l'origine des dommages causés. D'avril 1976 à septembre 1977, de nombreuses investigations ont été effectuées.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : inconnu
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : Les analyses d'eau prélevée sur la base aérienne font penser que les hydrocarbures correspondent à un mélange de produits de natures diverses (fuel léger, fuel lourd, huiles et graisses...).
- 2.9. Type de pollution : Les données rassemblées au cours des investigations semblent confirmer les présomptions de la contamination de la nappe de la Dolomie de Vittel au niveau de la base aérienne 902.
- 2.10. Causes de la pollution : Les hydrocarbures infiltrés au droit de la base 902 seraient piégés au niveau de la lèvre surélevée de la faille S22, S27, S16, S19. Ils seraient libérés par des effets de chasse correspondant aux brusques crues ou décrues du niveau piézométrique.
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: La pollution est apparue dans la cave d'un hôtel-restaurant. On a constaté la mort de sapins de 10 à 15 m de hauteur. Du fuel sourd en rive gauche et droite du ruisseau de La Chaille sur une longueur de 40 m. La terre végétale des jardins de deux pavillons est imbibée sur une profondeur de 30 à 40 cm.

3.1. Nature des terrains concernés : Le point de pollution reconnue se situe dans la Dolomie de Vittel en affleurement. Cet horizon plonge sous couverture imperméable vers le Nord-Nord Ouest. Celle-ci est constituée par les marnes dolomitiques de la Lettenkohle et les marnes du Keuper.

3.2. Aquifères touchés ou menacés :

- 1 La nappe de la Dolomie de Vittel est drainée par le ruisseau de La Chaille sur son cours aval, alors que ce cours d'eau est en position d'alimentation sur son cours amont. Elle s'écoule sous couverture imperméable vers le Nord-Nord Ouest.
- 2 La nappe hydrominérale qui circule dans le système multicouche "Calcaire à Entroques - Couches blanches - Couches grises" est séparée de la Dolomie de Vittel par les calcaires à cératites qui constituent un imperméable sous couverture.
- 3.2.1. <u>Profondeur</u>: L'aquifère de la Dolomie de Vittel où a été détectée la pollution par du fuel-oil domestique en avril 1976 se situe entre 0,69 m (S12) et 12,91 m (S2) du niveau du sol.
- 3.2.2. <u>Vulnérabilité</u>: La vulnérabilité de la nappe de la Dolomie de Vittel se situe au niveau des affleurements de la Dolomie en amont pendage au Sud du foyer de pollution constaté.

Les risques de contamination du gîte hydrothermal restent limités, la nappe de la Dolomie de Vittel ayant une charge hydraulique inférieure à celle de la nappe hydrothermale au niveau du foyer de pollution reconnu.

3.2.3. Captages, puits ou sources menacés:

3.2.4. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

La première campagne de reconnaissance comportait 20 sondages carottés équipés en piézomètres, en partie crépinés. 17 diagraphies gamma-ray, des analyses, un inventaire des cuves à fuel existantes, des pompages d'essai et des essais d'injection. Cette campagne avait eu lieu en avril 1976. Onze sondages complémentaires ont été réalisés en avril-mai 1978 sur la base aérienne 902. Ces sondages compris entre 10,40 m et 28,10 m ont été réalisés en destructif et à l'eau (prélevée sur le réseau incendie de la base) pour éviter toute contamination de la nappe de la Dolomie de Vittel. Cinq de ces ouvrages ont été testés par pompage et soumis à prélèvements pour analyses.

- 4.1. Résultats obtenus : Sur tous les ouvrages (mis à part S21) au cours de la foration, on a constaté des venues d'eau irisée au moment où l'outil atteignait la dolomie inférieure de la Lettenkohle et la Dolomie de Vittel. Des venues d'hydrocarbures ont été constatées sur le dégraisseur jouxtant les anciennes cuisines de la B.A. 902. D'après les données obtenues (structures, piézométrie, caractéristiques hydrodynamiques) le foyer de pollution est certainement lié aux activités de la base aérienne. Cependant, le problème posé apparaît beaucoup plus complexe que prévu au départ.
- 4.2. Evolution de la pollution :

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

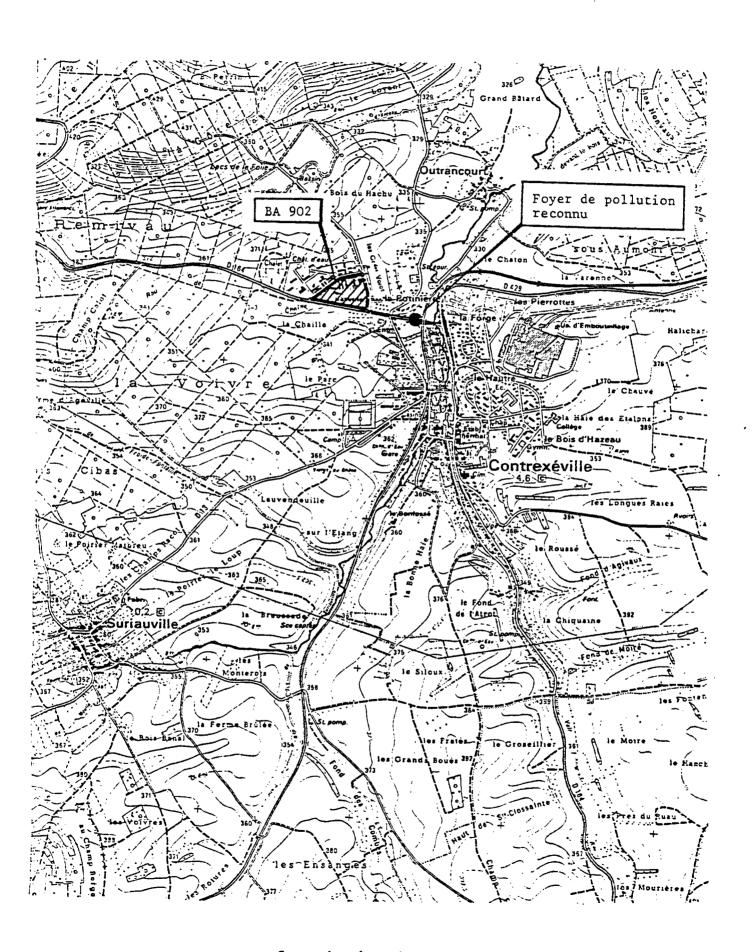
- 5.1. Date de mise en oeuvre : Avril 1976
- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Techniques utilisées : Des tranchées ont été creusées en bordure de la RN 64 pour la récupération optimale du fuel.
- 5.4. Résultats :

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

- 6.1. Résultats obtenus :
- 6.2. Volumes récupérés en fonction du temps :

du 18.04.1976 au 24.06.1976 : 5 700 litres au 25.04.1977 : 29 930 litres avaient été récupérés fin novembre 1977 : environ 50 m 3 avaient été récupérés

6.3. Séquelles : En raison de la complexité et de l'importance de la pollution reconnue, le problème de la restauration du milieu naturel ne se pose qu'avec plus d'acuité et la dépollution n'en sera que plus malaisée.



FICHE TECHNIQUE N° 11

- 1. AFFAIRE : Accident sur la RN6 au lieu-dit "Le Graveyron" Les Chères (69)
 - 1.1. <u>Document consulté</u>: Pollution accidentelle par fuel domestique sur la route nationale 6, au lieu-dit "Le Graveyron" Les Chères (69). Mesures de protection de la nappe alluviale.
 - 1.2. Auteur : J. PUTALLAZ
 - 1.3. Origine: BRGM SGR/Jura-Alpes N°: 77 SGN 490 JAL
 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - 1 Plan du lieu de l'accident
 - 2 Dispositif de récupération du fuel

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date: 12 septembre 1977
- 2.2. Département : Rhône
- 2.3. Commune : Les Chères
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Camion-citerne
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: L'accident est survenu à un camion-citerne qui s'est vidé sur le bas côté non stabilisé de la RN6. Le fuel s'est rapidement répandu dans la cour d'une habitation et dans le fossé collecteur sur une distance de 253 m.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 32 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel domestique
- 2.9. Type de pollution : Terrains et petite nappe perchée
- 2.10. Causes de la pollution :
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: Imbibition totale d'une aire de 400 m² à partir de la laquelle le fuel s'est infiltré dans le sol jusqu'à la surface de la nappe superficielle.

- 3.1. Nature des terrains concernés : Sables et graviers recouverts de quelques mètres de limon et d'argile superficielle. Le terrain de couverture est de nature limoneuse le long du collecteur. Dans la cour de la maison, s'y mêlent divers remblais.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé: Les alluvions contiennent une nappe à écoulement divergent vers la Saône et l'Azergue qui constituent les niveaux de base. La ligne de séparation mal définie doit se situer au niveau de la RN6. Les excavations à la pelle ont révélé la présence d'une petite nappe perchée peu profonde reposant sur un substratum argileux compact.
 - 3.2.1. Profondeur: entre 0,70 et 1 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement :
 - 3.2.3. Vulnérabilité: La pollution ne touche que la nappe perchée, la nappe des sables et graviers de la terrasse alluviale étant protégée par la couche d'argile et par la présence de la nappe superficielle.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Au total, 36 tranchées ont été creusées le long du fossé et 4 dans la cour de la maison, pour cerner la nature du sous-sol, la pénétration du fuel, la profondeur de la nappe et l'extension latérale de la galette de fuel.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : premières mesures le soir du 12/09/77
- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Techniques utilisées :
 - 1 Pompage de 4500 litres de fuel par les pompiers et d'un mélange (8000 litres) d'eau et de fuel par la SRA et ESSO.
 - 2 Le sol contaminé de la cour de la maison a été traité à l'aide d'une solution à 10 % de COREXIT 7664 (dispersant) fourni par ESSO.
 - 3 Pompage dans les tranchées par un véhicule de vidange, équipé d'une moto-pompe et d'une citerne de 4 m³. Le stockage s'est réalisé à l'aide de deux citernes de 28 m³.
 - 4 Aspersion des terrains au moyen de 1500 l d'HYPRO S.320 destiné à accélérer la biodégradation, puis arrosage.
 - 5 Mise en décharge contrôlée de 189 m³ de terres polluées.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Il est conseillé d'exécuter trimestriellement des prélèvements d'échantillons d'eau, le long des fossés collecteurs pendant une année au moins.

6.1. Résultats obtenus :

6.2. Volumes récupérés en fonction du temps :

Date	Volumes pompés en litres		Fuel récupéré en litres	
	fuel pur	mélange	journalier	cumulé
12/09/77	4 500	8 000	7 700	7 700
13-14/09/77	-	28 000	8 500	16 200
15-16/09/77	-	12 000	20	16 220

- Volume de fuel contenu dans les terres mises en décharge contrôlée (tableau ci-dessous) :

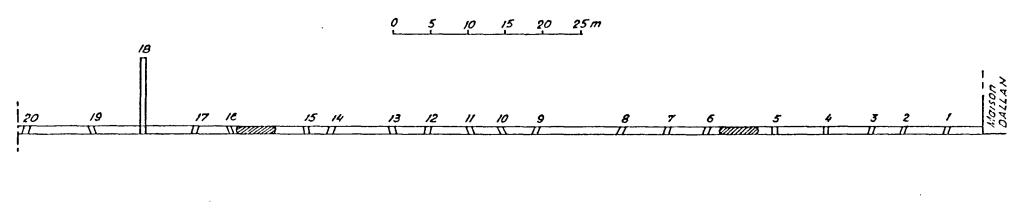
terrains mis terrain		Capacité de rétention	Volume de fuel éliminé avec le terrain	
en décharge	enlevés en m ³	en 1/m³	par origine	cumulé
Cour de la maison	119	40	4 760	4 760
Remblai rou-	80	10	800	5 560

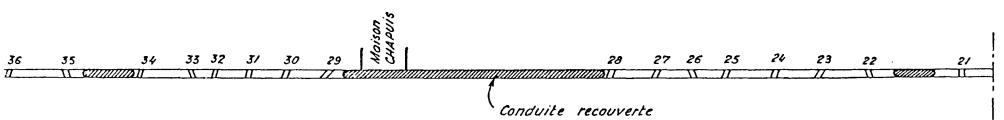
6.3. Séquelles : Reste en rétention dans le sol limoneux environ 10 200 litres représentant un volume de terres imbibées de l'ordre de 250 m³ répartis le long des 253 m pollués du fossé collecteur. Ce volume de fuel résiduel se dégradera avec le temps par oxydation et action bactérienne.

Topis routier

FOSSE COLLECTEUR DE LA NATIONALE Nº6 AU GRAVEYRON, LES CHERES

Dispositif de récupération du fuel (trou à la pelle et leur nº)





N _____

FICHE TECHNIQUE N° 12

1. AFFAIRE : ELF-FRANCE - Raffinerie de Feyzin (69)

1.1. Documents consultés :

- 1 Acquisition des données, résultats, perspectives et programme d'intervention.
- 2 Mesures de sauvegarde de la nappe. Compte rendu d'activité, premier semestre 1978.
- 3 Surveillance de la nappe alluviale. Janvier 1979 Mai 1980.
- 4 Compte rendu d'activité pour la période allant de mai 1980 à juillet 1981.
- 1.2. Auteur : J. PUTALLAZ
- 1.3. Origine :

1 et 2 : BRGM - SGR/Jura-Alpes
3 et 4 : BRGM - SGR/Rhône-Alpes

N^{OS} : 1 - 77 SGN 299 JAL 2 - 78 SGN 532 JAL 3 - 80 SGN 665 RHA 4 - 81 SGN 607 RHA

- 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
- 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte :

Document n° 1: 7 annexes et 15 plans hors-texte

Document n° 2 : 1) Fluctuations des niveaux d'eau

2) Carte piézo (10.07.78) et extension de la lentille

Document n° 3 : 1) Fluctuations des niveaux d'eau (01/1979 - 05/1980)

2) Carte piézo (21.02.80) et extension de la lentille

Document n° 4 : 1) Tableau des points d'eau

2) Carte piézo (25.06.81) et extension de la lentille

3) Fluctuations des niveaux d'eau

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

2.1. Date : fin août 1976

2.2. Département : Rhône

2.3. Commune : Feyzin

2.4. Coordonnées :

2.5. Type d'installation affectée : Canal de fuite du Rhône

- 2.6. Description (historique) de l'accident : A la suite de la sécheresse de 1976, la lentille d'hydrocarbures flottant au-dessus de la nappe alluviale au droit de la raffinerie de Feyzin se déplaça vers l'Ouest et donna lieu, fin août, à une importante émergence d'hydrocarbures dans le canal de fuite du Rhône.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites :
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause :
- 2.9. Type de pollution : En plus de la pollution de la nappe alluviale, il y a eu pollution du canal de fuite du Rhône.
- 2.10. Causes de la pollution : Il y a eu plusieurs causes ayant eu pour conséquence l'émergence d'hydrocarbures dans le canal de fuite du Rhône :
 - 1 La décrue sévère et prolongée de l'été 1976.
 - 2 La raréfaction de la fréquence des lâchés au barrage de Pierre-Bénite.
 - 3 La diminution des prélèvements dans un puits (A.37).

Ces facteurs conjugués ont provoqué un écoulement continu et prolongé des filets liquides (eau + hydrocarbures) dans le sens nappe-canal de fuite.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : Les documents consultés ne font pas état de la nature des terrains.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé: Il n'y a pas de donnée détaillée traitant de l'hydrogéologie, si ce n'est les relevés des fluctuations piézométriques (de 4 à 5 m) de mai 1980 à juin 1981.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Il a été établi un inventaire des points d'eau. 35 ouvrages ont été répertoriés. A l'exception des six ouvrages exécutés en 1976, les ouvrages sont anciens et les caractéristiques de la plupart d'entre-eux n'ont pas été retrouvées en documentation. Pour 17 d'entre-eux, il est impossible de certifier leur coupe technique. Ceci est un handicap pour l'étude de la lentille polluée et pour l'établissement d'un programme d'écrémage.

Pour suivre l'évolution de la nappe, trois limnigraphes à tambour d'enregistrement hebdomadaire ont été installés sur trois piézomètres (P1, P2, P3) le 27/07/1976. Pour compléter le réseau, il fallait connaître les variations du niveau d'eau sur le canal de fuite, au droit de l'usine. Un manographe a été installé le 18/01/1977.

Prélèvement d'échantillons pour analyses.

4.1. Résultats : Contrôle de l'évolution de l'étendue de la lentille d'hydrocarbures (5 plans dans le document n° 1, 1 dans le document n° 2, n° 3 et n° 4) ainsi que de l'épaisseur du polluant dans les différents puits contrôlés.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre :

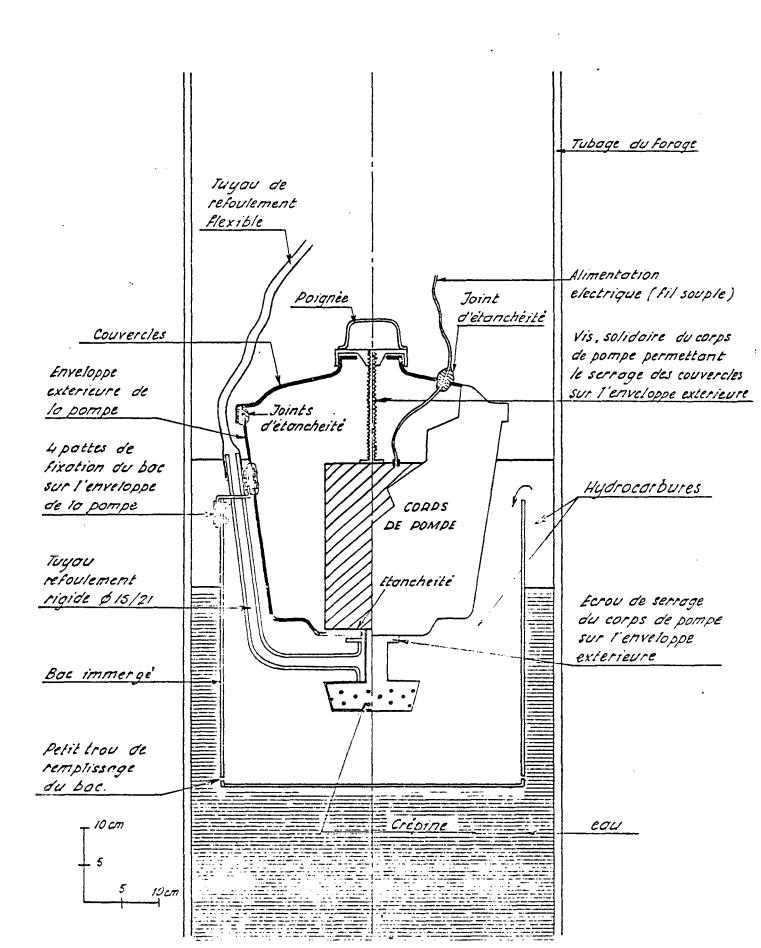
5.2. Durée des opérations :

5.3. Techniques utilisées :

- 1 Des mesures de protection ont été immédiatement prises. Elles consistaient :
 - 1°) à détruire les hydrocarbures flottant sur le fleuve par aspersion de F.72 (Hypro)
 - 2°) à arrêter les émergences d'hydrocarbures par inversion des filets liquides au moyen d'un pompage à fort débit dans un puits existant. On a utilisé sur le forage A 13-2 une pompe flottante expérimentale (schéma ci-joint).
- 2 Pompes installées par la suite sur un nouveau forage d'écrémage. L'essai antérieur (pompe de 30 kVA pour le rabattement de la nappe sur A.13-4 et pompe écrémeuse sur 1.13-2) n'ayant pas été couronné de succès, le nouveau forage a été réalisé à quelques mètres du forage A.13-4. A l'exhaure, installation d'un déshuileur avant le rejet des eaux dans le réseau d'égouts.
- 3 Essai d'une pompe à vide montée sur camion (essai de 6 mois avec 3 passages par puits a permis de récupérer 1 m³ d'huile). L'opération a été abandonnée, en raison de son coût. La pompe A.13-4 qui a donné les meilleurs résultats sera automatisée, la durée de pompage et les intervalles de mise en service seront fixés et modulés selon les résultats.
- 4 En dernier ressort, la solution retenue a été d'installer une minuterie sur la pompe de rabattement A.13-4, la meilleure récupération s'obtenant par effet Vortex au démarrage de la pompe.
- 5.4. Résultats: Les pompages exécutés sur le couple A.13-4, A.13-5 ont permis une amélioration de la qualité des eaux de la nappe (diminution de la D.C.O. qui passe de 1452 mg/l en novembre 1977 à 55 mg/l en juillet 1978) et l'extraction d'une certaine quantité d'hydrocarbures.

La pompe d'écrémage spécialement conçue a subi beaucoup de pannes et n'a pu être utilisée qu'épisodiquement.

SCHEMA DE LA POMPE ET DU PRINCIPE DE L'ECREMAGE



ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 13

- 1. AFFAIRE : Pollution de la nappe phréatique au port E. Herriot (69)
 - 1.1. Documents consultés :
 - 1 Protection et dépollution de la nappe phréatique au port Edouard Herriot (69).
 - 2 Protection et dépollution de la nappe phréatique Achèvement du réseau de surveillance et compte rendu des résultats de la surveillance pour l'année 1980.
 - 1.2. Auteur : J. PUTALLAZ

 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - Document n° 1 : 1) Equipement des ouvrages
 - 2) Coupe technique et lithologique des forages
 - 3) Premier test de pompage (résultats)
 - Document n° 2 : 1) Coupe lithologique et technique des piézomètres
 - 2) Relevés bi-mensuels
 - 3) Tableau des hydrocarbures et profondeur des niveaux d'eau
 - 4) Plan de la situation des ouvrages

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : Parmi les accidents les plus importants connus, il y a ceux de 1940, 1973 et 1974.
- 2.2. Département : Rhône
- 2.3. Commune : Lyon
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée :
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Les accidents sont divers : accidents de "dépotage", fuites accidentelles, lavage par les eaux de pluie des aires de chargement, etc...

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Les quantités d'hydrocarbures réellement perdues par infiltration sont inconnues.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : Il est probable que les hydrocarbures infiltrés doivent être divers en raison même de la multiplicité des sources de pollution.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1. Nature des terrains concernés: Sous une couche de remblais d'épaisseur variable (entre 3 et 5,4 m) on trouve, sauf exception une couche de sable fin argileux (limon) et au-dessous, des sables et graviers (alluvions modernes du Rhône).

3.2. Aquifère touché ou menacé :

- 3.2.1. <u>Profondeur</u>: Entre 4,12 et 5,12 m de profondeur selon les ouvrages. Sur le forage F10 on note une variation de niveau de 0,65 m en une journée!
- 3.2.2. Direction de l'écoulement :
- 3.2.3. Vulnérabilité:
- 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés :
- 3.2.5. Fluctuations de la nappe : Elles sont variables de 0,47 m au piézomètre n° 1 à 1,24 m pour le n° 7. Le piézomètre n° 1 est proche de son niveau de base, le drain CNR.
- 3.2.6. Eaux de surface :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

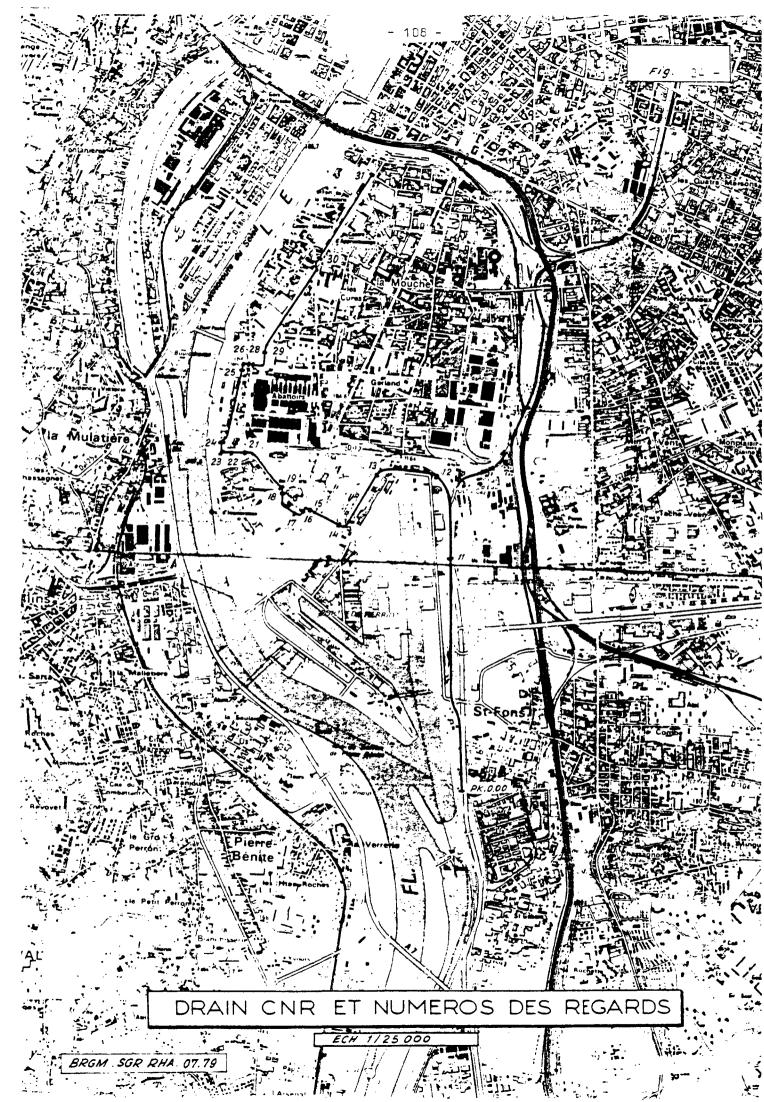
16 piézomètres ont été implantés à 7 m de profondeur. Ils ont été équipés d'un tube métallique (150 x 156 mm), de 7 m, crépinés par fentes 15/10 de 3 à 7 m de profondeur. On a déposé un filtre de gravillon à l'extrados. Les têtes de puits ont été cimentées et garnies d'une plaque de recouvrement en fonte. La profondeur des niveaux d'eau a été établie au moyen d'une sonde électrique OTT ainsi que la présence et l'épaisseur des hydrocarbures.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : 10.06.80
- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Techniques utilisées : Démonstration d'écrémage par pompage des hydrocarbures sur deux forages (F9 et F10) au moyen d'un groupe électropompe JZ.23-DELASCO). Le mélange pompé a été mis à décanter dans des fûts de 200 litres.

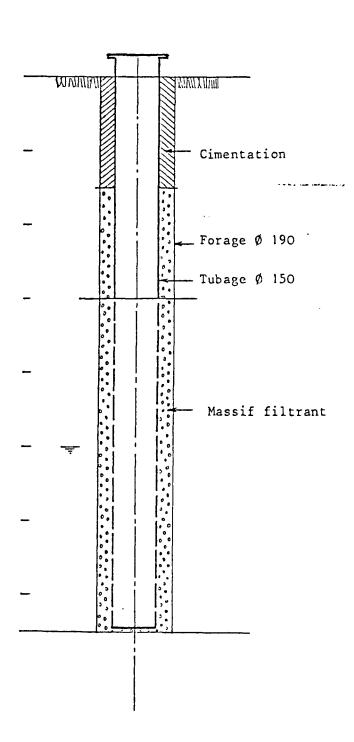
6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Le réseau de surveillance de la nappe (2ème phase) comprend 16 piézomètres. Les observations réalisées à cadence bi-mensuelle montre la présence ou l'absence d'hydrocarbures libres dans les ouvrages, ainsi que la présence ou l'absence d'odeurs. Les hydrocarbures sont concentrés au niveau de 4 piézomètres (n° 9 et 10 ainsi que 16 et 17). A signaler que l'épaisseur d'hydrocarbures a atteint 1 m sur le piézomètre n° 9 et 1,30 m sur le piézomètre n° 7. L'auteur signale que l'on a déjà constaté que les hydrocarbures avaient tendance à s'accumuler dans les tubes piézométriques. Un seul des piézomètres (n° 1) ne présente ni odeur, ni trace d'hydrocarbures.



ANNEXE 1 EQUIPEMENT DES OUVRAGES

Fig. 1 -



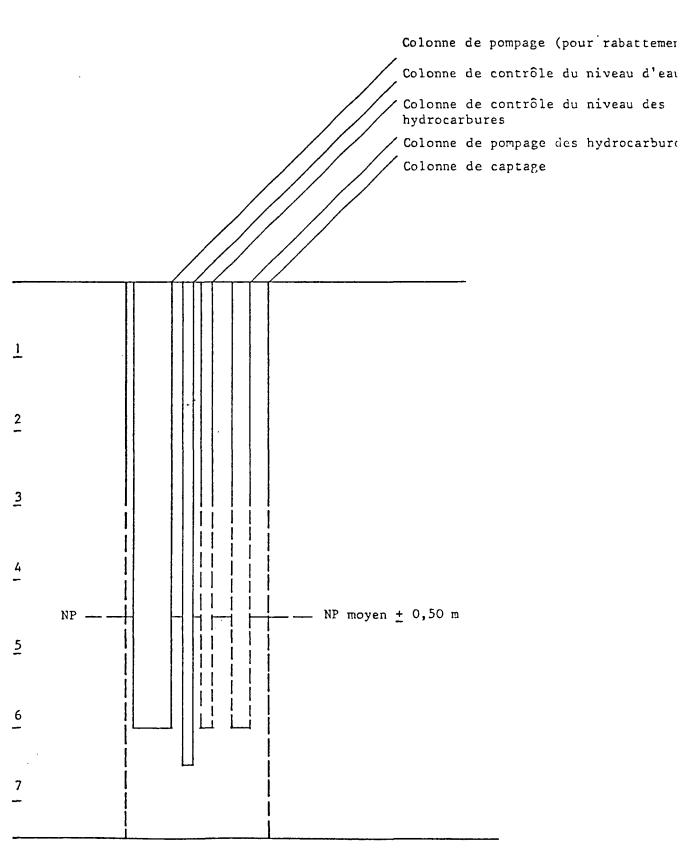
Forage: exécuté en percussion

Tubage: colonne de captage en acier A 33, crépinée par nervures repoussées, ouvertures 15/10ème.

 $\frac{\text{Massif filtrant}}{2 \times 4} : \text{ gravier roulé}$

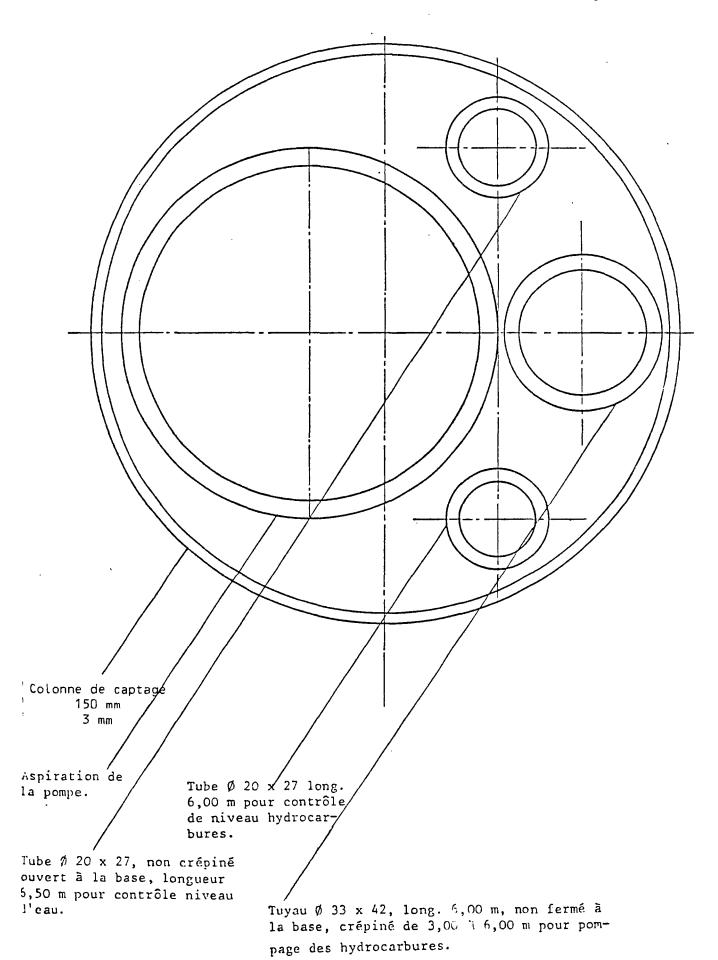
<u>Cimentation</u>: par gravité sur 1,50 m en tête

Tête du forage : fermeture à bride - dépassement de 0,25 m maxi du sol.



POSITION ET ENCOMBREMENT DES DIVERS TUBES EQUIPANT L'OUVRAGE

Fig. 3 -



ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR LES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 14

- 1. AFFAIRE : Station FINA-AUTOROUTE A.6 Les Chères (69)
 - 1.1. Documents consultés : Pollution par les hydrocarbures à la station FINA
 - 1 Résultats des premiers travaux.
 - 2 Résultats de la phase récupération.
 - 1.2. Auteur : J. PUTALLAZ
 - 1.3. Origine : BRGM SGR/Jura-Alpes $\frac{N^{OS}}{2-77}$: 1 77 SGN 220 JAL 2 77 SGN 371 JAL
 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM-Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - Document n° 1 : Emplacement des ouvrages
 - Tableau des résultats des sondages
 - Coupe des sondages
 - Profil en travers de la station
 - Document n° 2 : Superficie d'étalement des hydrocarbures au toit d'une nappe souterraine

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date:
- 2.2. Département : Rhône
- 2.3. Commune : Les Chères
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée :
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u> : Accident dû à une erreur de dépotage.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : estimé à 30 000 litres
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : essence super
- 2.9. Type de pollution : sol et eau

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains traversés : Matériaux de remblai : sable, galets de Saône (épaisseur de 1 à 3 m), sous un revêtement de goudron sur ciment (0,3 à 0,40 m). A la base, on trouve une argile plastique plus ou moins sableuse.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : nappe aquifère de l'Azergue
 - 3.2.1. Profondeur:
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement :
 - 3.2.3. Vulnérabilité: L'auteur estime la vulnérabilité de faible à très faible. Un essai d'injection d'eau réalisé sur deux piézomètres a donné une baisse de niveau de 74 cm en 272 minutes (piézomètre E) et 67 cm en 103 mn (piézomètre G).

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

8 sondages de reconnaissances ont été exécutés (A à H) et 4 pointes Johnson (J.1 à J.4). Les sondages de reconnaissances sont crépinés de 1,6 à 4,3 m de profondeur. Les pointes Johnson sont crépinées sur 1,5 m (de 3 à 4,5 m). Un essai de perméabilité a été réalisé (injection d'eau et mesures de la vitesse de descente sur les sondages E et G).

4.1. Résultats obtenus : Le niveau d'essence a été relevé dans les six sondages (A, B, C, D, F, H) à des profondeurs variant de 1,62 à 2,29 m.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

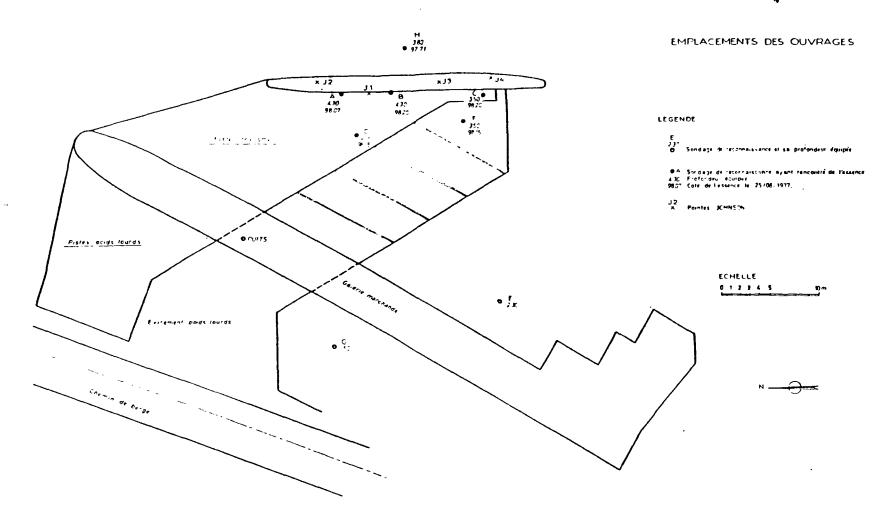
- 5.1. Date de mise en oeuvre : 12 mai 1977
- **5.2. Durée des opérations :** du 12/05 au 20/06/1977
- 5.3. Techniques utilisées: Ecrémage de l'essence au moyen de pompes de faible débit. Une moto-pompe de surface munie d'une vanne de réglage de débit. Une pompe électrique de surface (1,5 m³/h de débit). Utilisation de pompes à bras pour les piézomètres. Les produits récupérés (mélange d'eau et d'essence) sont mis en fûts de 200 l, avant leur envoi à l'usine d'incinération de St. Vulbas.
- 5.4. Résultats : Du 12 mai au 1er juin 1977, 11 760 litres de mélange eau+essence ont été récupérés (détails ci-joints).

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Il est recommandé de construire deux piézomètres supplémentaires de 3 m de profondeur sur la ligne des piézomètres E-G pour permettre une meilleure surveillance du remblai. D'exécuter 3 piézomètres de 100 mm Ø atteignant la nappe de l'Azergue (6 à 7 m de profondeur) distants de 10 m, sur une ligne le long du chemin de berge. De prélever et d'analyser les eaux des trois piézomètres de la nappe, durant un an, à une cadence trimestrielle.

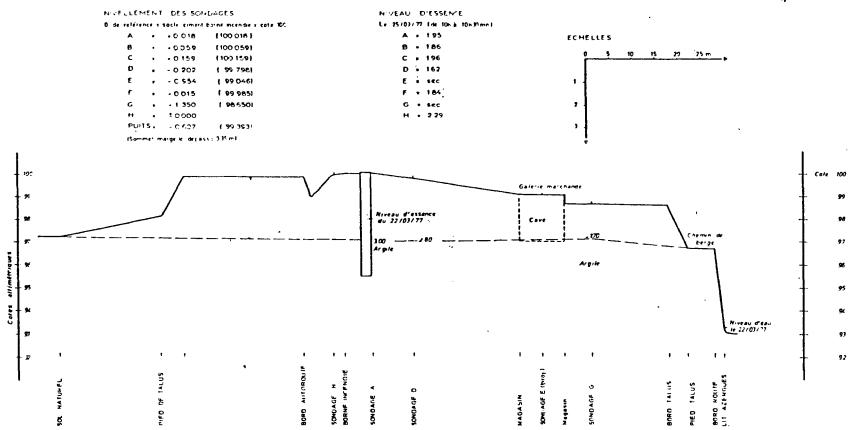
6.1. Résultats obtenus :

- 6.2. Volumes récupérés en fonction du temps : Globalement 3800 litres ont été récupérés au cours de l'opération, ce qui, ajouté aux 1000 litres précédemment récupérés représente 16 % de la quantité supposée perdue.
- 6.3. Séquelles: L'essence non récupérée devrait disparaître progressivement suite à l'action bactérienne, à l'évaporation et à la dissolution dans les eaux de la nappe sous-jacente qui entraîneront une perturbation de la qualité des eaux souterraines (consommation d'oxygène et diminution de la capacité de réoxygénation). Selon les estimations, si la nappe est perchée à 2 m de la surface, la lentille résiduelle peut occuper 600 m². Pour ce qui concerne la nappe de l'Azergue, elle est estimée entre 1000 et 1500 m².



STATION FINA - AUTOROUTE AG

LES CHERES



31 - RESULTATS DES POMPAGES

Après préparation du matériel et du dispositif de récupération, les quantités de produits pompés (mélange plus ou moins important d'eau et d'essence) se répartissent comme suit :

- . le 12/5/77 :
 - Sur les trous d'homme : 800 l (assèchement), forte proportion d'essence
 - Sur pointes Johnson: 100 1
- . le 13/5/77 :
 - Sur les trous d'homme : 600 l (assèchement), forte proportion d'essence
 - Sur pointes Johnson: 200 1
- . le 17/5/77 :
 - Sur les trous d'homme : 1200 l (assèchement), proportion notable d'essence
- . le 18/5/77 :
 - Sur les trous d'homme : 2600 l (assèchement) proportion notable d'essence
- . le 23/5/77:
 - Sur les trous d'homme : 800 l (assèchement), pourcentage important d'eau
- . le 26/5/77 :
 - Sur les trous d'homme : 1500 l (assèchement), fort pourcentage d'eau
- . le 27/5/77 :
 - Sur les trous d'homme : 1600 l (assèchement), très fort pourcentage d'eau
 - Sur pointes Johnson : 200 l, très fort pourcentage d'eau
- . le 31/5/77 :
 - Sur les trous d'homme : 1000 l (assèchement), très fort pourcentage d'eau
 - Sur les piézomètres : 60 l, très fort pourcentage d'eau
- . le 1/6/77:
 - Sur les trous d'homme : 900 l (assèchement), très fort pourcentage d'eau
 - Sur pointes Johnson : 200 l, très fort pourcentage d'eau

La somme des produits soutirés représente 11760 litres emmagasinés dans 59 fûts de 200 litres.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 15

- 1. AFFAIRE : Rupture des pipe-lines de l'OTAN (TRAPIL) à Travaillan (84)
 - 1.1. Documents consultés :
 - 1 Note sur la pollution de la nappe du Comtat par hydrocarbures.
 - 2 Note sur les travaux exécutés.
 - 3 Compte rendu de la visite de Messieurs SOMMELET et DEMASSIEUX.
 - 4 Compte rendu de la visite du 22 novembre 1972.
 - 1.2. Auteur : G. DUROZOY
 - 1.3. Origine: BRGM SGR/Provence-Corse Nos: 1 Note 72/25

2 - Note 72/38

3 - Note 72/40

4 - Note 72/47

- 1.4. Archivage : BRGM SGR/PAC
- 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

Doc. n° 1 : -

Doc. n° 2 : 5 figures

Doc. n° 3 : 1 croquis - Plan de situation

Doc. $\dot{\mathsf{n}}^{\bullet}$ 4 : 1 plan de la zone polluée et des piézomètres à prévoir

1 coupe géologique schématique

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : 28 août 1972 à 16 heures
- 2.2. Département : Vaucluse
- 2.3. Commune : Travaillan (Ferme de la Genestière)
- **2.4.** Coordonnées : x = 803,94 y = 212,72 z = 85
- 2.5. Type d'installation affectée : pipe-line
- 2.6. Description (historique) de l'accident : Rupture du pipe-line de l'OTAN par un engin agricole équipé d'un ripper, effectuant un sous-solage. Le gaz-oil, sous pression, s'est répandu en pluie sur une surface très réduite. L'infiltration dans le sol a été directe. L'arrêt de l'écoulement s'est réalisé à 22 heures après la fermeture de la vanne.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Ces pertes sont estimées à 775 m³.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : gaz-oil

2.9. Type de pollution : Sol et eau de la nappe. Le sol a été contaminé par infiltration.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés: Terrasse würmienne des plaines du Comtat. Couche de limons sableux d'épaisseur variable (0,1 à 0,6 m), cailloutis calcaires, mêlés à un peu d'argile (8 à 10 m d'épaisseur) reposant sur les marnes sableuses du Miocène marin, peu perméables.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Une nappe s'écoule dans les cailloutis parallèlement à la rivière l'Aigue. En basses eaux, drainage par le lit de l'Ouvèze. Il n'y a pas de drainage en hautes eaux.
 - 3.2.1. Profondeur: Les premières arrivées d'eau ont toujours lieu vers $\overline{6}$ ou 7 m.
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Du Nord-Est vers le Sud-Ouest avec une pente de 5 %, soit une vitesse d'écoulement de la nappe de l'ordre de 2,15 m/j.
 - 3.2.3. Vulnérabilité : La porosité est estimée à 10 % et la perméabilité $\frac{1}{1}$ de l'ordre de $\frac{1}{1}$ m/s.
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: Les premiers captages menacés sont ceux d'Orange, situés à 9 km à l'aval.
 - 3.2.5. <u>Fluctuations de la nappe</u> : Les fluctuations de l'étiage aux hautes eaux sont de l'ordre du mètre.
 - 3.2.6. Eaux de surface : Les eaux de surface sont à faible distance. La bordure du lit moyen de l'Aigue est à 50 ou 60 m de la zone contaminée. Le lieu de l'accident est à une altitude très peu supérieure à celle du lit moyen.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- Document 1 : implantation de cinq sondages, destinés à localiser la lentille de gaz-oil reposant sur la nappe aquifère. Ils sont disposés en éventail vers l'aval et espacés selon des distances croissantes à partir du point de pollution. Un des sondages sera poussé jusqu'au bed-rock pour la reconnaissance de l'épaisseur de l'aquifère, les autres d'un Ø de 150 mm seront arrêtés à 50 cm sous la nappe et crépinés (tube PVC).
- Document 4 : il est prévu de réaliser en tout 27 sondages à la tarière courte, longs de 6 m. Ces sondages sont en cours de réalisation. Sept ont déjà été exécutés et équipés de tube plastique Ø 200 mm, crépinés sur les 2/3 inférieurs avec voile nylon.
 - 4.1. Résultats obtenus : Document n° 4 : complètent ceux obtenus par les premiers sondages quant à la connaissance du terrain (matériel alluvial). La tranchée vidée par pompage a donné une eau propre, sans trace d'hydrocarbures.

4.2. Evolution de la pollution : Un sondage à la pelle mécanique, près du puits de l'Aigue, derrière le décanteur, présente un film de pollution en surface, sans irisation, ni odeur. Sa nature doit être vérifiée et il faudra procéder à l'exhaure et pratiquer des analyses, s'il y a récidive.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre :
- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Techniques utilisées: Solution mixte: rabattement de la nappe et pompage de l'émulsion en un seul point à la limite aval de la zone de contamination. Une tranchée de 50 m a été prévue perpendiculairement à la direction de l'écoulement de la nappe 40 m à l'aval du forage B où avait été reconnue la présence de l'émulsion, les déblais de la tranchée, non pollués, devant servir à la construction d'un bac de décantation étanché par film de polyéthylène. Les prévisions d'un débit de pompage pour un rabattement minimum de 0,5 m ont été estimées à 9,6 l/s.
- 5.4. Résultats : La récupération du gaz-oil paraît lente et difficile en raison des conditions de perméabílité du terrain au voisinage de la cote du niveau hydrostatique. La lentille de gaz-oil paraît immobile autour du point d'injection, la nappe s'écoulant sous elle.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

- 1. Délimiter par pointes forées l'extension de la lentille.
- 2. Contrôler l'évolution de la nappe (dissolution à la base de la lentille d'une faible quantité d'hydrocarbures).
- 3. Extraction des terrains pollués par adsorption dans la zone non saturée et brûlage.
 - 6.1. Volumes récupérés en fonction du temps : Seuls quelques m³ avaient été récupérés à la date du 23 octobre 1972.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 16

1. AFFAIRE : Maison d'arrêt de Nîmes - Pollution accidentelle par des hydrocarbures.

1.1. Documents consultés :

- 1 Compte rendu de visite effectuée le 18 octobre 1982 sur le site de la maison d'arrêt de Nîmes.
- 2 Phase 1 Rapport préliminaire Proposition de travaux.
- 3 Note technique faisant suite aux résultats des derniers prélèvevements effectués le 16 mars 1983.
- 4 Phase 2 Extension et propagation de la pollution Exécution des piézomètres de contrôle et de surveillance Programme de décontamination.

1.2. Auteurs:

1,2,3 : P. BERARD

4 : P. BERARD et A. CAMUS

1.3. Origine: BRGM - SGR/Languedoc-Roussillon

N^{os}: 1 - 82 LRO 24 NT 2 - 82 LRO 471 PR 3 - 83 LRO 06 NT

4 - 83 LRO 483 PR

1.4. Archivage : BRGM - SGR/LRD

1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

- Doc. n° 2 : 1) Inventaire des sondages, puits et forages.
 - 2) Principaux forages répertoriés en aval hydraulique de la cuve...
- Doc. n° 3 : 1) Echantillons d'eau Prélèvements du 16.03.83 Analyses.
 - 2) Situation des tranchées projetées.

Doc. n° 4: 1) Extension et propagation de la pollution.

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. <u>Date</u> : inconnue, la demande téléphonique de la D.I.I. a été reçue le 15 août 1982.
- 2.2. Département : Gard
- 2.3. Commune : Nîmes
- 2.4. Coordonnées :

- 2.5. Type d'installation affectée : Cuve de stockage de la maison d'arrêt de Nîmes, située dans la cour intérieure sur le côté sud de la prison.
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Fuites multiples observées sur une cuve de stockage enterrée dans la zone de fluctuation de la nappe.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Volume estimé entre 30 et 33 m³.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel domestique F.O.D.
- 2.9. Type de pollution : nappe

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés: Sous la couverture de terre végétale, limons ou déblais pouvant atteindre jusqu'à 4 m mais dont l'épaisseur moyenne se situe entre 1 et 2 m, on trouve des argiles jaunes ou brunes avec ou sans concrétions (épaisseur comprise entre 1 et 4,5 m) reposant sur des argiles jaunes à concrétions et/ou cailloutis dont la profondeur se situe entre 2,5 à 4,5 et 6 m. (voir détails des résultats de sondages à la tarière ci-joints).
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Nappe de la Vistrenque sur sa bordure nord-ouest.
 - 3.2.1. <u>Profondeur</u>: Le niveau piézométrique se situe entre 2 et 4 m du sol.
 - 3.2.2. <u>Direction de l'écoulement</u>: du Nord vers le Sud pour la zone considérée avec un gradient de 5,7 %. Le Vistre constitue l'axe de drainage principal (écoulement naturel de l'ordre de 150 m/an).
 - 3.2.3. <u>Vulnérabilité</u>: Relativement vulnérable. Il existe des prélèvements AEP en amont et en aval hydraulique sur la rive gauche du Vistre.
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: Il existe de nombreux ouvrages particuliers à usage industriel ou destinés à l'irrigation. 19 points d'eau répertoriés au Code minier sont situés à l'aval hydraulique.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:
 - 3.2.6. Eaux de surface : La rivière la plus proche, le Vistre, est située à une distance comprise entre 2500 à 3000 m. Elle n'est pas utilisée pour les captages AEP, l'industrie ou l'irrigation.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Exécution de 14 sondages (S1 à S14) à la tarière, équipés en tube PVC de 95×100 mm, d'une longueur moyenne de 6 m et obturé au sommet par un manchon fileté et vissé. Ils sont crépinés à la base jusqu'à 1,75 à 2 m du sol. Un autre ouvrage F.15 de 12 m de profondeur est équipé d'un tubage acier en 50×60 mm 0, crépiné à sa base entre 8 et 12 m.

- 4.1. Résultats obtenus : Les prélèvements pour analyses ont montré que la teneur en hydrocarbures des eaux était supérieure à la concentration maximale admissible pour 3 sondages (> 0,01 mg/l le 18.3.83). Extension de la zone contaminée jusqu'à 300-350 m en aval hydraulique de la cuve de stockage.
- 4.2. Evolution de la pollution : Les fluctuations piézométriques contribuent à la rétention, à l'imprégnation et au piégeage de la lentille d'hydrocarbures dans les alluvions et cailloutis supérieurs.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre :

- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Techniques utilisées: Essai de pompages de récupération entrepris en deux phases sur le couple sondage S.10, forage F.15. Le débit du forage voisin de 15 m³/h ayant comme but de créer une dépression du toit de l'aquifère et le pompage sur le piézomètre S.10 n'ont conduit qu'à l'arrivée de quelques "bouffées" très chargées en hydrocarbures, sans que l'écrémage ou que les conditions de récupération s'avèrent satisfaisants.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Prévoir un système sommaire de prélèvements sur les piézomètres de surveillance (ce peut être un tubage en PVC de 44x50 mm Ø et 75 cm de long avec un obturateur de pied) et analyses de certains prélèvements. La périodicité peut être de 1,5 mois. Si le fuel atteint les piézomètres de contrôle, deux cas peuvent se présenter (cf. 6.3).

6.1. Résultats obtenus :

6.2. Volumes récupérés en fonction du temps :

6.3. Séquelles :

- 1 <u>Soit la lentille reste piégée au toit de la nappe</u> et aucune intervention directe ne parait possible.
- 2 Soit la lentille continue à migrer : en fonction de l'épaisseur centimétrique ou décimétrique du fuel, on peut prévoir des tranchées ou des puits de récupération et assurer l'écrémage au moyen d'une pompe péristaltique à niveau constant et à faible débit avec évacuation du mélange eau-fuel vers un bac de décantation.

Pour des épaisseurs de fuel inférieures à 1 cm, les fluctuations piézométriques imprégneront les horizons supérieurs où seule pourra s'effectuer une biodégration naturelle avec lessivage et extension du secteur pollué lors des épisodes pluvieux.

Fond topographique extract des cortes IGN NIMES 1.2 et 5.6 à 1/25 000





23 Point d'eau répertorié au code minier avec numéro d'indice



Extension munimale produmée de la zone contamunée et orientation principale de l'écoulement souterrain



Ecoulement superficial

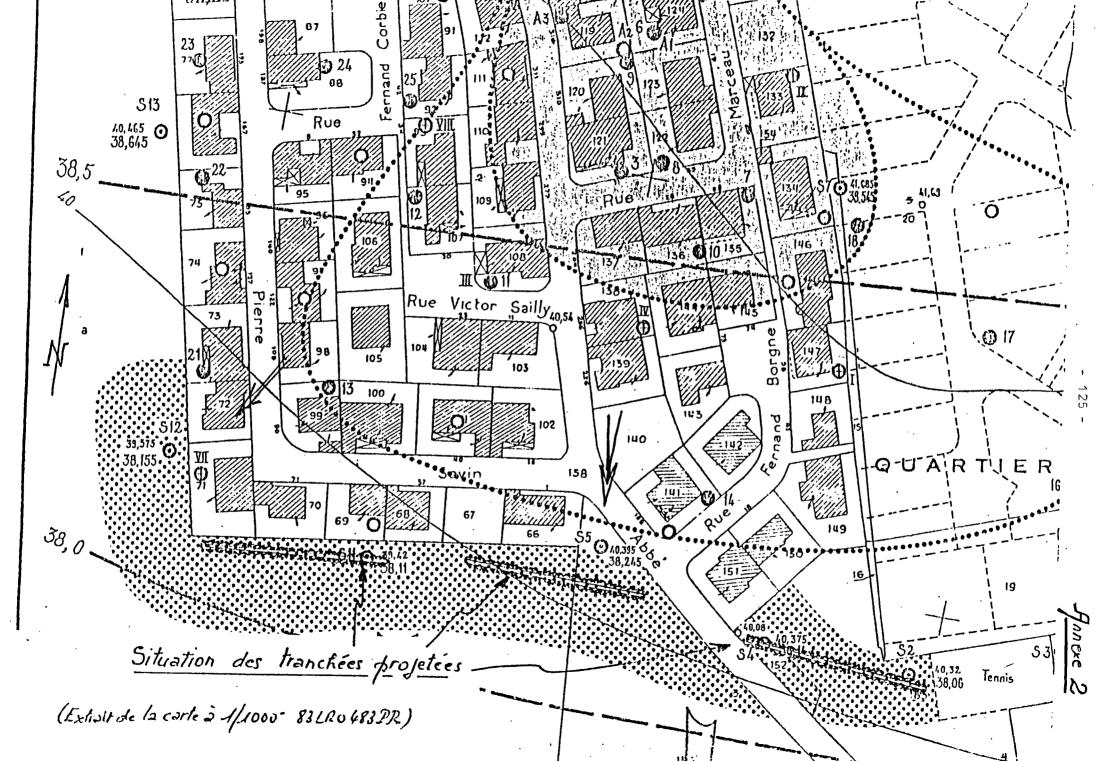


TABLEAU 2 - RESULTATS DES SONDAGES A LA TARIERE

N sondace	Dénomination	Prof.	Coupe géologique
51	Parking	6	0,00 à 1.00 m : terre végétale, limons, déblais 1,00 à 2,50 m : argile jaune 2,50 à 5,50 m : argile à concrétions puis cailloutis
52	Tennis W	6	0,00 à 4,00 m : terre végétale et argilea 4,00 à 4,30 m : graviera 4,30 à 6,00 m : argile jaune et cailloutia
\$3	Tennis E	6	0,00 à 3,00 m : argile brune 3,00 à 4,50 m : argile jaune et concrétions 4,50 à 6,00 m : cailloutis
54	Angle mai-		0,00 à 1,50 m : remblais 1,50 à 2,50 m : argile brune 2,50 à 6,00 m : argile jaune, cailloutis à 5,50 m
\$5	Pointe ar- buste	6	0,00 à 1,00 m : terre végétale et remblais 1,00 à 2,50 m : argile brune 2,50 à 6,00 m : argile jaune et cailloutis
56	Angle Cham- baud	6	0,00 à 2,00 m : terre végétale et limons 2,00 à 4,00 m : argiles jaunes 4,00 à 6,00 m : graviers, cailloutis et argiles
\$7	Platanes Possac	6	0,00 à 1,50 m : terre végétale brune 1,50 à 4,00 m : argile jaune 4,00 à 6,00 m : argile, cailloutis et concrétions cal- caires
Sé	Terrain vague W	6	0,00 à 1,50 m : argile brune 1,50 à 3,50 m : argile jaune 3,50 à 6,00 m : argile jaune et cailloutis
\$ 9	Poteau bus	6	0,00 à 1,00 m : terre végétale 1,00 à 5,50 m : argile jaune à concrétions 5,50 à 6,00 m : cailloutis
\$10	H. Lapierre 126	6	0,00 à 1,00 m : terre végétale brune 1,00 à 3,50 m : argile jaune 3,50 à 6,00 m : graviers et cailloutis argileux
\$11	Chalvidan Nord	6	0,00 à 1,50 m : terre végétale et limons 1,50 à 5,50 m : argile jaune 5,50 à 6,00 m : cailloutis
\$12	Possac W	-6	0,00 à 1,50 m : terre végétale 1,50 à 4,50 m : argile jaune 4,50 à 6,00 m : graviers argileux
\$13	Maison blanche	6	0,00 à 1,50 m : argile brune 1,50 à 5,00 m : argile jaune 5,00 à 6,00 m : graviers argileux
\$14	Prison	6	0,00 à 1,00 m : terre brune argileuse 1,00 à 5,50 m : argile à concrétions 5,50 à 6,00 m : graviera argileux
\$15	M. Lapierro 126	12	0,00 à 1,00 m : terre végétale brune 1,00 à 3,50 m : argile jaune 3,50 à 9,00 m : graviers et argiles 9,00 à 14,00 m : graviers aquifères et conglomérats à 14 m

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 17

1. AFFAIRE : Société MOBIL-OIL - Raffinerie de Fontignan (34)

1.1. Documents consultés :

- 1 Contamination du canal du Rhône à Sète par des hydrocarbures. Rapport préliminaire - Proposition de travaux.
- 2 Contamination du canal du Rhône à Sète par des hydrocarbures. Propositions de travaux complémentaires.
- 3 Exécution d'une tranchée de captages des hydrocarbures. Rapport de fin de travaux.

1.2. Auteurs :

- 1 J. de MAUTORT
- 2 A. CAMUS et J. de MAUTORT
- 3 A. CAMUS et J. de MAUTORT
- 1.3. Origine: BRGM SGR/Languedoc-Roussillon

 $\frac{N^{os}}{1} : 1 - PR.98$

2 - 74 LRO.PR.118

3 - 75 SGN 233 LRC

1.4. Archivage:

1 et 2 : BRGM - SGR/LRO

3 : BRGM - Bibliothèque Orléans

1.5. Illustrations, cartes, hors-texte :

Document n° 1 : 2 plans de situation (1/25 000 et 1/1000)

2 profils hydrogéologiques nivelés

1 exemple d'un cycle de pompage sur puisard "A" proche

du canal

Document n° 2 : 2 plans de situation (1/25 000 et 1/200)

3 profils géologiques + 1 coupe détaillée des sondages

S1 à S10

2 esquisses piézométriques

2 courbes de remontée en fin de pompage

Document n° 3: 1 plan de la tranchée (1/200)

1 profil en long de la tranchée et des rideaux de

palplanches

1 coupe transversale type de la tranchée

1 tableau des mesures manuelles effectuées sur la

tranchée et sur le canal

1 limnigramme de la tranchée et du canal

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

2.1. Date: 1973

- 2.2. Département : Hérault
- 2.3. Commune : Sète
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Raffinerie, mais l'origine réelle est inconnue. D'après la Société MOBIL-OIL la contamination serait probablement ancienne.
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Depuis de nombreuses années, des suintements d'huile se produisent sur 80 m, le long de la berge orientale du canal distante de 8 à 10 m du mur d'enceinte de la raffinerie. Le secteur contaminé est proche d'une centrale thermique.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : inconnu
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : D'après la Société MOBIL-OIL, il s'agit d'hydrocarbures lourds.
- 2.9. Type de pollution : Terrain et eaux de surface (canal)
- 2.10. Causes de la pollution : Une circulation d'eau chaude résultant de fuites en provenance de la centrale thermique proche (eau et hydrocarbures à 28°C alors que le canal est à 7°C en novembre-décembre 1973) créé un gradient de pression hydraulique permanent de l'usine vers le canal. La valeur de ce gradient peut être accrue ou diminuée par divers facteurs : fluctuations positives ou négatives du canal (liées pour l'essentiel à la direction des vents), amplitude des marées journalières, passage des péniches créant un "batillage" important sur les berges (d'après les enregistrements limnigraphiques), l'amplitude des vagues provoquées par les péniches peut atteindre 0,75 m.
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u> : Pollution de la berge orientale du canal du Rhône, à Sète, sur une longueur de 80 m, depuis de nombreuses années.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés: 8 sondages carottés exécutés le long du chemin de halage et 2 réalisés à l'intérieur de l'usine ont permis de faire les observations et mesures suivantes: sous un ou deux mètres de terrains remaniés meubles hétérogènes ou de remblais rapportés, les roches qui constituent le substratum de l'usine sont hétérogènes: calcaires, marno-calcaires, marnes, avec une nette prédominance calcaire.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Le réservoir lié au calcaire est captif sous le recouvrement.
 - 3.2.1. Profondeur:
 - 3.2.2. <u>Direction de l'écoulement</u>: Vers le Sud-Est (gradient d'environ 0,6 %) en face de la raffinerie. A l'aplomb de la raffinerie, il n'y a plus de gradient, la nappe est à l'équilibre avec le canal et les étangs et est constituée d'eau salée.
 - 3.2.3. <u>Vulnérabilité</u>: La perméabilité du recouvrement est faible, voire nulle. Les calcaires sous-jacents à la zone contaminée ne sont pas pollués.

3.2.4. Fluctuations de la nappe : Elles sont liées aux houles (vent du Sud-Sud Est, marins) et au mistral qui, poussant les eaux vers le Sud, a tendance à vider les étangs.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Huit sondages ont été réalisés sur le chemin de halage (clôture ouest de l'usine) et deux à l'intérieur de l'usine. Un sondage a été approfondi à 25 m, deux autres à 20 m, les autres (7) ont été arrêtés à 10 m de profondeur. Trois sondages (S8, S9 et S10) ont été couplés avec les puisards A, E et D de la raffinerie.

- 4.1. Résultats obtenus : La surveillance continue des sondages a permis de localiser avec précision les horizons pollués par les hydrocarbures. La pollution est maximale sur les sondages S4 (entre 3,35 et 3,85 m), S1 (entre 3,30 et 3,70 m), S5 (entre 1,70 et 2,00 m) et S6 (entre 1,60 et 2,00 m). Le front de la pollution, parallèle au canal est de l'ordre de 80 m. Les hydrocarbures sont piégés sous le mur imperméable qu'ils pénètrent sur une puissance n'excédant pas 0,50 m.
- 4.2. Evolution de la pollution : Les suintements d'huile sur la berge orientale du canal du Rhône se produisent par bouffées.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

Dans un premier temps, la Société MOBIL-OIL avait installé des barrages mobiles en eau vive pour éviter la dispersion et faciliter la récupération. De plus, cinq puisards de grand diamètre ont été foncés jusqu'au substratum calcaire pour tenter de pomper le maximum d'hydrocarbures (voir plan annexe 2 au 1/1000).

- 5.1. Date de début des travaux : 21/02/1975
- 5.2. Durée des opérations : du 21/02/1975 au 10/07/1975

5.3. Techniques utilisées :

1) <u>du 21/02/1975 au 13/06/1975</u> : préfouille, prébattage et battage du double rideau de palplanches. Du côté usine, la longueur du rideau est de 98,80 m et, du côté du canal de 99,20 m.

Rideau côté usine : la base a été arrêtée au toit de la zone polluée, pour permettre à la pollution de pénétrer dans la tranchée creusée, entre les deux rideaux. Une palplanche sur trois a été fichée à la même cote que son homologue du côté canal. De plus, toutes les palplanches courtes "suspendues" au toit de la pollution sont perforées sur 50 cm de longueur par 5 trous de Ø 50 mm.

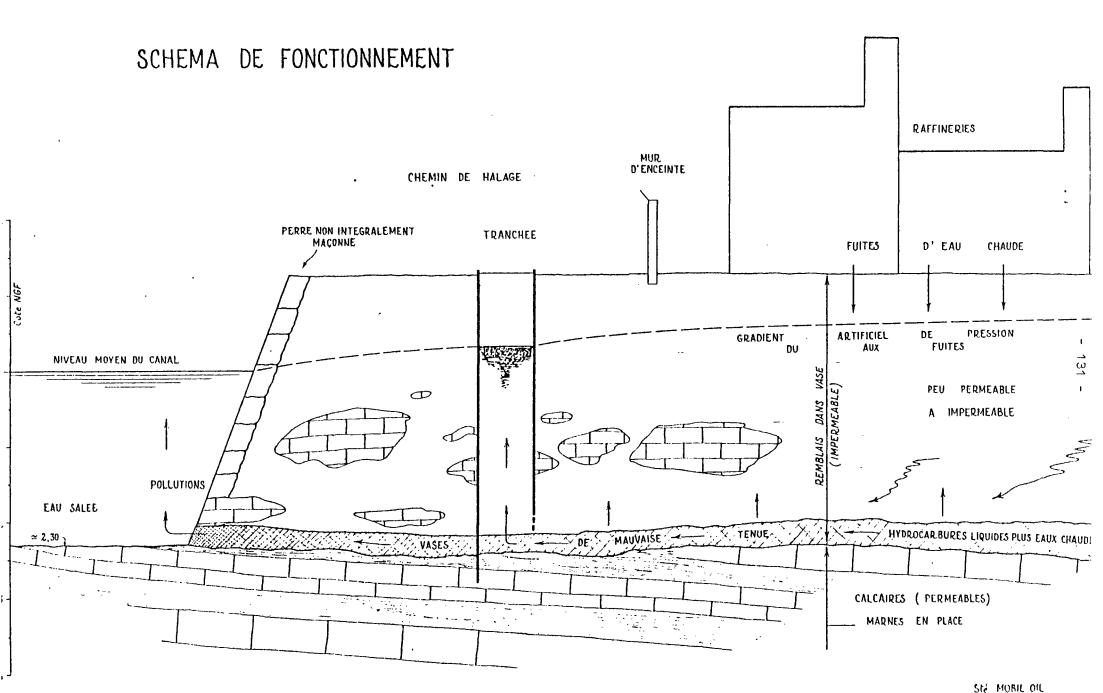
Rideau côté canal : il a été largement dimensionné pour que le sabot des palplanches soit descendu en-dessous du mur de la pollution reconnue par sondages. En face de la zone particulièrement polluée le rideau est même descendu en-dessous du fond théorique du canal.

Les palplanches sont liées en tête par un fer IPN soudé. L'extrados des rideaux a été bétonné.

- 2) <u>du 06/06/1975 au 10/07/1975</u> : fouille dans l'emprise des rideaux, soutènement par entretoises et cadres soudés. Coulage d'une dalle en béton armé sur la tranchée, équipée de 7 regards de visite (voir schémas ci-joints).
- 3) Pompage des huiles dans la tranchée.

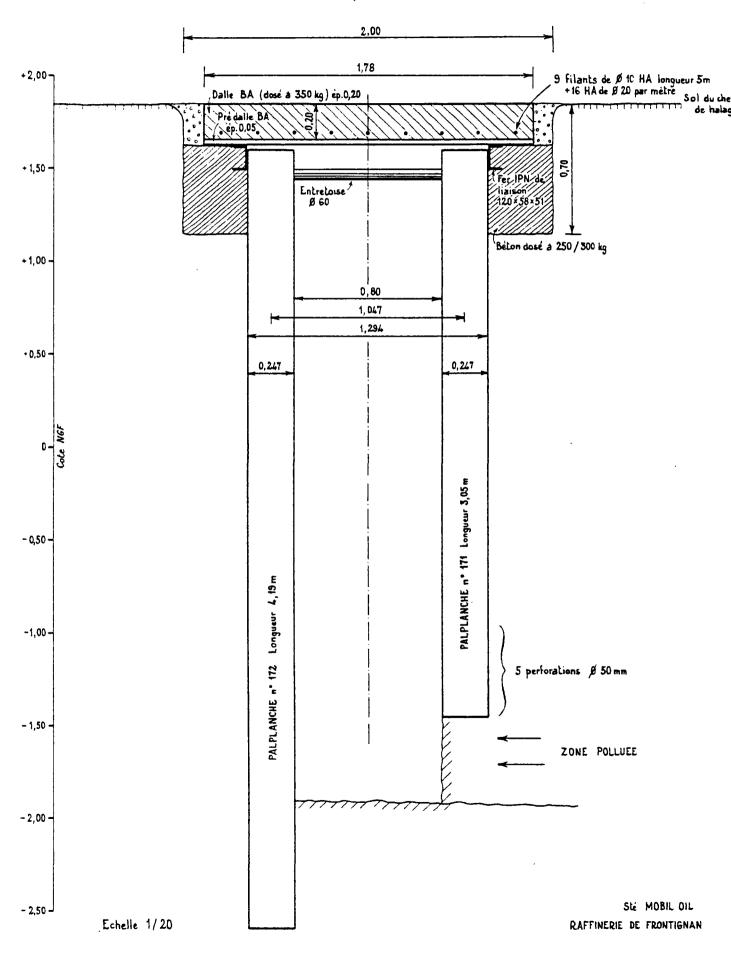
5.4. Résultats: A partir du moment où les rideaux de palplanches et notamment le rideau côté canal étaient définitivement mis à la cote, on n'observa plus aucun suintement d'huile dans le canal. Cette situation s'est maintenue du 29/05/1975 au 01/07/1975. A partir de cette date, des suintements sont réapparus sur une quinzaine de mètres.

Les auteurs estiment que l'ouvrage ne donne satisfaction que dans une proportion voisine de 60 à 70 %, mais que l'examen attentif des conditions de fonctionnement de l'ouvrage doit permettre de trouver une solution donnant la possibilité de le rentabiliser à 100 %.



COUPE TRANSVERSALE TYPE DE LA TRANCHEE

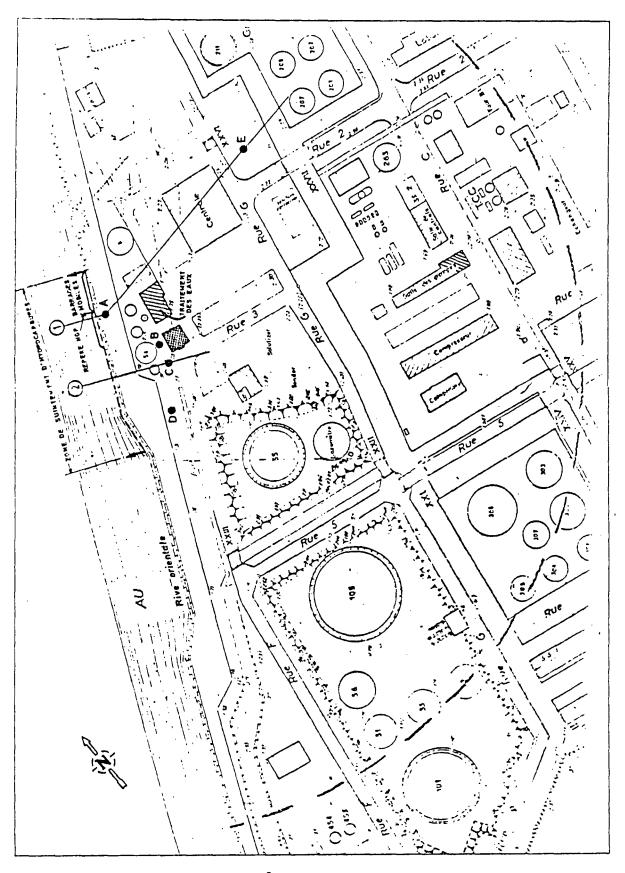
au p.m. 69,20



SOCIETE MOBIL OIL

RAFFINERIE DE FRONTIGNAN (Hérault)

CONTAMINATION DU CANAL DU RHÔNE A SETE PAR DES HYDROCARBURES RAPPORT PRELIMINAIRE - PROPOSITIONS DE TRAVAUX



- Pulsards de décontamination (A.B.C.D.E)
- Profil conol A-E

Profil conel B-C-D

PLAN AU 1/1000

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 18

1. AFFAIRE : Société SHELL Française à Chaniers (17)

- 1.1. <u>Document consulté</u>: Recherches d'hydrocarbures dans la nappe alluviale à Chaniers (17).
- 1.2. Auteur : J.P. RUHARD
- 1.3. Origine: BRGM SGR/Aquitaine N°: 77 SGN 096 AQI
- 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans

1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

- Figure n° 1 : situation de l'étude
- Figure n° 2 : coupe géologique schématique
- Figure n° 3 : coupe géologique entre la cuve et le puits de la gare
- Figure n° 4 : situation des points d'eau
- Figure n° 5 : piézométrie de la nappe en étiage
- Figure n° 6 : piézométrie de la nappe en hautes eaux
- Figure n° 7 : schéma approximatif du dépôt de fuel
- Figure n° 8 : vue en perspective de la tranchée et répartition des teneurs en hydrocarbures
- Figure n° 9 : faciès hydrochimique de la nappe des calcaires
- Annexe I : relevés piézométriques (09/08/1976 25/01/1977)
- Annexe II : résultats des analyses chimiques sur les puits
- Annexe III : résultats de la recherche des hydrocarbures sur les puits
- Annexe IV : analyse d'échantillons de terrains du sous-sol

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : début de l'été 1976
- 2.2. Département : Charente-Maritime
- 2.3. Commune : Chaniers
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Dépôt de fuel de la Société SHELL française. Il s'agit d'une cuve de 8 m de diamètre et de 550 m³ de contenance.
- 2.6. Description (historique) de l'accident : Observation, le 29/06/1976 d'une perte de fuel, sans que l'on observe une trace de fuite sur la cuve. Le 2 août, des traces d'hydrocarbures sont signalées sur l'eau du puits de la gare SNCF. Le 5 août, est mise en évidence une fuite sur la tuyauterie. Le 7 août, le puits SNCF est pollué sur plusieurs cm.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Les pertes sont estimées à 53 m³.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel domestique

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : Sous un très faible recouvrement inférieur à 1 m, existent des argiles plastiques à silex, très imperméables (terrasse fluviatile ancienne). Présence à 4 m du sol des calcaires argileux fissurés du Santonien (Crétacé supérieur).
- 3.2. Aquifère touché ou menacé: La nappe aquifère circulant dans les fissures des calcaires du Santonien, s'équilibre avec le niveau de la Charente. Elle est présente dans les sables argileux à graviers de la terrasse ancienne cituée sous le bourg de Chaniers*.
 - 3.2.1. Profondeur : 6 à 8 m sous la surface du sol.
 - 3.2.2. <u>Direction de l'écoulement</u> : écoulement sensible du Nord vers le Sud (gradient d'étiage = 1,6 %, gradient des hautes eaux entre 5 et 9 %).
 - 3.2.3. <u>Vulnérabilité</u>: La diffusion d'un polluant hydrocarburé peut s'étendre très vite dans la nappe contenue par les sables et les graviers.
 - 3.2.4. Situation des captages, puits, ou sources menacés : Voir le relevé des points d'eau relevés à Chaniers (ci-joint).
 - 3.2.5. <u>Fluctuations de la nappe</u> : Les variations piézométriques saisonnières sont voisines de 3 m.
 - 3.2.6. Eaux de surface : Le lit de la Charente étant colmaté par un "bri" imperméable, la contamination de la rivière par le soussol n'est guère probable. Par contre, au moment des hautes eaux, on peut craindre que les hydrocarbures montant avec le gonflement de la nappe, viennent polluer les fossés drainants et s'écoulent ensuite à l'air libre vers la Charente.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- 1 Contrôle de l'étendue de la pollution.
- 2 Recensement et jaugeage des puits existants.
- 3 Recherche des hydrocarbures dans le sous-sol autour de la cuve.
- 4 Un sondage piézométrique de 12 m de profondeur à mi-distance entre le dépôt et le puits de la gare.
- 5 Un sondage de reconnaissance près du réservoir.

^{*} La nappe se comporte en nappe libre dans les côteaux situés au Nord du bourg et au droit du dépôt d'hydrocarbure. La nappe devient franchement captive sous le "bri" imperméable (limons, argiles et tourbes) au droit duquel s'est établi le lit de la Charente.

- 6 Une série de 4 trous à la pelle mécanique entre la voie ferrée et le dépôt destinés à reconnaitre les terrains de surface et l'existence d'une couverture imperméable.
- 7 L'ouverture d'une tranchée sous la conduite enterrée de l'ancienne desserte ferroviaire.
- 8 Contrôle d'étanchéité effectué successivement sur la cuve et la conduite enterrée par mise sous pression.

4.1. Résultats obtenus :

- 1 Le sondage piézométrique a atteint la nappe et rencontré du fuel vers 8,50 m.
- 2 Le sondage de reconnaissance a été à 7 m, dans les calcaires sans avoir atteint la nappe.
- 3 Mise en évidence de 4 fuites très localisées sur la vidange de purge.
- 4 L'ouverture des quatre trous et de la tranchée sous la conduite enterrée de l'ancienne desserte ferroviaire ont montré que la couverture argileuse imperméable est continue au droit du dépôt. Aucune trace d'hydrocarbures n'a été notée sous la conduite, malgré la présence d'une odeur caractéristique.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : 11 août 1976
- 5.2. <u>Durée des opérations</u>: du 11 août au 1er septembre avec plusieurs interruptions pour mesurer les remontées du plan d'eau et contrôler les épaisseurs résiduelles de fuel dans le puits.
- 5.3. Techniques utilisées : Pompage dans le puits et refoulement du mélange pompé (eau + fuel) dans la cuve du dépôt. Les pompages ont été effectués au moyen d'une pompe électrique immergée, de faible puissance, télécommandée depuis la surface.
- 5.4. Résultats obtenus : A l'issue du pompage, une estimation du volume exhauré a été faite dans la cuve et a permis de conclure que 500 litres de fuel avaient été évacués, soit 1 % du volume disparu.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

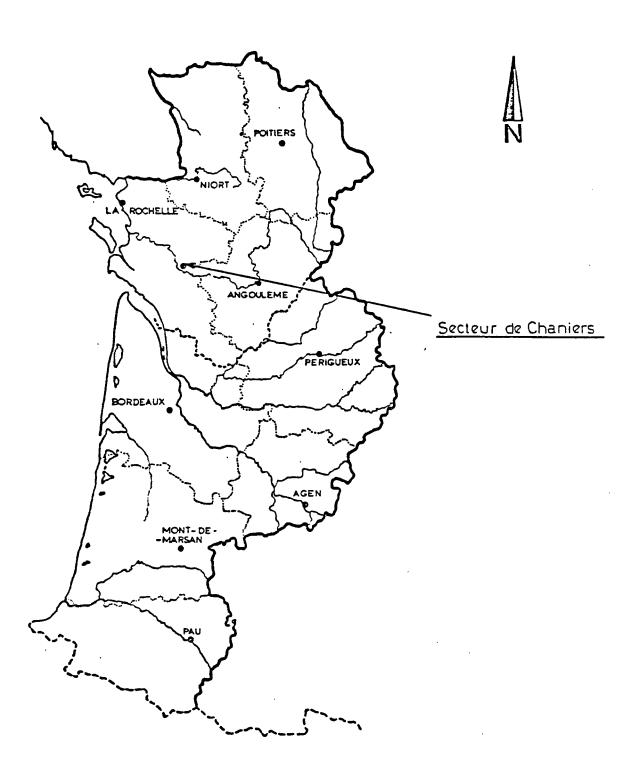
Tournées de prélèvement d'échantillons d'eau de chaque puits pour la recherche d'hydrocarbures, à l'exception du puits de la gare et du piézomètre n° 14, où les teneurs dépassent la valeur supérieure de dosage (200 ppm).

6.1. Résultats obtenus : A l'exclusion des deux points d'eau cités ci-dessus, aucun résultat analytique ne permet de caractériser une pollution de la nappe par les hydrocarbures du dépôt. Au total, on ne saurait affirmer au vu des résultats, la disparition de 55 m³ de fuel par les seules fuites de la vidange de purge. On a tout lieu de croire, par contre, à une infiltration très lente de fuel dans la zone non saturée due à des épandages occasionnels (remplissage de camions-citerne, manutention de tuyauterie).

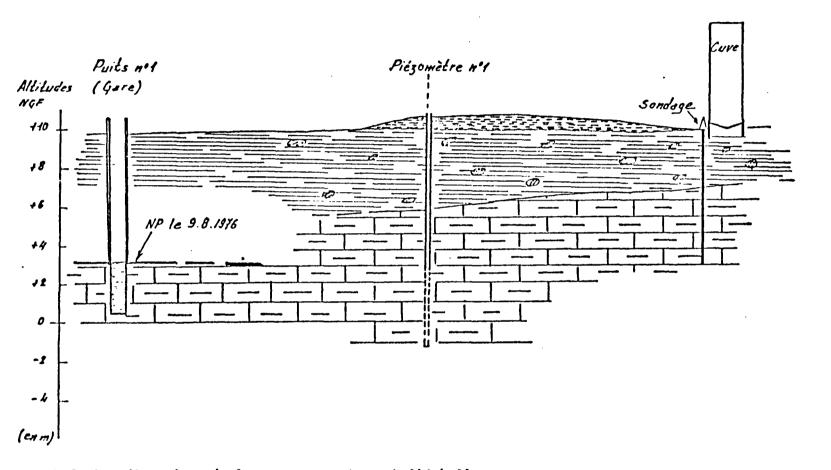
Il semble que le prélèvement par pompage de 500 litres de fuel dans le puits de la gare a suffi à faire disparaître la totalité des hydrocarbures existants.

Rien ne permet donc d'affirmer dans ces conditions que l'eau du puits de la gare ait été polluée à partir d'infiltrations en provenance du dépôt.

SITUATION DE L'ETUDE



COUPE GEOLOGIQUE ENTRE LA CUVE ET LE PUITS DE LA GARE



N.B. Les dimensions de la cuve ne sont pas à l'échelle

Echelle des Longueurs: 1/50

Echelle des hauteurs : 1/200

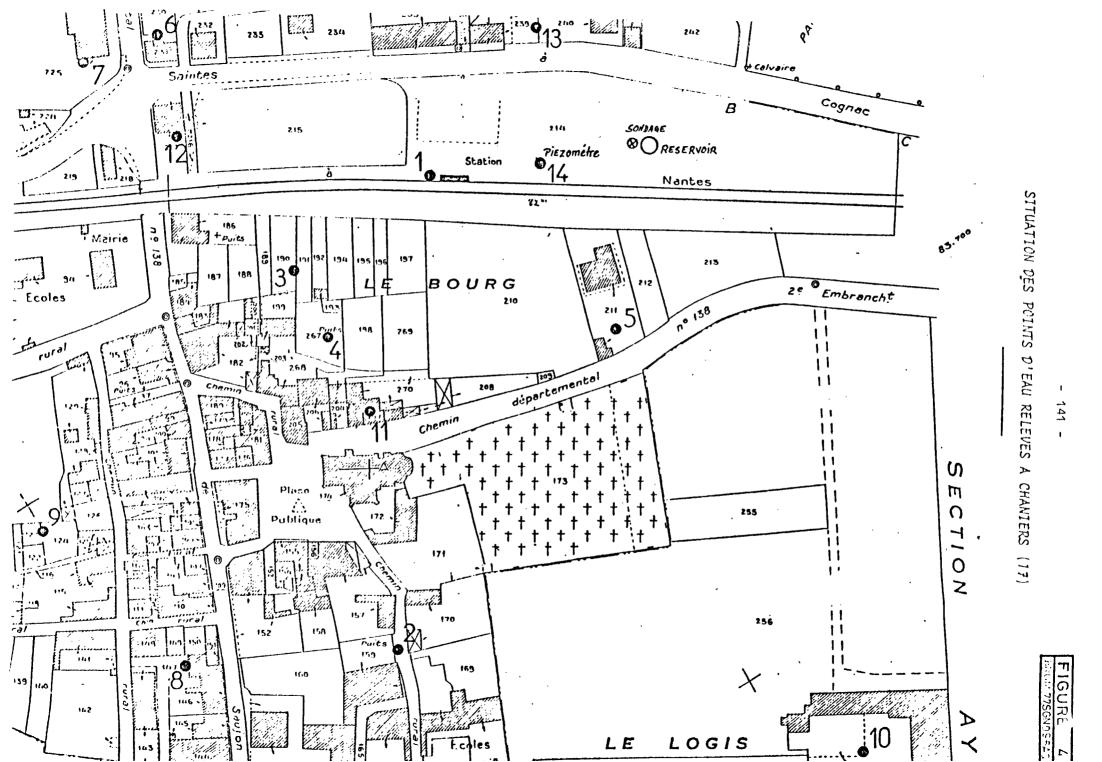
Remblais

Argiles d silex

Calcaires argileux fissurés

- 140 -





ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 19

- 1. AFFAIRE : Sté MONTENAY-SOTOMACO Saint-Pierre-des-Corps (37)
 - 1.1. <u>Document consulté</u>: Pollution de nappe alluviale par une fuite de fuel domestique à Saint-Pierre-des-Corps (Indre-et-Loire). Compte rendu d'assistance technique.
 - 1.2. Auteurs : N. DESPREZ et Cl. MARTINS
 - 1.3. Origine : BRGM SGR/Bassin de Paris N° \underline{N}° : 76 BDP 012 Annexe régionale Centre
 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - 1 Géologie du site et équipements des fosses pour la récupération
 - 2 Plan de situation au 1/25 000
 - 3 Plan d'implantation générale des installations (1/200)
 - 4 Chronologie de la récupération et des travaux

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : nuit du 18 au 19 février 1976
- 2.2. Département : Indre-et-Loire
- 2.3. Commune : Saint-Pierre-des-Corps
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Dépôt de 28 000 m³ de fuel domestique, situé au Sud de la gare de triage SNCF.
- 2.6. Description (historique) de l'accident :
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 227 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel domestique (F.D.D.)
- 2.9. Type de pollution : sol et nappe
- 2.10. Causes de la pollution : infiltration dans le terrain de 201 m³ de fuel qui n'ont pu être recueillis lors de l'intervention des pompiers.

2.11. Dégâts apparents : La fuite s'est étendue en surface sous les deux cuves de réserve d'eau à une distance de 60 m et sur une largeur de 25 m. Il y a eu propagation dans le terrain vers le N.E sur une vingtaine de mètres au-delà des limites d'extension superficielles. Dans les fosses en terrain naturel, il y a stabilisation du polluant au contact de la nappe d'eau souterraine. Dans tous les points de recherche, le F.O.D. avait atteint au moins 1 mètre de profondeur.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1. Nature des terrains concernés : En surface, les terrains sont très hétérogènes. Ils résultent des bombardements et des anciennes activités (scories, cendres... remblais).

La coupe-type du terrain naturel est la suivante :

- de O à 1 m en moyenne : argile sableuse gris vert
- de 1 à 4 m environ : alluvions : sables argileux et graveleux
- en-dessous de 4 m : craie turonienne (tuffeau jaune).

En règle générale, toutes les fouilles exécutées ont recoupé soit sous les argiles, soit sous les remblais le massif alluvial intact.

- 3.2. Aquifère touché ou menacé: Nappe alluviale du lit majeur de la Loire et du Cher qui alimente plusieurs captages publics (Tours, St. Pierredes-Corps, La Ville-aux-Dames, St. Avertin). De plus, elle est sollicitée par des captages privés utilisés par des maraîchers. Elle contribue également à l'alimentation de la Loire et du Cher.
 - 3.2.1. <u>Profondeur</u>: Au niveau du site, la nappe s'équilibrait à 1,07 m dans le puits Huillet (exécuté à la demande du Service des Mines) le 27.02.1976.
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement: Avant la rectification du cours du Cher, les relevés piézométriques exécutés entre Amboise et Tours montraient que la nappe alluviale s'écoulait du N.E vers le S.W. Mais les modifications apportées au régime du Cher, la création de la levée de Rochepinard et les précipitations atmosphériques qui ont précédé l'incident peuvent avoir causé l'inversion de la circulation des eaux souterraines mise en évidence par les directions d'extension de la zone pollüée.
 - 3.2.3. Vulnérabilité:
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés :
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDES MIS EN OEUVRE

Dès l'accident, le Service des Mines a fait creuser un puits et 12 fosses et dès le 26 février, sur l'intervention du BRGM, 10 nouvelles fosses de reconnaissance supplémentaires étaient creusées. Du 27 février au 3 mars, 22 nouvelles fosses ont été réalisées aussi bien dans la zone contaminée (pour l'extraction du F.O.D.) qu'à l'extérieur de celle-ci afin de contrôler la fixation du polluant dans la zone de dépression créée par les pompages de récupération.

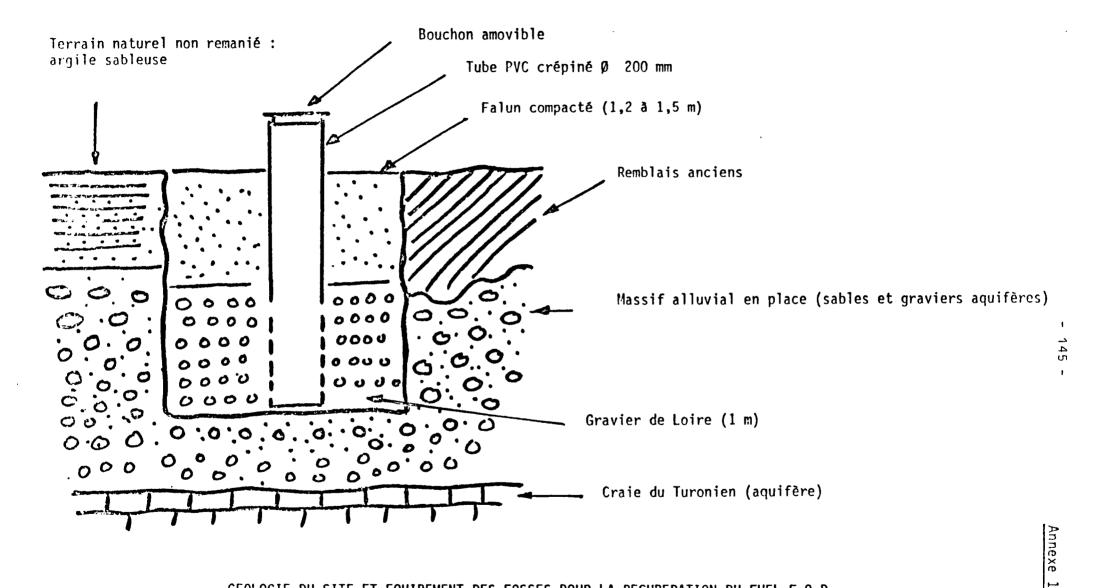
D'autre part, il a été posé un limnigraphe sur le puits situé près du local d'incendie (32 m à l'Est du puits Huillet) afin de contrôler l'extension du cône de rabattement provoqué par le pompage.

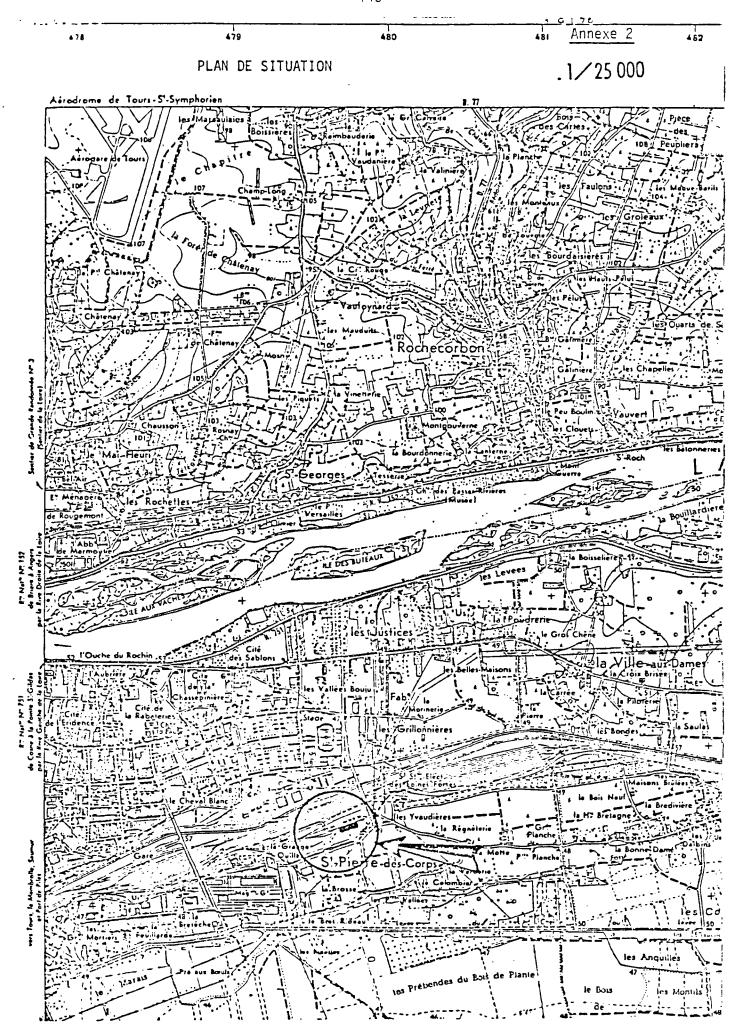
- 4.1. Résultats obtenus :
- 4.2. Evolution de la pollution :

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre :
- **5.2.** <u>Durée des opérations</u> : 1 du 20/02/1976 au 25/02/1976 2 du 26/02/1976 au 16/03/1976
- 5.3. Techniques utilisées :
 - 1) Intervention rapide des pompiers qui recueillent 26 m³.
 - 2) Intervention du Service des Mines qui, sur un total de 13 fosses, a permis de récupérer un total de 66,8 ${\rm m}^3$.
 - 3) Intervention du BRGM. 42 fosses de récupération, au total 101 m³ de fuel ont été récupérés sur ces fosses. Certaines fosses ont été équipées en puits filtrant et 2 fosses non polluées ont été équipées en puits témoin avec base de ciment de 1 m de diamètre. Les terres de déblais saturées de polluant ont été enlevées et entreposées sur film plastique sur un terrain en déclivité dans l'emprise de la Société. Une tranchée rendue étanche par film plastique a été ouverte pour recueillir le fuel qui pourrait se libérer par gravité.
- 5.4. Résultats obtenus : Tout danger d'extension de la pollution est écarté.
- 5.5. Volumes récupérés en fonction du temps :
 - du 20 au 25 février: 93 m³ ont été récupérés
 - du 26/02 au 16 mars : 122 m³ ont été récupérés
- 5.6. <u>Séquelles</u>: Il reste dans le sol environ 12 m³ de fuel répartis sur 1200 m². Les pompages de routine permettent d'extraire tous les huit jours entre 300 et 400 l d'hydrocarbures.

Le problème de la décontamination des terres de la fosse de rétention pourra être résolu par l'utilisation du produit Hypro S 320 (ininflammable, non agressif vis-à-vis des matériaux traditionnels et inoffensifs pour l'homme, la faune et la flore) qui fixe sur les hydrocarbures les compléments nutritifs nécessaires à la biodégradation du fuel par la microflore du sol. Ceci éviterait le retrait manuel de 1300 m³ de terre et la reconstitution du sol par un apport de matériaux de Loire et de faluns miocènes.





ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 20

- 1. AFFAIRE: Pollution accidentelle de la nappe de la craie et des alluvions à Grand Quevilly (76) par du fuel domestique.
 - 1.1. <u>Document consulté</u>: Pollution accidentelle de la nappe de la craie et des alluvions à Grand Quevilly (76) par du fuel domestique.
 - 1.2. Auteurs : J.C. ROUX J. TREMENBERT
 - 1.3. Origine : Documents BRGM inédits
 - 1.4. Archivage : SGR/Normandie BRGM
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - Coupes géologiques, forages et piézomètres
 - Plan de situation du dépôt et des piézomètres
 - Carte piézométrique
 - Graphiques des quantités de fuel récupérées f(t)

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- **2.1. Date :** 24/10/1973
- 2.2. Département : Seine-Maritime (76)
- 2.3. Commune : Grand-Quevilly 9, Quai des Colonies
- 2.4. Coordonnées : Z = NGF + 4,50
- 2.5. Type d'installation affectée : Dépôt de carburants de la Sté TOTAL (6 cuves de 2500 à 6500 m³)
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Défaut de surveillance lors du remplissage nocturne du bac D (2523 m³) par pipe-line. Déchirement de la toiture du réservoir sous la pression du refoulement. Débordement d'environ 1000 m³.
- 2.7. <u>Volume des pertes ou fuites</u>: La quantité non récupérée par pompages en surface est estimée à 700 m³.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel domestique
- 2.9. Type de pollution : Sol et eaux souterraines
- 2.10. Causes de la pollution : Infiltration du produit à travers la couche d'argile alluviale à la faveur des fondations des cuves, d'un mur anti-éclat et peut-être de trous de bombes.

- 2.11. <u>Dégâts apparents</u> : Pollution des sols sur 5700 m² y compris l'enceinte des cuves de stockage.
- 2.12. Raison sociale des chargés de l'étude : BRGM Service géologique régional Picardie-Normandie

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1. Nature des terrains concernés :

remblai
 argiles plastiques avec intercalations de tourbes ou argiles sableuses (all. mod.)
 sables et graviers siliceux (all. anc.)
 5 à 8 m craie blanche fissurée (Coniacien)

épaisseur moyenne

- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Nappe des alluvions sur craie $T = 1.5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ s = 1.8 à 6.10⁻³
 - 3.2.1. <u>Profondeur</u>: 2 à 5 m
 (4.85 m le jour de l'accident)
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Nord-Sud 0,5 m/j
 - 3.2.3. <u>Vulnérabilité</u>: L'existence d'une épaisse couche d'argile alluviale assurait théoriquement une bonne protection de la nappe sous-jacente.
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés :

-	Chantiers de Normandie	n°	63			350	m	W
-	Van Leer		506	}		350	m	SW
-	Van Leer	n°	469	•		230	111	JW
-	B.P.	n °	60		_	300	m	S-SW
-	Rhône Progil				-	1800	m	S-SW

(Forage le plus vulnérable car $250~\text{m}^3/\text{h}$ sont déminéralisés sur résines échangeuses d'ions pour alimentation de chaudières ou fabrication d'acides et d'ammonitrates).

3.2.5. Fluctuations de la nappe :

- journalière 0.50 m (influence de la marée)
- interannuelle 2,50 m
- 3.3. Eaux de surface : Seine à 300 m à 1'W.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE OU D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Les moyens de surveillance et de dépollution ont été mis en oeuvre parallèlement :

- Tranchée circulaire à l'aval dans les terrains superficiels.
- 16 trous à la pelle mécanique le long du mur d'enceinte (transformés ultérieurement en puits de récupération). Profondeur moyenne : 4,50 m.
- Réalisation échelonnée du 31/10/73 au 4/02/74.

- Création d'une dépression piézométrique de fixation par réalisation de deux forages :

	prof. (m)	diamètre			
F1	12,40	0,350 mm			
F2	13,75	0,400 mm			

Pompage permanent à 90 m^3/h sur F1 (F2 a été utilisé comme piézomètre enregistreur).

- 38 piézomètres creusés à la tarière Ø 200 mm jusqu'à la craie, profondeur moyenne de 10 à 12 m, réalisés en 4 phases :

1ère série	P 1 à P12	du 7/11/73 au 15/11/73
2ème série	P13 à P19	du 19/11/73 au 23/11/73
3ème série	P20 à P31	du 23/1/74 au 01/02/74
3ème série	P32 à P38	du 8/10/75 au 20/11 / 75

- Mesures des hauteurs de fuel à la pâte révélatrice d'hydrocarbures MICCO.
- Mesures piézométriques fréquentes.
- Installation d'un limnigraphe sur forage F2.
- Analyses périodiques (recherche hydrocarbures) sur les puits aval (Van Leer, B.P., Chantier de Normandie) :

48 h	du 27/10/73 au 19/11/73
hebdomadaire	du 19/11/73 à fin mars 74
bimensuelle	d'avril 74 à septembre 74
mensuelle	à partir de septembre 74
	hebdomadaire bimensuelle

nombre total d'analyses : 155

- Tournée piézométrique dans le secteur aval du dépôt (12/12/1973) pour préciser extension et profondeur du cône de dépression provoqué par les pompages industriels.
- Tournée de prélèvements pour analyses chimiques complètes plus hydrocarbures sur tous les forages en service dans le secteur industriel.

4.1. Résultats obtenus :

La conjonction des trous à la pelle et du réseau de piézomètres a permis de déterminer l'importance et la forme de la lentille d'hydrocarbures et de suivre son évolution dans le temps, et de mener au mieux les opérations de récupération dans les puits créés à cet effet.

La dépression de fixation d'un rayon de 100 m environ a permis de limiter l'extension du produit.

4.2. Evolution de la pollution :

L'extension de la lentille de F.O.D. s'est prolongée durant trois mois environ pour atteindre une surface de 10 000 $\rm m^2$ (longueur : 180 m, largeur = 90 m).

Quelques jours après l'accident, l'épaisseur de F.O.D. sur les puits atteint 0,50 m en début de journée (avant récupération).

Les teneurs en hydrocarbures sur les puits situés à 300 m à l'aval sont restées inférieures à 0,5 mg/l. Rien n'indique que ces traces soient liées à la pollution intervenue sous le dépôt TOTAL.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre :

- Tranchée circulaire aval du dépôt : 27/10/73.
- Puits de récupération (16) du 31/10/74 au 4/02/74.
- Dépression piézométrique de fixation :
 - . mise en service du pompage le 17/11/1973 à 50 m $^3/h$ puis à 90 m $^3/h$ le 21/11/73.
- 5.2. Durée des opérations : Deux ans et demi : du 24/10/73 au 15/03/76.

5.3. Techniques utilisées :

Les puits de récupération d'une profondeur moyenne de 4,50 m étaient creusés à la pelle mécanique et équipés de buses ciment entourées d'un filtre Bidim et de tout-venant.

La récupération de produit a tout d'abord été faite au seau puis les puits ont été équipés de pompes électriques ESSA-MICO de 1/3 cv. La récupération fut optimale durant les trois premiers mois suivant la mise en service de tous les puits de récupération, puis la courbe de récupération devint asymptotique.

Environ 230 m 3 ont été récupérés en trois ans, soit 32 % du volume infiltré :

5 % en 2 mois 1/2 10 % en 3 mois 1/2 20 % en 5 mois 1/2 25 % en 9 mois 1/2 30 % en 17 mois 32 % en 36 mois

Les plus fortes récupérations avaient lieu lorsque le niveau de la nappe remontait et après les fortes pluies (phénomène de lessivage).

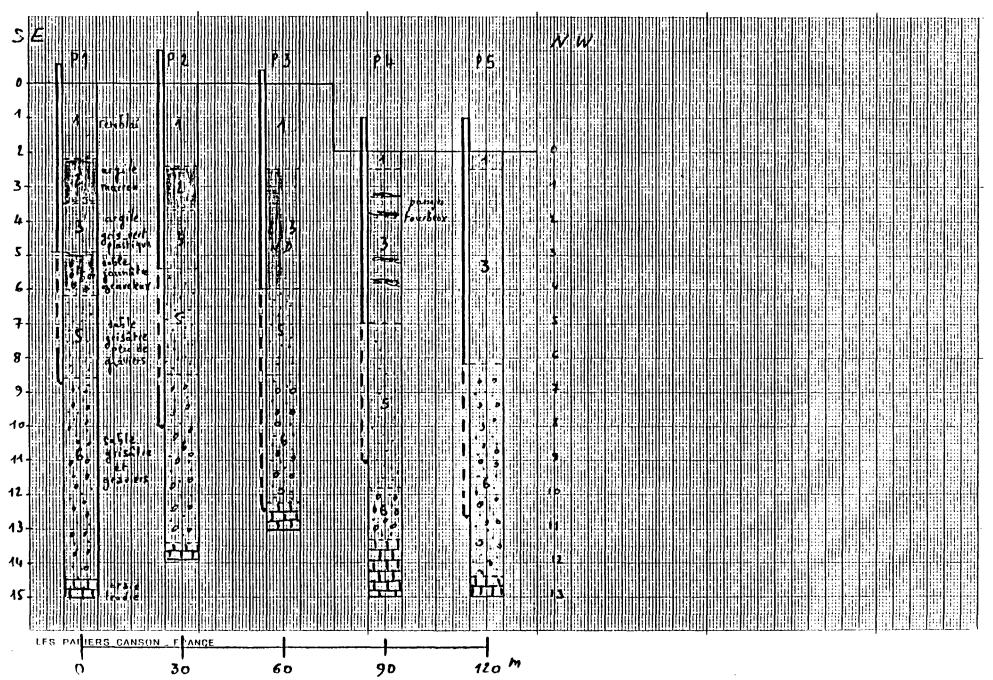
6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

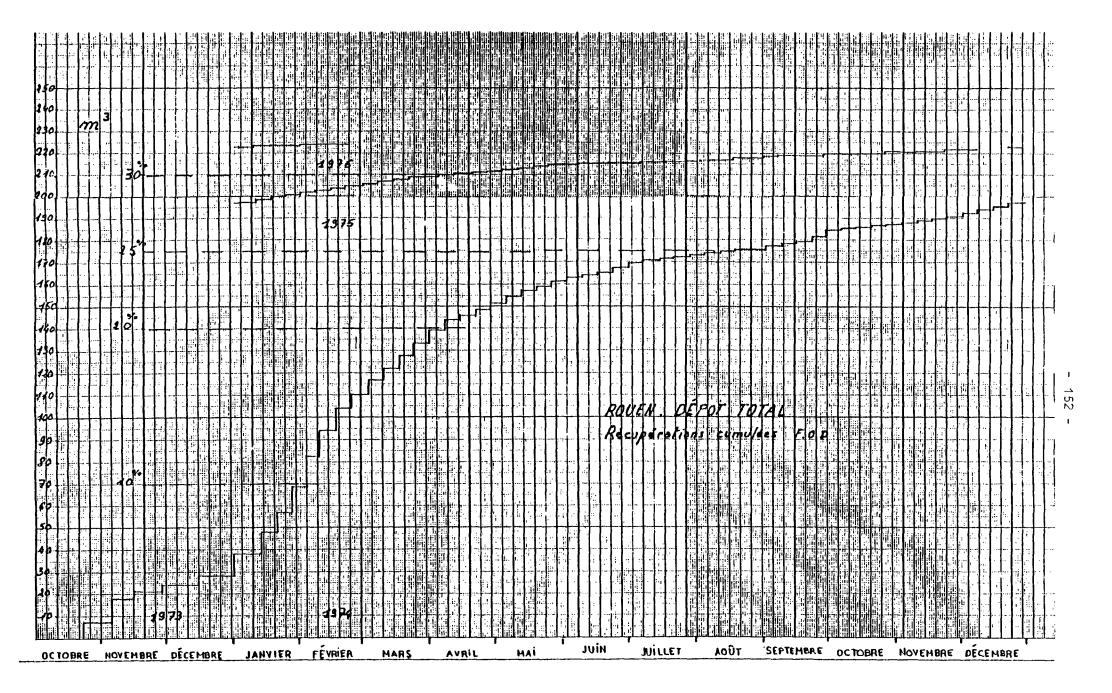
6.1. Résultats obtenus :

- 6.2. Volumes récupérés en fonction du temps : cf. § 5.3.
- 6.3. Séquelles : 470 m³ de F.O.D. restent piégés dans les terrains non saturés et à la surface de la nappe, compte tenu du coefficient d'emmagasinement des terrains et des extractions de F.O.D. sur carottes, on estime à 300 m³ la part fixée sur les terrains

7. ELEMENTS DES COUTS OPERATOIRES

Inconnus, la Société TOTAL ayant réglé directement les forages, piézomètres, puits de récupération, pompages, analyses, personnel, manoeuvre, etc... seul le coût de l'intervention du BRGM peut être chiffré.





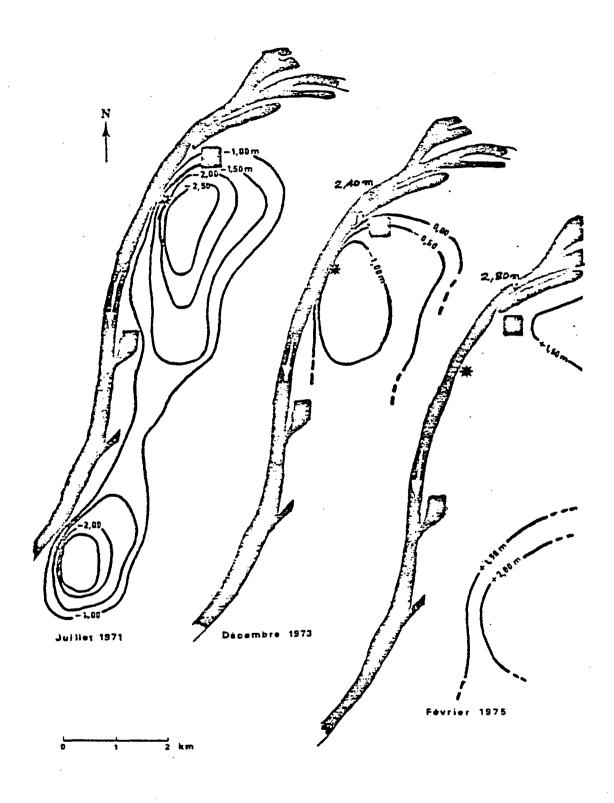
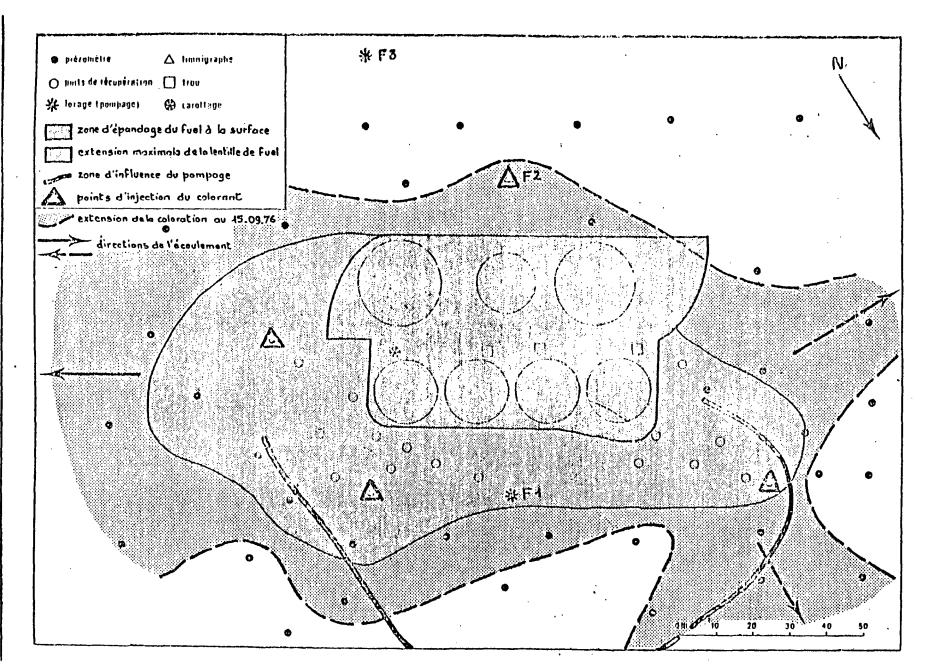


Fig.3.- Effacement des creux piézométriques liés à la surexploitation, dans la nappe des alluvions de la Seine depuis 1971 (6).



Le site pellué: extension max naturel de la nappe déterminé la direction principale, les f secondaires de retour) extension maximale aximale de la lentille de fuel, écoulement e par coloration (la flèche pleine indique flèches en tircts donnent des circulations

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 21

- 1. AFFAIRE : ELF France Pollution par hydrocarbures de la nappe de la craie à Gargenville (78)
 - 1.1. Documents consultés :
 - 1 Etude sur modèle de l'efficacité de divers dispositifs de récupération et de prévention.
 - 2 Synthèse des travaux réalisés au 31 mars 1976.
 - 1.2. Auteurs:
 - 1 G. BERGER, P. PEAUDECERF et Ph. ROUSSEL
 - 2 G. BERGER et Ph. ROUSSEL
 - 1.3. Origine: BRGM SGR/Bassin de Paris

 Nos : 76 SGN 077 BDP
 76 SGN 174 BDP
 - 1.4. Archivage : Bibliothèque BRGM Orléans
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:

Document n° 1 : 7 planches

- 1 Comparaison des surfaces piézométriques mesurées et simulées
- 2 Répartition des perméabilités
- 3 à 7 Simulation de l'influence de divers paramètres (pompage, arrêts du captage, mise en eau et réinjection)

Document n° 2: 10 références de notes et rapports antérieurs, utilisés pour la réalisation du document. En annexe : historique des interventions dans le secteur de la raffinerie + différentes planches concernant la piézométrie, le schéma général d'exploitation de la nappe, etc...).

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : Constat de la pollution de la nappe : fin août 1975
- 2.2. Département : Yvelines
- 2.3. Commune : Gargenville
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : N'est pas spécifié, mais l'origine probable des hydrocarbures est à rechercher au niveau de la raffinerie ELF-France (Sud de la raffinerie).
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: L'accident lui-même n'est pas décrit, l'existence de la pollution a été constatée au captage AEP de Gargenville à Rangiport.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Les quantités d'hydrocarbures perdus ne semblent pas connues.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : non spécifié
- 2.9. Type de pollution : Pollution de la nappe de la craie

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : La vallée de la Seine a entaillé les plateaux formés par les assises tertiaires et secondaires.
 - Terrains tertiaires : Le Lutétien calcaire marque les rebords des plateaux. Les sables de Cuise, jaunes, très fins reposent sur les argiles du Sparnacien, plastiques, bariolées, souvent mêlées à des bancs de lignite.
 - Terrains secondaires : Craie sénonienne, très pure, ne comprenant pas d'éléments marneux, exploitée par des cimenteries. Le massif crayeux, peu fissuré en surface, est sillonnée de nombreuses diaclases verticales. (Perméabilité horizontale très faible et une perméabilité verticale forte en de nombreux endroits).
 - Dépôts quaternaires : très importants dans la vallée, sont constitués d'alluvions anciennes, sableuses et graveleuses, formant terrasses et d'alluvions récentes à dominante vaseuse, comblant certains chenaux.

3.2. Aquifère touché ou menacé :

A partir de Meulan, la craie est dépouillée de sa couverture tertiaire et recouverte d'alluvions. Cet ensemble alluvions-craie est un excellent réservoir hydrogéologique.

- Les alluvions anciennes dont l'épaisseur varie de 4 m à la base des coteaux à 14 m en bordure de Seine, formées de sables et graviers, sont le siège d'une nappe importante alimentée par les pluies qu'elles reçcivent d'une part et par l'écoulement naturel de la nappe des versants de la vallée d'autre part. L'intercommunication de la nappe alluviale et de la Seine se fait assez difficilement par suite d'un colmatage important des rives du fleuve.
- La craie, sous-alluviale, est abondamment fissurée dans sa partie supérieure, ce qui la transforme en une zone perméable susceptible de contenir une puissante nappe. La profondeur de ce réseau de fissures, inexistant lorsque la craie est recouverte de dépôts tertiaires, n'excède pas 30 m; elle diminue lorsque l'on s'éloigne de l'axe du lit du fleuve et de l'aval vers l'amont.

Cet ensemble hydrogéologique avait retenu l'attention des services techniques de la Ville de Paris et dès 1959 la Société Lyonnaise des Eaux implantait les premiers ouvrages de ce qui allait devenir "le champ captant d'Aubergenville", capable d'approvisionner en eau potable la banlieue ouest de Paris à raison de 100 000 $\rm m^3/j$.

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDES MIS EN OEUVRE

1 - La raffinerie ELF-France a mis rapidement en place un dispositif de surveillance et de récupération dès constat de la pollution de la nappe de la craie. Ce dispositif comportait 18 piézomètres et 5 forages d'exhaure. La zone polluée s'étendait en 1976, en bordure de la Seine selon une bande de 1,5 km de long, sur une largeur maximale de 200 m. Les hydrocarbures se rencontrant en surface de nappe sur une hauteur variant de 0,1 à 1 m dans les points , bas piézométriques.

Le dispositif de surveillance mis en place du 1er septembre au 10 octobre 1975 a montré la présence d'hydrocarbure dans 8 des 18 ouvrages réalisés. Cette zone polluée intéresse exclusivement les secteurs à perméabilité maximale situés en bordure immédiate de la rivière.

Les relevés piézométriques ont mis en évidence deux phénomènes :

- . toute dépression locale, même temporaire dans la surface piézométrique générale provoque une migration très rapide des hydrocarbures vers les points bas ainsi créés,
- . l'importance des relations Seine-nappe pour le maintien de la zone polluée en rive droite. Seule une alimentation en provenance de la Seine, créant un dôme sous la rivière peut expliquer que les hydrocarbures n'aient pas migré en rive gauche.
- 2 Exploitation du modèle mathématique. L'exploitation du modèle mathématique a conduit aux conclusions suivantes :
 - . les effets de réînjection restent très localisés,
 - . le contrôle de la pollution dans le secteur de Rangiport passe par l'utilisation d'un ouvrage susceptible de débiter un minimum de $50~\text{m}^3/\text{h}$,
 - . dans la mesure où l'origine de la pollution est la raffinerie, la mise en place d'un ouvrage pouvant débiter 100 m³/h en moyenne au voisinage d'un endroit déterminé (FM2) permettrait de bloquer toute nouvelle arrivée d'hydrocarbures.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

La récupération des hydrocarbures a débuté dès le mois d'octobre 1975 à partir de 4 ouvrages exécutés à cet effet (B, FE1, FE3, FM2) et à partir de mars 1976 au puits de Rangiport. Ces essais restent partiels dans la mesure où 2 des ouvrages ont des débits trop faibles (20 m³/h) largement inférieurs à ceux définis par le modèle mathématique, pour arrêter la migration des hydrocarbures.

5.1. Résultats : D'Octobre à mars 1975, 150 m³ d'hydrocarbures ont été récupérés à l'aide des installations de traitement de la raffinerie (B, FE1, FM2) ou au moyen de coalesceurs installés sur l'ouvrage luimême (FE3, Rangiport).

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 22

- 1. AFFAIRE: Pollution de puits domestiques en Picardie
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciençes et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : cas 213 : Picardie
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Schéma de situation
 - Coupe hydrogéologique

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- **2.1. Date :** 1976
- 2.2. Département :
- 2.3. Commune:
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : stockage souterrain de fuel
- 2.6. Description (historique) de l'accident :

Les habitants d'une petite commune de Picardie, envisageant de réutiliser leurs puits domestiques lors de la sécheresse de 1976, eurent la surprise de ne puiser que du fuel.

La pollution était due à une rupture de canalisation qui s'était produite 6 mois auparavant dans un stockage souterrain. La conduite devait fuir avant la rupture.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 5 m³ lors de la rupture et une quantité non connue avant.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel domestique

- 2.9. Type de pollution : pollution de la nappe-huile libre sur la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : fuite et rupture de canalisation
- 2.11. Dégâts apparents : pollution des puits domestiques

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. <u>Nature des terrains concernés</u> : Craie recouverte de colluvions limoneuses.
- 3.2. Aquifère concernée : Craie
 - 3.2.1. Profondeur: 5 à 10 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Est-Duest
 - 3.2.3. Vulnérabilité :
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés : 200 à 250 m
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe : 1 à 2 m

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

L'enquête a montré que le fuel devait provenir d'une canalisation. Le fuel s'infiltrait verticalement sur environ 10 m dans la zone non saturée jusqu'au toit de la nappe où il se répandait selon la pente. Les colluvions limoneuses peu perméables retenaient l'eau et le fuel.

Lorsque le niveau piézométrique est bas, la couche d'huile est plus mince que lorsqu'il est élevé, car elle peut s'étaler davantage.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

La récupération de fuel s'est faite uniquement à l'aide de pompe ou de seaux dans les puits domestiques. Deux ans et demi après la découverte de la pollution, on continue à récupérer l'huile de cette manière. On a renoncé à mettre en place un forage équipé d'un pompage d'eau.

5.1. Résultats : Au total, on a sorti des puits 75 à 100 m^3 d'huile.

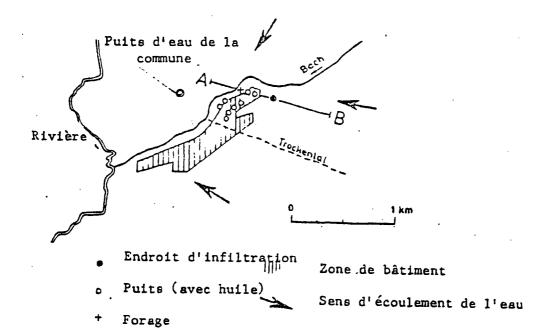


Fig. 4.225 Cas Picardie. Schéma de la situation

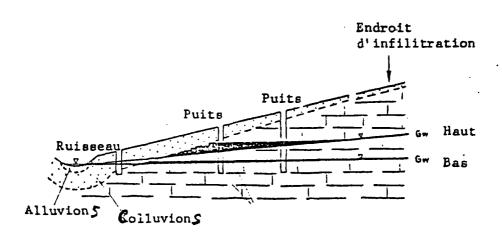


Fig. 4.226 : Cas Picardie Coupe hydrogéolgique

ETUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 23

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe aux abords d'une station de pompage d'irrigation (Vallée du Rhône)
 - 1.1. <u>Document consulté</u>: Protection d'une station d'irrigation contre une pollution hydrocarburée. Résumé des actions entreprises et des résultats obtenus.

N.P. 15, novembre 1982, BURGEAP

Publication BRGM Hydrogéologie-Géologie de l'Ingénieur n° 3, 1983

- 1.2. Auteurs : J.F. BERAUD, L. BOURGUET
- 1.3. Origine : BURGEAP
- 1.4. Archivage : BURGEAP
- 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte :
 - Situation de la pollution
 - Dispositif de protection des puits d'irrigation
 - Etat de la piézométrie du 27/9/77

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : septembre 1976
- 2.2. Département : non indiqué
- 2.3. Commune : non indiqué
- 2.4. Coordonnées : non indiqué
- 2.5. Type d'installation affectée : non indiqué
- 2.6. Description (historique) de l'accident : non indiqué
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 540 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit : supercarburant
- 2.9. Type de pollution : hydrocarbures dissous
- 2.10. Causes de la pollution : non indiqué
- 2.11. Dégâts apparents :

3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES

3.1. Nature des terrains concernés : terrains alluviaux

3.2. Aquifère touché ou menacé : nappe alluviale

- 3.2.1. Profondeur:
- 3.2.2. <u>Direction de l'écoulement</u> : de l'endroit de la pollution vers le fleuve
- 3.2.3. Vulnérabilité:
- 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés: 100 à 200 m
- 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS D'ETUDE ET DE SURVEILLANCE MIS EN OEUVRE : non indiqué

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre : 1977

5.2. Durée des opérations : 1977 à 1979

5.3. Techniques utilisées :

En période de hautes eaux, la pollution était évacuée par une ligne de sources de pied de la terrasse ; ces sources tarissant en été, ne protégeaient plus les captages pendant leur fonctionnement.

La solution adoptée avait donc pour but de maintenir un "dôme" hydraulique entre la pollution et les captages d'irrigation.

Le dispositif adopté a comporté :

- le curage provisoire du fossé de pied de terrasse afin d'améliorer et de prolonger dans le temps l'évacuation gravitaire par le ruisseau, de l'eau polluée,
- l'exécution de 7 forages tubés et crépinés en diamètre 400 mm et équipés de pompes de $300 \text{ m}^3/\text{h}$,
- un réseau de 25 piézomètres destinés à contrôler la piézométrie et la pollution,
- une conduite d'évacuation de diamètre 500 mm, longue de 500 m, destinée à rejeter au Rhône (à 100 m à l'aval du puits d'irrigation le plus au Sud) les eaux polluées pompées sur les forages de protection,
- deux dispositifs totalisateurs de mesure de la pollution l'un sur la conduite de refoulement des captages d'irrigation, l'autre sur la conduite d'évacuation.

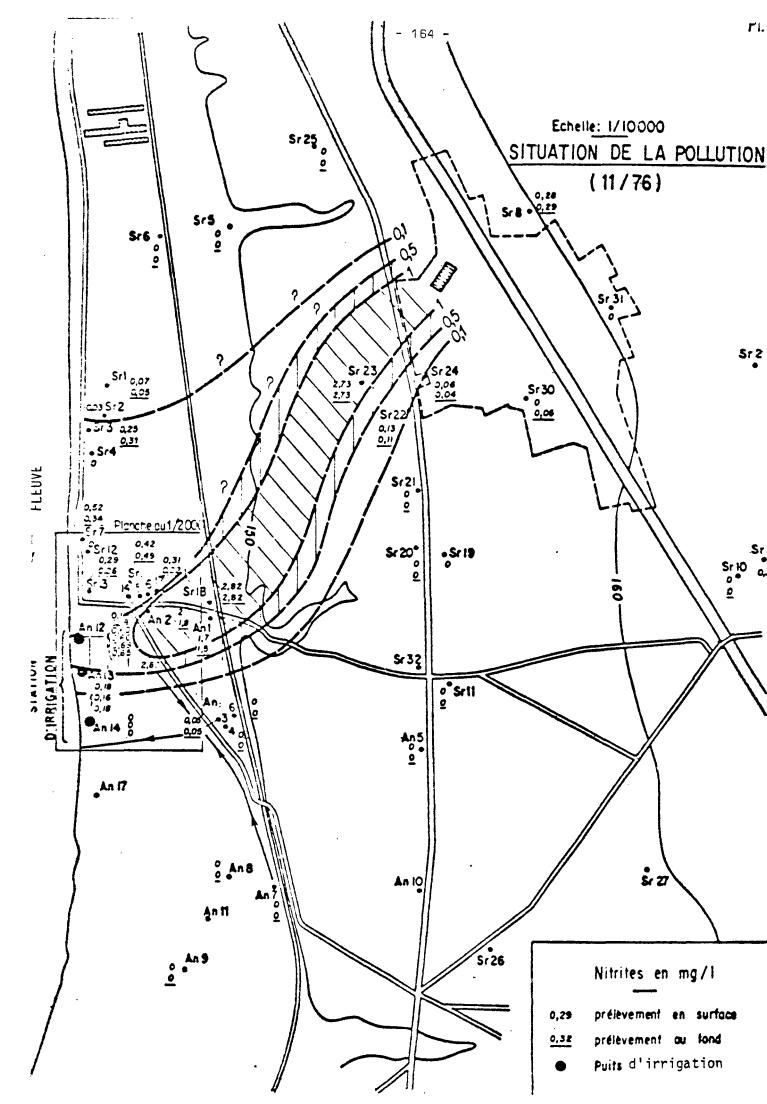
5.4. Résultats :

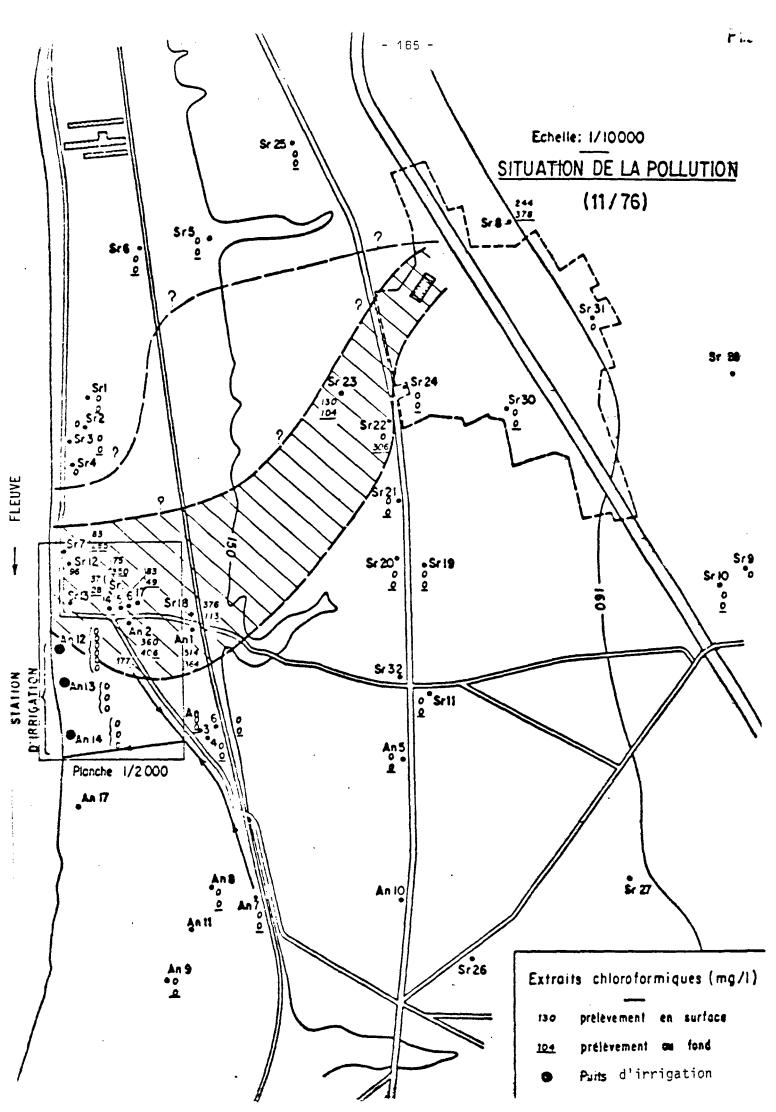
Les pertes de charge dans la conduite d'évacuation étant plus grandes que prévues par suite du développement d'algues et bactéries filamenteuses dans l'eau polluée, le forage Fo a dû être relié directement au fleuve par une conduite indépendante.

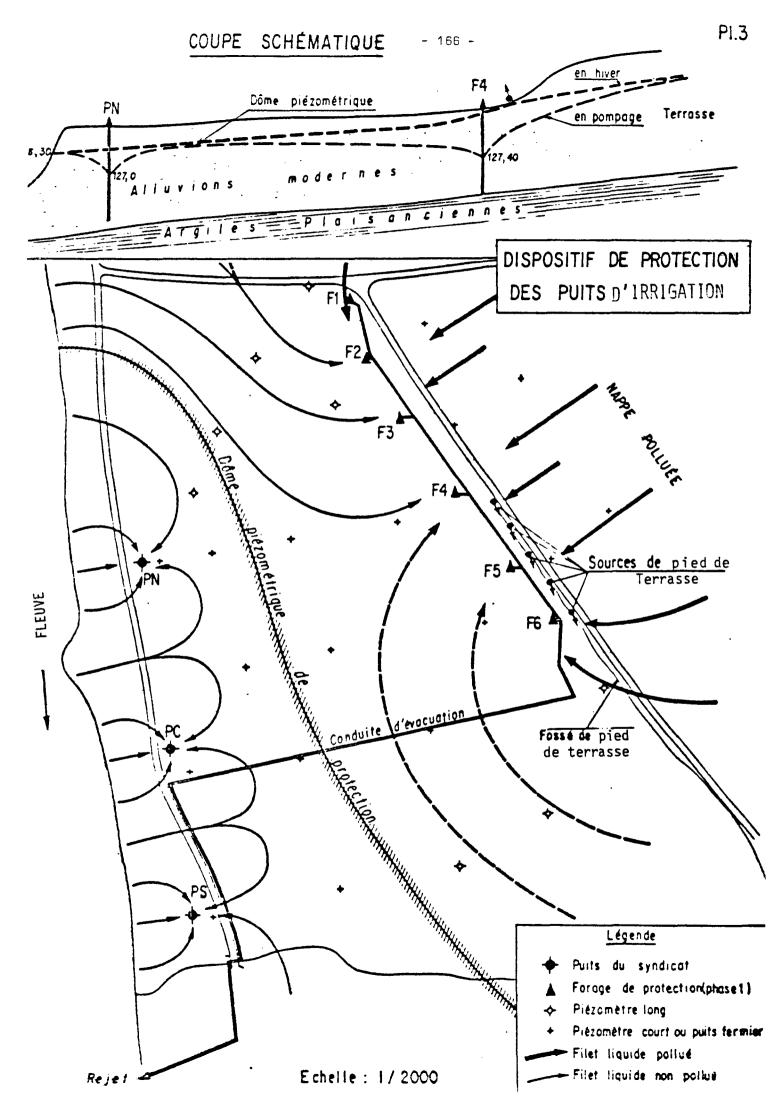
L'objectif recherché, c'est-à-dire la création d'un dôme piézométrique de protection entre les puits d'irrigation et la barrière de forages de protection, a été atteint : l'eau extraite des captages pour l'irrigation, en 1977 et 1978 n'a jamais présenté d'odeur d'hydrocarbure.

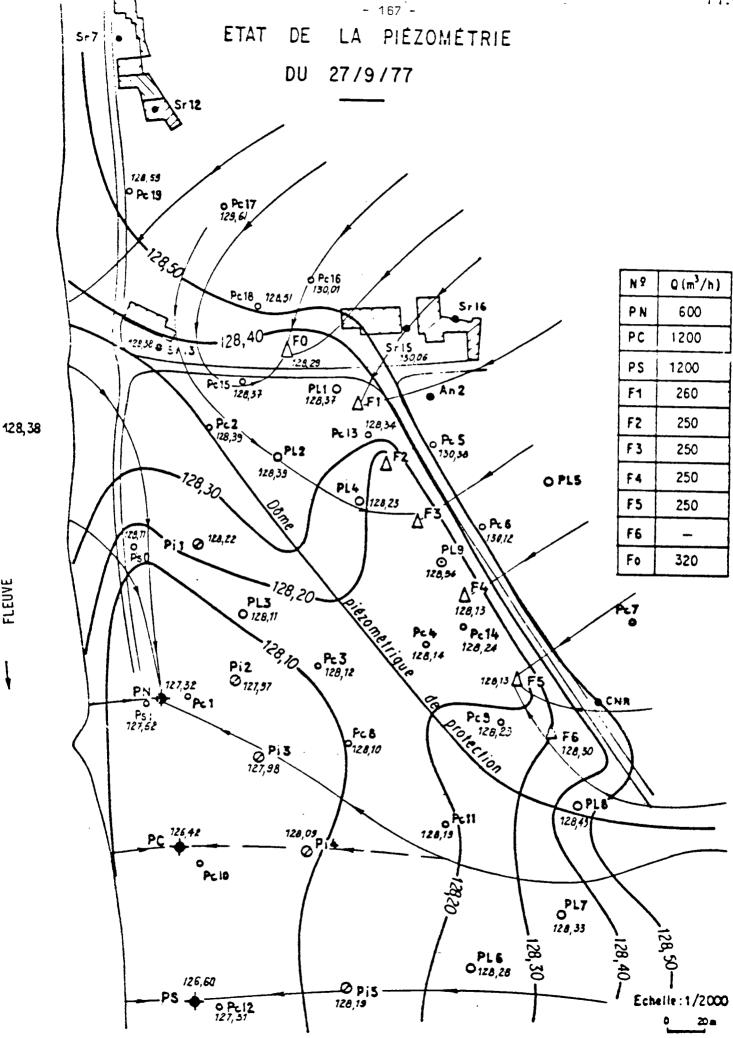
6. COUT DE L'OPERATION

Le coût global des études, travaux de protection et fonctionnement du dispositif s'est élevé à 2,5 millions de francs.









FLEUVE

3.2. Expériences de dépollution réalisées à l'ETRANGER

(Fiches techniques n° 24 à 43)

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 24

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe par des hydrocarbures dans le Sud-Est de l'Angleterre
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : International Symposium on Ground Water pollution by oil hydrocarbons.

 Prague, juin 1979
 - 1.2. Auteurs : A. HUNTER-BLAIR
 - 1.3. Origine: "Oil pollution of a chalk aquifer a case history"
 - 1.4. Archivage : Département EAU BRGM
 - 1.4. Illustrations:
 - Situation
 - Coupe des puits d'observation
 - Observations des niveaux piézométriques
 - Modèle de l'huile flottant dans l'eau
 - Profils de la concentration en hydrocarbures

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : février 1976
- 2.2. Département :
- 2.3. Commune:
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : dépôt de réservoirs
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: En février 1976, un accident s'est produit dans un dépôt de fuel du Sud-Est de l'Angleterre. La base du dépôt est perméable et constituée par une nappe libre de la craie. La compagnie a pu rapidement récupérer 323 m³, tandis que 132 m³ s'infiltraient.
- 2.7. <u>Volume des pertes ou fuites</u> : 445 m³ dont 323 m³ récupérés et 132 m³ qui se sont infiltrés
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel
- 2.9. Type de pollution : Hydrocarbure à la surface de la nappe

- 2.10. Causes de la pollution :
- 2.11. Dégâts apparents :

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : craie
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : "grey chalk"
 - 3.2.1. Profondeur: 25 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement :
 - 3.2.3. Vulnérabilité : très importante
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits, ou sources menacés</u>: Alimentation en eau publique à 665 m vers Sud-Est (2 forages de 30 cm de diamètre et 76 m de profondeur).
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe : 7 m

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Un pompage d'essai en mai 1976 a permis de connaître le coefficient d'emmagasinement et la transmissivité qui étaient respectivement de 0,002 et $1750 \text{ m}^2/\text{j}$.

On a constaté aussi que "Totternhoe Stone" était un aquifère semi-captif et qu'un pompage n'entrainait pas de rabattement dans les puits de "grey chalk."

Les puits pour l'alimentation en eau potable sont alimentés principalement par Totternhoe Stone."

En pompant $4800 \text{ m}^3/\text{j}$, on calcule que la zone influencée s'étend jusqu'à 450 m du forage. Ceci implique que le dépôt était en dehors de la zone d'alimentation du forage, mais la marge était faible.

Les caractéristiques mesurées pour l'aquifère grey chalk montrent une perméabilité de l'ordre de 1,5 m/j, donc moindre que celle de Totternhoe Stone.

Deux forages d'observation M1 et M2 ont été forés à 56 et 49 m de profondeur.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

Un forage R1 a été construit près du lieu de l'accident, en dehors de la zone entourée, du dépôt. Ce forage avait une profondeur de 36 m : il devait exploiter la nappe de grey chalk."

Un pompage à $35 \text{ m}^3/\text{j}$ a entraîné un rabattement de 2 à 2,5 m en R1. Il n'était pas possible, en raison des caractéristiques de l'aquifère et des contraintes de la pompe, de développer un cône plus important.

Au début avril, la couche d'huile accumulée à la surface de la nappe était de 4 m d'épaisseur. Cette quantité importante accumulée laissait envisager la possibilité de récupération. Un deuxième forage R2 de 15 cm de diamètre a été foré à côté du précédent. La foration de R2 très près de R1 a causé pas mal de problèmes. Un troisième puits d'observation M3 a été foré jusqu'à 64 m entre le dépôt et l'alimentation en eau potable.

5.1. Résultats :

La foration du puits R2 a provoqué des ennuis : les débris de craie ont été entraînés en R1 et ont abîmé la pompe. La remontée de nappe qui s'en est suivie a entrainé une remontée de l'huile. On a rapidement terminé le forage R2 et remplacé la pompe en R1 pour recommencer à pomper. Une pompe alternative aurait dû temporairement remplacer la pompe immersible.

La récupération d'huile dans R2 était très lente, $0.27~\mathrm{m}^3$ au bout de quelques heures de pompage, 8 semaines après l'accident. 65 semaines après l'accident on n'avait récupéré que $3.5~\mathrm{a}~4.5~\mathrm{m}^3$. Après acidification le forage R1 a vu son débit passer de $33~\mathrm{a}~43~\mathrm{m}^3/\mathrm{j}$. La pompe submersible a été remplacée par une autre pompe.

Il apparait qu'un seul forage de plus gros diamètre équipé d'une pompe à eau adéquate et d'une pompe flottante pour écrémer aurait été de beaucoup préférable au système de deux forages de faible diamètre proches l'un de l'autre.

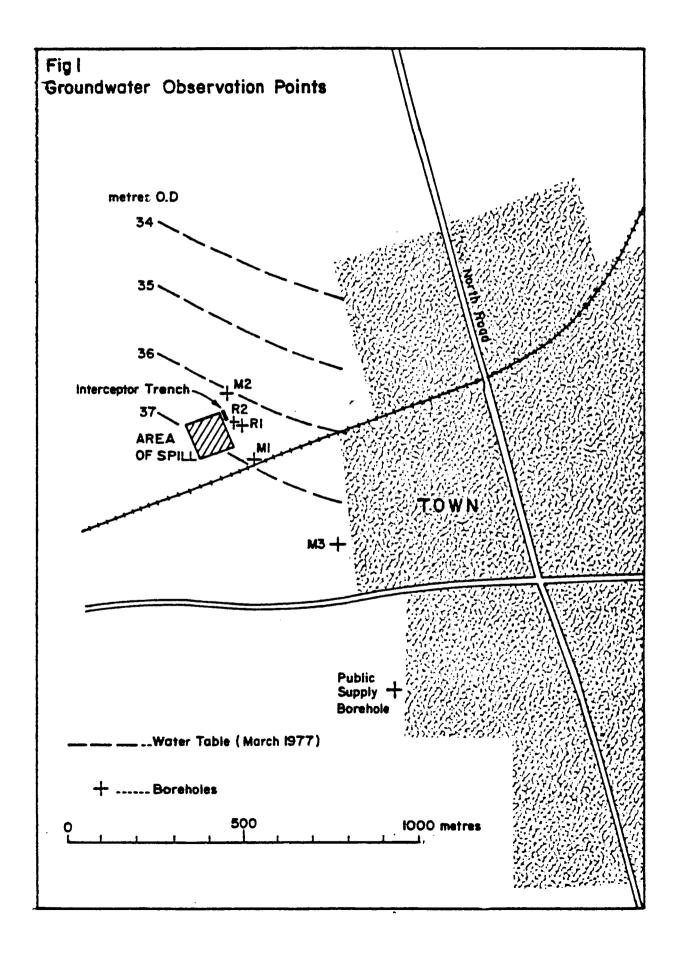
Le bilan suivant a été suggéré :

-	huile récupérée	4	m 3	3	%
-	huile présente au toit de la nappe	30	m 3	23	%
-	huile présente dans le cône de dépression (hypothétique)	16	m 3	12	%
-	huile présente dans Melbourn Rock ((hypothétique)	60	m ³	45	%
-	huile perdue par biodégradation et évaporation (expérimental)	3	m ³	2	%
	Total (hypothétique)	113	m³	85	%
	Quantité perdue	132	m ³	100	%

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

On a suggéré de construire deux puits d'observation supplémentaires de part et d'autre de M1 au moins jusqu'à Melbourn Rock". Des échantillons de roche seraient prélevés pour voir si l'huile a migré en dehors du site.

Comme le programme de récupération doit durer au moins dix ans, il est recommandé de remplacer R1 et R2 par un seul gros forage.



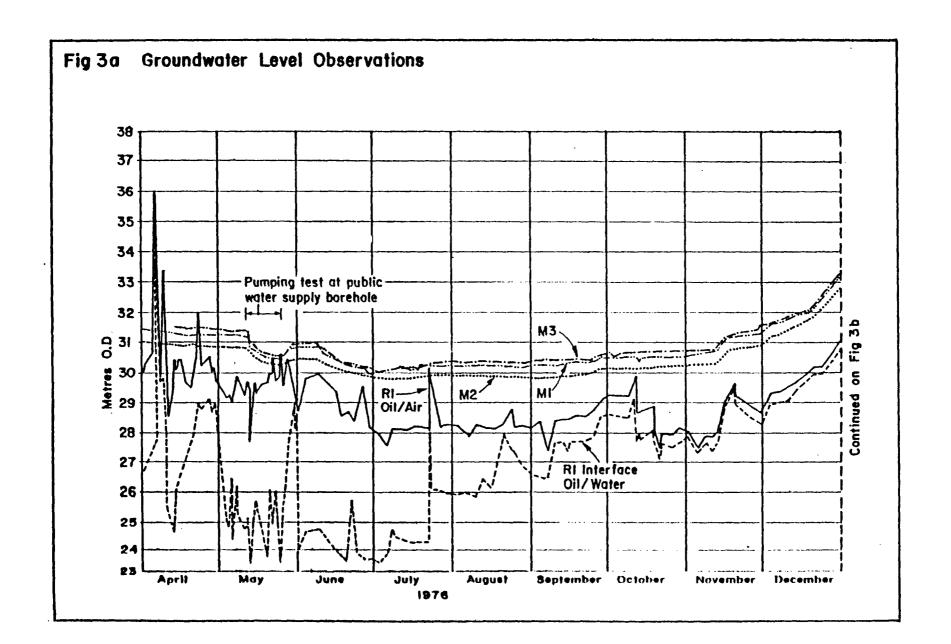
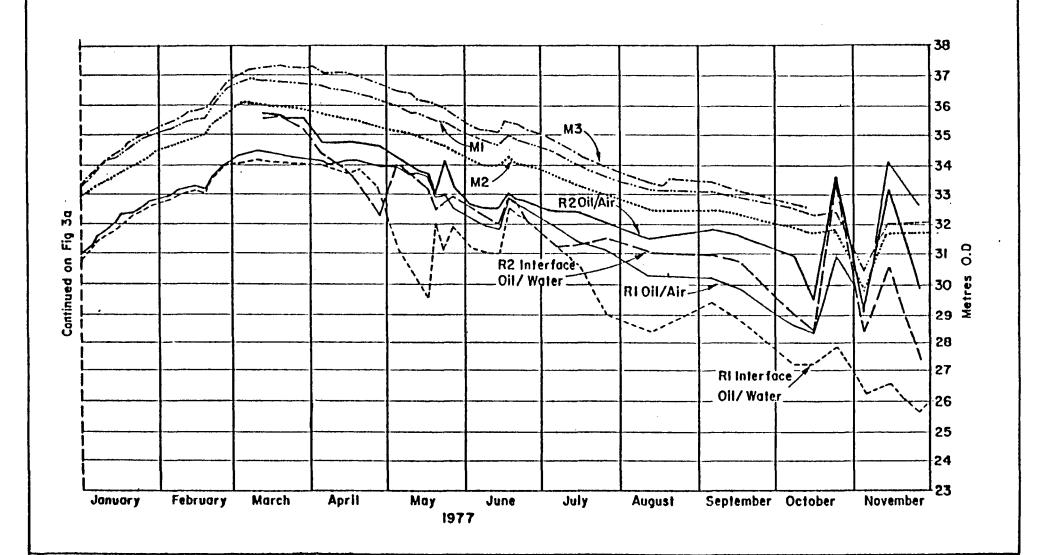
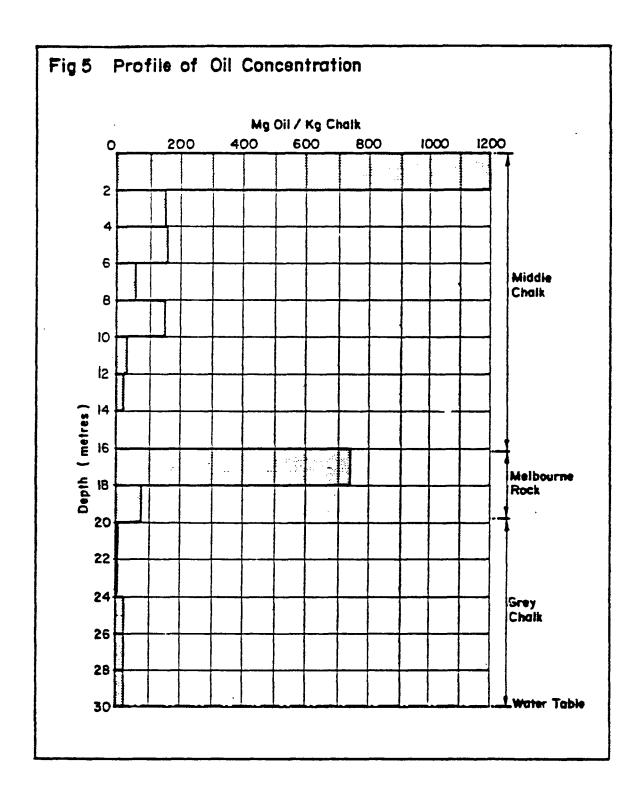


Fig 3b Groundwater Level Observations





FICHE TECHNIQUE N° 25

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe à Velsen (Pays-Bas)
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 47 : Velsen I (Nord des Pays-Bas)
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Schéma de la situation
 - Puits de récupération

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date: Octobre 1974
- 2.2. Département :
- 2.3. Commune : Velsen
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Réservoir enterré
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Début octobre 1974, une fuite importante d'un réservoir enterré contenant du mazout a été détectée dans la zone de captage d'eau de l'usine de Velsen.

Le réservoir, âgé d'une quinzaine d'années, avait été contrôlé sur place lors de son installation, quant à son étanchéité, isolation, position. Dès le constat de fuite, il a été déterré : son revêtement protecteur était sans défaut, mais la paroi interne du réservoir présentait quelques trous de 1 à 4 mm dus à la corrosion. Il semble que des cuves à mazout peuvent être corrodées de l'intérieur alors qu' à l'extérieur elles sont sûres.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 13 m³
- 2.8. Caractéristiques et nature du produit en cause : mazout type I
- 2.9. Type de pollution : Pollution du sol et produit libre sur la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : Corrosion interne du réservoir
- 2.11. Dégâts apparents :

- 3.1. Nature des terrains concernés: Sable sur 20 m avec lentilles d'argile et de tourbe, puis 2 m d'argile et tourbe, ensuite sables fins et grossiers jusqu'à 70 m.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : sables fins et grossiers
 - 3.2.1. Profondeur: entre 35 et 70 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : vers le Nord
 - 3.2.3. Vulnérabilité:
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u> : proximité immédiate de la station de pompage de Velsen.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Un forage de 15 m a été implanté au milieu de la zone polluée, et une rangée de puits d'observation a été mise en place à des distances échelonnées.

4.1. Résultats : A 22 m et à 8 m, on n'a pas trouvé d'huile dans la nappe ; par contre, on en a rencontré dans le forage situé à 4 m du centre de la fuite.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- Evacuation de 50 m³ de terrain imprégné d'huile.
- Mise hors service de 5 puits de captage.
- Pompage dans le forage central . (250 mm de diamètre, dans la partie pleine, et 230 mm dans la partie crépinée de 9 m de long).

L'eau est pompée à 4 m 3 /h et évacuée vers le réseau. La pompe fonctionne en continu, le rabattement est de 1,60 m. Une deuxième pompe (type machine à laver) pompe l'huile dans le cône de dépression à 0,2 - 0,3 m 3 /semaine.

5.1. Résultats :

- 2,3 m^3 d'huile ont été repompés en l'espace de trois mois.
- Les puits de captage ont été remis en service.
- La couche argileuse a joué un rôle favorable dans la protection des captages.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Six ans après le début de l'accident, aucune trace d'huile n'a été décelée dans les puits de captage.

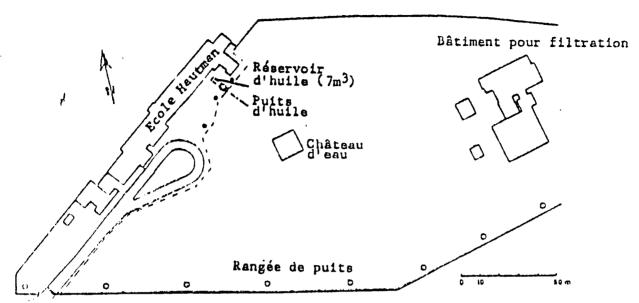


Fig. 4.98: Cas Velsen 1. Schéma de la situation

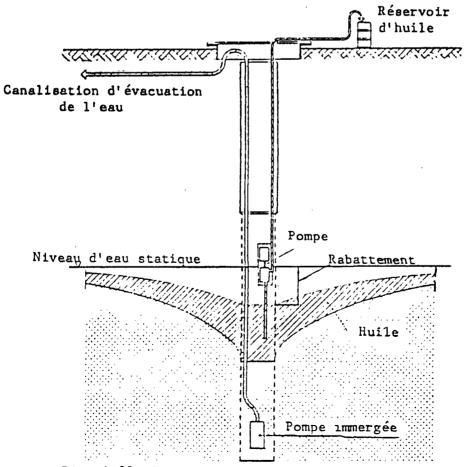


Fig. 4.99: Cas Velsen 1. Puits de récuperation

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 26

- 1. AFFAIRE: Pollution d'une zone industrielle dans la vallée supérieure du Rhin
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Groundwater in water resources planning Proceedings - Symposium Koblenz 1983 vol. II, UNESCO-IAH-IAHS
 - 1.2. Auteur : G. BATTERMANN
 - 1.3. Origine: "A large scale experiment of in situ biodegradation of hydrocarbons in the subsurface"
 - 1.4. Archivage: Département EAU BRGM
 - 1.5. Illustrations:
 - Zone polluée
 - Schéma opératoire
 - Contour de la nappe

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT :

- 2.1. Date:
- 2.2. Département :
- 2.3. Commune:
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée :
- 2.6. Description (historique) de l'accident :
- 2.7. Volume des pertes :
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : Hydrocarbures aromatiques solubles dans l'eau.

non précisé ici

- 2.9. Type de pollution : Hydrocarbures solubles restant dissous dans la zone saturée.
- 2.10. Causes de la pollution : Déversement en surface 10 ans plus tôt.
- 2.11. Dégâts apparents :

- 3.1. Nature des terrains concernés : sableux
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : aquifère supérieur
 - 3.2.1. Profondeur: 5 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Ouest-Est
 - 3.2.3. Vulnérabilité:
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés : 500 m
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- On a étudié la perméabilité de l'aquifère supérieur par un test d'infiltration.
- Des études bactériologiques ont été faites.

4.1. Résultats obtenus :

Les études bactériologiques ont montré que les bactéries nécessaires à la décomposition des hydrocarbures étaient présentes dans le sous-sol, qu'il n'y avait pas d'inhibiteurs de croissance des bactéries, et qu'une ozonisation de l'eau pour une meilleure biodégradation n'était pas nécessaire. On a déterminé les conditions pour qu'un effet de chasse lessive la zone polluée.

Un modèle mathématique a permis de choisir l'emplacement des puits tels qu'ils figurent sur la figure 1.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Techniques utilisées :

L'eau propre est injectée dans les puits K1 à K7 et K12. L'eau de chasse contenant les nitrates, est injectée dans les puits K8 à K11 et est reprise dans les puits E1 à E6.

Pour un meilleur lessivage de la partie ouest, l'eau est pompée de E7 à E9.

La figure 2 montre la séparation entre le circuit de l'eau qui balaie les hydrocarbures et le circuit de l'eau de boisson. Toute l'eau injectée est aérée, filtrée sur sable. L'eau injectée est saturée en \mathbb{O}_2 . L'eau de chasse est enrichie en nitrates qui servent de donateur d' \mathbb{O}_2 pour favoriser la biodégradation des hydrocarbures en conditions anaérobies.

Les puits d'injection K1 à K12 ont une profondeur de $9\,$ m, sont remplis de graviers et ont un diamètre de $0,6\,$ m. L'eau de balayage est reprise dans les puits E, crépinés dans les deux derniers mètres.

L'eau est injectée dans les puits de protection, avec un débit de $10\ l/s$, et dans les puits K8 à K11, à un débit de $5\ l/s$.

A l'Ouest de la surface industrielle, les niveaux de la nappe ont été surélevés de 4 à 5 m, et par conséquent tous les hydrocarbures ont été atteints par la nappe. Il a fallu quatre semaines pour atteindre 90 % de l'élévation totale du niveau de la nappe.

L'expérience est contrôlée par un programme intensif de mesures. Les niveaux piézométriques, les débits de recharge et de pompage sont mesurés quotidiennement.

La distribution spatiale de la teneur en nitrates est déterminée de façon hebdomadaire. Les paramètres chimiques en particulier teneur en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques est déterminée tous les mois.

Un traçage expérimental au sel et à l'uranine a été réalisé.

5.2. Résultats :

La vitesse de l'eau souterraine est d'environ 4 m/j, et la dispersivité d'environ 2 m.

Avec un débit d'injection de 5 l/s et une concentration à l'entrée de 300 mg/l de nitrates, on a injecté environ 130 kg de nitrates par jour dans l'aquifère supérieur. Pour oxyder complètement 1 g d'hydrocarbure en eau et $\rm CO_2$, il faut 4 g de nitrate ou peut être seulement 2 g. Avec cette hypothèse, environ 60 kg d'hydrocarbures sont oxydés par jour. Avec l'eau de balayage 3 kg seulement sont chassés sous forme dissoute.

En 120 jours d'expérience, environ 7,5 tonnes d'hydrocarbures ont été enlevées du sous-sol, soit environ 1/3 de la quantité totale.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Les échantillons du puits B3 avant et après 100 jours montrent que les hydrocarbures sur toute la profondeur ont diminué de 40 %.

La distribution spatiale des concentrations de nitrate montre la destruction des nitrates avec l'écoulement de l'eau de chasse.

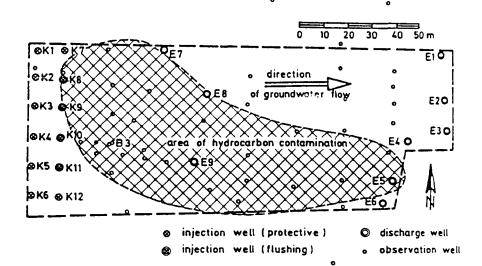


Figure 1 Study area

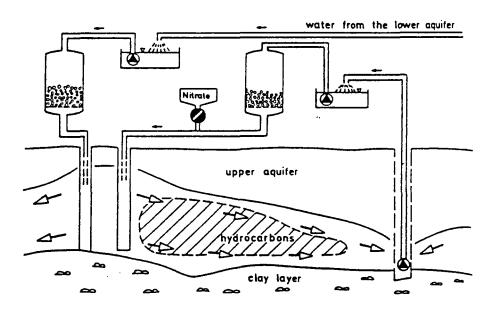


Figure 2 Operation scheme

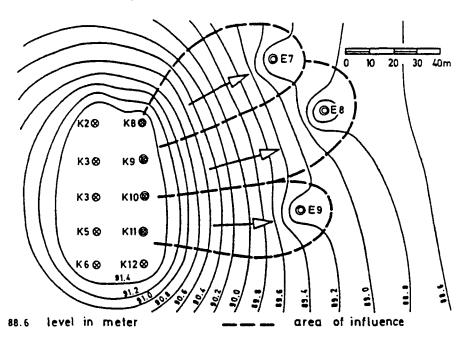


Figure 3 Groundwater contour map (computed)

FICHE TECHNIQUE N° 27

- 1. AFFAIRE : Pollution de la nappe phréatique à Mannheim (Fossé rhénan) R.F.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 8 : Mannheim (Fossé rhénan)
- 1.4. Archivage : Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Carte de situation
 - Extension de l'huile en 1961-1963
 - Puits de pompage
 - Evolution dans le temps de la récupération d'huile
 - Etat de la pollution de la nappe en 1974

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date: 1960, puis 1961, 1963, 1974
- 2.2. Département : Palatinat
- 2.3. Commune : Mannheim
- 2.4. <u>Coordonnées</u>: Croisement voie ferrée Mannheim-Francfort et autoroute Mannheim-Kaiserslautern.
- 2.5. Type d'installation affectée : Dépôt de réservoirs et dépôt de jerricanes.
- 2.6. Description (historique) de l'accident :
 - En 1950 deux pollutions minimes dans le dépôt de réservoirs.
 - En 1960 l'un des robinets d'arrêt d'un réservoir d'essence cassa laissant s'écouler tout son contenu.
 - En 1963, à l'Est des pertes d'essence, on constata une perte de fuel à partir d'une conduite non étanche.

- En mai 1972, on a découvert près du dépôt de jerricanes, une couche d'huile sur la nappe.
- En avril 1974, un tuyau perforé de la canalisation du dépôt de jerricanes cassa et laissa s'écouler une quantité inconnue de diesel dans le sous-sol.
- En 1974, nouvelle pollution sous le dépôt de réservoirs.

2.7. Volume des pertes ou fuites :

- En 1950 : 75 m³ huile minérale
- En 1960 : $1000 \, \text{m}^3$ essence
- En 1963 : inconnu - En 1974 : inconnu
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : huile minérale, essence, fuel, diesel.
- 2.9. Type de pollution : Pollution sous-sol, produits dissous dans la nappe, et à la surface de la nappe.

2.10. Causes de la pollution :

- Fuite de réservoirs robinet de réservoir cassé conduite non étanche.
- Fuite de jerricanes tuyau perforé.
- 2.11. Dégâts apparents : Pollution importante de la nappe.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. <u>Nature des terrains concernés</u>: Sables pléistocènes moyens à grossiers sur graviers et argile.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Sables grossiers
 - 3.2.1. Profondeur: 7 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Duest-Est
 - 3.2.3. Vulnérabilité : importante
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, ou sources menacés</u>: Station de pompage à 1 km vers l'Est, puits familiaux Blumenau prises d'eau Käfertal à 3-5 km au Sud-Est.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

1950 : fermeture des 7 puits familiaux Blumenau. foration de 4 puits à l'Est et au Sud-Duest du lieu de pollution.

1965 : création d'un 5ème forage (puits V) dans la flaque d'huile (voir figure). surveillance dans différents piézomètres.

1974 : foration des puits VI et VII dans le dépôt de jerricanes.

4.1. <u>Résultats obtenus</u> : Localisation des différentes zones polluées (voir les figures)

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre : 1950 - 1960 - 1963 - 1965

5.2. Durée des opérations : 1950 - 1979

5.3. Techniques utilisées :

- Pompage dans les puits, création d'un cône de rabattement - aspiration du produit libre.

Les puits créés pour combattre la pollution par l'essence étant corrodés,on a créé en 1965, le puits V. Son rendement atteignait 70 m 3 /h. Le niveau de la nappe a été abaissé de 2,5 m. L'eau pompée était déversée 350 m plus au Nord dans un bassin filtrant. Pour favoriser l'évaporation des hydrocarbures dissous, on ventilait le bassin.

- Pompage dans un piézomètre dans le dépôt de jerricanes.

5.4. Résultats :

1) Au printemps 1971, on avait pompé environ 1,5.10 6 m 3 d'eau. Les travaux ont été arrêtés dans le dépôt de réservoirs. Le bilan était le suivant :

Volumes perdus avant 1960 mai 1961 1961-1965	Total	1000 125	essence essence diesel huile minérale
Récupération pompé dans le bac en mai 1960 récupéré dans les puits de p		250 715	essence essence et diesel
19 6	1-1971	5 ∿5	huile minérale
hydrocarbures dissous dans l retenu dans l'aire d'infiltre	•	√10 √980	huile minérale huile minérale
dans la nappe phréatique <u>son</u> et y furent dégradés ou se so		√220	huile minérale
	Total	∿1200	huile minérale

La portion récupérée s'élevait donc à 76 % dans le dépôt de réservoirs.

2) Dans le piézomètre de la zone du dépôt de jerricanes, on a, de 1972 à 1974, récupéré $10~\text{m}^3$ d'huile.

Lors de la fuite de canalisation en 1974, dans cette même zone, malgré un débit de 10 1/s, un abaissement de la nappe de 2,5 m, on mesurait une couche d'huile de 2,45 m sur la nappe.

3) Dans le dépôt de réservoirs, un contrôle en 1974 a permis de constater une nouvelle phase d'huile, et une extension de la zone polluée. Le pompage dans les puits V, VI, jusqu'en 1979, a montré une disparition de la phase huile dans le dépôt de réservoir, mais pas dans le dépôt de jerricanes. On note une importante biodégradation des restes d'huile minérale dans la zone centrale de la nappe phréatique du dépôt de réservoirs.

- 5.5. <u>Coût de l'opération</u> : non indiqué
- 6. MOYENS DE CONTROLE : non indiqué (contrôles périodiques dans les piézomètres et les puits vraisemblablement).

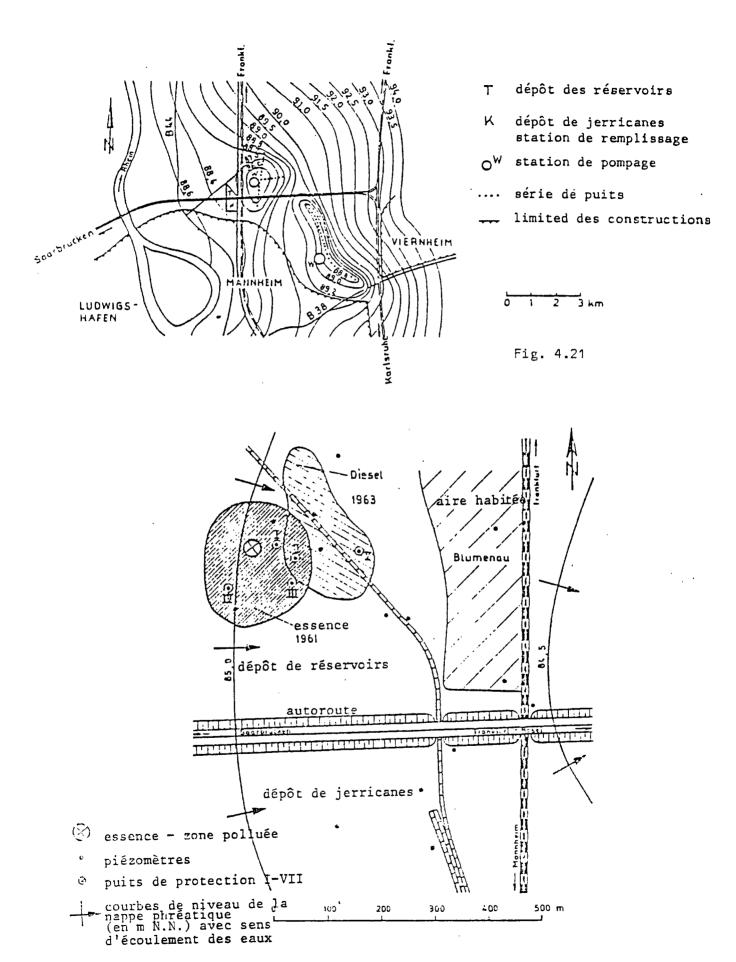


Fig. 4.22: Cas Mannheim. Extension de l'huile en 1961 resp. 1963

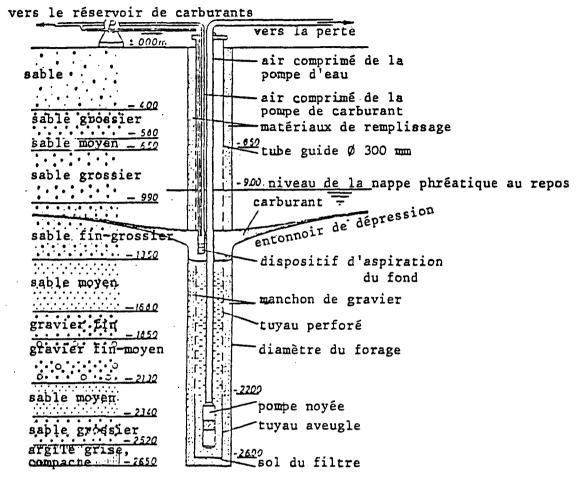


Fig. 4.23 : Cas Mannheim. Puits de protection V.

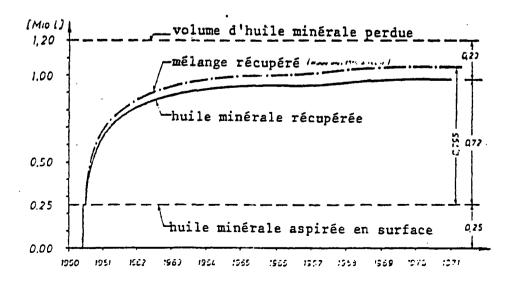


Fig. 4.24 : Cas Mannheim. Evolution dans le temps de la récupération d'huile.

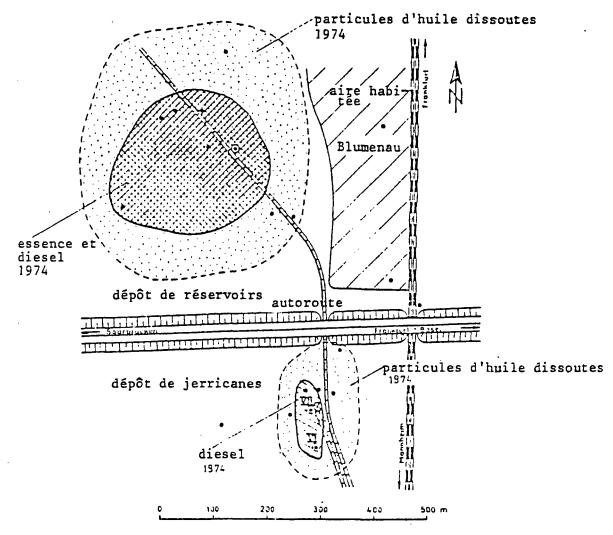


Fig. 4.25 : Cas Mannheim. Etat de la pollution de la nappe en 1974.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 28

- 1. AFFAIRE : Pollution en milieu karstique à Münnerstadt Franconie (Bavière) RFA
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 207 : Münnerstadt
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Coupe géologique

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : pas précisé
- 2.2. Département : Franconie (Bavière)
- 2.3. Commune : Münnerstadt
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : camion-citerne
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Un camion citerne s'est renversé sur une route de montagne ; 10 m³ se sont déversés dans le fossé dans la pente et 8 m³ se sont infiltrés.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 10 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel EL
- 2.9. Type de pollution : ?
- 2.10. Causes de la pollution : accident d'un camion citerne
- 2.11. Dégâts apparents : ?

- 3.1. Nature des terrains concernés : Calcaires diaclasés, et en partie karstifiés.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Nappe du calcaire coquiller inférieur.
 - 3.2.1. Profondeur:
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Duest-Est
 - 3.2.3. Vulnérabilité : très importante
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés: 400-600 m
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Le puits d'alimentation le plus proche a été mis hors service. Deux puits de protection ont été creusés entre les pertes et le captage.

4.1. Résultats obtenus :

Ces puits ont fonctionné pendant 20 jours avec des abaissements de la nappe de 12 à 25 m. Des traces d'huile ont été trouvées dans l'un des puits pendant un laps de temps très court. Au cours des quatre années suivantes, aucune autre trace d'huile n'a été relevée.

L'analyse IR de l'eau des puits n'a révélé aucun accroissement sensible des substances lipophiles par rapport aux teneurs de fond.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE : aucun

L'exemple ci-dessus montre l'imprévisibilité de l'extension de l'huile dans un aquifère karstique.

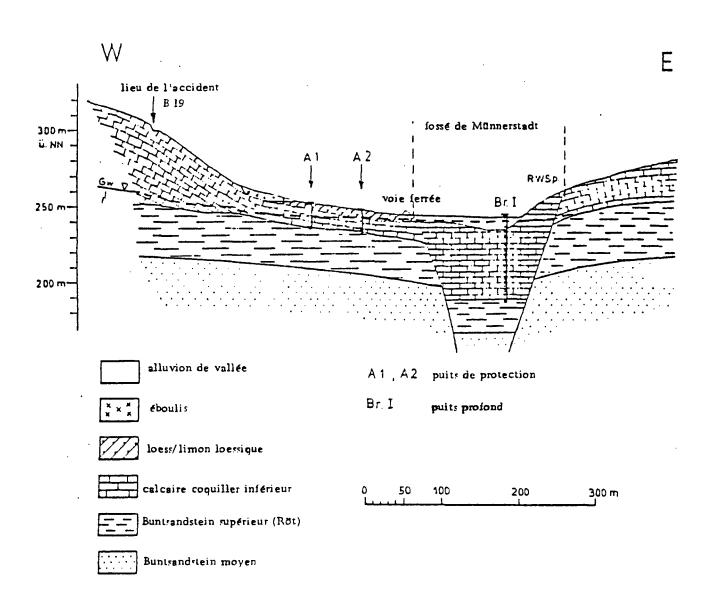


Fig. 4.213 : Cas Münnerstadt. Coupe géologique.

FICHE TECHNIQUE N° 29

- 1. AFFAIRE : Pollution dans le sous-sol de la raffinerie de Raunheim (plaine Rhin-Main) R.F.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

1.2. Auteurs : anonyme

1.3. Origine : Cas 16 : Raunheim

1.4. Archivage: Mission Environnement - BRGM

- 1.5. Illustrations:
 - Plan de situation
 - Réseau des points de mesure
 - Schéma des puits d'écopage
 - Schéma du puits double

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : détecté le 2.4.1974
- 2.2. Département :
- 2.3. Commune : Raunheim
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : raffinerie
- 2.6. Description (historique) de l'accident :

Le 2.4.1974 on a détecté des vapeurs à forte odeur d'hydrocarbures dans le transformateur enterré d'une raffinerie.

Les fouilles exécutées ont montré la présence à environ 7 m de profondeur, d'huile minérale au-dessus et sur la nappe phréatique.

2.7. Volume des pertes ou fuites : non connu - estimé à 4000 m^3 maximum

- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : pyronaphte (PN) de composition suivante % : parafine (10), oléfine et dioléfine (12), benzène (16), toluène (15), xylène (8), éthylbenzène (1,5), aromat ques supérieurs (1,5), styrène (6), naphtalène (4), non identifiés (14).
- 2.9. Type de pollution : Produit libre à la surface de la nappe et produit dissous.
- 2.10. Causes de la pollution : Trou de 1 cm² dans une conduite en acier NW150 protégée contre la corrosion par un revêtement bitumineux.
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: Présence de PN dissous dans les puits voisins distants du point d'infiltration de 650 m.

Le PN dissous s'étendait sur une longueur de $650~\mathrm{m}$ et $200~\mathrm{m}$ de largeur. La tache d'huile couvrait une surface d'environ $60~000~\mathrm{m}^2$.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : sables, sables graveleux et graviers sableux, entrecoupés de lentilles de vase (Pléistocène): aquifère supérieur et en-dessous sables et graviers (Pliocène) : aquifère inférieur.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Aquifère inférieur et supérieur pliocène et pléistocène forment une unité hydrogéologique.
 - 3.2.1. Profondeur: 6 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Nord-Sud
 - 3.2.3. Vulnérabilité : importante pour la série de puits M
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits, ou sources menacés</u>: Le Main à 250 m, les quatre puits (M 1-4) d'une entreprise Pharma sont à 650 m. De l'autre côté du Main, une prise d'eau publique est à 1,8 km (puits H).
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- Pour reconnaitre l'extension de l'huile et de PN dissous, on a implanté un réseau de mesures, comportant plus de 70 piézomètres de diamètre 150 mm. Leur profondeur varie de 10 m à l'intérieur et près de la plaque d'huile et 30 m entre l'extrémité de la tache et la série des puits M1-M4. Les piézomètres ont été équipés de filtres PVC puis de filtres à ponts rayés étamés par suite de l'agressivité du PN.
- Recherche par spectroscopie IR des hydrocarbures dans les échantillons d'eau des puits et des piézomètres, puis par une méthode de recherche de pollution du PN : la chromatographie gazeuse headspace.

4.1. Résultats obtenus :

Le réseau des points de mesure montrait que la flaque d'huile était longue de 400 m, large de 200 m.

En 1974, on a constaté aux points de mesure des épaisseurs maximales d'huile dépassant 1 m.

En raison de la forte solubilité du PN, on a constaté dès le début, du PN dissous dans les puits M3 et M4.

L'extension du PN dissous s'étendait sur 650 m de long et 200 m de large.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre : 1974

5.2. Durée des opérations : 1974 - 1980

5.3. Techniques utilisées :

- Mise hors service des puits M3 et M4 en arrêtant M3 et abaissant le niveau dans M4 pour séparer la nappe entre les puits M1 et M2 à protéger, et M4 fortement pollué.
- 4 puits d'écopage dans la flaque au début, puis 5 autres puits d'écopage.

Les puits d'écopage ont été forés à sec jusqu'à 16-20 m et équipés de filtres à ponts rayés en acier NW 1000. Deux pompes ont été installées par puits. Une pompe immergée, exploitée en débit continu de 50-70 m³/h, provoque un cône de dépression de 2-3 m et de 30-40 m de rayon. Le PN arrivant dans le puits est enlevé par intermittence avec une pompe aspirante et déversé dans un récipient. Une soupape de régulation pneumatique permet de maintenir le rabattement du puits à un niveau constant. L'enlèvement du PN peut donc se faire sans déplacer la pompe à PN. Une partie de l'eau pompée sert à faire fonctionner la pompe aspirante hydraulique prélevant le PN.

A cause de l'agressivité du PN envers le caoutchouc et les produits synthétiques, toutes les conduites d'arrivée et de départ des pompes sont en téflon. Les coussinets des pompes sont en métal et en téflon.

L'eau enlevée est évacuée dans un bassin de décantation. En raison de la capacité réduite du bassin de décantation, on a créé un nouveau type de puits "puits double", dans lequel un puits de 40 m est engagé dans un puits plus large, de profondeur 20 m. Ces puits sont isolés par un bouchon d'argile, qui doit empêcher l'entraînement du PN vers le fond. Le puits intérieur, pour plus d'étanchéité, est soudé d'une pièce.

Le puits double est équipé de trois pompes. Avec un débit de 50-70 m³/h et un rabattement de 2-3 m par la pompe immergée I (puits intérieur) et la pompe immergée II (puits extérieur), il se produit un cône de dépression unique. Une pompe III à PN enlève le PN accumulé comme dans le cas du puits à deux pompes. Dans ce cas, environ 1/3 seulement de l'eau est enlevé, par la pompe extérieure II : cette eau polluée par PN est envoyée dans le bassin de décantation. La pompe intérieure I enlève 2/3 de l'eau qui n'est pas polluée et est utilisée ou envoyée sans épuration dans le Main.

5.4. Résultats :

- La quantité récupérée par l'intermédiaire des puits de pompage était d'environ 950 m³ jusqu'à la fin 1978. On a aussi récupéré 50 m³ sous forme soluble.
- L'eau enlevée était de 100 000 à 150 000 m³/mois, polluée à 100 mg/l de PN. C'est pourquoi on a créé les puits à trois pompes (ci-dessus).
- On a observé des réactions de réduction importantes dans l'aquifère, aboutissant à la formation de sulfures qui corrodaient les filtres.
- On a constaté une diminution de l'apport de PN dans le puits A7, qui a été expliquée par une diminution de PN, mais en fait le puits A7 se colmatait, le niveau de la nappe baissait mais cet abaissement ne se répercutait pas en dehors du puits, et le PN pouvait contourner le puits. Il faut donc non seulement mesurer le niveau de la nappe, le produit enlevé, mais aussi mesurer constamment la quantité d'eau enlevée.

6. COUT DE L'OPERATION

La dépense de dépollution est estimée à 20 Mio DM (= 60 M̄ de F).

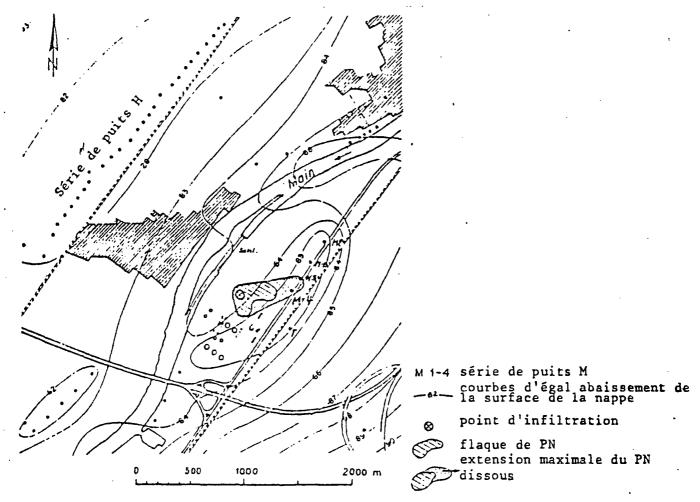


Fig. 4.41 : Cas Raunheim. Plan de situation.

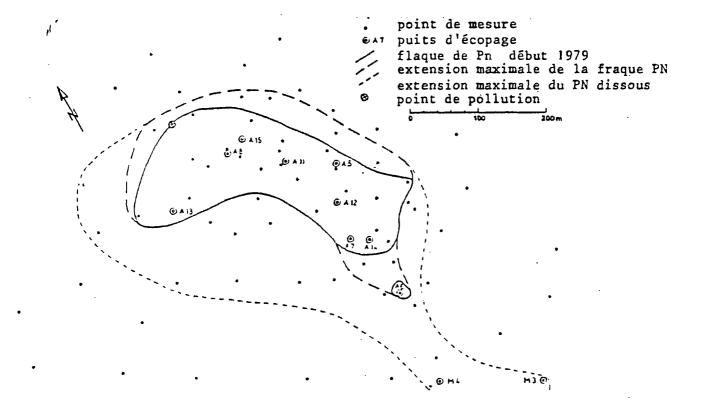


Fig. 4.42 : Cas Raunheim. Réseau des points de mesure. Répartition de l'huile.

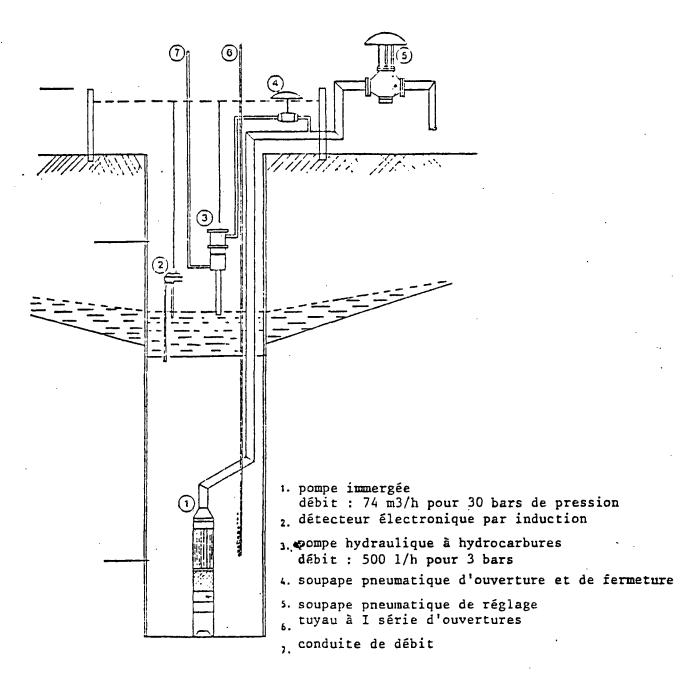


Fig. 4.43 : Cas Raunheim. Schéma des puits d'écopage (système à 2 pompes).

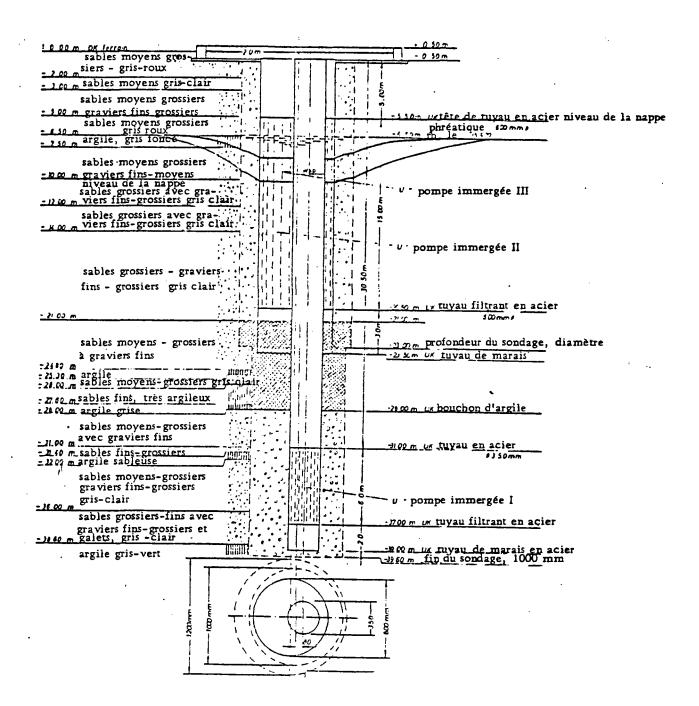


Fig. 4.44 : Cas Raunheim. Schéma du puits double (système à 3 pompes).

FICHE TECHNIQUE N° 30

- 1. AFFAIRE: Pollution de nappe à Russelheim (Hesse) R.F.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32) 4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 14 : Vallée inférieure du Main : Russelheim
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Courbes cumulatives de la répartition des grains.
 - Proportion d'huile dans l'émulsion.

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date:
- 2.2. Département : Vallée du Main Hesse
- 2.3. Commune : Russelheim
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Réservoir Diesel équipé d'une prise.
- 2.6. Description (historique) de l'accident :
 - A l'occasion d'une étude des fondations d'une station de distribution à l'intérieur d'une caserne, on a constaté une forte pollution du soussol.

A proximité de la pollution se trouvait en surface un réservoir de $20~\text{m}^3$ équipé d'une prise. Le réservoir désservait 300~poids lourds par jour. La négligence du service faisait perdre 1/2~l d'huile Diesel par camion.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : environ 150 l/j total inconnu
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel Diesel

- 2.9. Type de pollution : Couche d'huile à la surface de la nappe.
- 2.10. Causes de la pollution : Négligence de service aire de service non suffisamment isolée.
- 2.11. Dégâts apparents : Sous-sol et nappe pollués.

- 3.1. Nature des terrains concernés : Sables pléistocènes
- 3.2. Aquifère touché : sables pléistocènes
 - 3.2.1. Profondeur : 4 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement :
 - 3.2.3. Vulnérabilité : importante
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: Station de pompage située dans la zone de protection éloignée (zone III) de la station.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Pour délimiter l'extension de la pollution de la nappe, on a foré 10 puits et points d'observation, et en plus un puits de pompage.

4.1. Résultats obtenus : L'extension de la phase huile sur la nappe, large de 20 m et longue de 50 m couvrait près de 900 m².

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre :
- 5.2. Durée des opérations :
- 5.3. Techniques utilisées :
 - Pompage dans un puits, création d'un cône de rabattement de 0,6 m de profondeur, qui dépassait l'extrémité de la flaque d'huile. Une deuxième pompe permettait de récupérer en 6 mois, 1,5 m³ d'huile.
 - Pour éviter l'enlèvement des terres polluées, on a réalisé un lessivage du sous-sol avec une solution de détergent (Olitex 2000, dégradable à plus de 90 %). Le produit était étendu d'eau dans la proportion de 1/300. Après enlèvement d'une couche limoneuse de 0,5 m, la solution a été répandue sur toute la surface par des tranchées et des tuyaux d'aspersion. Au total, 760 m³ de solution ont été infiltrés. L'infiltration a duré 22 jours. L'émulsion huile-détergent atteignait le puits au bout de 3 jours. On observait dans le puits une nette séparation de l'émulsion et de l'eau. L'émulsion était dirigée vers un réservoir de collecte et traitée.

5.4. Résultats :

- 1) Le pompage de l'huile libre a permis de récupérer 1,5 m³.
- 2) Le pompage de l'émulsion huile-détergent a permis de récupérer 700 $\rm m^3$ d'émulsion, dont 3 $\rm m^3$ d'huile provenant du terrain.
- 5.5. Coût de l'opération : non indiqué.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

- Contrôles en laboratoire en continu de l'émulsion.
- Les teneurs en huile croissaient pendant deux semaines et devenaient nulles au bout de cinq semaines.

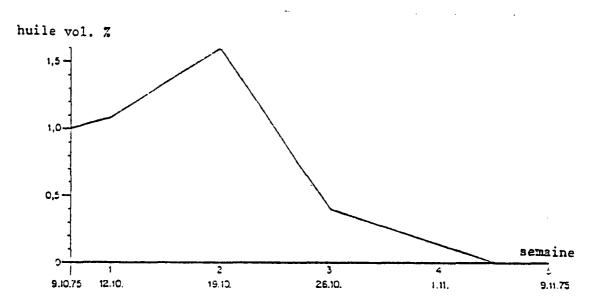


Fig. 4.39 : Cas Russelheim. Proportion d'huile dans l'émulsion.

ain du Tavage	grain du tamisage						
grossier	sables			graviers			
	fin	moyen	grossier	fin	moyer	1	
1	1.	i	1 1		.i		
<u> </u>	↓	<u>!</u>	<u> </u>		<u> </u>		
	!			14	1 1		
i 1		ļ	12 /				
		1			11		
į				مشرتت تيد			
		//	15,7		i		
1		11/	6		! i	1	
	İ		(i		;		
		فو المرار	į				
i		A Property of the Parket			: 1		
0,02 0	26 QI	0,2	0,6	?	ε	21	

Fig. 4.48 : Cas Russelheim. Courbes cumulatives de la répartition des grains.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 31

- 1. AFFAIRE : Pollution à Netphen (Wesphalie région de Sieg) R.F.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine: Cas 28: Netphen
- 1.4. Archivage : Mission Environmement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Coupe géologique schématique
 - Position des tranchées et des sondages

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date:
- 2.2. Département : Westphalie
- 2.3. Commune : Netphen
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Réservoirs enterrés
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Le mauvais fonctionnement d'une vanne dans le système de transmission de l'huile a entraîné le débordement de deux réservoirs enterrés. Les dégâts ont été constatés le matin suivant l'accident.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : $10~\text{m}^3$ au moins
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel EL
- 2.9. Type de pollution : Huile sur la nappe pollution du terrain

- 2.10. Causes de la pollution : mauvais fonctionnement d'une vanne
- 2.11. Dégâts apparents : pollution du sol et infiltration du produit

- 3.1. Nature des terrains concernés : Couche de limon de débordement, épaisse de 1 m, surmontant des alluvions composées de galets mélangés à du sable vaseux.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Nappe des alluvions
 - 3.2.1. Profondeur : 2 à 3 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Sud-Nord
 - 3.2.3. Vulnérabilité : très importante
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u> : station de pompage de Siegen, à 750 m.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- A 160 m vers l'aval, on a creusé un fossé-piège, perpendiculairement à la direction d'écoulement, long de 120 m et creusé jusqu'à 80 m sous le niveau de la nappe.
- De plus, 6 sondages forés entre le point de pollution et la tranchée permettent de suivre la répartition de l'huile sur la nappe.
 - 4.1. <u>Résultats obtenus</u>: L'huile apparaît dans le fossé piège au bout de quelques jours.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre :
- 5.2. Durée des opérations : au moins 6 ans
- 5.3. Techniques utilisées :
 - Prélèvement de l'huile dans une tranchée et un puits à l'endroit des pertes.
 - Récupération de l'huile dans le fossé piège (moyen non précisé).
 - Creusement d'autres fossés pièges quatre ans plus tard.

5.4. Résultats :

L'assainissement a été stoppé quand l'eau des tranchées s'est avéré sans huile. Cependant quatre ans plus tard, on a découvert de l'huile dans un piézomètre situé à 250 m vers l'aval du courant de la nappe, d'où la nécessité de creuser de nouveaux fossés pièges. A chaque remontée de la nappe, on retrouvait de l'huile qui était restée dans le terrain et se retrouvait mobilisée quand la nappe remontait. On en a retrouvé à nouveau deux ans plus tard, soit six ans après l'accident.

5.5. Coût de l'opération : non indiqué

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Il est nécessaire de contrôler la zone polluée et d'attendre les positions extrêmes de la nappe.

La surveillance avait été arrêtée trop tôt.

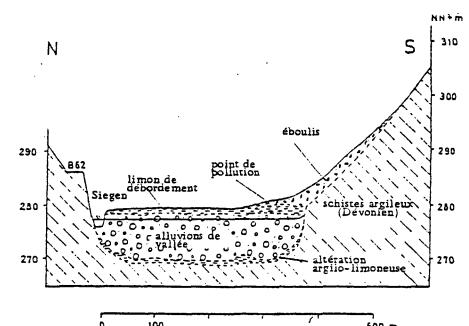


Fig. 4.67: Cas Netphen. Coupe géologique schématique.

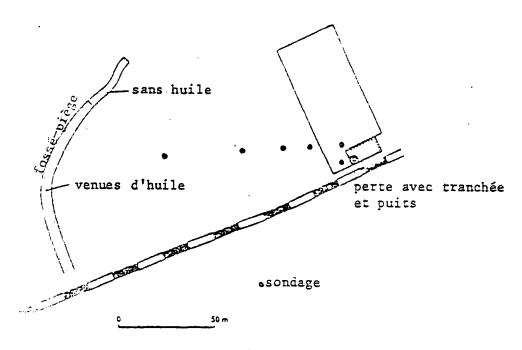


Fig. 4.68 : Cas Netphen. Position des tranchées et des sondages

FICHE TECHNIQUE N° 32

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe à Schwäbisch-Gmünd (avant pays du Jura Souabe) RFA
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 204 : Schwäbisch Gmünd (avant pays du Jura Souabe)
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Plan de situation
 - Coupe hydrogéologique
 - Evolution de la récupération d'essence

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : avril 1977
- 2.2. Département :
- 2.3. Commune : Schwäbisch Gmünd
- 2.4. Coordonnées : Jura Souabe
- 2.5. Type d'installation affectée : Station de distribution d'essence
- 2.6. Description (historique) de l'accident :

En avril 1977, les dégagements de vapeur ont permis de constater la présence d'essence dans le puits de la cave d'une station de distribution.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 12,4 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : essence
- 2.9. Type de pollution : essence dans la nappe

- 2.10. Causes de la pollution : conduite défectueuse.
- 2.11. Dégâts apparents :

- 3.1. Nature des terrains concernés : formations alluviales sur grès diaclasés
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : graviers et grès
 - 3.2.1. Profondeur:
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Nord-Ouest Sud-Est
 - 3.2.3. Vulnérabilité : importante
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u> : 1,200 km rivière Rems
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

5 sondages ont permis de suivre l'extension de l'essence sur la nappe.

5.1. Résultats :

Les niveaux de l'eau dans les sondages et piézomètres P1 et P4 montrent une pente locale de la nappe de 12 % vers Est-Sud-Est à angle aigu vers le sens d'écoulement de la Rems. On a mis en évidence un écoulement de la nappe vers P2 et vers le puits W2.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

On a extrait des puits W1 et W2 un mélange eau-essence contenant environ 11 $\rm m^3$ d'essence. Ensuite on a pompé dans le puits W2, pour rabattre le niveau de la nappe et l'huile a été écopée.

5.1. Résultats :

- 11 m^3 ont été retrouvés en 1ère phase de dépollution.
- Lors du pompage dans W2, l'arrivée d'essence en W1 a été diminuée.
- A la suite d'une défection de la pompe, de nouvelles arrivées de produit se sont faites et l'essence est sortie du mur de la berge de la Rems.

Le total de la quantité d'essence récupérée dépasse le manque que l'on avait constaté au distributeur.

Les diaclases verticales relevées dans le lit de la Rems ont montré que les conditions locales de la nappe et le sens d'écoulement de l'essence sont déterminés par le système dominant de la fracturation WNW-ESE.

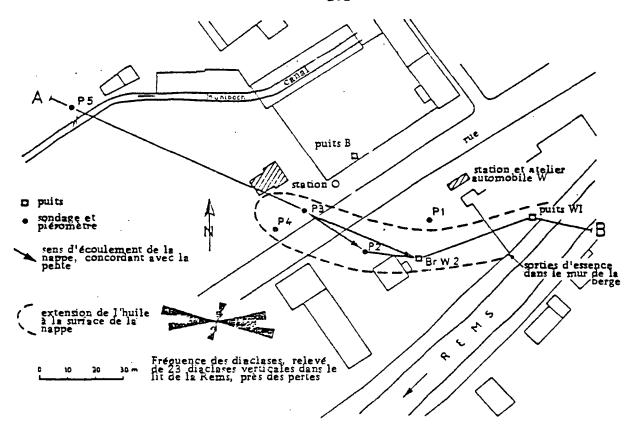


Fig. 4.206 : Cas Schwäbisch-Gmund. Plan de situation.

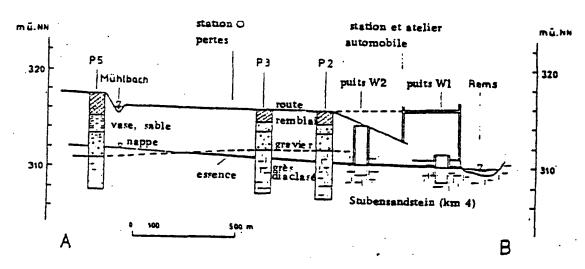


Fig. 4.207 : Cas Schwäbisch-Gmund. Coupe hydrogéologique.

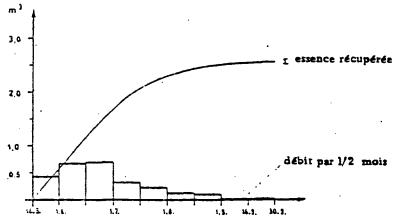


Fig. 4.208 : Cas Schwäbisch-Gmund. Evolution de la récupération d'essence.

FICHE TECHNIQUE N° 33

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe à Essen, centre ville (Ruhr) R.F.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine: Cas 211: Essen centre ville (Ruhr)
- 1.4. Archivage: Mission Environmement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Récupération de l'huile
 - Plan de situation
 - Coupe hydrogéologique

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

2.1. Date : 1971

2.2. Département : région de la Ruhr

- 2.3. Commune : Essen
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : dépôt de réservoirs
- 2.6. Description (historique) de l'accident :

Lors d'un pompage de contrôle de débit dans un des puits de captage d'eau industrielle du centre d'Essen, on s'est aperçu quand l'abaissement de la nappe atteignait le niveau des venues aux pompes, que ces dernières ne donnaient plus que de l'huile pure. Après examen de tous les dépôts des environs du puits, on a découvert les fuites.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : inconnu
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel EL

- 2.9. Type de pollution : huile sur la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : trous de 1-2 cm dans un réservoir
- 2.11. Dégâts apparents :

- 3.1. Nature des terrains concernés : marnes calcaires diaclasées Crétacé
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : nappe des marnes calcaires
 - 3.2.1. Aquifère touché:
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : SW-NE
 - 3.2.3. Vulnérabilité : importante
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés :
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE DE MIS EN OEUVRE

Le forage PI.A à 30 m des pertes, en direction de l'écoulement de la nappe a été foré à 6.80 m.

On a recherché l'huile à 40~m de distance à l'Ouest et à l'Est et dans deux autres sondages, placés à 70~m des pertes dans le sens d'écoulement de la nappe.

On a placé des sondages et des piézomètres le long d'un métro au Nord du puits.

4.1. Résultats

Dans le sondage PI.A on a trouvé 20 cm d'huile sur la nappe. A 40 m à l'Ouest et à l'Est on n'a pas trouvé d'huile, ni à 70 m des pertes.

Les points de mesure le long du métro n'ont révélé que des quantités minimes d'huile ou d'hydrocarbures dissous.

Les recherches ultérieures ont montré que plus au Nord, à l'aval du sens d'écoulement de la nappe, les marnes diaclasées avaient été enlevées sur 15 m et remplacées par des sédiments de vase et sable fin, et que ce barrage naturel avait évité une extension de la phase huile sur la nappe.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- Pompage continu dans le puits pollué.
- Ecopage dans deux autres puits creusés à environ 30 m de distance des pertes.

5.1. Résultats :

Ces seuls puits, dans un espace réduit ont été exploités avec succès : ceci montre que dans l'aquifère Karstique, l'huile ne s'est pas déplacée sur un large front, mais seulement dans quelques voies privilégiées.

On a récupéré d'avril à décembre 1971, 9,5 m³ dont plus de 60 % dans les 6 premières semaines. En 1972, on a repris 0,1 m³ et en 1973 : 0,05 m³.

Un bilan ne peut être établi puisqu'on ne connaît pas la quantité perdue.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

Des essais de pompage dans une rue proche n'ont montré aucune huile. Pendant les deux années suivantes, le niveau de la nappe a été abaissé sur 300 m dans le courant souterrain du puits pollué, aucune huile n'est sortie de l'aquifère concerné.

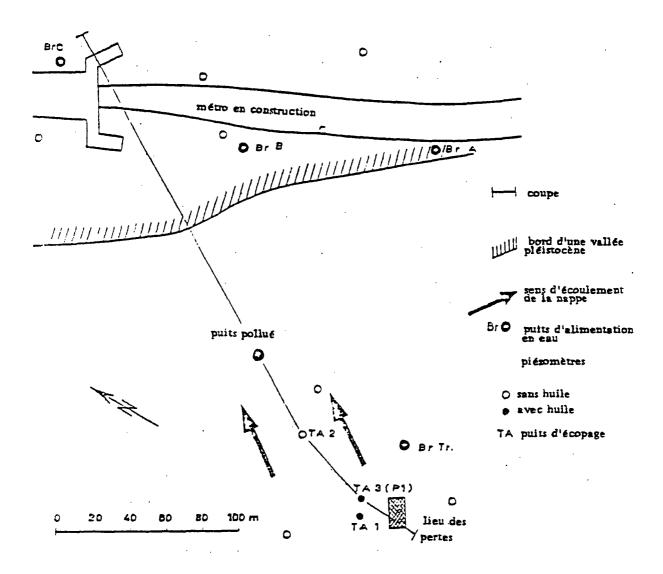


Fig. 4.220 : Cas Essen, centre ville.

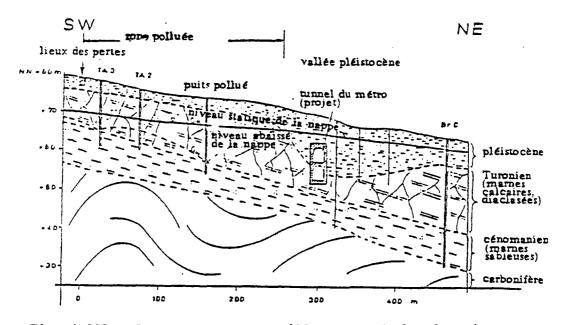


Fig. 4.221 : Cas Essen, centre ville. Coupe hydrogéologique.

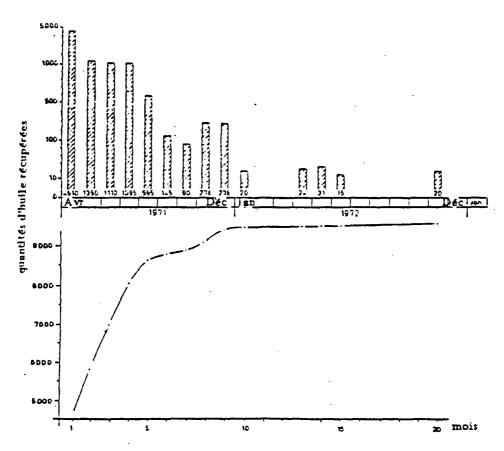


Fig. 4.222 : Cas Essen, centre ville. Récupération de l'huile.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 34

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe par du fuel dans la vallée supérieure du Rhin à Umkirch (Bade-Wurtemberg) R.F.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Münst. Forsch. Geol. Paläontol. ISSN 0368-9654, DEU (1981) n° 54, 43-54, nov. 1981
 - 1.2. Auteurs : W. KÄSS
 - 1.3. Origine : Beischreibung eines Heizölschadensfalles in der Oberrheinischen Schotterebene.
 Sanierungsmaβnahmen und Bedentung der Mikroorganismen beim Abbau von Mineralölkohlenwasserstoffen.
 - 1.4. Archivage : Département EAU BRGM
 - 1.5. Illustrations:
 - Carte de situation
 - Schéma de la zone polluée
 - Coupe hydrogéologique
 - Photo de la pompe à piston, immersible
 - Photo de la biomasse du puits de dépollution

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : 24 août 1979
- 2.2. Département : Bade-Wurtemberg
- 2.3. Commune : Umkirch
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : réservoir à mazout
- 2.6. Description (historique) de l'accident :

Le vendredi 24 août 1979, on a livré du fuel EL à la nouvelle école. Bien qu'il ait été conseillé de ne livrer que sous surveillance, le conducteur du camion citerne, en l'absence d'un responsable technique, a branché le camion citerne sur la cuve. L'huile était poussée par une pompe dont la pression n'était pas stable. Suite à une rupture du conduit d'amenée de l'huile, 25 m³ de mazout se sont répandus dans le sous-sol. L'accident n'a été découvert que le lundi.

2.7. Volume des pertes ou fuites : 25 m³

- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel EL
- 2.9. Type de pollution :
- 2.10. Causes de la pollution : rupture de conduite
- 2.11. Dégâts apparents : infiltration dans le sol

- 3.1. Nature des terrains concernés : sables grossiers
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : sables
 - 3.2.1. Profondeur: 1,70 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Sud-Est Nord-Ouest
 - 3.2.3. Vulnérabilité : grande
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u> : 200 m de la station de mesure 1276a
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Au moment de l'accident, on connaissait les conditions hydrogéologiques sous l'endroit de l'accident.

On sait que les caractéristiques de la nappe sont :

- pente : 5.10⁻²

- perméabilité : $k_f = 5.10^{-4}$ m/s - porosité utile : P = 0.1 et plus

- vitesse : V = 2.8 m/j

On a pensé que les fondations de l'immeuble serviraient de cloisons pour empêcher l'étalement de l'huile.

Le jour de la découverte de l'accident, l'huile est apparue dans quatre fouilles situées dans le sous-sol de l'immeuble.

Une autre tranchée a été construite à l'extérieur du bâtiment près de la paroi sud-ouest (voir figures).

Le 8 septembre 1979, on a creusé les tranchées nord, sud-ouest, ouest et sud, puis les tranchées nord-ouest et est.

Les tranchées étaient équipées de filtre pour empêcher qu'elles ne se remplissent de sable.

On prélevait des échantillons d'eau pour analyse.

La recherche au spectre d'infra-rouge a montré qu'en dehors de la zone d'imprégnation on ne détectait pas de pollution : seules les tranchées sud et sud-ouest contenaient de faibles teneurs. Du 4 septembre au 13 mai 1980, sept séries de prélèvements ont montré que la teneur en hydrocarbure n'augmentait pas.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

L'huile était écrémée dans les quatre tranchées sous l'immeuble. Simultanément le sol imprégné était enlevé.

Le 31 août 1979 un séparateur d'huile a été mis en place : il recevait le mélange eau-huile pompé dans les tranchées.

Dans un deuxième temps, on a constaté que les fondations sud-ouest de l'immeuble n'avaient que 1,3 m et non 2,3 m, et ne pouvaient arrêter l'écoulement de l'huile dans le sens de l'écoulement de la nappe.

Le 10 septembre, un puits de 1400 mm de diamètre et 8 m de profondeur a été construit.

La nappe est rabattue par pompage et l'huile accumulée à la surface de l'eau est enlevée à l'aide d'une pompe à écrémer.

L'opération de pompage a été arrêtée en mai 1980 : à cette date, on ne détectait plus que des traces d'huile à la surface de la nappe et l'eau prélevée ne contenait pas d'hydrocarbure. Les fouilles du sous-sol ont été comblées.

A la fin de septembre 1979, on avait observé à l'interface huile-eau l'apparition d'une biomasse qui bouchait la pompe à écrémer. L'étude de cette biomasse a montré qu'elle était constituée de bactéries Enterobacter, de Trichospores, de Canida et de Spores aérobies apathogènes. Les recherches en laboratoire ont montré que cette biomasse pouvait être détruite à pH 11. On l'a donc ramenée à une quantité moindre en alcalinisant dans les séparateurs huile-eau. On explique par la présence de cette biomasse, le fait que la pollution ne se soit pas étalée au-delà de la zone d'infiltration.

5.1. Résultats :

Le bilan est le suivant :

31 décembre

- En provenance des fouilles dans le sous-sol

27-30 août 3 septembre 6 septembre	240 l 110 l 70 l			
27 septembre	10 1			
31 décembre	6 1	total	:	436 1
– 95 m ³ de sable avec	1,7 % d'huile		:	1620 1
- Dans le séparateur, fouilles sous-sol,	•		;	1400 1
- Dans le puits de por 15 sept14 oc 27 novembre	t. 1425 l			

85 l soit total : 1660 l

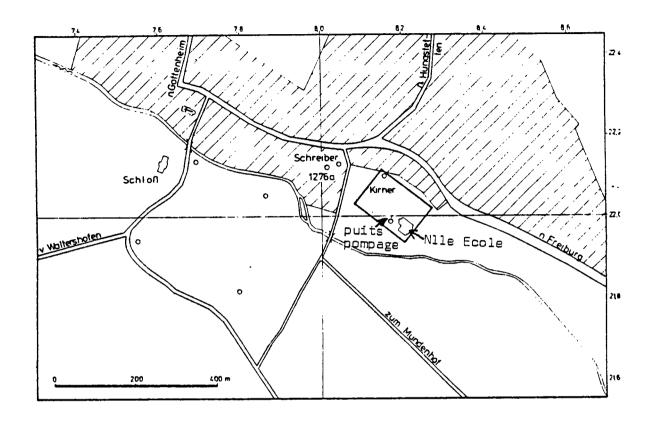
-	Dans	sondage d'ob 15 sept14 27 novembre			1	tranchée	est				
		31 décembre		16	-		soit	total	:	321	ı
-	Dans	la tranchée	- -	4.5	,						
		15 sept15		45	-						_
		jusqu'au 31	dec.	0	1		solt	total	:	45	7
-		l de biomasse d'huile :	e avec envi	iron							
		15 sept15	oct.	300	1						
		27 novembre		10	1						
		31 décembre		1	1		soit	total	: ∿	310	1
							TOTAL.			5792	1

- Dans l'eau du puits de pompage, on a mesuré les teneurs suivantes d'hydrocarbures :

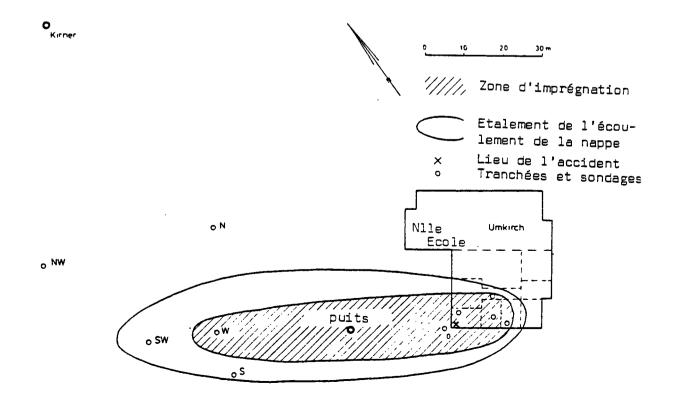
20 sept. 1979 : 0,28 mg/l 27 sept. 1979 : 5,04 29 sept. 1979 : 0,50 27 nov. 1979 : 3,17 2 janv. 1980 : 0,050 6 févr. 1980 : 0,050 13 mai 1980 : 0,046

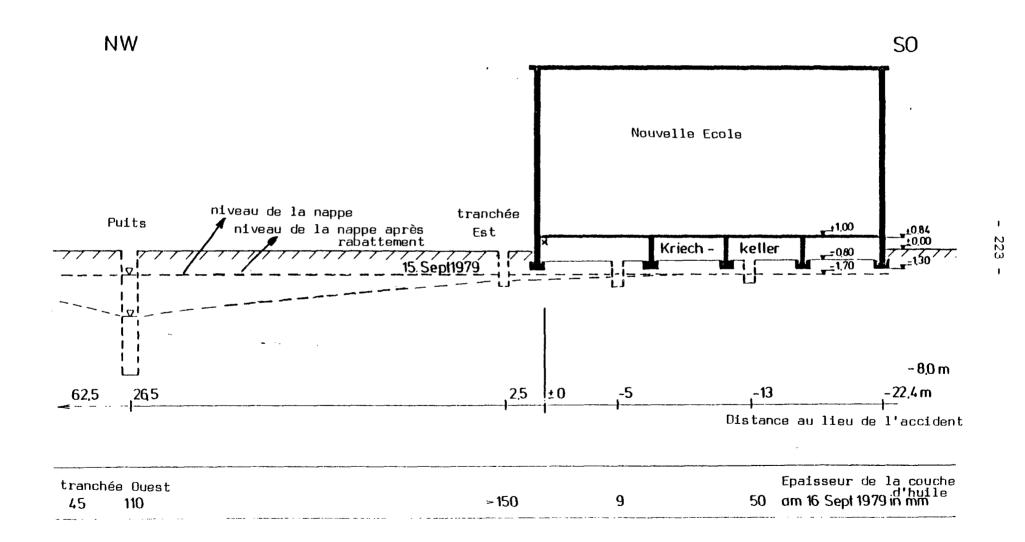
La quantité totale d'eau pompée est de l'ordre de 155 000 m 3 . Il s'en est perdu une partie par évaporation. On estime à 1/4 la quantité qui s'est éloignée. La quantité restant dans le sol sera détruite par les microorganismes.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE : non précisé



Plan de situation





FICHE TECHNIQUE N° 35

- 1. AFFAIRE : Pollution par l'essence dans le port rhénan de Kleinhüningen (région de Bâle Suisse)
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 2 : Kleinhüningen, Bâle (Fossé rhénan)
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Situation de l'accident et étendue de l'essence
 - Coupe géologique à travers l'aire polluée
 - Récupération d'essence

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- **2.1.** Date: 1972
- 2.2. Département : région de Bâle (Fossé rhénan)
- 2.3. Commune : Kleinhüningen
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : conduite
- 2.6. Description (historique) de l'accident :

Lors de l'allumage des interrupteurs électriques dans deux cuves d'une usine de craking d'essence, des explosions se sont produites. D'autre part, on avait remarqué des vapeurs d'essence dans des puits et des odeurs d'essence dans les tranchées d'un système de chauffage commun.

L'essence a pu s'échapper par la conduite d'amenée entre les réservoirs et l'usine.

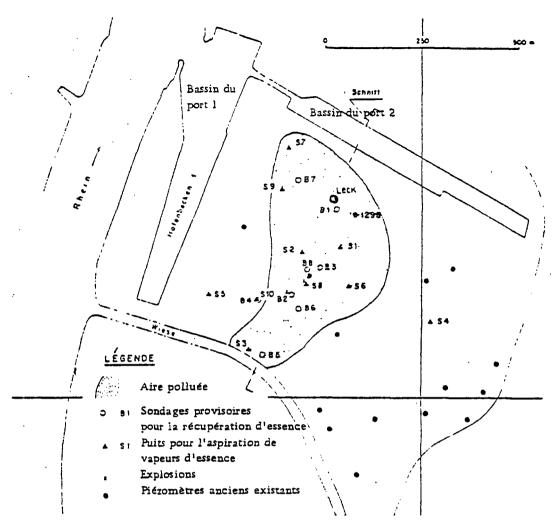
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 900 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : essence
- 2.9. Type de pollution : vapeurs essence dans canalisation et dans sous-sol couche d'essence à la surface de la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : fuite dans conduite
- 2.11. Dégâts apparents : sous-sol pollué, dangers d'explosion

- 3.1. <u>Nature des terrains concernés</u> : remblais artificiels, graviers du Rhin grossiers, avec sables
- 3.2. Aquifère touché ou concerné : nappe des graviers
 - 3.2.1. Profondeur: 6 à 6,5 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Est-Duest
 - 3.2.3. Vulnérabilité : importante
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés :
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :
- 4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE : non précisé
 - 4.1. Résultats obtenus : On a déterminé qu'une aire d'au moins 5 ha était polluée.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre :
- 5.2. Durée des opérations : juin 1972 mars 1973
- 5.3. Techniques utilisées :
 - Flambage des vapeurs d'essence dans les canaux et lavage des canaux.
 - Enlèvement de l'essence dans le canal de drainage par les pompiers.
 - 9 puits ont été creusés par soufflage pour élever les vapeurs d'essence.
 - Pompages dans 9 sondages atteignant la nappe pour créer un cône de dépression et prélever l'essence à intervalle régulier.
- 5.4. <u>Résultats</u>: La récupération à la surface de la nappe a donné des résultats satisfaisants. Il est impossible d'estimer la portion évaporée, mais il est admis qu'au moins 645 m³ ont été enlevés.

A partir de janvier 1973, les quantités d'essence étaient si faibles qu'il était impossible de les séparer.



Fir. 4.3: Cas Kleinhüningen, Basel. Lage der Leckstelle und Verbreitung des Leichtsbenzins.

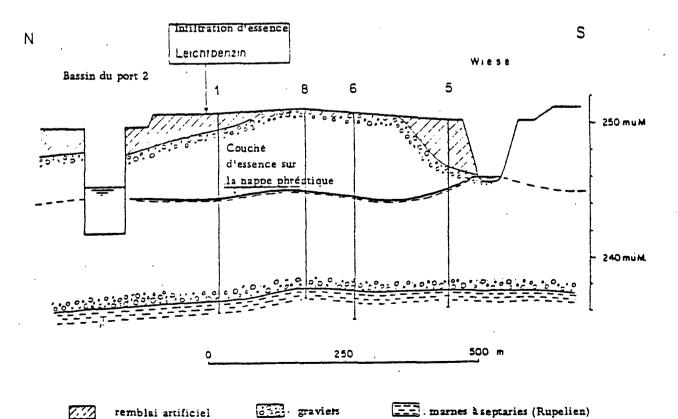
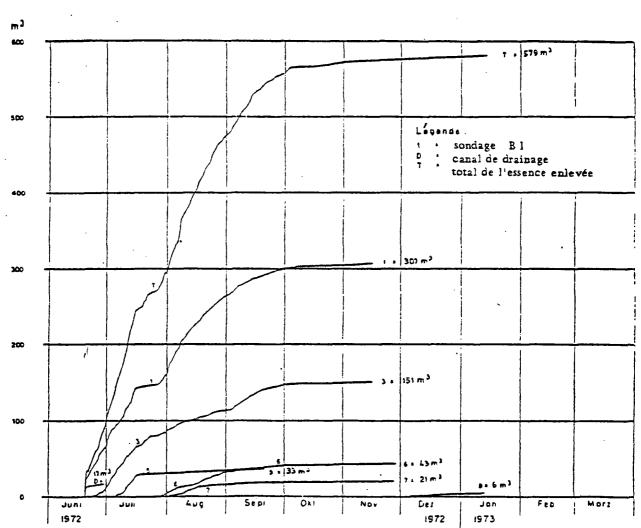


Fig. 4.4: Cas Kleinhuningen, Bâle. Coupe géologique à travers l'aire polluée.



C2 Fig. 4.5: C2s Kleinhüningen, Bâle. Récupération d'essence.

FICHE TECHNIQUE N° 36

- 1. AFFAIRE : Pollution par huile au dépôt "Frévlig" à Niederhasli, canton de Zürich (Suisse)
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine : Cas 4 : Niederhasli (Suisse)
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Plan de situation avec représentation du niveau de la nappe
 - Coupe longitudinale hydrogéologique

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : 20 juin 1977
- 2.2. Département : canton Zürich
- 2.3. Commune : Niederhasli
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : réservoir surélevé
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: A la suite de l'ouverture malveillante du robinet d'écoulement d'un réservoir surélevé, plein, de 5000 m³, environ 260 m³ de fuel EL se sont écoulés dans la nuit du 19 au 20 juin 1967 et se sont répandus sur environ 60 % de la surface du bassin, et infiltrés dans le sous-sol non étanche du bassin.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 260 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel EL
- 2.9. Type de pollution : pollution du sol, hydrocarbures dissous dans l'eau

- 2.10. Causes de la pollution : fuite d'un réservoir
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: 60 % de la surface du bassin étaient pollués et pollution de la nappe sous-jacente.

- 3.1. Nature des terrains concernés : moraine peu perméable, graviers, limons intercalés, avec graviers sableux.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : nappe des graviers
 - 3.2.1. Profondeur: 3,50 m au printemps, 5 m à l'automne
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Est-Ouest
 - 3.2.3. <u>Vulnérabilité</u>: importante sous les réservoirs, mais peu latéralement quand couches sableuses peu perméables ou argileuses surmontent les graviers.
 - 3.2.4. Situation des captages, puits, ou sources menacés : captage d'eau de Niederhasli à 400 m.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe: 1,50 m

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- Dans les bassins des réservoirs, on a creusé 13 tranchées de sondage (1 à 6B) de 6 m de profondeur, équipées de tubes crépinés de 100 cm de diamètre. Ces tranchées étaient équipées de pompe enlevant le mélange huile/eau, puis de séparateurs d'huile par gravité.
- A l'extérieur du bassin des réservoirs, on a foré 8 sondages carottés jusqu'à la molasse (n° 61 à 68) équipés de tubes filtrants de 4 1/2" de diamètre, pour contrôler l'extension de l'huile.
- Pour contrôler l'extension en direction du captage de Niederhasli, on a foré trois sondages (n° 69, 70, 71) équipés de tubes filtrants de 4 1/2" de diamètre. Des échantillons d'eau y étaient prélevés et analysés régulièrement.
- Suspension préventive du fonctionnement de la station de pompage.
- En 1978, pour éviter une propagation en direction du captage, on a en plus créé une installation de pompage le long du mur d'enceinte avec drains horizontaux longs de 7 m et distants de 2 m. L'ouverture d'aspiration est située dans un tuyau filtrant en plastique, qui permet d'aspirer l'huile surnageant sur la nappe phréatique (Wellpoint).

4.1. Résultats obtenus :

On a localisé l'extension de la pollution et évité sa propagation en direction du captage.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre : 20 juin 1977

5.2. Durée des opérations : jusqu'à 1980

5.3. Techniques utilisées :

- Pompage de l'huile dans les tranchées à l'aide de sondes flottantes.
- Excavation des couches de sol pollué jusqu'à 50 cm de profondeur, mise en décharge - Remplacement par du gravier propre.
- Etanchéification en automne 1978 de l'aire de stockage, et remblaiement des tranchées fin 1978.
- Installation en 1978 de Wellpoint."

5.4. Résultats :

- On a récupéré le 20 juin 1977, 10 m³ de fuel en surface.
- Dans les tranchées de pompage, on a récupéré fin juin 1977 : 2000 l/j, puis 1000 l/j mi-juillet, puis 500-800 l/j fin juillet, 200-300 l/j en septembre, soit un volume total de 115 m³. Fin septembre après abaissement de la nappe on n'avait plus que 70 l/j, et en novembre après relèvement de la nappe : 130 l/j.

En février 1978, on pompait encore 8 à 10 l/j. A l'été 1978 on avait pompé au total 130 m^3 et la quantité diminuait encore. Les installations de pompage ont été démontées progressivement et les puits ont été remblayés.

- A partir de Wellpoint mis en place début 1978, on soutirait 5 l/j au début, et seulement 0,3 l/j fin 1979. L'installation est démontée au printemps 1980.
- Dans le sol excavé, les analyses chimiques permettent d'estimer la quantité d'huile à $29~\mathrm{m}^3$.
- ~ On estime donc à 20 000 m 3 le volume de terrain plus ou moins imprégné, et la quantité d'huile résiduelle non récupérable par pompage de 80 à 120 m 3 , en admettant une capacité résiduelle de 4 à 6 $1/m^3$.
- 5.5. Coût de l'opération : Le coût total des mesures mises en oeuvre se monte à fin janvier 1980, à environ 1 million de francs, sans tenir compte de l'étanchéification de l'aire de stockage.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

- Analyses chimiques dans les piézomètres d'observation en aval du lieu de déversement.
- Les bons résultats ont permis de lever en mai 1979 la suspension préventive du fonctionnement de la station de pompage.

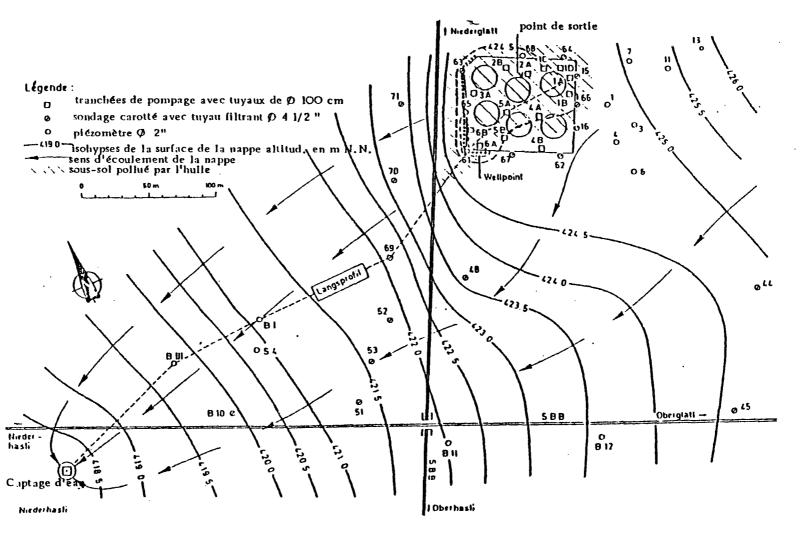
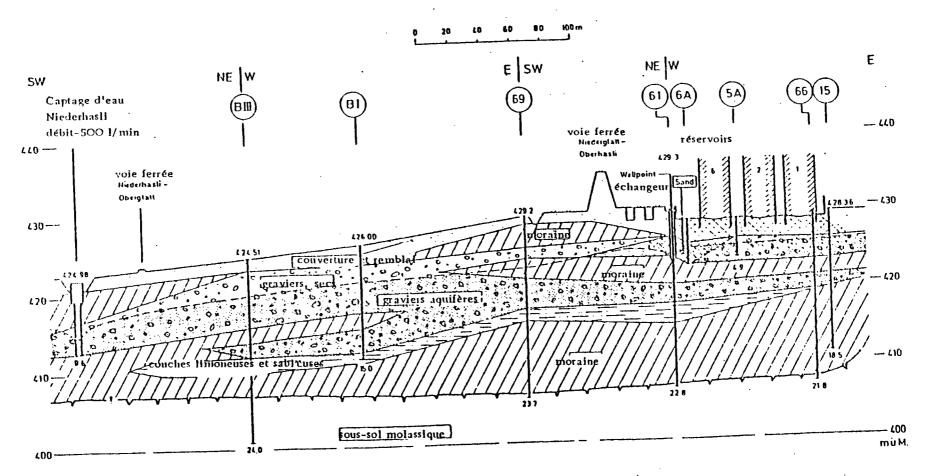


Fig. 4.9: Cas Niederhasli. Plan de situation avec représentation du niveau de la nappe phréatique (10, 5, 1979)



Niveau de la nappe phréatique rhénane from 10.5.1979

\$37.44.5

Sol pollué par l'huile Fig. 4.10: Cas Niederhasli: Coupe longitudinale hydrogéologique.

FICHE TECHNIQUE N° 37

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe par du mazout à Charmoille (Jura suisse)
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. Origine: Cas 214: Charmoille (Jura suisse)
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Plan de situation
 - Coupe longitudinale
 - Coupe transversale

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : non indiquée
- 2.2. Département : Jura suisse
- 2.3. Commune : Charmoille
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affecté : camion-citerne
- 2.6. <u>Description historique de l'accident</u>: Sur une route du Jura, un camion-citerne s'est renversé et a perdu 10 m³ de mazout qui s'est répandu sur un versant escarpé de vingt mètres de haut où il s'est infiltré en grande partie dans les calcaires fissurés et karstiques. L'écoulement et l'infiltration se sont produits sur une bande d'environ 2 m de large et 30 m de long.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 10 m^3
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : mazout

- 2.9. Type de pollution : Les terrains calcaires ont été pollués par l'infiltration du mazout, et dans la nappe on n'a retrouvé que des hydrocarbures dissous.
- 2.10. Causes de la pollution : renversement d'un camion
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: Le mazout a coulé le long du bord inférieur du versant escarpé sur 30 à 40 m et s'est infiltré complètement soit dans le calcaire fissuré, soit dans les alluvions.

- 3.1. Nature des terrains concernés : alluvions et calcaires fissurés
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : nappe des alluvions et nappe du calcaire
 - 3.2.1. <u>Profondeur</u>: nappe du calcaire à 9 m nappe des alluvions peu profonde
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Est-Duest
 - 3.2.3. Vulnérabilité : très importante
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: 430 m d'une source fournissant 2/3 de l'alimentation en eau potable de 9000 habitants.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- 1) Fermeture de la source
 - en compensation, on a construit une conduite de 2 km et trouvé de l'eau dans les communes voisines
 - creusement de nouveaux forages pour puiser un peu plus dans la nappe phréatique.
- 2) Huit sondages ont été forés dans les alluvions et le calcaire.
 - 4.1. Résultats obtenus : Seul un forage, à proximité de l'endroit d'infiltration du mazout, a rencontré du mazout dans la nappe des alluvions.

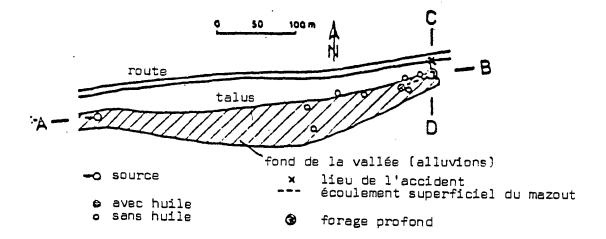
5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

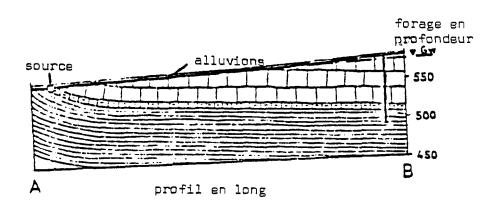
- A côté du forage où l'on a rencontré du mazout dans la nappe, une fosse a été aménagée.
- D'autre part, on a mis en place un forage profond, 89 m, pour atteindre la nappe dans le calcaire.

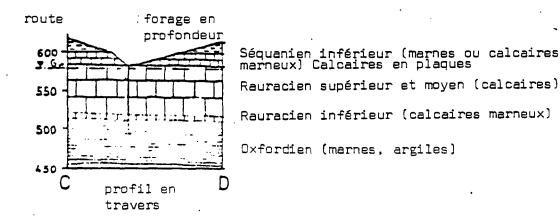
5.1. Résultats :

- Dans la fosse, on a pompé 0,6 m³ de mazout ce qui a permis de dépolluer localement le fond de la vallée.
- Le forage profond n'a permis de retirer que 1,7 l/s d'eau qui avait une forte odeur de mazout et 6 mg/l de mazout dissous, mais pas de mazout proprement dit. Les pompages vu leur inefficacité ont été arrêtés.
- On n'a jamais décelé de mazout à la source distante de 430 m : elle a été réutilisée 1 an après l'accident.

On ne sait pas où se trouvent les 9 m^3 de mazout infiltré qui n'a jamais été récupéré. Il est peut être retenu dans les siphons du système karstique ou en cours de dissolution.







ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 38

- 1. AFFAIRE : Pollution par huile sur le port rhénan de Klybeck Bâle (Fossé Rhénan) Suisse
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Conseil de l'Europe AS/Science/NPR (32)4 Strasbourg (3.2.81)

Comité des Sciences et Techniques Groupe de travail "Nappe phréatique rhénane" "Critique et analyse de cas de pollution par les huiles minérales en vue de la protection des eaux souterraines"

4ème partie : Exemples

- 1.2. Auteurs : anonyme
- 1.3. <u>Origine</u>: Cas 1 : Klybeck, Bâle (Fossé Rhénan)

 Document ci-dessus désigné
- 1.4. Archivage: Mission Environnement BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Plan de situation Sens d'écoulement de la nappe phréatique
 - Coupe hydrogéologique le long du chemin de halage

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : été 1974
- 2.2. Département :
- 2.3. Commune : Bâle Klybeck
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : canalisation
- 2.6. Description (historique) de l'accident :

En été 1974, on a constaté à plusieurs reprises, une pollution par huile, le long du chemin de halage septentrional du port rhénan Klybeck sur la rive rhénane.

Les huiles sortant avec les eaux souterraines provenaient des graviers et des remblais où plusieurs sociétés de carburants possèdent des réservoirs.

En décembre 1974, nouvelle pollution à l'embouchure de la Wiese.

- 2.7. Volume des pertes ou fuites : 200 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : fuel et mélange essence-fuel
- 2.9. Type de pollution : couche d'huile à la surface de la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : fuites dans une canalisation
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: pollution du terrain, de la nappe, et émergence d'huile dans le Rhin et la Wiese.

- 3.1. Nature des terrains concernés : graviers pléistocènes surmontés de graviers mélangés à sables.
- 3.2. Aquifère touché ou concerné : aquifère des graviers
 - 3.2.1. Profondeur: \approx 4 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Sud-Nord
 - 3.2.3. Vulnérabilité : importante
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés:
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

- Analyse d'eau sur 7 piézomètres existants et un puits d'assainissement → deux sont pollués.
- Creusement de 8 tranchées pour localiser l'extension de la pollution, puis de deux autres tranchées.
- Analyse des graviers des tranchées.

4.1. Résultats obtenus :

Les recherches ont permis d'établir que la nappe était couverte d'une couche d'huile de près de 25 cm dont l'extension pouvait être délimitée par les tranchées de recherche.

L'extension s'étalait sur un demi-cercle de 110 m de rayon, et de 20 000 $\rm m^2$. A l'intérieur de cette surface, l'épaisseur était de 20 cm en moyenne, vers l'extérieur l'épaisseur de la couche était de 10 cm.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : début 1975
- 5.2. Durée des opérations : janvier 1975 à avril 1976
- 5.3. <u>Techniques utilisées</u>: pompage dans les sondages, de l'huile surnageant l'eau.

Dans une deuxième phase début 1976, 5 puits ont été creusés et équipés de pompes immergées pour abaisser le niveau de la nappe, créer un cône de rabattement, et de flotteurs pour écrémer l'huile.

5.4. Résultats :

A la date du 28.1.1975, 22 m 3 de fuel avaient été récupérés et 3 m 3 de plus en novembre.

Dans la deuxième phase, au rythme de 16 l/s, la nappe a été abaissée de 50-60 cm, 7,7 m 3 d'huile ont été récupérés.

Aucune huile ne surnageait plus dans les puits, mais les résidus polluants sont estimés entre 5 et $30~\text{m}^3$. La plus grande partie de l'huile perdue, peut être $150~\text{m}^3$ s'est écoulée pendant 4 mois dans le Rhin, par suite du retard apporté dans la mise en oeuvre de la dépollution.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE : non précisé

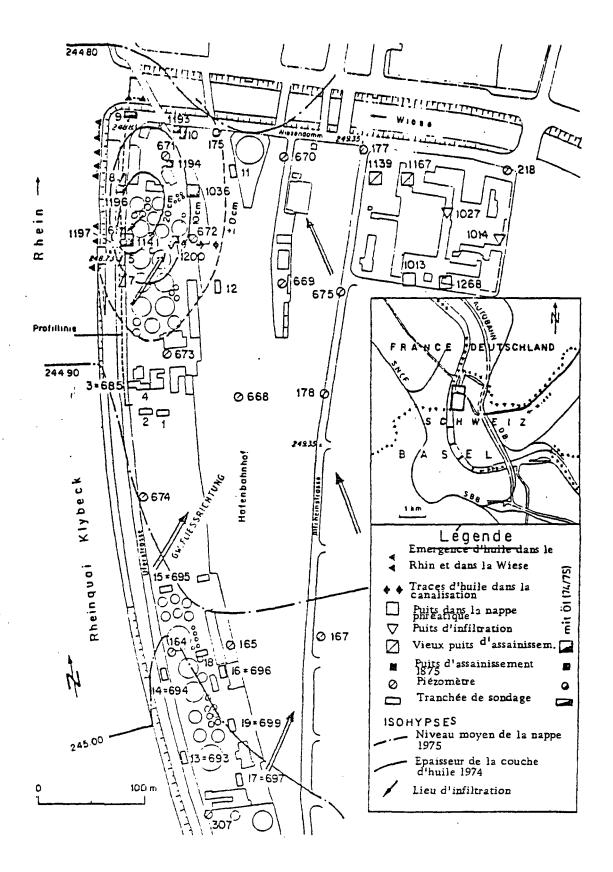


Bild 4.1: Cas Klybeck, Bâle. Plan de situation. Sens d'écoulement de la nappe phréatique, extension de l'huile.

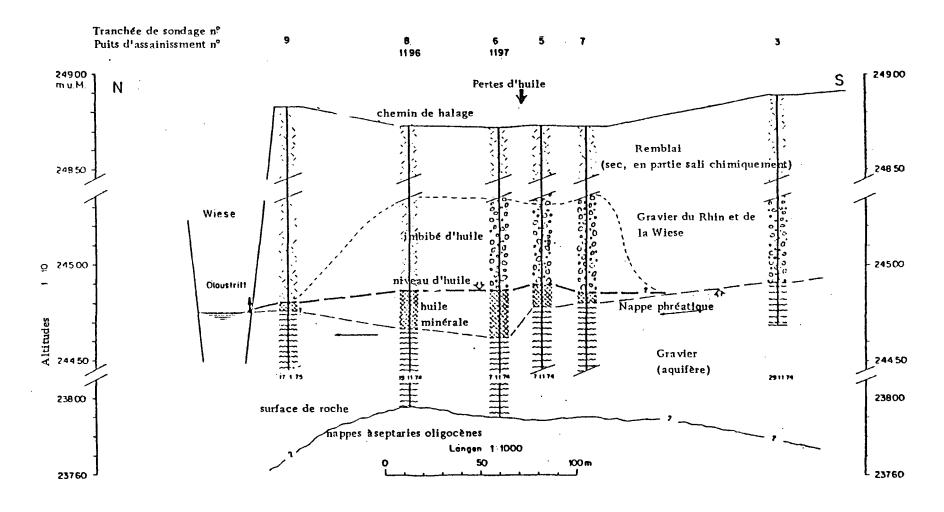


Bild 4.2: Cas Klybeck, Bâle. Coupe hydrogéologique le long du chemin de haluge.

FICHE TECHNIQUE N° 39

- 1. AFFAIRE : Pollution de nappe à Zitny Ostrov (Tchécoslovaquie)
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : International Symposium on Groundwater pollution by oil hydrocarbons.

 Prague, 5-9 juin 1978
 - 1.2. Auteurs : V. PELIKAN
 - 1.3. Origine: Hydraulic protection of groundwaters against oil substances
 - 1.4. Archivage : Département EAU BRGM
 - 1.5. Illustrations:
 - Crépines en polypropylène produites à Brno.
 - Schéma de l'extension de la pollution et du système de dépollution mis en place.
 - Schéma d'un puits de pompage.

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date :
- 2.2. Département : région de Zitny Ostrov près Bratislava
- 2.3. Commune:
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Raffinerie
- 2.6. Description (historique) de l'accident :
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : Environ 100 000 m³ sur la nappe, plus la pollution dissoute.
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit : non précisé
- 2.9. Type de pollution : produit libre à la surface de la nappe et pollution dissoute.
- 2.10. Causes de la pollution : non précisé
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: L'étendue de la pollution est de 26 km² pour la pollution dissoute, et de 3,5 km² de pollution sur la nappe.

3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES

- 3.1. Nature des terrains concernés : non indiqué. On suppose qu'il s'agit d'un dépôt alluvial étant donné la proximité du Danube.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé :
 - 3.2.1. Profondeur:
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Duest-Est (supposé car non indiqué)
 - 3.2.3. Vulnérabilité : apparemment extrêmement vulnérable
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u>: La source II Vodni Zdroj, d'alimentation de Bratislava, est à 4 km à l'Est de la raffinerie.
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Un réseau très important de puits d'observation (voir figure) a permis d'établir la situation suivante :

- Superficie ayant une couche d'huile à la surface de la nappe : $3.5 \, \mathrm{km}^2$, allant de la superficie à la source Vodni. L'épaisseur moyenne de la couche était de $0.284 \, \mathrm{m}$.
- Superficie de la zone polluée par les hydrocarbures dissous : 26 km². On a appelé "eau polluée" toute eau qui avait une odeur d'hydrocarbure au moins quand elle était chauffée à 50°C.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Date de mise en oeuvre : 1974

5.2. Durée des opérations : janvier 1974-1976

5.3. Techniques utilisées :

Le système de protection hydraulique consiste en deux rangées de puits à la limite est de la raffinerie, l'une à l'intérieur de la raffinerie, la seconde à l'extérieur. Cette rangée externe doit assurer une dépression permanente et empêcher la propagation de la pollution à l'extérieur de la raffinerie. Ces puits sont conçus selon les principes énoncés par PELIKAN (chapitre 1 du rapport), et dont le détail est donné par la figure 1.

Comme la pollution avant le pompage s'étendait jusqu'à la source Vodni, certains puits d'observation ont été inclus dans le système de dépollution, de façon à intercepter la pollution au-delà des deux rangées de puits.

A titre indicatif, on a aussi construit 5 puits de pompage en direction ouest-est.

Le pompage a débuté en janvier 1974, les crépines ont été opérationnelles en septembre 1975.

5.4. Résultats :

- Huile libre à la surface de la nappe

L'extension de la pollution sur la nappe a décru de $3.5~\rm km^2$ à $2.8~\rm km^2$. L'épaisseur moyenne de la couche d'hydrocarbures sur la nappe a décru de la manière suivante :

Date	Epaisseur moyenne de la couche d'hydrocarbures en m	Altitude, au-dessus du niveau de la mer, de la surface de la nappe
03.1973	0,237	122,73
12.06.1974	0,284	122,95
06:11.1974	0,254	123,23
23.04.1975	0,166	122,90
23.09.1975	0,124	124,22
17.12.1975	0,191	122,56
18.02.1976	0,118	122,56

TABLEAU 1

L'augmentation d'épaisseur d'huile en 1975 s'explique par des variations du niveau de la nappe.

Les résultats du pompage au cours des deux années d'opération sont indiqués dans le tableau 2.

- Hydrocarbures dissous

La pollution qui, au départ s'étendait sur 26 $\rm km^2$, a décru pour ne couvrir en 1975 que 12 $\rm km^2$.

Les analyses chimiques ont montré une diminution des teneurs en hydrocarbures dissous. L'eau de 13 puits autour de la source Vodni Zdroj était analysée pendant toute la période ; les valeurs moyennes annuelles sont données dans le tableau 3.

Des analyses étaient également effectuées dans l'eau pompée dans la rangée interne et externe des puits de dépollution.

Ces résultats figurent dans les tableaux 4 et 4a.

ം

Les résultats montrent l'efficacité des techniques de pompage pour la dépollution. Les 24 000 tonnes ont été rendues à la production et leur valeur dépasse le coût des pompages.

Puits N°	Quantité totale d'huile pompée en m³	%	Nombre de jours de pompage	Quantité moyenne d'huile pompée m³/j
Rangée externe de puits RC 1 RC 2 RC 3 RC 7 RC 8 RC 9 RC 10	92,400 155,120 21,810 8,320 17,890 4,390 109,215	0,3 0,5 0,1 0,03 0,06 0,01	294 288 302 99 99 99	0,314 0,539 0,072 0,084 0,181 0,044 0,446
Total de la rangée externe	409,145	1,3	1426	
Rangée intérieure de puits RC 31 RC 32 RC 33 RC 34 RC 35 RC 36 RC 37 RC 38 RC 39 RC 40 RM 38 RM 144 Total de la rangée intérieure	1583,240 1271,120 389,680 5596,348 12535,844 274,437 5159,620 1765,298 233,370 1045,358 20,440	5,2 4,2 1,3 18,5 41,5 0,9 17,0 5,8 0,4 0,1	606 791 469 715 673 650 466 405 410 251 pompage irrégulier par pompage Jack " "	2,613 1,607 0,831 7,827 18,775 0,422 11,072 4,359 0,569 4,165
TOTAL	30284,450	100	6862	

TABLEAU 2 - Quantité d'hydrocarbures pompés dans les puits

	Teneurs moyennes en hydrocarbures dissous dans l'eau								
Puits N°	1972	1973	1974	1975					
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l					
HP1-I	0,2	0,145	0,157	0,234					
HP1-II	0,2	0,195	0,147	0,176					
HP1-III	0,215	0,119	0,136	0,165					
MD-7	0,22	0,072	0,13	0,428					
S-1	0,031	0,053	0,03	0,118					
S-B	0,076	0,038	0,057	0,104					
S-C	0,182	0,192	0,11	0,195					
S-53	1,505	1,532	0,256	0,15					
S-54	0,215	0,49	0,551	0,34					
S-55	0,155	0,206	0,578.	0,296					
S-56	0,24	0,015	0,425	0,203					
S-57	0,605	1,524	0,787	0,461					
S~58	1,15	1,228	0,793	0,202					
TOTAL	0,384	0,447	0,312	0,236					

TABLEAU 3 - Teneurs en hydrocarbures dissous dans l'eau aux alentours de la source II-Vodni

Puits N°			2.4 - 2	2.7	2	2.7 - 18	3.9	19	9.9 - 29	5.11		
		max.	min. mg/l	moyenne	max.	min. mg/l	moyenne	max.	min. mg/l	moyenne		
RC	5	-	-		-	•	-	0,38	0,0	0,12		
RC	6	_	-	-	-	-	-	0,45	0,1	0,23		
RC	7	-	-	_	- :	-	-	0,65	0,1	0,18		
RC	8	-	-	-	-	-	_	0,96	0,1	0,48		
RC	9	-	-	-	-	-	-	1,5	٦,1	0,72		
RC	10	5,0	0,18	2,45	5,4	1,4	3,38	3,0	0,88	1,72		
RC	2	10,0	2,3	3,52	6,25	1,43	3,88	3,1	1,41	1,92		
RC	3	14,0	0,49	2,32	3,4	0,3	1,23	2,9	0,1	1,15		
RC	1	2,4	0,73	3,16	6,3	2,18	4,54	3,50	1,61	2,45		
TOT	ΓAL	14,0	0,18	2,862	6,3	0,3	3,25	3,5	0,0	0,996		

TABLEAU 4a - Teneurs en hydrocarbures dissous dans l'eau, dans les puits de la rangée externe (toutes les mesures sont de 1975)

ı———												
Puits	21	.1 - 2.4	4.1975	2.4	1 - 1.7	.1975	2.7	- 18.9	.1975	19.9	- 25.1	1.1977
N°	max.	min. mg/l	moyenne	max.	min. mg/l	moyenne	max.	min. mg/l	moyenne	max.	min. mg/l	moyenne
RC 40	1,3	0,1	0,78	0,4	0,1	0,21	0,53	0,15	0,36	0,15	0,1	0,1
RC 39	2,3	1,0	1,88	2,4	0,11	1,56	2,2	0,18	1,33	4,1	0,26	2,05
RC 38	2,9	2,0	2,17	2,4	0,16	1,48	3,0	0,39	1,74	0,82	0,36	0,54
RC 37	4,25	3,4	3,96	9,0	2,6	4,1	15,4	2,3	7,4	3,8	2,5	3,2
RC 36	7,8	2,9	5,19	11,25	6,6	9,53	17,5	6,1	11,53	11,5	6,6	9,03
RC 35	10,7	4,3	7,93	10,4	4,8	7,83	16,7	2,3	9,56	10,25	3,5	6,08
RC 34	14,5	10,0	11,79	11,5	1,5	7,49	15,4	5,4	10,66	7,2	3,2	5,7
RC 33	17,2	4,2	9,95	12,0	1,93	6,99	23,0	1,3	8,8	7,5	2,3	4,78
RC 32	2,2	1,95	2,11	6,5	0,26	2,46	4,5	1,5	2,68	3,25	1,72	2,26
RC 31	11,0	6,2	8,88	7,5	2,6	4,86	8,75	5,1	6,46	5,5	1,27	3,63
TOTAL	17,2	0,1	5,464	12,0	0,1	4,651	23,0	0,15	6,052	11,5	0,1	3,737

TABLEAU 4 - Teneurs en hydrocarbures dissous dans l'eau, pour les puits de la rangée interne

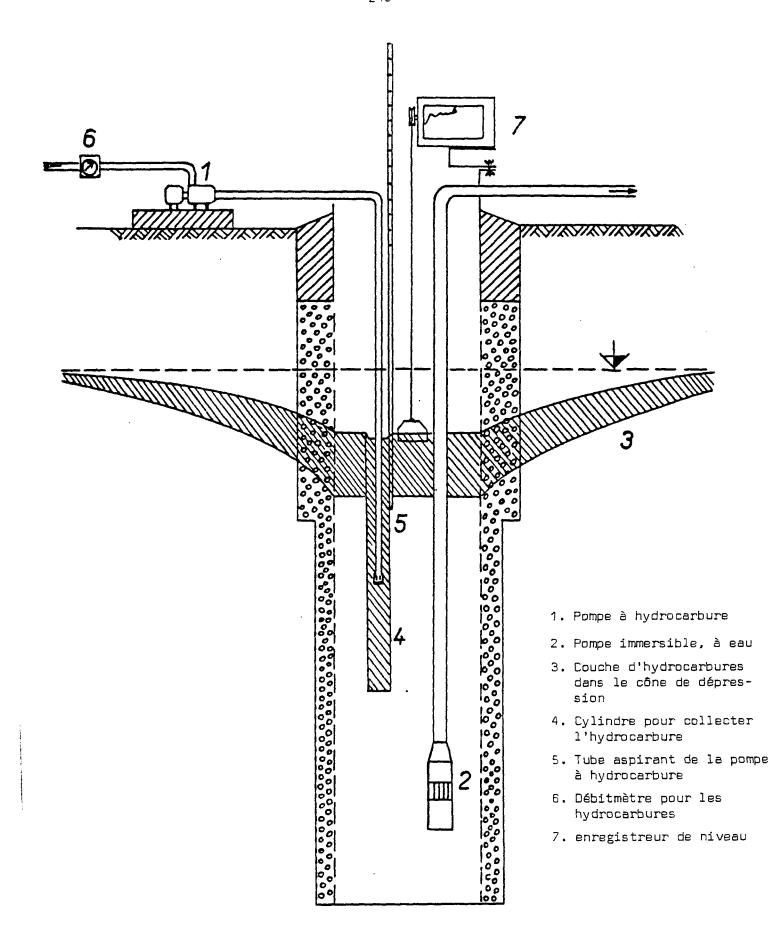


FIG. 1

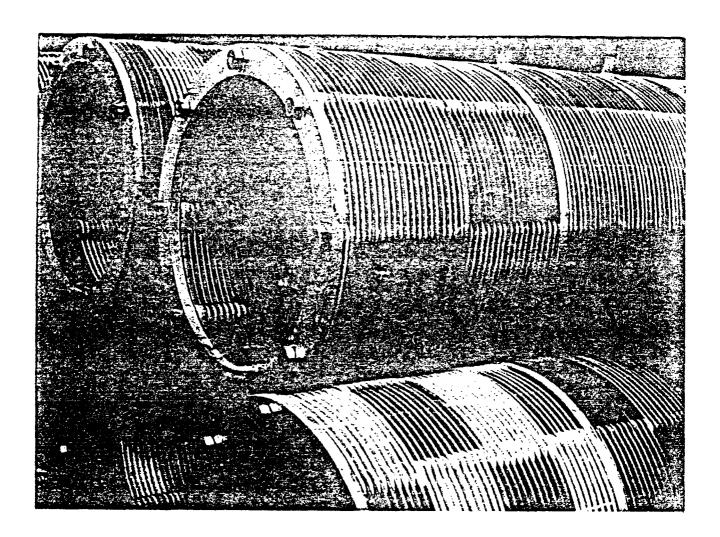
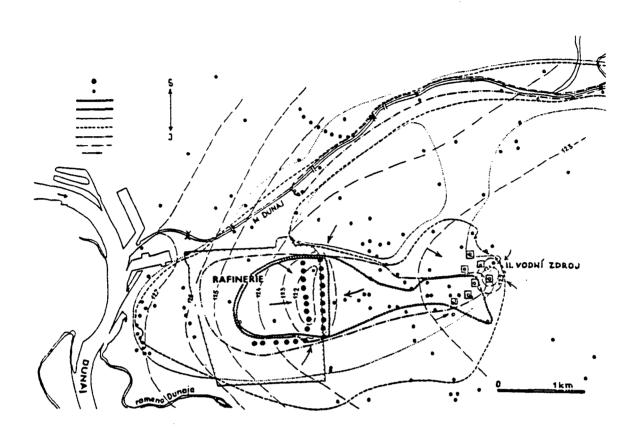


Fig. 2 - Tubes crépinés en polypropylène



 $\underline{\text{Fig. 3}}$ - Schéma de l'étendue de la pollution et du système de dépollution

```
    Puits de pompage
    Puits d'observation
    Etendue de la pollution par huile à la surface de la nappe en 1973
    " " " fin 1975
    Etendue de la pollution dissoute en 1972
```

- 6. " avant le pompage
- 7. " " fin 1975
- 8. Hydroisohypses pendant le pompage
- 9. Directions de l'écoulement de l'eau souterraine.

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 40

- 1. AFFAIRE: Pollution de nappe par les hydrocarbures à Bayonne, New Jersey, U.S.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Quality of Groundwater

Proceedings of an Intern. Symposium, The Netherlands, 23-27 mars 1981 Studies in Environmental Science, volume 17, Elsevier

- 1.2. Auteurs : THOMAS, LEIS, et WESTON
- 1.3. Origine: "Ground-water and surface water contamination by hydrocarbons - a case history"
- 1.4. Archivage : Département EAU BRGM
- 1.5. Illustrations:
 - Carte piézométrique et zones polluées
 - Cloisons étanches et niveaux eau-huile avant et après pompage
 - Coupe montrant la nature du sous-sol et les niveaux piézométriques
 - Schéma d'un puits de pompage

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : Sur plusieurs années jusqu'en 1977
- 2.2. Département : New Jersey, U.S.A.
- 2.3. Commune : Bayonne
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : réservoirs de stockage
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Il y a une centaine de réservoirs, avec une capacité totale d'environ 10 000 m³. Des pertes ont eu lieu lors de transfert, ou ruptures de conduites, ou de valves, ou de fonds de réservoirs, etc.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : estimé à 1857 m³
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : Huile légère n° 2 et mélange huiles n° 2, 4 et 6.
- 2.9. Type de pollution : Pollution d'eau de surface, et pollution à la surface de la nappe.

- 2.10. Causes de la pollution : voir 2.6
- 2.11. Dégâts apparents :

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : Sédiments récents : graviers, sable, silt et argile, matériaux de remblais.
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : Dans matériaux de remblais.
 - 3.2.1. Profondeur: 1,50 à 2,10 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Est-Duest
 - 3.2.3. Vulnérabilité:
 - 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacées :
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe: 45 cm

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

On a construit une cloison en piliers de bois au front d'avancement de l'eau, entre Pier 1 et Pier 4 (fig. 1), de 225 m de long, 7,5 m de large, et 3,3 m de profondeur.

A l'Ouest de Pier 1, une cloison en piliers solides, d'environ 6 m de large, et 7,5 m de profondeur couvre environ 82,5 m. 60 fosses ont été creusées et échantillonnées pour reconnaissance géologique. Des puits de contrôle ont été construits dans chacune de ces fosses pour contrôler l'épaisseur d'huile et le niveau de l'eau.

4.1. Résultats obtenus :

Bien que tous les puits aient rencontré des sédiments saturés en hydrocarbure, seulement 27 puits sur 63 présentaient de l'huile libre ayant une épaisseur mesurable. En se basant sur l'épaisseur d'huile mesurée en juin 1978, on a identifié cinq "gisements d'huiles" et trois zones très localisées contenant de l'huile dans le sous-sol.

Une épaisseur maximale de produit de 1,14 m a été observée dans le puits TH1-3 en octobre 1977.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

5.1. Moyens mis en oeuvre

Dans une première étape, 4 puits de récupération ont été construits selon le schéma de la figure 4.

On constate que, après pompage dans le puits RW-4, l'huile se rassemble dans ce puits. Trois autres puits similaires ont été construits dans la phase d'essais.

Une tranchée pilote a été construite dans la zone du front de l'eau : sa longueur était de 2,70 m et sa largeur de 90 cm.

Un tuyau de 45 cm de diamètre, crépiné, était placé dans la tranchée qui était rebouchée.

Après différents essais, le puits RW-4 a été sélectionné comme puits permanent de récupération. Trois autres puits (P1, P2, P3) ont été installés. Ces puits sont distants de 21 m. Les puits P4 et P5 ont été construits de la même façon, dans les zones ouest et nord.

Dans la zone polluée centrale, un réservoir enterré existant a été utilisé comme puits à écumer.

Le puits RW-4 (fig. 4) comporte deux pompes, l'une pour créer le rabattement du niveau de la nappe, l'autre pour pomper l'huile. Les autres puits sont équipés d'une seule pompe qui pompe huile et eau dans un seul séparateur.

5.2. Résultats :

Le système installé en juin 1979 est opérationnel sauf pour P5 qui a été mis hors service, l'épaisseur de la couche d'huile étant insuffisante.

Dans la partie ouest, l'épaisseur d'huile est passée de 75 cm à 18 cm.

Au total, un volume de $757~\mathrm{m}^3$ a été récupéré. La tranchée ne s'est pas révélée une méthode efficace.

6. COUT DE L'OPERATION

Le coût de ces installations de dépollution était d'environ 40 000 dollars (plus de 320 000 F).

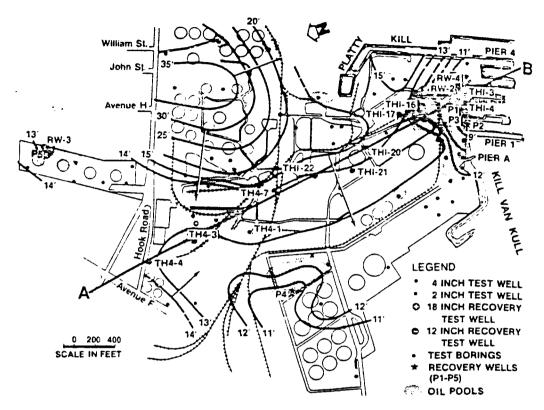


Fig. 1. Plot plan with water table map and oil pool areas.

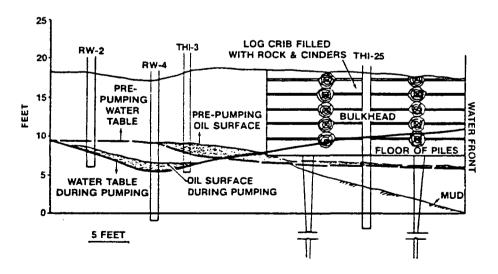


Fig. 2. Construction details of the bulkhead and oil/water levels before and during pumping of Well RW-4 - June 2, 1978

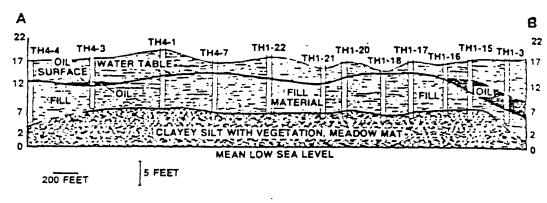


Fig. 3. Cross section A-B showing nature of subsurface material with oil and water levels for October 21, 1977

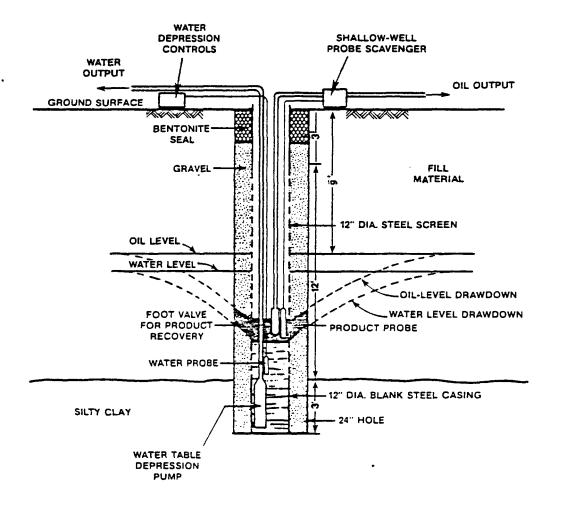


Fig. 4. Well installation sketch - RW-4

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 41

- 1. AFFAIRE: Pollution de nappe à Hartford, Illinois, U.S.A.
 - 1.1. Document consulté : Civil Engineering ASCE, juin 1982
 - 1.2. Auteur : G.M. MATHES
 - 1.3. Origine: "Spilled petroleum recovered from a top water table of Mississippi Aquifer"
 - 1.4. Archivage : Département EAU BRGM
 - 1.5. Illustrations:
 - Schéma du système de pompage

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date: 1968 à 1978
- 2.2. Département : Illinois
- 2.3. Commune : Hartford
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Raffineries pipelines
- 2.6. <u>Description de l'accident</u>: Des odeurs et des feux répétés ont été signalés de 1966 à 1978, avec une fréquence accrue en 1978.
- 2.7. Volume des pertes : estimé à 3 785 m^3
- 2.8. <u>Nature et caractéristiques du produit en cause</u> : gazoline, fuel diesel, huile légère.
- 2.9. Type de pollution : Produit libre à la surface de la nappe du Mississipi.
- 2.10. Causes de la pollution : Probablement fuites dans les conduites souterraines qui traversent le village de Hartford, entre les raffineries et la rivière Mississipi.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1. Nature des terrains concernés : milieu alluvial, sable argileux

3.2. Aquifère touché ou menacé : Nappe du Mississipi

- 3.2.1. Profondeur:
- 3.2.2. Direction de l'écoulement :
- 3.2.3. Vulnérabilité :

non indiqué

- 3.2.4. Situation des captages, puits ou sources menacés :
- 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MISE EN OEUVRE

Un réseau de puits de contrôle a été mis en place pour localiser et définir l'extension de la zone polluée. La sélection des profondeurs, intervalles crépinés etc. était compliquée par un grand nombre de variables.

4.1. Résultats obtenus :

Ce réseau de puits a permis de tracer le contour de cartes et de coupes, qui ont conduit à définir trois zones principales polluées.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

Une solution originale a été innovée pour ce cas (fig. 1). Le système de récupération permettait de récupérer l'hydrocarbure, en tenant compte des variations saisonnières de la nappe. Il prenaît en considération la possibilité de pomper un volume faible pour créer des augmentations locales du gradient, et la possibilité de pomper des volumes importants pour changer les gradients d'écoulement en cas de migration du produit. Le premier système a été installé en juillet 1978 dans la zone la plus polluée.

Un deuxième puits a été installé dans une autre zone en 1979.

5.1. Résultats :

En novembre 1981, le puits n° 1 avait permis de récupérer 1 337 494 litres soit 1 337 m³ de pétrole pur et le puits n° 2 : 799 385 litres. Les odeurs ont diminué.

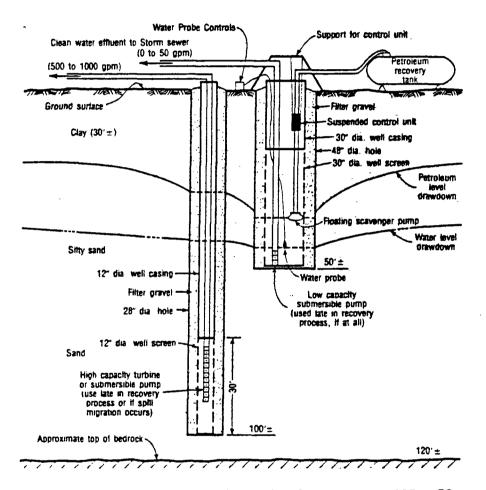
Les puits initiaux fournissent un débit de 52 995 litres par mois, sans l'aide des pompes pour rabattre le niveau de la nappe.

Aucune migration ne s'est produîte.

Le système auxíliaire pour pomper de gros volumes n'a pas été utilisé.

6. COUT DE L'OPERATION

La valeur du produit récupéré dépasse le coût de l'opération.



June 1982 Civil Engineering-ASCE 59

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES

POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 42

- 1. AFFAIRE: Contamination d'une nappe par des hydrocarbures dissous, à Montgomery County, Pennsylvanie U.S.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Alternatives in décontamination for hydrocarbons contaminated aquifers
 - 1.2. Auteur : P.M. YANIGA
 - 1.3. Origine: Groundwater Monitoring review, t. 2, n° 4, 1982
 - 1.4. Archivage : Département EAU BRGM
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - 1 Carte piézométrique
 - 2 Carte des isopaques d'hydrocarbure dans les puits domestiques
 - 3 Schéma du système de récupération de l'hydrocarbure
 - 4 Carte piézométrique après début du pompage
 - 5 Coupe schématique du système de récupération
 - 6 Concentrations en hydrocarbures d'échantillons prélevés dans les puits
 - 7 Isopaques des hydrocarbures (mg/l) dans les puits domestiques
 - 8 Variation des concentrations en hydrocarbures due au désessençage à air

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date: 1980
- 2.2. Département-Région : Pennsylvanie
- 2.3. Commune : Montgomery
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Station service
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Des habitants de résidences situées près de la station service ont détecté des odeurs et goûts anormaux dans l'eau de leur puits. Après enquête, ces odeurs et goûts ont été attribués à des hydrocarbures dissous, dus à la fuite d'un réservoir.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites :
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : essence

- 2.9. Type de pollution : hydrocarbures dissous dans la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : fuite d'un réservoir due à l'oxydation du réservoir Contamination du sol.
- 2.11. Dégâts apparents : Goûts et odeurs dans les puits domestiques.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

- 3.1. Nature des terrains concernés : shales et grès
- 3.2. Aquifère touché ou menacé : nappe des shales fracturés et des grès
 - 3.2.1. Profondeur: 6 m
 - 3.2.2. Direction de l'écoulement : Nord-Est- Sud-Duest
 - 3.2.3. Vulnérabilité
 - 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u> : habitations voisines
 - 3.2.5. Fluctuations de la nappe :

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

12 piézomètres d'observation ont permis de déterminer la direction d'écoulement de la nappe, et de mettre en évidence l'influence de la géologie sur l'écoulement. Les cartes d'isopaques du nuage de produit dissous ont été tracées. Des pompages d'essais ont été réalisés. Les 10 puits contaminés ont été échantillonnés pour analyse chimique.

4.1. Résultats obtenus :

Les concentrations en hydrocarbures dissous allaient de la limite de détection en périphérie du panache, jusqu'à plus de 15 mg/l au centre. Les niveaux d'oxygène dissous étaient réduits et les hydrocarbures naturels utilisateurs de bactéries limités. On a observé que le sol situé autour du réservoir troué, était contaminé.

Les pompages d'essais ont confirmé l'influence de la direction et du pendage des couches, sur l'étalement du nuage de polluant.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : 1981
- 5.2. Durée des opérations : 1981 à avril 1982
- 5.3. Techniques utilisées : alternative : approfondir les puits pour éliminer la zone contaminée et fournir une alimentation en eau potable, ou bien développer un programme de récupération des hydrocarbures dissous.

La première solution n'a pas été retenue car elle était moins sûre, une contamination existant entre l'horizon affecté et les horizons aquifères sous-jacents.

Un programme de traitement sur le terrain était mis en oeuvre, en même temps que des études en laboratoire étaient entreprises (bactériologiques et désessençage à l'air).

Le programme opérationnel comprenait :

- puits de pompage central pour induire l'écoulement vers le puits de récupération,
- système de canalisations pour conduire l'eau contaminée vers une tour de rectification,
- galerie d'infiltration pour faire recirculer l'eau traitée et faciliter le lessivage du sol ayant adsorbé de l'essence et transporter celle-ci vers le puits de récupération,
- compresseurs à air, conduites d'amenée d'air et asperseurs d'air pour réoxygéner l'eau souterraine et accélérer la croissance de bactéries aérobies utilisatrices d'hydrocarbures,
- traceurs salins pour déterminer la vitesse d'écoulement,
- aliments pour stimuler la croissance des bactéries,
- forages supplémentaires fournisseurs d' O_2 et d'aliments dans la nappe,
- programme de contrôle de l'hydrogéologie, la géochimie, et les conditions microbiologiques.

Le matériel utilisé comprenait :

- une pompe submersible de 2 cv, équipée avec une sonde à détecter le niveau d'eau,
- une tour de récupération à air, de 60 cm de diamètre et 30 cm de haut équipée d'un soufleur de 3 cv,
- deux compresseurs à air de 3 cv pouvant délivrer chacun 0,57 m³,
- six diffuseurs à air de 10 cm x 30 cm en réfractaire (carborundum),
- 75 m de tuyau en ABS de 5 cm pour fourniture d'eau vers, et à partir, de la tour de récupération,
- 360 m de tube flexible à air, de 1,25 cm,
- une galerie d'infiltration de 6x9x3 m remplie ensuite de ballast broyé.

Le terrain contaminé autour du réservoir était prélevé et placé en décharge. La cavité résultante était transformée en galerie d'infiltration.

Un pompage d'essai a permis de déterminer le débit maximum de pompage et le rabattement nécessaire pour contrôler le mouvement de la nappe. On a sélectionné un débit de 1,4 m 3 /s qui produit un rabattement de 3 m dans le puits de récupération.

5.4. Résultats :

- La figure jointe montre les concentrations de l'hydrocarbure dissous dans l'influent et l'effluent au sortir de la tour de récupération entre janvier et avril 1982. L'efficacité d'élimination était variable, autour de 50 à 80 % quand les rapports air/eau variaient, puis 100 % quand les débits étaient stabilisés.
- La galerie pouvait recevoir les 120 m^3/j d'eau traitée.
- Pour mesurer l'efficacité des diffuseurs d'air, on a mesuré l'oxygène dissous dans les puits d'observation.

Avant injection d'air, l'oxygène dissous était < 1 mg/l. En avril 1982, le niveau avait remonté : à la périphérie du panache, il passait de 1 mg/l à 3 à 5 mg/l.

- L'addition d'un aliment comprenant Cl NH_4 , phosphates de sodium, et différents traceurs salins s'est révélée avoir une diffusion plus lente que prévu, d'où un programme un peu modifié pour l'addition des éléments nutritifs.

D'une manière générale (fig.) les résultats de mars 1982 montrent une réduction de 50 à 70 % du total des hydrocarbures dissous.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE

- Analyses chimiques.

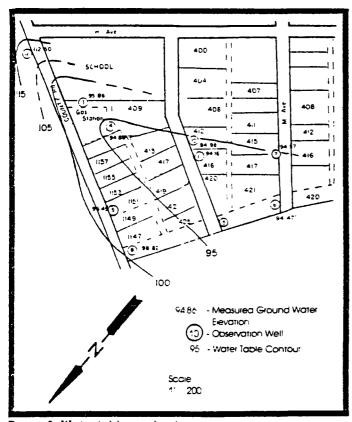


Figure 8. Water-table gradient map

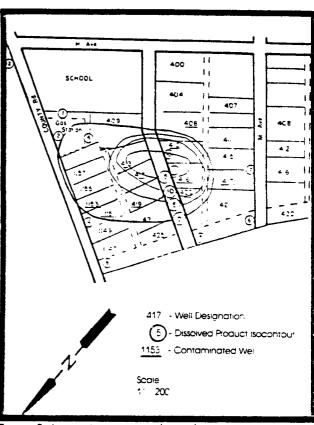


Figure 9. Isopach contours of gasoline contaminants (ppm) in domestic wells

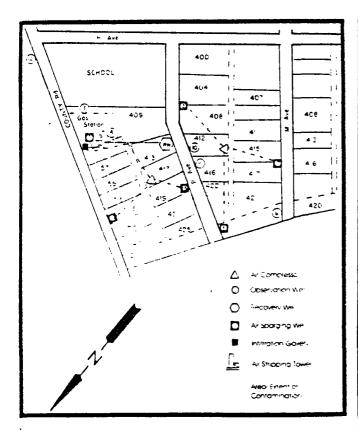


figure 10. Schematic of recovery system for dissolved gasoline plume

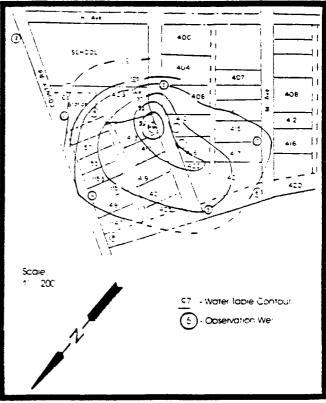


Figure 12 Water-table gradient map after initiation of pumping

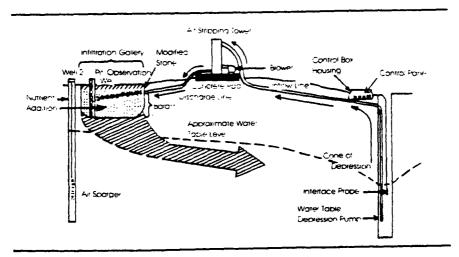


Figure 11. Schematic cross section of recovery operation

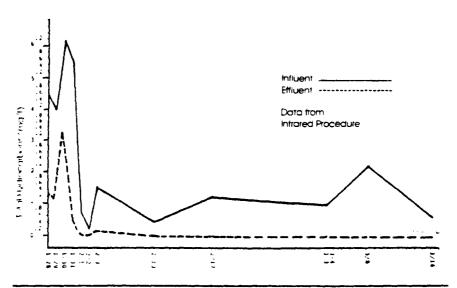


Figure 13 Change in total hydrocarbon concentrations due to air stripping initiation

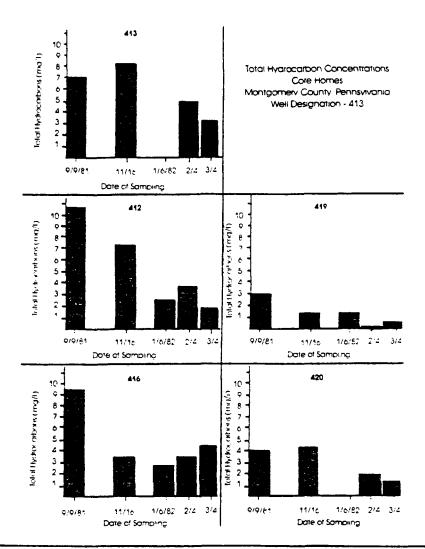


Figure 14. Total hydrocarbon concentrations of core homes

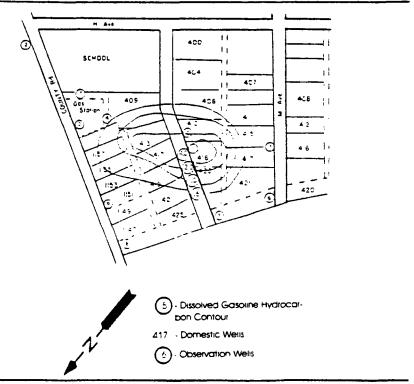


Figure 15. Isopach contour of total hydrocarbons, (mg/1), of domestic wells

ÉTUDE DOCUMENTAIRE SUR LA DÉPOLLUTION DES NAPPES POLLUÉES PAR DES HYDROCARBURES

FICHE TECHNIQUE N° 43

- 1. AFFAIRE: Perte et récupération d'un hydrocarbure libre, à Genesee County, Michigan, U.S.A.
 - 1.1. <u>Document consulté</u> : Alternatives in decontamination for hydrocarbons contaminated aquifers
 - 1.2. Auteur : P.M. YANIGA
 - 1.3. Origine: Groundwater Monitoring review, t. 2, n° 4, 1982
 - 1.4. Archivage : Département EAU BRGM
 - 1.5. Illustrations, cartes, hors-texte:
 - 1 Carte piézométrique à l'origine
 - 2 Carte de l'épaisseur de la couche de produit
 - 3 Niveau du produit pendant la récupération
 - 4 Carte de l'épaisseur du produit pendant la récupération
 - 5 Techniques de dépollution : schéma

2. NATURE DE L'ACCIDENT OU DE L'INCIDENT

- 2.1. Date : printemps 1980
- 2.2. <u>Département Région</u> : Michigan U.S.A.
- 2.3. Commune : Genesee
- 2.4. Coordonnées :
- 2.5. Type d'installation affectée : Station service
- 2.6. <u>Description (historique) de l'accident</u>: Fuite sous la station service détectée par odeurs dans sous-sol.
- 2.7. Volume des pertes ou fuites : non répertoriées
- 2.8. Nature et caractéristiques du produit en cause : essence
- 2.9. Type de pollution : produit libre à la surface de la nappe
- 2.10. Causes de la pollution : fuites sous la station service
- 2.11. <u>Dégâts apparents</u>: odeurs dans les sous-sols des bâtiments voisins dangers d'explosion.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1. Nature des terrains concernés :

3.2. Aquifère touché ou menacé :

- 3.2.1. Profondeur : ≃ 6,5 m
- 3.2.2. Direction de l'écoulement : Sud-Duest Nord-Duest
- 3.2.3. Vulnérabilité:
- 3.2.4. <u>Situation des captages, puits ou sources menacés</u> : habitations
- 3.2.5. Fluctuations de la nappe:

4. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Six puits existants et six puits d'observation supplémentaires, soit douze au total, ont été installés pour mesurer les variations du niveau de la nappe, l'épaisseur de produit en vue de définir la direction de l'écoulement de la nappe, et la superficie d'extension du panache de produit.

L'épaisseur du produit polluant était mesurée soit par un système d'échantillonneur de surface permettant de prélever une tranche de liquide, soit à l'aide d'une sonde à interface huile/eau.

Un pompage d'essai à $9,4.10^{-4}$ m $^3/s$ a permis de déterminer qu'un rayon d'influence de 61 m pouvait être développé tout en maintenant un rabattement d'environ 3 m dans le puits de récupération. Ce rayon d'influence était suffisant pour contrôler le mouvement de l'eau et du polluant dans la zone contaminée.

4.1. Résultats obtenus :

Dans 6 puits, l'épaisseur de la couche d'essence était comprise entre 15 cm et 1,15 m.

4.2. Evolution de la pollution :

L'extension de la pollution étant déjà détectée au niveau de la banque, et l'accumulation du produit importante à certains endroits, la récupération du produit a été entreprise.

5. MOYENS DE DEPOLLUTION MIS EN OEUVRE

- 5.1. Date de mise en oeuvre : janvier 1981
- 5.2. Durée des opérations : janvier 1981 printemps 1982
- 5.3. Techniques utilisées : Pompage et récupération dans un puits. Création d'un cône de dépression par pompage dans le forage. Récupération de l'essence par une pompe de balayage reliée à une sonde de détection huile/eau.

Le cône de dépression était obtenu à l'aide d'une pompe à explosion de 3/4 CV. Une sonde détectrice de niveau maintenait le rabattement à un niveau déterminé. L'hydrocarbure est recueilli par une pompe à écumer reliée à une sonde à détecter huile/eau pour différencier les produits.

5.4. Résultats :

En avril 1982, l'épaisseur d'hydrocarbure était réduite à moins de 30 cm sur une petite surface (cf. fig.) et on avait récupéré plus de 26,5 $\rm m^3$ d'essence.

Dès février 1981, on ne détectait plus de produit au piézomètre 7 situé près de la banque, et les odeurs étaient négligeables.

6. MOYENS ET TECHNIQUES DE CONTROLE : non indiqués

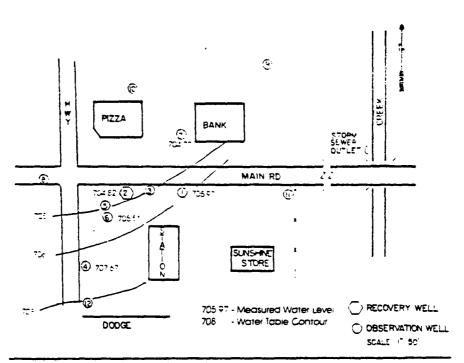


Figure 4 Ongunal water-table gradient map

BANK

BANK

SLIWIR

SLIWIN SUPPLY

STOPE

A SUPPLY

A STOPE

DOOGE

35 - Froduct Contour

382 - Measured Trickness

C OBSERVATION WELL

SCALE (1.50)

Figure 5 Product thickness map

Etude de la nappe avant récupération du produit

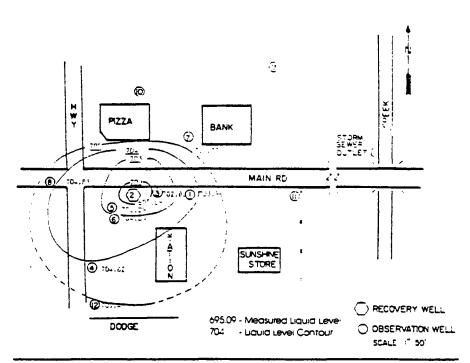


Figure 6. Liquid level dunng remeval

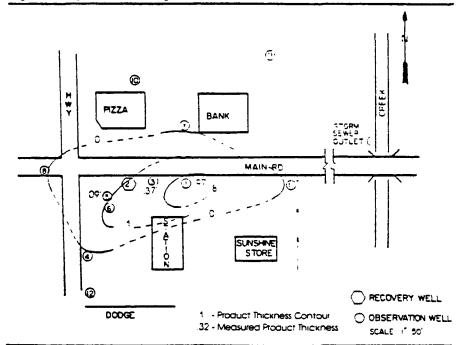
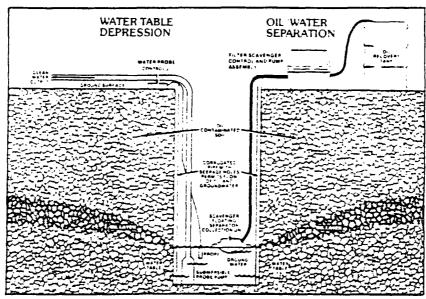
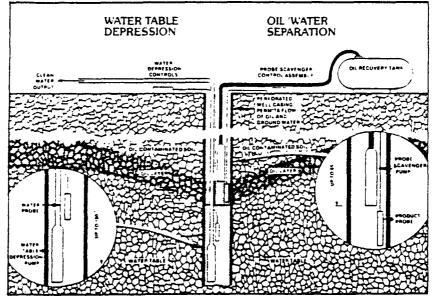


Figure 7. Product thickness map during remeval

Etat de la nappe après récupération du produit



Recovery from ground water spill using Fifter-Scavenger and Water Table Depression Probe- Pump



Recovery from ground water spill using Probe-Scavenger and Water Table Depression Probe-Pump.

Figure 2. Schematic diagram of water-table depression pump and oil recovery equipment implementation

Type de matériel utilisé

IV - CONCLUSION

Cette étude documentaire entreprise en 1983, dans le cadre du programme "Qualité des eaux" conduit par le Secrétariat d'Etat à l'Environnement, aura permis d'une part de réunir une abondante documentation sur les mécanismes de pollution et les techniques actuelles de dépollution des nappes polluées par des hydrocarbures ou produits similaires et d'autre part d'analyser un certain nombre de cas concrets ou expériences de dépollution.

La première partie de ce rapport documentaire est donc consacrée à la méthodologie d'études de ce type de pollutions, aux principes généraux de dépollution et à des recommandations tirées en grande partie des documents et manuels du CONCAWE.

En deuxième partie, 43 expériences ou études de dépollution ont été sélectionnées en France ou à l'étranger (en fonction de la précision des renseignements) et mises en fiche technique. Le lecteur intéressé par d'autres détails pourra se reporter aux rapports ou publications cités dans la fiche descriptive.

Si on relève heureusement peu de cas de pollutions ou de fermetures de captages, suite à ces accidents ou fuites, on retiendra que dans beaucoup de cas, les aquifères concernés sont peu profonds (alluvions) et très vulnérables (sables, craie, calcaires); à ce sujet des progrès devraient être faits dans le choix et les études pour l'implantation, l'aménagement et le contrôle des installations fixes. Les sites hydrogéologiquement vulnérables devraient faire l'objet d'un plan d'intervention prévoyant les techniques et moyens à mettre en oeuvre en cas d'accidents.

Pour être efficaces, les opérations de dépollution doivent être conduites certes rapidement, mais aussi avec rigueur et méthode ; elles nécessitent en effet :

- d'abord l'identification et la localisation précise de la fuite,
- ensuite la reconnaissance détaillée de la zone polluée (extension et épaisseur de la couche d'huile, caractéristiques hydrogéologiques et hydrodynamiques de l'aquifère),

- la mise en place de dispositifs de récupération (en général puits de pompage simples ou doubles de préférence aux tranchées), équipés de matériels résistants à l'agressivité éventuelle de certains produits (par exemple pompes en téflon, crépines en polypropylène),
- l'installation d'un système de séparation eau-huile (écrémage) et la possibilité de rejet de l'eau dans le milieu,
- enfin le contrôle analytique pendant plusieurs années des teneurs résiduelles en hydrocarbures dans l'eau.

Pour finir, les opérations de dépollution, bien que dépendant de l'importance des fuites et du contexte hydrogéologique, seront généralement très longues et coûteuses; mais dans certains cas, la valeur du produit récupéré dépasse le coût de l'opération.

BIBLIOGRAPHIE

- Les références pour chaque cas analysé sont données dans les fiches. On a consulté par ailleurs les documents suivants :
- CONCAWE (n° 7/81) .- Revised inland oil spill clean-up manual.
- CONCAWE (n° 3/79) .- Protection of groundwater from oil pollution.
- BLAKE (S.B.), LEWIS (R.W.) .- Underground oil recovery Aquifer restoration and groundwater rehabilitation .- Proc. 2nd Symposium on aquifer restoration and groundwater monitoring, mai 1982, The Fawcett Center, Columbus Ohio.
- GATELIER (C.), GUDIN (C.), ROGIER (Ph.) .- Conséquences d'un déversement d'hydrocarbures dans le sol et techniques applicables à une réhabilitation .- Société Hydrotechnique de France, XIIIè Journées de l'Hydraulique, Paris 1974, Question VI, rapport 2.
- KÄSS (W.) .- Beschreibung eines Heizölschadensfalles in der Oberrheinischen Schotterebene - Sanierungsmaßnamen und Bedentung der Mikroorganismen beim Abbau von Mineralölkohlenwasserstoffen .- Münster. Forsch. Geol. Paläontol. 54, 5 novembre 1981.
- PELIKAN (V.) .- Hydraulic protection of groundwaters against oil substances .- International Symposium of ground water pollution by oil hydrocarbons, Prague, 5-9 juin 1978.
- STEGEMANN (W.) .- Rettungsbrunnen Eine massnahme zur behebung von mineralölschäden .- Giessener Geologischen Schriften - Festchnigt Richard Weyl, Giessen 1977.
- YANIGA (P.) .- Alternatives in decontamination for hydrocarbon-contaminated aquifers .- Groundwater Monitoring review, t. 2, n° 4, 1982.

* *

