



Ministère de l'Economie,  
des Finances et  
de l'Industrie



*Pollution du site industriel THEMEROIL  
à Varennes-le-Grand (71)  
Expertise géologique et hydrogéologique  
du dossier*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-A-105

octobre 1998  
R 40121





Ministère de l'Economie,  
des Finances et  
de l'Industrie



*Pollution du site industriel THEMEROIL  
à Varennes-le-Grand (71)  
Expertise géologique et hydrogéologique  
du dossier*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-A-105

octobre 1998  
R 40121



Mots clés : Société THEMEROIL, Pollution sol, Pollution nappe, Expertise dossier, Estimation risque, Propositions, Surveillance, Résorption, Hydrogéologie, Hydrogéochemie, Techniques dépollution, Vallée Grosne, Champ captant, Saint-Cosme, Varennes-le-Grand, Saône-et-Loire.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM (1998) - Pollution du site industriel THEMEROIL à Varennes-le-Grand (71).  
Expertise géologique et hydrogéologique du dossier. Rap. BRGM R 40121, 157 p.,  
3 fig., 11 ann.

© BRGM, 1998, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Résumé

La société THEMEROIL fabrique, au lieu-dit les Mouilles, à Varennes-le-Grand (71), des produits de type décoffrants et adjuvants pour le bâtiment, à partir de mélanges à froid d'huiles minérales, de solvants et d'additifs. Mais de 1971 à 1988, elle régénérait à chaud les huiles usagées et les solvants chlorés, activité qui produisait des goudrons sulfuriques.

Un arrêté préfectoral de 1981 témoigne des préoccupations relatives à la pollution dès cette époque puisqu'il demande une étude hydrogéologique. La prescription sera renouvelée et explicitée en 1986 et 1989, mais il faudra attendre 1991 et 1994 pour avoir des données relativement précises sur la nature chimique de la pollution puis sur les concentrations dans le sol et l'eau à l'aplomb de certains secteurs de la zone industrielle. Elles confirment la présence de sulfates, de solvants chlorés, d'hydrocarbures légers et lourds et révèlent celle d'autres solvants et de PCB. Selon les familles de composés organiques et le lieu de prélèvement, les concentrations dans l'eau de la petite nappe qui se trouve vers 2 à 4 m de profondeur, sont de l'ordre du microgramme à quelques dizaines de milligrammes par litre et, en 1994 et 1997, dans un piézomètre situé à une centaine de mètres à l'aval du site, certains de ces composés sont présents dans des concentrations similaires.

Dans la couche argileuse de 2 à 3 m qui affleure et constitue la couverture de l'aquifère, les concentrations se mesurent souvent en grammes ou milligrammes par kilogramme de terre, soit 100 à 1 000 fois plus que les concentrations dans la nappe.

Mais en 1998 et malgré trois études hydrogéologiques, trois études de pollution, six propositions ou ensembles de propositions techniques faites par neuf bureaux d'études et entrepreneurs et des analyses périodiquement répétées depuis les années 1980, la pollution est toujours là, l'embarras demeure et les dispositions prises sur le terrain ont un certain caractère minimaliste et transitoire.

La DRIRE de Bourgogne demande alors au BRGM un examen critique, sur dossier, des actions et investigations menées jusqu'ici, une estimation du risque de pollution des eaux souterraines et des propositions pour orienter la gestion du site. Tel est l'objet de ce rapport d'expertise qui :

- dresse un bilan de connaissances sur la pollution, la géologie et l'hydrogéologie du site et de ses environs ;
- met en évidence les lacunes dégagées par ce bilan et leur inconvénient en matière de prévisions, de faisabilité, de fiabilité et d'opportunité des mesures à prendre ;
- passe en revue critique les propositions techniques de fixation et de résorption de la pollution et souligne des options ;

- propose une série d'actions destinées à pallier les lacunes du dossier, à améliorer la surveillance hydrochimique et à fournir les informations nécessaires à la mise en oeuvre d'une résorption.

Quant au risque de pollution des eaux souterraines à l'aval du site, il est examiné, non pas sur la base de paramètres hydrodynamiques - qui font défaut - mais de l'analyse du contexte hydrogéologique et en particulier de la situation relative du champ captant de Varennes-le-Grand. Le site pollué des Mouilles est sur la terrasse alluviale dite de Saint-Cosme, en bordure de la vallée de la Grosne et le champ captant, à 4 km à vol d'oiseau des Mouilles, est sur la plaine alluviale du confluent Grosne-Saône. Les deux kilomètres à parcourir par les eaux souterraines dans des sédiments fins avant d'atteindre la nappe alluviale de la Grosne, la dégradation naturelle des composés organiques, la fixation, la dilution, sont autant de protections pour le champ captant dont la relation hydraulique avec la Grosne reste à prouver.

Cependant, l'effet cumulatif de toutes les activités polluantes du versant est rappelé.

## Sommaire

<b>SYNTHESE</b> .....	9
<b>Introduction</b> .....	11
<b>Résultat</b> .....	13
<b>1. Bilan de connaissances sur la pollution du site THEMEROIL, le sous-sol et les eaux superficielles et souterraines exposées</b> .....	15
1.1. La pollution : nature chimique, importance, localisation des sources .....	15
1.1.1. Inventaire.....	15
1.1.2. Pollution de la nappe.....	15
1.1.3. Pollution du sol .....	17
1.1.4. Sources de pollution - Carte des sols pollués - Gradient vertical de pollution : lacunes d'informations.....	19
1.2. L'objet pollué, sol et sous-sol du site .....	19
1.2.1. Constitution générale du sous-sol du secteur .....	20
1.2.2. Méconnaissances géologiques sur le site .....	20
1.3. L'eau, vecteur de pollution : écoulement superficiel et souterrain ; transferts de pollution .....	21
1.3.1. Hydrologie du site .....	21
1.3.2. Ecoulement souterrain à l'aval du site. Inconnue sur l'impact des fondations de l'autoroute A6.....	22
1.3.3. Relations avec le champ captant de Varennes-le-Grand. Inconnue sur le rayon d'influence des pompages .....	23
<b>2. Remarques sur l'action menée pour la connaissance et la maîtrise de la pollution</b> .....	25
2.1. Sur la reconnaissance hydrogéologique .....	25
2.2. Sur la localisation de la pollution.....	26
2.3. Sur l'interprétation des résultats d'analyses .....	26
2.4. Sur les mesures prises pour la surveillance hydrochimique et contre l'extension de la pollution .....	27

<b>3. Evolution de la pollution</b> .....	29
3.1. Evolution de la pollution du sol .....	29
3.2. Pollution de la nappe et risque à l'aval .....	30
<b>4. Mesures de protection. Remarques sur les propositions techniques</b> .....	31
4.1. Classement des propositions .....	31
4.2. Options .....	32
4.3. Etudes et travaux complémentaires .....	32
4.3.1. Confirmation des directions d'écoulement .....	32
4.3.2. Tracé du périmètre de l'ensemble des zones d'activité, de remblais, de déversements et d'enfouissements polluants .....	32
4.3.3. Contrôle et amélioration du réseau de surveillance de la nappe .....	33
4.3.4. Réactualisation de l'étude chimique .....	33
4.3.5. Cartographie de la pollution du "sol" .....	33
4.3.6. Acquisition des paramètres hydrodynamiques de la nappe .....	34
4.3.7. Modélisation .....	34
4.3.8. Plan de gestion des eaux de surface .....	34
<b>Conclusion</b> .....	35
<b>ARGUMENTAIRE</b> .....	37
<b>1. Précisions sur les conditions géologiques et hydrogéologiques</b> .....	39
1.1. Géologie simplifiée du site .....	39
1.2. Rapport géologique avec les vallées de la Grosne et de la Saône .....	39
1.3. Hydrogéologie du site .....	40
1.4. Piézométrie - Relations hydrogéologiques du site et du système aquifère alluvial Grosne-Saône .....	40
<b>2. Résumé sur l'activité de l'usine, l'état du sol et la maîtrise des eaux     superficielles</b> .....	41
2.1. Activité chimique .....	41

2.2. Remarques essentielles sur l'état du sol, les étanchements, stockages et enfouissements .....	41
2.3. Drainage des eaux de surface .....	42
<b>3. Pollution du site</b> .....	<b>43</b>
3.1. Premier indice de pollution de l'eau souterraine .....	43
3.2. Identification des polluants du sol et de la nappe.....	43
3.3. Dosage des polluants du sol et de la nappe .....	44
3.3.1. Pollution de la zone superficielle de la couche 1 .....	45
3.3.2. Pollution de la nappe.....	45
3.4. Pollution due à l'autoroute.....	47
<b>4. Maîtrise de la pollution. Arrêtés préfectoraux, propositions et réalisations .....</b>	<b>49</b>

## Liste des figures

Fig. 1 - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Chalon-sur-Saône (extrait). Situation de THEMEROIL .....	10
Fig. 2 - Plan schématique d'implantation des piézomètres et des puits contrôlés .....	16
Fig. 3 - Coupe géologique du sondage du Laboratoire régional des Ponts et Chaussées d'Autun n° 10.....	18

## **Liste des annexes**

- Ann. 1 - Arrêté préfectoral du 11 juillet 1989.
- Ann. 2 - Extrait du rapport d'étude du CETE (1987) : "Etude hydrogéologique. Risques de pollution souterraine".
- Ann. 3 - Extrait de la note technique de CPGF-Horizon (1991) : "Etude des risques de pollution liés aux établissements THEMEROIL, Varennes-le-Grand".
- Ann. 4 - Extrait du rapport d'étude de POLDEN (1991) : "Etude relative à la contamination du sol et de la nappe phréatique par les établissements THEMEROIL".
- Ann. 5 - Extrait du rapport d'étude du cabinet d'études géologiques LAURE SOMMERIA (1994) : "Etude des contaminations du sol et de la nappe sur le site des établissements THEMEROIL".
- Ann. 6 - Extrait de la proposition technique et commerciale de GEOVAC pour la "limitation de l'extension de la contamination" (1994).
- Ann. 7 - Extrait de la note technique de SOLETANCHE pour la "décontamination du site".
- Ann. 8 - Extraits de la proposition technique et financière de BURGEAP (1996 et 1994) pour la "dépollution du site"
- Ann. 9 - Extrait de la proposition de VALTECH INDUSTRY (1994) pour "la dépollution du site des établissements THEMEROIL".
- Ann. 10 - Extrait d'avis d'hydrogéologue agréé pour la protection des captages de Varennes-le-Grand.
- Ann. 11 - Questions relatives au risque de pollution des eaux superficielles et souterraines et aux mesures à prendre (fiches récapitulatives).

## **SYNTHESE**

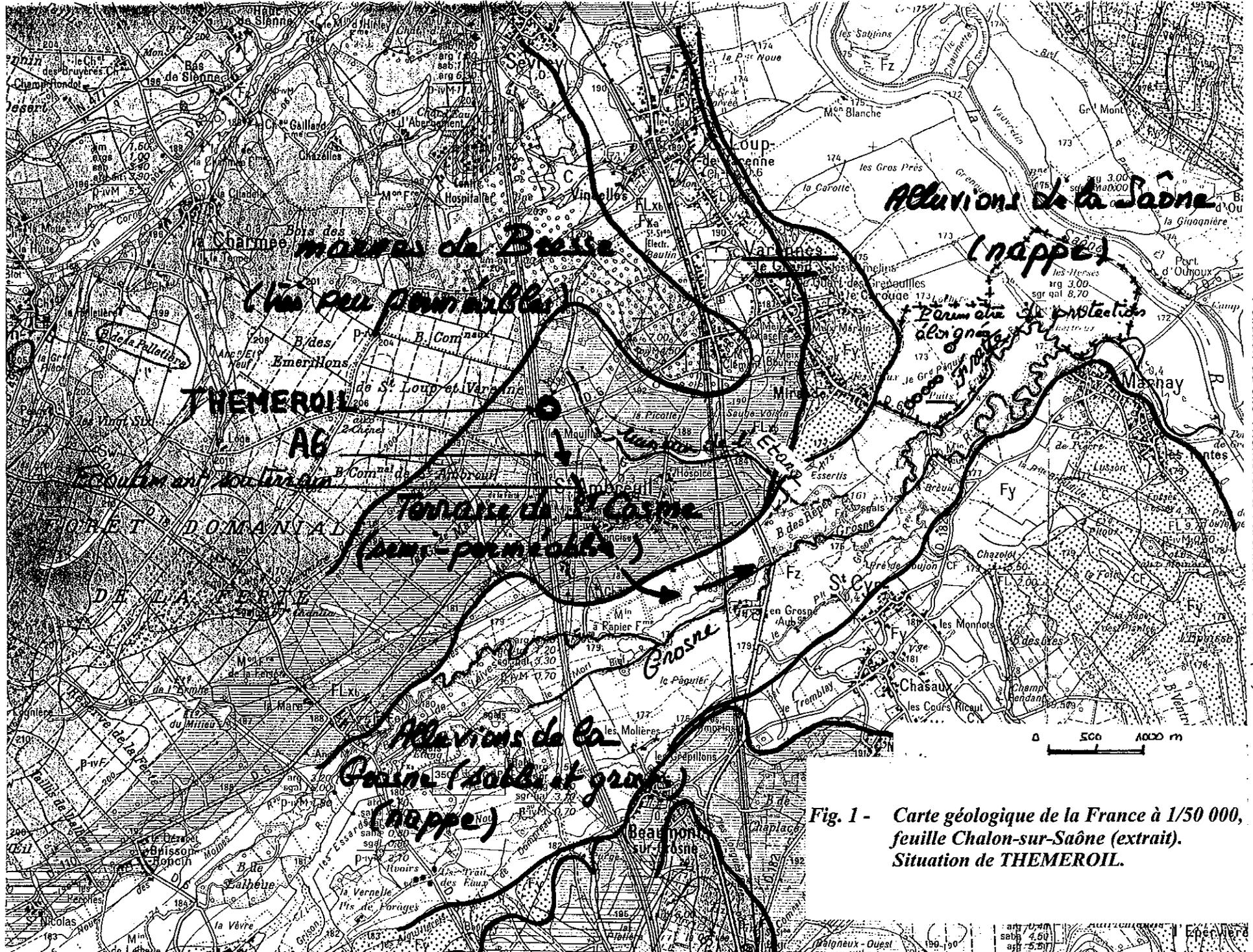


Fig. 1 - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Chalon-sur-Saône (extrait). Situation de THEMEROIL.

Pollution du site Themeroil à Varennes-le-Grand (71)

## Introduction

### *Situation géographique*

La société THEMEROIL fabrique à Varennes-le-Grand, en Saône-et-Loire, des produits chimiques spéciaux pour le bâtiment, de type décoffrants et adjuvants.

Les ateliers sont répartis sur un terrain d'un hectare environ, à 8 km au sud de Chalon-sur-Saône, en bordure de l'autoroute A6. Le site est sur une terrasse alluviale de la vallée de la Grosne, en rive gauche, près du confluent avec le Val de Saône (fig. 1). Il s'agit d'une région de basse altitude et faibles dénivelées : le site est à la cote 189-190 et la Grosne à la cote 175-180.

Ce secteur est humide et le nom de lieu-dit rappelle qu'il était marécageux ("les Mouilles"). Le ruisseau de l'Etang le draine et déverse ses eaux sur la plaine alluviale de la Grosne, à 3 km au sud-est et 1,5 km au sud-ouest du champ captant situé au confluent des plaines alluviales.

### *Activité chimique et pollution*

Pour la fabrication de ses produits, THEMEROIL reçoit des huiles usagées et autres composés organiques qui sont mélangés à froid. Autrefois, elle collectait et régénérait à chaud des solvants chlorés et des huiles usagées, procédé générateur de goudrons sulfuriques. Actuellement, le sol du site industriel et la petite nappe captive qui se trouve à deux ou trois mètres de profondeur, sont pollués.

Un système de piégeage de la pollution de la nappe par pompage à l'aval et réinjection à l'amont a été mis en place à la fin de l'été 1997. Les teneurs en hydrocarbures totaux et en solvants chlorés sont suivies par dosages périodiques.

### *Contexte historique, technique, administratif et environnemental*

Cette mesure de prévention contre le risque d'une pollution aval a été précédée - de 1987 à 1997 - d'une série d'études et de propositions d'interventions techniques faites par divers bureaux d'études et maîtres d'oeuvres à la demande de l'Autorité administrative (arrêtés préfectoraux) et du Syndicat intercommunal des eaux du sud-ouest de Chalon. L'intervention de ce dernier est motivée par le souci de protection du champ captant qui se trouve à moins de 4 km à l'est du site.

### *Demande d'expertise du dossier*

En 1988, la DRIRE demande au BRGM une expertise du dossier pour pouvoir disposer :

- d'une "analyse et d'une synthèse critiques des actions et investigations menées jusqu'à présent" ;
- d'une "estimation des risques de pollution des eaux souterraines" ;
- de "propositions quant à l'orientation à prendre vis-à-vis de la gestion du site en fonction des actions déjà menées et des risques estimés".

### ***Conditions de l'expertise***

L'expertise est donc réalisée sur dossier, par le Service géologique régional de Bourgogne, après consultation de la DRIRE (Division et Subdivision).

### ***Plan et contenu du rapport***

Le rapport est présenté en trois parties.

Dans cette première partie - ou "Synthèse" - un bilan des connaissances sur la pollution, le sous-sol du site, le système hydrogéologique dans lequel il s'inscrit et les relations avec le champ captant de Varennes-le-Grand est d'abord dressé (chapitre 1). Il révèle des lacunes et conduit donc à poser un certain nombre de questions auxquelles il faudra répondre si l'on veut faire des prévisions, quantifier des risques, estimer la faisabilité et l'efficacité de certaines méthodes de résorption de la pollution, etc.

Puis l'historique des prescriptions, études, propositions et réalisations est examiné pour comprendre la situation actuelle, définir les carences et orienter les actions palliatives (chapitre 2).

Un avis est donné sur le risque de pollution des eaux souterraines dans la zone aval et jusqu'au champ captant au chapitre 3.

Enfin, au chapitre 4, le catalogue des propositions techniques du dossier est passé en revue, un avis est donné et les études et travaux complémentaires convenant au choix et à la mise en oeuvre des dispositifs de surveillance et de résorption de la pollution sont définis.

En deuxième partie - ou "Argumentaire" - est reporté tout le détail des informations sur la géologie et l'hydrogéologie (chapitre 1), l'activité industrielle, l'état du sol et la maîtrise des eaux de surface (chapitre 2), la pollution chimique (chapitre 3) et l'histoire des prescriptions, études, propositions techniques et réalisations (chapitre 4).

La troisième partie du rapport - ou "Annexes" - est un recueil de textes et de figures extraits des pièces du dossier, qui illustrent ou précisent les propos de l'expertise. Les photocopies de couvertures de rapports renseigneront sur les auteurs.

## Résultat

Les questions préalables à celle du "Risque de pollution des eaux souterraines" sont :

- connaît-on la pollution ?
- connaît-on l'objet pollué ?
- connaît-on ses rapports avec le vecteur de pollution, c'est-à-dire avec l'eau du réseau hydrographique et l'eau souterraine ?
- connaît-on les lois d'écoulement dans le secteur et jusqu'aux cibles ?
- connaît-on les cibles à protéger, c'est-à-dire les points d'eau utilisés et les lois d'écoulement entre le réseau hydrographique, les eaux souterraines et les points d'eau, surtout lorsqu'ils sont captés et pompés ?

Les questions 2, 3 et 4 sont explicitement posées - précisées en termes hydro-géologiques - dans l'arrêté préfectoral du 11 juillet 1989 (ann. 1).

***La réponse en 1998 est "non, pas suffisamment" à toutes les questions.***

La lecture du dossier et l'examen des documents de travail habituels comme la carte géologique (feuille 579 - Chalon-sur-Saône), sa notice explicative et les coupes de sondages de la banque des données du sous-sol conduisent au bilan de connaissances suivant.

# **1. Bilan de connaissances sur la pollution du site THEMEROIL, le sous-sol et les eaux souterraines exposées**

## **1.1. LA POLLUTION : NATURE CHIMIQUE, IMPORTANCE, LOCALISATION DES SOURCES**

La pollution chimique du site de Varennes-le-Grand est surtout connue par deux études, l'une qualitative, de 1991, l'autre, quantitative, de 1994 (§ 3.2. et 3.3. de l'argumentaire).

### **1.1.1. Inventaire**

Au total, les inventaires mentionnent la présence, dans le sol et/ou dans l'eau souterraine de :

- quelques éléments : arsenic, fer, zinc, manganèse,
- sulfures et sulfates,
- composés organiques chlorés :
  - . organohalogénés volatils (= solvants chlorés = COV),
  - . organohalogénés iodés,
- hydrocarbures légers et lourds :
  - . aromatiques volatils (CAV),
  - . aromatiques polycycliques (HAP),
  - . aliphatiques saturés (paraffines),
  - . soufrés,
- composés oxygénés :
  - . acétone alcool, carboxyles, esters d'acides gras...
- polychlorobiphényles (PCB),

une partie des hydrocarbures non volatils étant regroupée sous l'appellation commune "huiles minérales".

### **1.1.2. Pollution de la nappe**

Pour l'essentiel, le constat est le suivant :

- l'eau de la nappe analysée en juillet 1997 et provenant d'un piézomètre (Pz3, fig. 2) situé en limite aval de la zone industrielle mais séparé d'elle par un bassin, comporte des traces d'hydrocarbures aromatiques volatils et de solvants chlorés

Pollution du site Themeroil à Varennes-le-Grand (71)

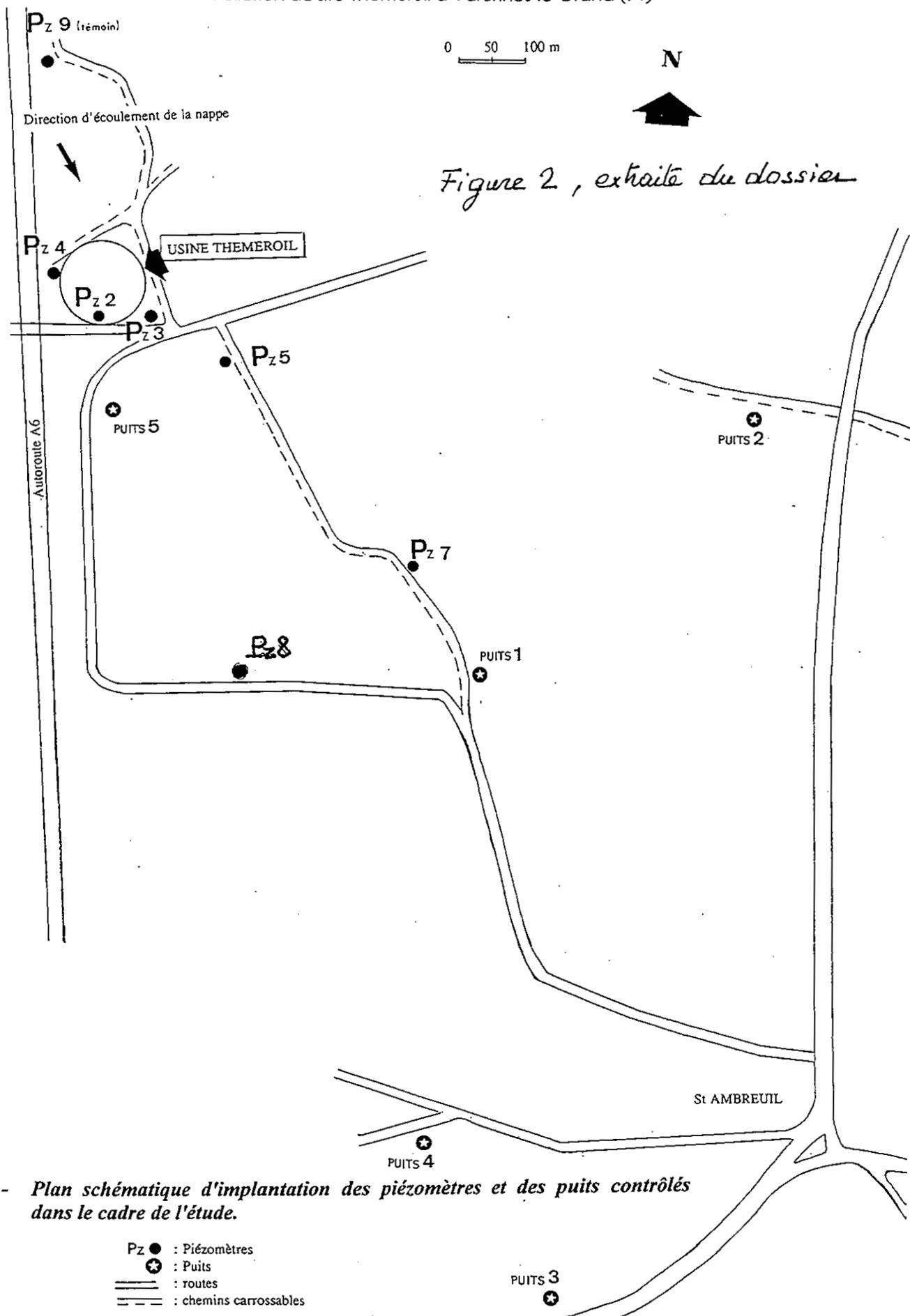


Fig. 2 - Plan schématique d'implantation des piézomètres et des puits contrôlés dans le cadre de l'étude.

- (quelques microgrammes par litre), un solvant chloré - le 1,2 dichloroéthylène - atteignant cependant quelques milligrammes par litre ; pas de traces détectées d'hydrocarbures lourds (huiles minérales, fuel ...), ni d'aromatiques polycycliques ;
- en 1994, la fourchette de teneurs en solvants chlorés est à peu près du même ordre (quelques microgrammes à 10 milligrammes) si l'on examine les résultats des dosages sur trois piézomètres (Pz2, 3, 4) en limite de zone industrielle ; cependant, les autres familles d'hydrocarbures sont représentées, à des teneurs de quelques microgrammes, pour les valeurs minimales et quelques milligrammes ou dizaines de milligrammes, pour les valeurs maximales ; quant aux sulfates, ils se comptent en dixième de gramme/litre ;
  - aucun de ces composés organiques n'est détecté en 1997 dans le piézomètre situé à l'amont du site (Pz9) ; en 1994, il s'agit de traces (toujours discutables quand il s'agit de microgrammes) pour les solvants chlorés et de pollution plus nette en "huiles minérales" (0,1 mg/l) ;
  - à l'aval proche, c'est-à-dire à une centaine de mètres au sud-est du site, la pollution de l'eau prélevée dans la nappe (Pz5) en 1997 était tout à fait de même nature et de même ordre qu'en limite de site. En 1994, elle se tient dans la fourchette des maxima et minima des piézomètres en limite de site. Aux deux dates, il n'y a pas d'hydrocarbures lourds ("huiles minérales") ;
  - encore plus loin, à un kilomètre à l'aval (Pz 7, 8), l'eau ne paraît quasiment pas polluée par des composés organiques. En revanche, les sulfates et les nitrates sont présents. Les sulfates, en 1994, sont de même ordre à 100 m ou 1 km du site (60 à 70 mg/l) mais presque dix fois plus abondants dans certains piézomètres du site. Quant à la teneur du piézomètre amont, elle peut être qualifiée d'intermédiaire.

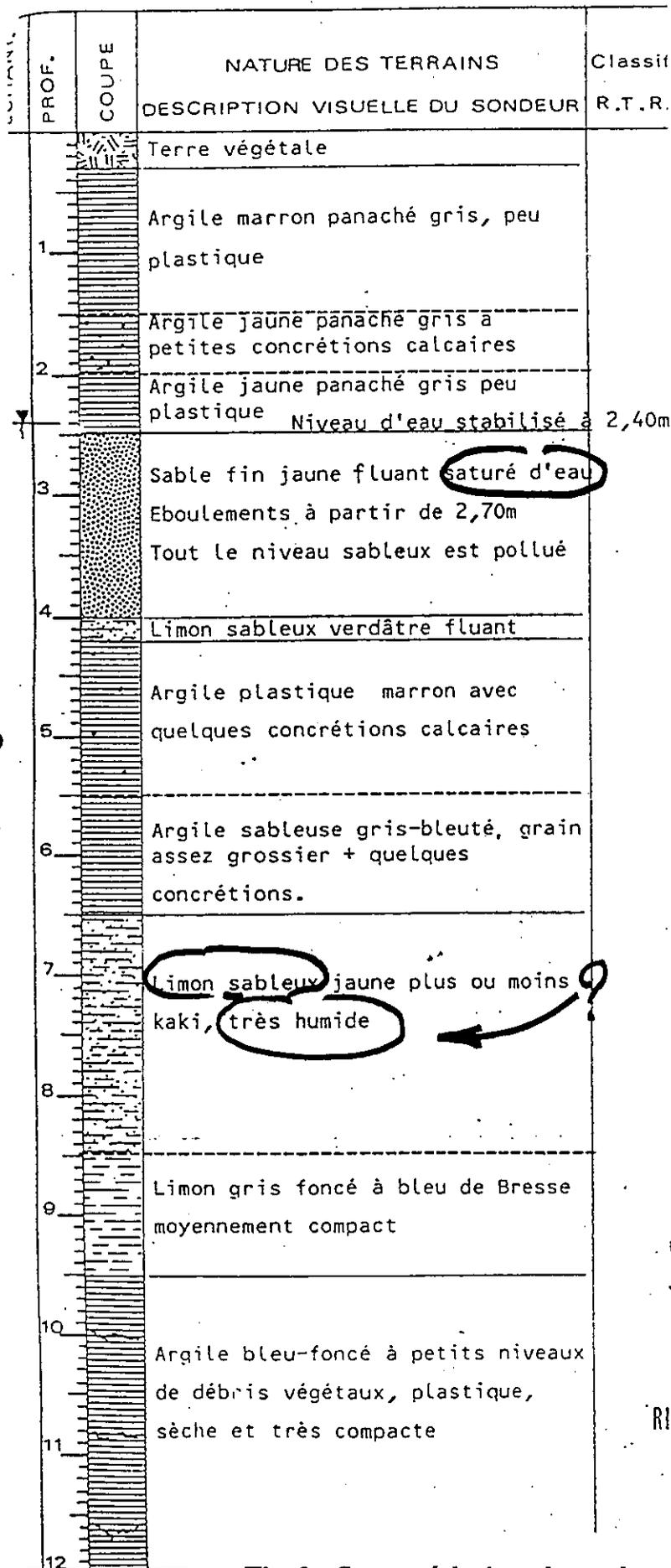
### 1.1.3. Pollution du sol

Appelons "sol" ou "terres", la couche argileuse affleurante, de 1,5 à 3 m d'épaisseur, qui supporte les bâtiments et les plates-formes bétonnées et qui recouvre l'aquifère (fig. 3 et argumentaire § 1.1.).

La plupart des produits mentionnés dans l'inventaire sont identifiés dans la terre prélevée en 1991 à 1 ou 2 m de profondeur en différents points de la zone industrielle, répartis sur un hectare, en fonction des sources de pollution possibles (Argumentaire § 3.2.). Les dosages, effectués en 1994 sur la terre prélevée à 10 et 50 ou 60 cm de profondeur sur quatre emplacements particulièrement exposés (Argumentaire § 3.3.1.) indiquent des teneurs allant des milligrammes aux grammes par kilogramme de terre pour les "huiles minérales" et les hydrocarbures volatils et des teneurs presque aussi fortes pour les solvants chlorés. Les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques se comptent par endroits en centaines de milligrammes, les hydrocarbures aromatiques polycycliques en dizaines de milligrammes et les PCB en milligrammes, la fourchette étant de 0,4 - 10 mg/kg.

*Figure 3*  
*Coupe géologique*  
*du sondage*  
*LRPC n° 10*

Complexe des molasses de Bresse ——— Formation de St Cosme



1  
 Sol argileux de la zone industrielle, pollué

2  
 Couches blanches aquifères, nappe en charge, polluée

3  
 Alternance de couches de sédiments fins de faible perméabilité. Pas d'analyse chimique.

Département de Saône & Loire

Usine des MOUILLES à VARENNES-LE-GRAND

ETUDE HYDROGÉOLOGIQUE

RISQUES de POLLUTION SOUTERRAINE

Fig. 3 - Coupe géologique du sondage LRPC n° 10.

Si l'on regarde les teneurs maximales en surface et à 50-60 cm, on constate :

- qu'elles sont égales ou légèrement supérieures en profondeur ;
- qu'elles sont mille fois supérieures à celles de l'eau de nappe pour les huiles minérales, cent fois pour les hydrocarbures volatils, aliphatiques et aromatiques, cent fois pour les sulfates et presque autant pour les solvants chlorés.

#### **1.1.4. Sources de pollution - Carte des sols pollués - Gradient vertical de pollution : lacunes d'informations**

Le dossier fournit un certain nombre d'informations sur l'activité industrielle de 1971 à 1994, sur l'état de l'occupation du sol, le drainage et le traitement des eaux de surface (chapitre 2 de l'argumentaire). Mais ce descriptif n'est ni exhaustif, ni totalement certifié. On ne dispose pas d'un historique technique précis sur l'activité industrielle, les entrées et les sorties de produits ou les aménagements, sinon à travers les textes des nombreux arrêtés préfectoraux qui précèdent celui de 1989. Il n'y a pas de plan évolutif des stockages, pas de plan des zones remblayées et des chemins renforcés avec les résidus du procédé à chaud. Pourquoi ne pas supposer, à la lecture du dossier, que les goudrons sulfuriques mélangés à du sable et de la chaux (§ 2.1. et 2.2. de l'argumentaire), n'ont pas été étalés ailleurs que sous le chemin d'accès, sur la zone et hors de la zone industrielle ? Que déduire des allusions faites dans les pièces administratives sur des enfouissements plus ou moins clandestins ? Quel est le périmètre précis de toutes les activités menées depuis 1971 ?

*Le dossier ne comporte pas de plan des sources de pollution localisées d'après enquête, expertise de terrain et analyse historique de site. Les indications données sur les plans disponibles sont partielles et approximatives.*

*Il ne comporte pas non plus de carte de pollution des sols en courbes d'iso-teneurs, même schématique et approximative, qui permette de localiser le ou les foyers de pollution et de connaître le gradient dans l'auréole d'extension. La connaissance est ponctuelle.*

*Enfin, le gradient vertical de pollution n'est pas connu non plus : on dispose seulement de valeurs ponctuelles à 10 et 60 cm de profondeur et l'on sait que des échantillons prélevés "à un ou deux mètres de profondeur" (analyse qualitative de 1991) sont pollués.*

## **1.2. L'OBJET POLLUÉ ; SOL ET SOUS-SOL DU SITE**

L'objet pollué est "le sol", tel que nous l'avons défini plus haut. Il faut donc connaître précisément les caractères géologiques, hydrogéologiques et hydrogéochimiques de cette couche argileuse dont l'épaisseur varie *grosso modo* entre 1,5 et 3 m et que l'on a reconnue polluée en surface comme à 1 ou 2 m en certains points. Mais il faut connaître

également la constitution des couches sous-jacentes qui peuvent être contaminées et celle des terrains latéraux, jusqu'à la Grosne et jusqu'au champ captant de Varennes-le-Grand, pour savoir si la pollution véhiculée par l'eau peut emprunter la voie souterraine et gagner ainsi l'aval et ses captages.

### 1.2.1. Constitution générale du sous-sol du secteur

Pour expliquer la constitution générale du sous-sol à l'échelle du site et de la commune, la connaissance est suffisante. La couche argileuse assez peu perméable recouvre une couche sableuse de 1,5 à 2,5 m de perméabilité faible mais conséquente, elle-même superposée à des couches tantôt argileuses, tantôt limoneuses ou même sableuses, qui forment un ensemble très épais et globalement très peu perméable (fig. 3). Latéralement, en aval géographique et hydrogéologique, à environ deux kilomètres au sud, les couches supérieures (10 à 15 m) sont interrompues car l'érosion y a creusé la vallée récente de la Grosne (fig. 1 et ann. 5.3.). Des sables et graviers sont emboîtés dans le "complexe" inférieur, forment la plaine alluviale de la Grosne et "mènent" au confluent Grosne-Saône et au champ captant.

On sait donc :

- qu'à l'aplomb du site pollué, il n'y a pas de couche constituant par sa perméabilité et son épaisseur un aquifère exploité ou particulièrement intéressant à exploiter pour l'alimentation en eau potable de la collectivité ;
- que le système géologique ne présente pas de liaison directe entre le site et la Grosne ou le champ captant par une couche perméable continue ou un relais de couches très perméables ;
- qu'en revanche, par un relais latéral de couches de faible à très faible perméabilité, très lentement, l'eau souterraine gagne les alluvions de la Grosne, elle-même en relation hydraulique avec la nappe alluviale.

### 1.2.2. Méconnaissances géologiques sur le site

A l'échelle de l'étude de la pollution et de son transfert possible aux eaux souterraines et aux aquifères aval, des lacunes subsistent :

- quelle est la nature minéralogique et la granulométrie de la couche argileuse superficielle ? Est-elle très adsorbante ? Comporte-t-elle une fraction limoneuse ou sableuse augmentant sa perméabilité ? Quelle est son épaisseur entre les quelques points sondés (pas de carte en isopaques) ?
- quelle est la granulométrie réelle de cette couche sous-jacente qualifiée de "sable moyen" "sable fin" ou "limon" (sédiment fin comme une poudre) selon les auteurs ?
- le "complexe de base" ne comporte-t-il pas des couches de granulométrie comparable, comme semble l'indiquer les quelques coupes de sondages effectuées en limite de site (cf. fig. 3) et aux environs ?

*L'absence de réponse actuellement est un obstacle à l'évaluation des transferts de pollutions possibles.*

### **1.3. L'EAU, VECTEUR DE POLLUTION : ECOULEMENT SUPERFICIEL ET SOUTERRAIN ; TRANSFERTS DE POLLUTION**

Les données hydrogéologiques sont également suffisantes pour savoir où est approximativement l'aval souterrain, où sont les aquifères exploités et exploitables et quel est le schéma de principe d'écoulement des eaux superficielles et souterraines entre le site et le confluent Grosne-Saône.

Mais pour évaluer les transferts de pollution possibles, c'est-à-dire essentiellement les concentrations, les temps et les relations hydrauliques possibles avec le champ captant (question éludée rapidement dans le dossier), les lacunes sont en quelque sorte beaucoup plus grandes que les lacunes géologiques. Or des données comme les paramètres hydrodynamiques sont essentielles pour faire des prévisions et juger de la faisabilité des techniques de dépollution.

#### **1.3.1. Hydrologie du site**

##### **a) Eaux de surface et interrogations**

Le dossier ne comporte pas de plan indiquant clairement quel est le réseau de drainage actuel. Les plans du dossier semblent montrer (par omission ?) une évolution du dispositif (Argumentaire § 2.2.).

Les questions sont :

- quelles sont les relations (déconseillées) entre le réseau de détournement des eaux extérieures, le réseau de drainage des sols d'activités et les bassins ?
- quelle est leur efficacité, leur état, leur relation avec le sol, les infiltrations, les surfaces éventuellement polluées, les zones de remblais et d'enfouissements ?
- quels sont l'état et le fonctionnement de l'émissaire hors site jusqu'au ruisseau de l'Étang qui draine tout le secteur nord-ouest de Saint-Ambreuil ?
- le décanteur séparateur d'hydrocarbures terminal (proposition Veritas 1992) a-t-il été installé, est-il efficace, permet-il de mélanger sans dommage les eaux de la zone industrielle et les eaux de drainage périphérique ?
- quel est précisément l'effet de cette "zone d'infiltration" située hors site le long du CD6, à l'amont du piézomètre Pz5 ?
- quelle est la profondeur des bassins, leur coupe par rapport à la coupe géologique, le niveau du fond par rapport à la couche aquifère polluée ?
- l'amélioration du système bassins (liaisons, étanchement côté aval, écran sous-jacent, déshuileur aval... (proposition Solétanche 1994) a-t-elle été faite (ce qui ne semble pas

le cas puisqu'elle était conditionnée à une étude de validation du rôle épurateur des bassins) ?

- quelle est la carte de la qualité de l'eau de ces réseaux et son évolution dans le temps, sur le site et en aval ?

***Toutes ces questions signifient que le rôle joué par le réseau de surface et son impact sur la qualité des eaux souterraines n'est - apparemment - pas très bien connu.***

### **b) Etat hydrique du sol (couche argileuse affleurante) et interrogation**

Le constat est une interrogation : la couche argileuse qui constitue le sol de la zone industrielle et couvre la couche sableuse aquifère n'est-elle pas saturée en eau une partie de l'année ou en période très humide ? C'est, en tout cas, l'hypothèse que l'on retient à l'examen des descriptions, des observations ou travaux, des photographies et du contexte géographique et géologique.

***Dans ce cas, le site serait privé de zone non saturée épaisse et permanente, beaucoup plus propice à l'épuration naturelle ou provoquée et au ralentissement des échanges entre la zone superficielle polluée et la nappe.***

### **c) Transferts à l'aplomb du site et interrogations**

La communication entre la surface polluée et la nappe de la couche sableuse a été prouvée par les campagnes de reconnaissance de la pollution des terres et des eaux, mais ses modalités ne sont pas précisément connues. La première lacune, importante, est ***l'ignorance des paramètres hydrodynamiques et hydrodispersifs du système*** sol, couche argileuse saturée, aquifère sableux sous-jacent, bassins et puits de surveillance hydrochimique (piézomètres). Seul un test de perméabilité sur un piézomètre est consigné dans le dossier (argumentaire § 1.3.). Sans piézométrie fine du site pour préciser les valeurs de charge hydraulique et les directions d'écoulement, sans valeurs de porosité et de coefficient d'emmagasinement, sans cartes de gradients de pollution, sans connaissances des caractéristiques des interfaces bassins-formations géologiques et de leur position relative, sans précisions sur l'équipement et l'état des puits de surveillance, ***on ne peut ni préciser les temps, les quantités et les directions de transfert de pollution, ni savoir exactement comment interpréter les résultats des analyses d'eaux de bassins et de piézomètres.***

### **1.3.2. Ecoulement souterrain à l'aval du site. Inconnue sur l'impact des fondations de l'autoroute A6**

Les cartes piézométriques (argumentaire, § 1.4.) indiquent que l'eau souterraine s'écoule vers la vallée de la Grosne, selon une direction sud-est. Mais leur limite ouest correspond à l'axe de l'autoroute A6 (qui borde le site...) et l'on est en droit de se demander si les fondations de l'autoroute n'ont pas modifié les écoulements souterrains

en les drainant, ou au contraire, en les alimentant (effet de barrière hydraulique). *Le dossier, qui n'apporte pas d'informations sur la profondeur et la perméabilité de ces fondations, ni sur la piézométrie induite, ne permet donc pas d'écarter l'hypothèse d'un drainage des eaux souterraines polluées.* A l'échelle de l'implantation des piézomètres de contrôle, comment savoir très précisément, dans ces conditions, où est l'aval hydrogéologique et si, par exemple, le seul piézomètre du site actuellement suivi (Pz3, au sud-est ; cf. fig. 2) n'est pas trop excentré ?

### **1.3.3. Relations avec le champ captant de Varennes-le-Grand. Inconnue sur le rayon d'influence des pompages**

Le dossier ne fournit pas d'information relative à l'influence des pompages sur la nappe de la vallée de la Grosne. On ne connaît ni les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère exploité, ni les conditions d'exploitation, ni les intentions de développement. *On ne peut donc exclure que le cône de rabattement de la nappe soit suffisant pour favoriser les échanges entre la Frette (bras de la Grosne), la nappe alluviale et les captages.* Notons que le périmètre de protection éloignée du champ captant va jusqu'à la Frette (ann. 10).

## 2. Remarques sur l'action menée pour la connaissance et la maîtrise de la pollution

L'activité à risque de pollution commence en 1971 ; une étude hydrogéologique est demandée par arrêté préfectoral dès 1981 ; la prescription est explicitée et complétée par une demande d'étude de la pollution, de son évolution, des risques en aval, des solutions de maîtrise, dans deux nouveaux arrêtés, en 1986 et 1989 ; trois études hydrogéologiques et trois études de pollution sont fournies par quatre bureaux d'études en 1987, 1991 et 1994 ; deux autres bureaux d'études soulignent à trois reprises, en 1994 et 1996, les compléments d'études nécessaires pour les projets de maîtrise de la pollution... L'histoire suscite un certain nombre de remarques.

### 2.1. SUR LA RECONNAISSANCE HYDROGEOLOGIQUE

Tardive (1987), la première étude (ann. 2) ne peut être considérée que comme une reconnaissance succincte et préliminaire, intéressante pour prendre la mesure de la situation et notamment du risque et pour orienter les recherches. Par exemple, elle donne une coupe schématique du sous-sol et met en évidence la présence d'un petit aquifère peu profond et peu transmissif, mais pour tout paramètre hydrodynamique, elle ne fournit qu'une valeur de test de perméabilité sur une seule composante du terrain et à l'extérieur du périmètre de la zone industrielle. Un seul traceur de pollution est recherché (hydrocarbures)\*. La piézométrie n'est qu'une esquisse. L'impact hydrochimique de l'autoroute est signalé mais non étudié.

*En fait, mis à part l'élargissement de la carte piézométrique en 1991 (ann. 3), l'étude hydrogéologique ne sera jamais développée.* Tous les bureaux d'études et les maîtres d'oeuvres des travaux proposés s'appuieront sur ces seules données de base sans commune mesure avec la somme demandée dans l'arrêté de 1989. Le comportement hydrique et hydrogéochimique de la couche superficielle polluée, les paramètres de l'aquifère sous-jacent, l'hydrologie de son substratum, lui-même constitué par des couches qualifiées de "très humides", l'impact hydrodynamique des fondations de l'autoroute, les modalités d'échanges entre l'eau de la couche polluée, de la nappe, des bassins, des piézomètres, du réseau superficiel, ne seront jamais précisées.

Curieusement, les nouveaux arrêtés préfectoraux de 1994 et 1995 ne réitèrent pas explicitement la prescription - non respectée - de 1989 et en viennent directement à la demande d'étude des solutions de maîtrise et de surveillance de la pollution.

---

\* Avant 1997, les résultats d'analyses DDASS-DRIRE laissent déjà pressentir la complexité de la pollution (solvants chlorés, hydrocarbures...).

## 2.2. SUR LA LOCALISATION DE LA POLLUTION

*De même, la reconnaissance de la pollution ne sera jamais complétée, malgré les avertissements de certains intervenants.* Déjà, en 1991, Polden-INSA (ann. 4.1) prévient que "les sols prélevés ne sont pas complètement représentatifs des différents secteurs contaminants du site... L'expertise finale, réalisée sur un nombre suffisant d'échantillons, permettra, elle seule, de valider..." (les hypothèses). Mais l'étude quantitative de 1994 n'étend pas les recherches, en dehors de quelques secteurs de la zone industrielle (ann. 5.2.), jugés préoccupants et aujourd'hui aucune évaluation globale en 3D ne peut être faite puisqu'on ne dispose ni d'une carte de la pollution du site et de ses abords ni des gradients de pollution horizontaux et verticaux sur toute l'épaisseur du terrain de couverture de l'aquifère. *On ne sait même pas s'il faut englober les chemins et même certains abords extérieurs comme l'intervalle CD6-piézomètre Pz5 dans le périmètre général des terrains pollués.*

## 2.3. SUR L'INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES

Par ailleurs, cette affaire n'échappe pas aux difficultés d'interprétation des résultats d'analyses rencontrées dans toutes les études de sites industriels à pollution organique composite. La référence pour définir la pollution du sol ou de l'eau est la teneur indiquée par la norme (norme de potabilité, norme de traitement, norme de rejet...) et, pour la plupart des composés organiques, cette teneur est très faible puisqu'elle se mesure en microgrammes ou en unités plus petites encore. Or cette échelle de mesure est généralement dans la fourchette des marges d'erreur dues aux imperfections des prélèvements sur le terrain et de l'analyse de laboratoire. L'expérience a déjà montré en Bourgogne qu'à ce niveau de concentration des écarts d'ordre de 1, 10 ou 100 étaient fréquents d'un échantillonnage à l'autre dans les mêmes conditions apparentes ou d'un laboratoire à l'autre. Les protocoles sont très stricts et exigeants et les procédures de réalisation, très contraignantes...

Le dossier nous apprend que plusieurs laboratoires sont intervenus et reste succinct sur les procédures et le soin réellement apporté aux prélèvements. En outre, il ne détaille pas l'équipement des piézomètres installés à au moins trois reprises. Or l'on sait que l'utilisation de tubes et crépines en PVC est très déconseillée pour le suivi de certains composés organiques (tels que les PCB) adsorbés par ce matériau. Les concentrations indiquées doivent donc être lues avec beaucoup de circonspection et nous n'hésitons pas à les arrondir dans les tableaux synthétiques de l'argumentaire.

L'interprétation des analyses chimiques à Varennes-le-Grand est d'autant plus délicate que n'ont pas été localisées précisément et différenciées les différentes sources de pollution (site industriel, autoroute...) et que l'on ne connaît pas le système hydrodynamique et hydrodispersif.

## 2.4. SUR LES MESURES PRISES POUR LA SURVEILLANCE HYDROCHIMIQUE ET CONTRE L'EXTENSION DE LA POLLUTION

D'autre part, *le système palliatif installé seulement depuis l'automne 1997 (pompage à l'aval, réinjection à l'amont ; ann. 6.2.) ne garantit, dans l'état actuel des connaissances du site, ni son isolement hydraulique, ni le piégeage total de la pollution* et il n'y a pas d'effet sur la source toujours actuelle de cette pollution, à savoir le sol pollué. C'est, d'ailleurs, la disposition minimale parmi toutes celles qui ont été proposées de 1994 à 1998. Il convient de préciser que la prescription officielle à l'origine de l'installation de ce système est accompagnée d'une nouvelle demande de proposition de traitement du sol pollué, ce qui peut donner alors tout son sens au pompage de rabattement aval.

En outre, *l'efficacité du système de bassins aval qui a commencé à être mis en place dès la fin des années 1980 aux fins d'épuration naturelle de la nappe n'a toujours pas été évaluée*. Pourtant, en 1994, les bureaux d'études insistent sur le besoin de validation de cette mesure de protection (ann. 7.1. et 8). Ce contrôle pourrait être assuré en partie par un suivi hydrochimique sur des piézomètres judicieusement implantés, ce qui conduit à souligner une fois de plus l'intérêt de disposer d'une carte de la pollution et de données hydrodynamiques précises. En fait, sans même considérer ce projet de validation, on constate que le système de surveillance actuelle est relativement réduit puisqu'il ne comporte aucun piézomètre dans la zone d'activité et que le seul piézomètre suivi dans la zone industrielle (Pz3) est sur sa limite, séparé de la zone d'activité par l'un des bassins.

### **3. Evolution de la pollution**

Il est possible d'avoir une image de l'évolution de la pollution (dont on connaît ici la nature chimique) à partir :

- de sa cartographie ;
- des gradients horizontaux et verticaux ;
- de l'historique précis et exhaustif des activités accompagné de la carte des sources polluantes ;
- de calculs réalisés sur la base des paramètres hydrodynamiques.

Un modèle hydrodynamique et hydrodispersif peut être réalisé. Un suivi hydrochimique pendant une assez longue période sur un réseau de puits de surveillance (piézomètres), dont l'implantation est déterminée à partir des cartes de l'étude, est évidemment très profitable à la compréhension des phénomènes et à la prévision.

Dans l'affaire du site THEMEROIL, on ne dispose d'aucun de ces outils de prévision et l'on doit donc se contenter de déductions, d'hypothèses et de "bon sens géologique".

#### **3.1. EVOLUTION DE LA POLLUTION DU SOL**

On sait, tout d'abord, que la pollution chimique organique du sol se transforme, se réduit très lentement et se fixe en partie par des processus complexes d'évaporation, de dégradation chimique et biochimique, d'adsorption, etc. Si, par exemple, des huiles de type Pyralène ont été déversées sur le sol autrefois, le solvant s'est évaporé et les PCB, solides quasiment insolubles dans l'eau, sont restés fixés dans l'argile.

Mais on a constaté sur le site de Varennes que des hydrocarbures légers ou lourds et des solvants chlorés se trouvaient aussi bien à 10 ou 60 cm, qu'à 1 ou 2 m de profondeur, la concentration à 60 cm étant souvent plus forte qu'à 10 cm. D'autre part, on a souligné que ces composés se trouvent aussi dans l'eau de la nappe à 3 ou 4 m de profondeur, mais à des teneurs 1 000 ou 100 fois moindres. La pollution traverse donc lentement la couche argileuse, apparemment saturée en eau une partie du temps et le phénomène peut durer longtemps sans que l'on sache de quels produits résiduels la nappe héritera et dans quelles concentrations.

Par ailleurs, on notera (pour mémoire) le risque de rencontre dans le sol d'hydrocarbures et de PCB, les premiers étant un solvant pour les seconds.

### 3.2. POLLUTION DE LA NAPPE ET RISQUE A L'AVAL

Des espoirs d'épuration naturelle ont été fondés sur la présence des bassins creusés en limite aval du site mais la pollution détectée dans le piézomètre situé 100 m plus loin est de même nature et de même ordre que sur les bordures de la zone industrielle. Cependant, on ne sait encore pas s'il s'agit du nuage de pollution émanant de la zone industrielle, des conséquences de l'infiltration d'eau polluée de l'émissaire ou de contamination par une friche, un remblai ou un enfouissement hors site. En tout cas, dans l'état actuel des choses, la très lente dérive d'une pollution aux teneurs correspondant à celles qui ont déjà été mesurées est vraisemblable, mais aucun polluant spécifique du site n'a encore été trouvé à un kilomètre en aval.

Beaucoup moins vraisemblable est la pollution du champ captant de Varennes-le-Grand, même en considérant que le site des Mouilles est en relation hydrogéologique avec la nappe alluviale de la Grosne et la rivière, lesquelles sont peut être dans la zone d'influence des pompages (hypothèse qui reste à démontrer). Le champ captant bénéficie de trois protections :

- la distance à parcourir par l'eau polluée dans des terrains filtrants et de faible perméabilité (2 km) ;
- la lenteur de cet écoulement souterrain, favorable à tous les processus naturels de résorption ;
- la dilution progressive entre le site et la vallée qui devient très importante sous la plaine alluviale.

Au titre de la rigueur et de l'exhaustivité, on notera cependant les éventualités suivantes :

- migration de produits décomposés ou recomposés solubles et persistants ;
- emprunt de "raccourcis" comme le drainage souterrain par les fondations de l'autoroute (voir le CETE) ou le drainage par les réseaux de surface reliés au ruisseau de l'Etang ;
- ***cumul des pollutions du versant*** (site, autoroute, aire de service de Saint-Ambreuil, activités à Saint-Ambreuil et dans la vallée, engrais et produits phytosanitaires...).

## 4. Mesures de protection

### Remarques sur les propositions techniques

Pour surveiller, fixer et même résorber la pollution du site THEMEROIL, les solutions ne manquent pas. Le dossier est même un catalogue de propositions techniques intéressantes, complémentaires et déjà expérimentées sur d'autres sites pollués. Mais on ne peut énoncer ici péremptoirement les mesures à prendre sans maîtriser les critères de décision qui dépendent du seuil de tolérance de pollution sur le site sinistré, de l'exigence de qualité des eaux à la sortie, des exigences en matière prévisionnelle, du coût des études et des délais qu'elles imposent, etc. Cependant, l'analyse des solutions proposées suscite quelques commentaires complémentaires qui peuvent orienter les décisions de l'Autorité administrative.

#### 4.1. CLASSEMENT DES PROPOSITIONS

Classées de la mesure minimaliste aux exigences radicales, les propositions qui semblent opportunes sont les suivantes :

- a) simple surveillance de la nappe à l'aval du site pollué ;
- b) mesure a et amélioration de la barrière "d'épuration naturelle" constituée par des "bassins d'émergence de la nappe" en limite aval de la zone polluée (CETE, SOMMERIA, SOLETANCHE, ann. 7.2. et 3) ;
- c) mesure b avec perfectionnement du réseau de surveillance de la nappe par piézomètres pour suivre l'évolution de sa qualité ;
- d) confinement du site par cloisonnement périphérique ancré dans l'argile du substratum de l'aquifère à au moins 6 m de profondeur (à confirmer par sondages) et couverture (ann. 7.6.) ;
- e) mesure c avec ou sans b et pompage de rabattement dans la zone polluée, traitement simple de l'eau (décantation, déshuilage, oxygénation naturelle) et réinjection de place en place dans la zone superficielle de la couche argileuse affleurante, avec apports de nutriments (NP) pour hâter la biodégradation (BURGEAP ; ann. 8) ;
- f) mesure e avec traitement et oxygénation plus efficaces de l'eau (stripping ; GRS VALTECH, ann. 9) ;
- g) confinement d et traitement e ou f.

Ne sont pas retenus dans cet inventaire :

- la mesure unique du pompage aval et de la simple réinjection amont (dispositif actuel) pour les raisons évoquées plus haut (chap. 2 ; § 2.4) ;
- le traitement du sol pollué par drains d'aspiration et extraction sous vide (proposition GEOVAC), conçu pour les terrains non saturés en eau et pour le seul traitement des polluants volatils ;

- l'étanchement partiel, aval, sous ou contre les bassins avec raccordement de ceux-ci au réseau de drainage de surface (SOLETANCHE ; ann. 7.4. et 7.5.) en raison du rejet d'eau de nappe dans le réseau superficiel et de la charge corrélative de traitement ;
- le traitement sur site (proposition GEOVAC) ou l'enlèvement des terres polluées en raison des volumes à traiter qui peuvent être considérables et de la saturation en eau partielle ou totale et probablement périodique de la couche argileuse affleurante et polluée.

## 4.2. OPTIONS

Si l'on accepte, au moins dans un premier temps, d'abandonner le sol de la zone industrielle à sa pollution, on peut se contenter de surveiller l'évolution de la composition de l'eau à l'aval du site. En cas de dégradation de la qualité, une intervention serait décidée. *Mais si l'on ne tolère pas cet abandon, la solution f paraît la plus intéressante.* En tous cas, certains compléments d'études et de travaux sont indispensables pour les implantations, les estimations de faisabilité et d'efficacité ou les temps de sujétions.

## 4.3. ETUDES ET TRAVAUX COMPLEMENTAIRES

### 4.3.1. Confirmation des directions d'écoulement

Toutes les options comportent une surveillance aval. *L'aval doit donc être très bien défini* et toute possibilité de perturbation due aux fondations de l'autoroute doit être mise en évidence ou infirmée clairement. Une enquête sur ces fondations est donc à prévoir, de même qu'un affinement et notamment un élargissement de la carte piézométrique à l'ouest, au-delà de l'autoroute.

*Deux piézomètres seraient implantés à proximité aval du périmètre des zones polluées à partir de cette carte*, laquelle confirmerait si Pz5 est bien placé pour être l'un d'eux et si Pz7 et Pz9 sont également à conserver.

### 4.3.2. Tracé du périmètre de l'ensemble des zones d'activité, de remblais, de déversements et d'enfouissements polluants

De même, toutes les options ainsi, d'ailleurs, que l'interprétation des analyses faites sur le réseau actuel requièrent la connaissance de ce périmètre qui n'englobe pas que la zone des ateliers. On sait déjà qu'une ou des voies d'accès sont en remblais de résidus industriels. On pourra procéder par enquête, observation du terrain, analyse comparative de missions photographiques aériennes de l'IGN, fouilles, prélèvements et dosages, etc.

Les deux piézomètres aval, proches du site, seront implantés en tenant compte de ce périmètre dont ils doivent rester assez proches, l'un pouvant être malgré tout, plus écarté que l'autre (contrôle de l'évolution).

#### **4.3.3. Contrôle et amélioration du réseau de surveillance de la nappe**

Si l'on veut valider le rôle épurateur des bassins, suivre l'évolution de la pollution de la nappe ou contrôler l'efficacité des mesures de dépollution, il serait intéressant de pouvoir disposer aussi d'un piézomètre au lieu géométrique des zones pollués, et de deux piézomètres, respectivement de part et d'autre des bassins, à proximité. D'autre part, tous les piézomètres anciens doivent être contrôlés et la poursuite d'une surveillance sur des ouvrages équipés en PVC est déconseillée pour le suivi de certains composés (voir § 4.3.4.).

#### **4.3.4. Réactualisation de l'étude chimique**

Plusieurs raisons incitent à consulter les spécialistes en hydrogéochimie :

- les premiers polluants se sont peut-être infiltrés il y a près d'une trentaine d'années et l'essentiel de la pollution aurait plus de 10 ans. Sa composition actuelle dans le sol n'est plus ce qu'elle était à l'origine ;
- la rétention du sol est importante, les migrations très lentes ;
- le suivi de l'évolution de la pollution est possible à condition de pouvoir disposer d'un certain nombre de puits de prélèvement (piézomètres) ; il peut être très long ;
- certaines analyses sont onéreuses, de même que l'application de certains protocoles de prélèvement qui doivent être très stricts et exigent donc du temps, du matériel et un personnel qualifié.

*Il conviendrait donc de redéfinir les meilleurs traceurs de pollution* en partant des deux études chimiques de 1991 et 1994 et des informations hydrogéologiques de cette expertise tout en tenant compte des sujétions de surveillance. De plus, un avis serait donné sur l'équipement des piézomètres.

#### **4.3.5. Cartographie de la pollution du "sol"**

Nous distinguons "tracé du périmètre de l'ensemble des zones polluées" et "cartographie de la pollution". Cette seconde prestation est plus lourde que la première puisqu'il s'agit de prospecter systématiquement le sol et mettre en évidence les gradients de pollution. *Mais on voit mal comment planifier la dépollution dans les solutions e, f et g et notamment comment planifier la réinjection, sans cette carte, déjà suggérée par les bureaux d'études.*

Par souci d'économie, on pourrait, à la rigueur, se dispenser d'une prospection systématique sur toute l'épaisseur de la couche argileuse affleurante et se contenter (pour

cette prospection profonde) de quelques stations de mesures pour avoir une idée du gradient vertical. Elles seraient sélectionnées sur la carte de la pollution en surface. Quoiqu'il en soit, l'état hydrique du terrain est à prendre en compte pour la prospection qui s'effectuera dans la zone du premier mètre.

Rappelons qu'il existe des méthodes d'intervention plus légères que celle du prélèvement de terre et d'envoi au laboratoire. Une proposition de détection sur site a été faite. Le dépistage de pollution in situ et sur site est pratiqué depuis longtemps. Le projet devrait être soumis à l'équipe d'hydrogéochimie qui réviserait la question des traceurs. Il n'exclut pas les prélèvements et analyses de laboratoires aux fins d'étalonnage et de contrôle.

#### **4.3.6. Acquisition des paramètres hydrodynamiques de la nappe**

On voit mal aussi comment chiffrer quelque prévision que ce soit sur l'évolution de la pollution, les concentrations ou les temps de transfert avec la connaissance rudimentaire actuelle sur le système hydrodynamique. *Pire, on voit mal comment justifier de l'opportunité des travaux commandés sans étude de faisabilité.* Pour ne citer que quelques questions : la réinjection sera-t-elle possible dans ce sol argileux apparemment en partie saturé ? A quel débit ? Selon l'expérience de sites similaires (dont on connaîtrait les paramètres hydro-dynamiques) qu'est-on en droit d'espérer ? Quelle est approximativement la fourchette de temps nécessaire ? La charge d'une dépollution de ce type est lourde... *De l'avis de certains bureaux consultés et du nôtre, cette étude hydrodynamique doit être programmée. Il y a neuf ans qu'elle a été prescrite par arrêté préfectoral.*

#### **4.3.7. Modélisation**

Même la modélisation a été prescrite, en 1989... Il est certain qu'à partir du moment où on engage cette étude hydrogéologique du site, l'aboutissement normal est le traitement informatique des données obtenues. Le modèle hydrodynamique permet de planifier mieux encore la dépollution, l'installation du réseau de surveillance et la surveillance elle-même, surtout s'il est accompagné d'un modèle hydrodispersif, car on ne doit pas confondre écoulement de l'eau et transferts de pollution.

#### **4.3.8. Plan de gestion des eaux de surface**

*Enfin dans tous les cas, il faut contrôler le drainage du site et, si besoin, l'améliorer.* Il ne devrait pas y avoir de communication avant épuration complète entre le réseau de détournement des eaux de ruissellement extérieures, le réseau de drainage de l'autoroute et le réseau de drainage des sols de la zone industrielle. *La pollution de l'émissaire et du ruisseau de l'Etang serait plus préoccupante que celle de la nappe.*

## Conclusion

L'objectif de cette expertise était la réponse à une triple demande de la DRIRE de Bourgogne sur le site pollué de la société THEMEROIL à Varennes-le-Grand :

- analyse et synthèse critique des actions et investigations menées jusqu'à présent ;
- estimation du risque de pollution des eaux souterraines ;
- propositions quant à l'orientation à prendre vis-à-vis de la gestion du site.

Au premier volet, nous avons répondu d'abord par un bilan des connaissances acquises depuis que le site est l'objet d'études. Elles permettent aujourd'hui d'apprécier "qualitativement" la situation et de répondre à la question du risque par un avis tout aussi "qualitatif". Celui-ci revient à relativiser les conséquences de cette pollution du sol, à considérer le champ captant de Varennes-le-Grand comme trop éloigné pour qu'il soit menacé à court ou moyen terme par la voie souterraine, mais à souligner le risque de cumul des effets de toutes les activités polluantes du versant et de la vallée.

Mais ce bilan, puis l'analyse de l'action menée pour acquérir cette connaissance et maîtriser la pollution ont focalisé la critique sur deux constats :

- une somme considérable de lacunes relatives essentiellement à la répartition de la pollution et à l'hydrogéologie ;
- un décalage très grand entre, d'une part, les prescriptions officielles, leur calendrier et le schéma classique d'une reconnaissance systématique de site pollué et d'autre part, les réalisations.

Ceci aurait de quoi surprendre si l'expérience n'apprenait pas que l'histoire n'est pas originale et se comprend mieux si l'on évoque :

- la complexité et les contraintes de gestion d'un site industriel ;
- l'évolution des mentalités, des lois et des règlements en matière d'environnement depuis 1971, date du début de l'activité sur le site ;
- une certaine perplexité ambiante sur le milieu souterrain ;
- la charge financière à assumer pour mobiliser les compétences et faire les études et travaux nécessaires à la reconnaissance de ce milieu.

Toujours est-il qu'en 1998, on est encore incapable de quantifier précisément quoi que ce soit pour prouver l'efficacité de ce qui a déjà été installé, pour assurer la faisabilité de certaines méthodes, pour évaluer des temps nécessaires, chiffrer des devis et même localiser précisément certains travaux.

On ne s'étonnera pas, par conséquent, que cette expertise ne puisse déboucher sur "la" solution à adopter. Elle le peut d'autant moins que les critères de décision - qui appartiennent à l'Autorité administrative - lui échappe. Il s'agit de savoir en effet :

- si l'on doit relancer les études qui - compte tenu des lacunes à combler - auront un coût important et imposeront de nouveaux délais ;
- si l'on ne tolère aucun abandon de sol pollué ;
- si les normes doivent être appliquées sans compromis ;
- si l'on peut se contenter, dans un premier temps, de surveiller la qualité de la nappe à l'aval...

Mais le dossier ne manque pas de propositions et les commentaires de ce rapport sur les projets techniques et les études complémentaires envisageables devraient répondre au troisième souhait de la DRIRE relatif à l'orientation des interventions à Varennes-le-Grand.

## **ARGUMENTAIRE**

# 1. Précisions sur les conditions géologiques et hydrogéologiques

## 1.1. GEOLOGIE DU SITE

La constitution du sous-sol du site industriel est relativement bien connue. Selon les coupes de sondages du CETE-LRPC d'Autun de 1987 (cf. fig. 3 et ann. 2.2. à 2.4.) et celles de la banque des données du sous-sol (dont il n'est pas fait état dans le dossier), la coupe du terrain peut être schématisée de la manière suivante :

- couche 1 : argile plus ou moins plastique, sableuse et carbonatée selon l'endroit et la profondeur, relativement peu perméable ; épaisseur dans sept sondages périphériques : 1,7 à 2,6 m, souvent 2,5 m ;
- couche 2 : sable qualifié de moyen ou fin ou limon selon les auteurs (et les endroits) sur 1,5 à 2,5 m, saturé en eau ;
- ensemble composite 3 : alternance de couches argileuses ou marneuses et de couches limoneuses (ou silto-argileuses) avec ou sans fraction sableuse, de perméabilité faible à très faible, de 1 à 3 m d'épaisseur, sur au moins 8 à 9 m.

Le sondage de 12 m, effectué en limite est du site (n° 10 de l'ann. 2.2. et fig. 3), rencontre une couche de limon sableux "très humide" de 6,5 à 8,5 m. Le sous-sol "profond" n'est connu (par deux sondages) que jusqu'à 12 à 13 m de profondeur, mais le contexte permet de considérer que le terrain de type 3 se poursuit sur une grande profondeur.

## 1.2. RAPPORT GEOLOGIQUE AVEC LES VALLEES DE LA GROSNE ET DE LA SAONE

Le contexte géologique est également relativement bien connu. Les couches 1 et 2 et, peut-être, une petite partie supérieure de l'ensemble 3 appartiennent à la "terrasse de Saint-Cosme" sur laquelle se trouve donc l'usine (ann. 5.3.). Il s'agit d'alluvions quaternaires anciennes emboîtées dans les "marnes de Bresse", formation plio-quaternaire de type 3, à dominante marneuse, globalement fort peu perméable et que l'on retrouve quasiment partout dans les sondages sous les alluvions du confluent Saône-Grosne et à l'affleurement au nord-ouest dans la région des forêts de Givry et de la Ferté.

Selon la carte géologique (cf. fig. 1), les "marnes de Bresse" affleurent à 500 ou 1 000 m au nord et au nord-est du site alors qu'au sud, creusées par une ancienne vallée de la Grosne, elles disparaissent sous le remplissage alluvial qui constitue la terrasse de Saint-Cosme. Mais à 2 km au sud et en aval du site industriel, s'ouvre dans cette terrasse la vallée récente de la Grosne. Sa plaine est formée par des alluvions sablo-graveleuses qui sont emboîtées dans les alluvions anciennes de Saint-Cosme et dans les marnes de Bresse. Au confluent, cet alluvionnement récent rejoint celui de la Saône, également emboîté dans la terrasse de Saint-Cosme et dans les marnes de Bresse. Le champ captant de Varennes-le-Grand est sur cette plaine alluviale.

La question géologique intéressante dans l'affaire THEMEROIL est celle de la présence de sables et graviers perméables à la base de la formation de Saint-Cosme. C'est le cas dans le Val de Saône où l'on trouve, sous des argiles, des limons et des sables du type des couches 1 et 2 du site, 4 à 8 m de sables et graviers, dans lesquels sont donc emboîtés les sables et graviers récents. *Mais les sondages effectués dans le secteur du site et de Saint-Ambreuil confirment qu'on ne retrouve pas cette couche d'alluvions grossières sur la bordure nord-ouest de la vallée de la Grosne.*

### 1.3. HYDROGEOLOGIE DU SITE

D'après les données du dossier, très succinctes pour ce genre d'affaire, on peut déduire que :

- le site industriel est à l'aplomb d'une petite nappe en charge dans la couche sableuse 2, comprise en moyenne entre 2,5 et 4 ou 5 m de profondeur ;
- la couche argileuse superficielle 1 est probablement saturée en période humide par infiltration d'eau superficielle et/ou par drainance (ascensionnelle) à partir de l'aquifère 2.

Les données chiffrées se résument aux suivantes :

- cote piézométrique (niveau statique de l'eau dans les piézomètres) oscillant entre une cote proche de la surface et une cote proche du toit de la couche aquifère 2, selon l'endroit et la saison ;
- perméabilité de la couche aquifère 2 connue par un essai impulsionnel type Lefranc dans un sondage hors du périmètre de l'usine au sud-est (sondage n° 5 ; ann. 2.2.) :  
$$K = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s ;}$$
- pente de la nappe estimée sur 700 m, à partir du site et dans la direction sud-est : 5 ‰ ;
- vitesse de transit de l'eau dans l'aquifère 2 donnée dans la première étude (CETE-1987) à partir de ces paramètres : 2 à 20 m/an.

### 1.4. PIEZOMETRIE - RELATIONS HYDROGEOLOGIQUES DU SITE ET DU SYSTEME AQUIFERE ALLUVIAL GROSNE-SAONE

Une première carte piézométrique du site a été esquissée en 1987 (ann. 2.5.) puis prolongée en 1991 jusqu'à la Grosne au sud, à Varennes-le-Grand et à son champ captant (ann. 3.2.). Elles indiquent que l'eau des alluvions s'écoule vers le sud ou le sud-est, puis sous la plaine de la Grosne, jusqu'au confluent avec le Val de Saône. La Grosne et ses alluvions récentes sablo-graveleuses jouent le rôle de drain de l'ensemble de la vallée, terrasse de Saint-Cosme comprise.

L'eau de la couche 2 et des autres couches sableuses qui peuvent se développer latéralement dans la formation de Saint-Cosme s'écoule donc très lentement vers le sud ou vers Saint-Ambreuil (sud-est), puis est captée latéralement par les alluvions grossières de la vallée de la Grosne dont la nappe est, elle-même, en relation avec le cours d'eau. La zone du champ captant n'a pas fait l'objet d'une piézométrie fine, nécessaire pour mettre en évidence les relations hydrauliques avec la Grosne.

## **2. Résumé sur l'activité de l'usine, l'état du sol et la maîtrise des eaux superficielles**

### **2.1. ACTIVITE CHIMIQUE**

Selon le dossier, la société THEMEROIL récupère les huiles usagées de 1971 à 1986 et les solvants chlorés (COV ou composés organo-halogènes volatils) de 1984-1988. Elle les régénère à chaud en produisant des goudrons sulfuriques qui sont en partie évacués et en partie stockés sur place sous forme de mélange résidu-sable-chaux.

La récupération des huiles de transformateurs électriques de type Pyralène (PCB ou polychlorobiphényles dans un solvant type trichlorobenzène) n'est pas à exclure. Des PCB ont été identifiés dans les résidus stockés.

Depuis 1988, le procédé à chaud est arrêté et l'on mélange à froid des produits du type huiles minérales, white spirit et additifs pour la production d'hydrofuges, d'huiles de protection, d'adjuvants, de décoffrants, de démoulants... pour le bâtiment.

### **2.2. REMARQUES ESSENTIELLES SUR L'ETAT DU SOL, LES ETANCHEMENTS, STOCKAGES ET ENFOUISSEMENTS**

Les remarques faites par les divers bureaux d'études sur l'état et l'occupation du sol, quelque peu illustrées par les photographies du dossier, sont les suivantes :

- dans les années 1970, le terrain d'activité hors ateliers est nu en tout ou partie ;
- des travaux de bétonnage du sol commencent en 1981 ;
- après 1981, l'étanchement des zones d'activité et de stockage de produits chimiques n'est ni continu, ni total (état du revêtement de sol). L'eau de pluie sur les surfaces bétonnées et les fuites de produits ne sont pas (ou pas partout) retenues et peuvent gagner le sol nu. Des stockages relativement importants de récipients de produits chimiques sont faits sur sol nu. Des canalisations mobiles et flexibles courent sur le sol nu d'un atelier ou d'un réservoir à l'autre ;
- le mélange goudrons sulfuriques-sable-chaux des années 1970-1980 sert de remblai en différents endroits du site et sous le ou les chemins d'accès ;
- selon une note de l'Administration (1989), on croit à des enfouissements clandestins. Une allusion faite par un bureau d'études incite à ne pas écarter cette hypothèse ou celle de l'existence d'une friche industrielle pour expliquer la pollution du piézomètre n° 5 hors site, à l'aval (Pz5, BURGEAP 1974).

### 2.3. DRAINAGE DES EAUX DE SURFACE

Les photographies prises en 1989 font apparaître un sol très humide, relativement peu perméable, peu drainant. Cette "mouille" (appellation bourguignonne des marécages et nom du lieu-dit) était en 1987, drainée sur les trois côtés nord, ouest et sud du site industriel par un fossé en grande partie commun avec celui de l'autoroute A6. Mais un plan de 1994 (ann. 5.2.) ne porte plus trace des branches nord et sud du fossé de drainage périphérique. En revanche, il localise les deux bassins supplémentaires creusés entre 1987 et 1991. D'autre part le fossé de drainage périphérique s'élargit à l'ouest en un "bassin d'incendie" qui est aussi le bassin de réception des eaux de ruissellement de l'autoroute. L'émissaire commun part au sud-est le long de la route D6 pour rejoindre ensuite le ruisseau de l'Etang qui se déverse sur la plaine alluviale de la Grosne à 3 km au sud-est.

A la sortie du site (ann. 2.6.), un segment de l'émissaire est qualifié de "zone d'infiltration", à l'amont hydraulique du piézomètre Pz5 (lequel est situé à 40 m au sud).

Par ailleurs, l'eau de pluie des aires bétonnées est recueillie par un réseau de rigoles et fossés qui passe par quatre décanteurs. L'émissaire du dernier décanteur se jette dans le fossé périphérique à la sortie sud-est du site. *Il y a donc mélange entre les eaux de drainage de l'ensemble du site et les eaux de drainage des aires d'activité passées par les décanteurs.*

En 1992, le bureau Veritas propose l'installation d'un séparateur d'hydrocarbures.

### 3. Pollution du site

#### 3.1. PREMIER INDICE DE POLLUTION DE L'EAU SOUTERRAINE

La première étude hydrogéologique (LRPC 1987 ; ann. 2.1.) signale la présence d'hydrocarbures dans le piézomètre n° 10 situé en limite orientale du site industriel (ann. 2.5.). La teneur de la nappe de la couche sableuse 2 est de 0,7 mg/l, mais 0,2 mg/l sont trouvés dans le piézomètre témoin amont n° 9, placé en bordure de l'autoroute A6.

Cependant, le dossier comporte un bulletin d'analyses de mai-juin 1986 qui signale déjà la présence d'hydrocarbures (0,7 à 3,9 mg/kg) et de composés organohalogénés volatils (0,005 à 0,05 mg/l selon les composés) dans des piézomètres dont on n'a pas la carte d'implantation.

De 1987 à 1990, la qualité de l'eau des piézomètres est suivie par la DASS et la DRIRE, qui confirment la présence d'hydrocarbures et de solvants chlorés dans la nappe, les teneurs allant du microgramme au milligramme par litre.

#### 3.2. IDENTIFICATION DES POLLUANTS DU SOL ET DE LA NAPPE

En 1991, une campagne de prélèvements de terres et d'eau est réalisée (Polden INSA de Lyon ; ann. 4.1.) pour "détecter les produits significativement présents sur le site afin de les rechercher ensuite..." et de les doser dans une phase d'évaluation quantitative ultérieure. Les échantillons de terre analysés sont dix prélèvements de terre à 1 ou 2 m de profondeur, inégalement répartis en fonction des sources de pollution possible, sur une aire d'un hectare environ (ann. 4.2.). S'y ajoutent 5 prélèvements d'eau dans 4 piézomètres en limite de zone industrielle et dans 1 piézomètre aval et 3 prélèvements d'eau dans deux bassins en long, dits d'épuration de l'eau de la nappe, creusés au sud entre le périmètre industriel et le CD6 (ann. 4.3.). Les échantillons d'eau et de terre ont été respectivement mélangés pour cette recherche purement qualitative qui aboutit à mettre en évidence la présence :

- d'arsenic et de fer dans l'eau \* et dans les terres \*\*;
- de zinc, manganèse et fer \* ;
- de solvants chlorés ou composés organohalogénés volatils (COV), tels que :

. chloroforme,	*	**
. trichloréthane	*	**
. tétrachloréthylène	*	**
. tétrachlorure de carbone		**
- de composés halogénés et iodés :

. dichlorométhane	*	?
. chloriodométhane	*	?

- d'hydrocarbures aliphatiques saturés ou paraffines (heptanes, octanes, nonanes, etc.)	*	**
- d'hydrocarbures souffrés :		
. benzothiophène	*	?
. méthylbenzothiophène	*	?
. dibenzothiophène	*	
. méthyldibenzothiophène	*	?
- d'hydrocarbures aromatiques volatils (ou monocycliques = CAV) :		
. toluène	*	?
. diméthyléthyl et méthylbenzène	*	?
. 5-méthyl ou 6-méthyl tétrahydro-	*	?
naphtalène	*	?
. 2-phényloctane	*	?
- d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) :		
. naphtalène	*	?
. méthyl naphtalène	*	?
- de composés oxygénés :		
. acétone		**
. cétones, alcool et carboxydes aromatiques	*	?
. esters d'acides gras	*	?

\* : eau

\*\* : terres

? : pas d'analyse sur les terres.

### 3.3. DOSAGE DES POLLUANTS DU SOL ET DE LA NAPPE

L'étude quantitative est réalisée en 1994 (SOMMERIA, ann. 5.1.). Elle montre que les principales familles de composés organiques représentées dans les terres et dans l'eau de la nappe sont :

- des hydrocarbures non volatils divers (voir la liste précédente), classables dans le groupe des "huiles minérales" ;
- les solvants chlorés (COV) ;
- les hydrocarbures volatils.

les deux premiers groupes donnant les teneurs maximales.

### 3.3.1. Pollution de la zone superficielle de la couche 1

Plusieurs prélèvements de terres ont été effectués sur quatre emplacements (ann. 5.2.) :

- celui des ateliers de 1994 (S1) ;
- celui de l'ancien atelier de solvants chlorés (S2) ;
- celui de la ferme-laboratoire (S3) ;
- celui du quai anciennement réservé au stockage des goudrons sulfuriques (S4).

Sur chaque zone, les prélèvements ont été faits en trois points et à deux niveaux : au ras du sol (à 10 cm sous l'interface dalle-ciment - terrain) et à 50 ou 60 cm de profondeur. Dans chaque zone, les 3 échantillons de surface et les trois échantillons de fond ont été respectivement mélangés.

Le tableau suivant indique l'ordre de grandeur des teneurs maximales et minimales dosées, en milligrammes par kilogrammes.

Composés chimiques	Teneurs arrondies (mg/kg)			
	Surface		50/60 cm	
	en 1994	maximum	minimum	maximum
Sulfates	27 000	1 000	22 000	200
Sulfures	200	10	500	3
Huiles minérales (hydrocarbures divers non volatils)	5 000	7	5 000	150
Hydrocarbures volatils	1 000	< 0,02	2 000	< 0,02
Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques	300	< 0,01	700	< 0,01
Hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (HAP)	15	< 0,00005	15	< 0,00005
Solvants chlorés	700	3	900	0,3
Polychlorobiphényles (PCB)	7	1	10	0,4

Un tableau plus détaillé (ann. 5.5.) fait apparaître que les teneurs à 50 cm sont tantôt plus faibles, tantôt plus fortes que les teneurs en surface, mais que sous le quai de stockage des goudrons sulfuriques, la teneur de presque tous les composés augmente en profondeur, phénomène qui signe l'ancienneté de la pollution.

Les investigations n'ont pas été poursuivies en profondeur dans la couche 1 en raison de sa saturation en eau.

### 3.3.2. Pollution de la nappe

Des prélèvements d'eau ont été réalisés sur de nouveaux piézomètres d'un diamètre adapté aux pompes de prélèvement (56 mm) et installés à côté des piézomètres anciens (ann. 5.2. et fig. 2), en amont du site (Pz 9), à l'ouest et au sud du site (Pz 2, 3, 4) et à

l'aval (Pz 5, 7 et 8). D'autres prélèvements ont été faits dans les trois bassins et dans cinq puits situés en aval.

Le tableau suivant indique l'ordre de grandeur des teneurs dosées, en milligrammes par litre. Les valeurs inférieures au microgramme ne sont pas indiquées ici. Deux tableaux plus détaillés sont fournis en annexes 6 et 7.

Composés chimiques dans l'eau souterraine en 1994	Teneurs arrondies en mg/l					
	Amont	Site			Aval proche	Aval lointain
		Pz 9	Pz 2, 3, 4		Pz 5	Pz 7, 8
		maximum	minimum	maximum		maximum
Sulfates	200	500	100	100	70	60
Nitrates	--	1	< 0,5	3	--	10
Solvants chlorés	0,002	10	0,07	0,02	1	--
Hydrocarbures volatils	--	30	< 0,02	--	10	--
Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques	--	2	< 0,01	--	0,1	
Hydrocarbures divers non volatils (huiles minérales)	0,15	1	0,6	0,2	--	--

Les HAP ne sont détectés qu'à l'état de traces aussi bien à l'amont qu'à l'aval, les PCB sont sous le seuil de détection (5 µg/l), de même que les sulfures (0,05 µg/l). La présence de poissons dans les bassins est notée.

Selon une analyse récente (31/07/97), l'eau du piézomètre Pz3, situé au sud-est du site et au-delà du bassin creusé en limite de zone industrielle et l'eau du piézomètre Pz5, à une centaine de mètres en aval du site, comportent des hydrocarbures légers et surtout des solvants chlorés. Le tableau suivant indique l'ordre de grandeur des teneurs dosées en milligrammes par litres. Les valeurs inférieures au microgramme ne sont pas indiquées ici.

Composés organiques dans l'eau souterraine en 1997	Teneurs (mg/l)			
	amont	limite site	aval proche	aval lointain
	Pz9	Pz3	Pz5	Pz7
Organohalogènes volatils . 1, 2, dichloroéthylène . autres	-	3 0,2 à 0,003	6 0,2 à 0,004	0,001
Hydrocarbures aromatiques volatils (CAV) . xylènes . toluène	-	0,007 0,006	0,014 0,007	-
Hydrocarbures lourds (équivalents gazoil, fuel, huiles minérales)	-	-	-	-
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	-	-	-	-

### **3.4. POLLUTION DUE A L'AUTOROUTE**

Dès 1987, des hydrocarbures sont signalés en bordure de l'autoroute et en amont du site industriel (piézomètre 9 ; teneur : 0,2 mg/l). En 1994, la teneur en sulfates est du même ordre que celle de la nappe en limite du site (200 mg/l) et on détecte la présence d'hydrocarbures non volatils du groupe "huiles minérales", en quantité proche de celles des piézomètres du site les moins pollués (0,1 mg/l), dix fois moindre que les teneurs maximales du site. Lors de la dernière campagne de 1997, aucun composé du tableau précédent n'est détecté.

Aucune étude particulière n'a été faite pour différencier les sources de pollution. La lecture du dossier conduit à s'interroger sur la nature du support du chemin qui relie le site industriel au piézomètre 9. Toutefois, il serait logique que l'autoroute contribue à l'apport de composés minéraux et organiques dans l'eau de la nappe du site :

- parce que les eaux de chaussées en comportent (hydrocarbures, sel...) ;
- parce que le fossé qui reçoit ces eaux vient se confondre avec le réseau de drainage du site ;
- parce que ce réseau est apparemment en relation avec des bassins creusés dans l'aquifère.

## 4. Maîtrise de la pollution

### Arrêtés préfectoraux, études, propositions et réalisations

Selon les informations du dossier, l'activité chimique industrielle commence en 1971 et "les protections bétonnées n'existent que depuis 1981". Elles avaient été prescrites, ainsi qu'une étude hydrogéologique, par l'arrêté préfectoral du 12 janvier 1981. L'arrêté du 26 novembre 1986 réitère la prescription d'étude "sur les risques de pollution souterraine" et sur "les modifications et travaux à réaliser pour minimiser les risques d'infiltrations de produits polluants dans le sol" et "d'étude hydrogéologique" ayant pour but de déterminer l'importance et l'étendue de la pollution des eaux souterraines" au voisinage de l'usine. "Elle devra définir les travaux à entreprendre pour décontaminer les eaux souterraines".

L'année suivante, une étude hydrogéologique succincte est réalisée (CETE-LRPC). Quelques dosages d'hydrocarbures sont faits sur l'eau de nappe. Le sol n'est pas analysé. Les mesures proposées sont :

- a) le creusement d'un fossé perpendiculaire à la direction de l'écoulement souterrain, le pompage de l'eau et sa réinjection dans le dernier déshuileur de l'usine avant rejet dans le fossé d'exhaure, si la teneur en hydrocarbures dépassait nettement le milligramme par litre ;
- b) corrélativement, une surveillance hydrochimique de la nappe ;
- c) le relèvement de la voie d'accès ;
- d) le nettoyage général des zones annexes de l'usine (déchets accumulés depuis de nombreuses années, en partie hors des aires bétonnées) ;
- e) le creusement d'un fossé au sud du quai de déchargement, à raccorder à un déshuileur ;
- f) une surveillance périodique de la teneur en hydrocarbures à la sortie du collecteur déshuileur.

Le 2 avril 1987, l'effluent à la sortie du système collecteur-déshuileur contient 11 mg/l d'hydrocarbures totaux. Entre 1987 et 1990, deux bassins étroits et longs sont creusés au sud, tout au long de la limite aval de la zone industrielle, parallèlement au CD6.

De 1987 à 1990, la qualité de l'eau de la nappe, qui ne s'améliore pas, est suivie par la DASS-DRIRE et en 1989 un nouvel arrêté (ann. 1) impose :

- "**une étude hydrogéologique** destinée à évaluer les conséquences de la pollution de la nappe phréatique constatée aux abords de son usine de Varennes-le-Grand et à déterminer les remèdes à y apporter", comportant les points suivants ;
- "détermination des polluants et choix de traceurs" ;

- "description du sol et de la nappe" (***pouvoir épurateur du recouvrement, paramètres hydrodynamiques*** et en particulier direction et vitesse réelles de la nappe, ***modélisation hydraulique...***) ;
- "état du sol et de la nappe" (bilan dressé à partir de l'analyse des traceurs, étude de la nappe sur toute sa hauteur, ***cartographie...***) ;
- "comportement des polluants" (oxydation, adsorption, dégradation, dilution, volatilisation, ***modélisation du transfert de pollution***, prévision sur l'évolution de la situation, risques pour les puits et captages AEP...) ;
- "propositions d'améliorations" (solutions, coûts...).

Il faut attendre 1991 pour disposer d'une première phase d'étude descriptive et qualitative et 1994 pour l'étude quantitative, toutes deux très incomplètes par rapport au cahier des charges de l'arrêté de 1989.

En 1991, CPGF agrandit la carte piézométrique (ann. 3.2.) et localise deux zones d'anomalie électrique (conductivité) sur le site (pas de carte dans le dossier) ; Polden INSA de Lyon identifie les éléments et composés chimiques présents sur un mélange de terres et dans un mélange d'eaux provenant de différents points de prélèvement (voir § 3.2.) ; un protocole est proposé pour l'étude quantitative (ann. 4.4. et 4.5.) ; CPGF et Polden préviennent des difficultés et des limites de leur reconnaissance et des questions en suspens.

En 1994, Sommeria dose les composés préalablement identifiés sur des échantillons de terres prélevés en surface de la couche 1 affleurante en quatre points du site et sur des échantillons d'eau des bassins, des piézomètres en limite et hors du site et des puits voisins (voir § 3.3.). Le Cabinet Sommeria conclut que les bassins forment un obstacle à la migration du "nuage de pollution" en jouant un rôle d'épurateur naturel. Il propose :

- d'améliorer le dispositif en reliant les deux bassins sud, en creusant un bassin en limite orientale du terrain et en alvinant le bassin pour en surveiller la qualité ;
- de suivre, par analyses, la qualité chimique de l'eau du piézomètre amont, des piézomètres en limite du site et des piézomètres aval, des bassins et de l'émissaire de sortie de l'usine. Un protocole est fourni (ann. 5.8 et 5.9.).

Pendant la même année 1994, BURGEAP met en doute le rôle épurateur des bassins, s'interroge sur l'origine de la pollution du piézomètre aval extérieur au site (Pz 5) et sur la localisation précise des zones polluées du site. Il propose :

- une ***enquête historique*** ;
- de ***nouvelles investigations sur les terres*** avec dosage des polluants sur le terrain ;
- une ***étude hydrodynamique et hydrochimique*** pour préciser les relations entre fossés, bassins, zones d'infiltration, nappe ;
- une ***validation corrélative du rôle épurateur des bassins*** ;
- à défaut, l'orientation "vers un dispositif de pompage des eaux avec ***traitement par stripping*** (volatilisation des composés organiques volatils)" ou "vers une analyse des

risques vis-à-vis de l'environnement à l'aide d'outils informatiques", et dans les deux cas vers "une excavation très locale des terrains les plus contaminés".

***Ce projet est bien dans l'esprit de l'arrêté préfectoral de 1989.***

Au même moment Solétanche, posant la même question sur le rôle épurateur des bassins, propose :

- une ***étude de validation*** ;
- un étanchement du côté aval des bassins par membrane (ann. 7.2. et 7.3.) ;
- un déshuileur relié à l'exhaure des bassins ;
- un écran au coulis de ciment spécial pour couper les circulations sous les bassins, si la pollution dissoute, non surnageante, emprunte cette voie (ann. 7.4. et 7.5.) ;
- un traitement de l'eau des bassins par ***colonne d'oxydation forcée ou stripping*** et une filtration sur charbon actif, si le déshuileur n'est pas suffisant ;
- ou un confinement du site par cloisonnement périphérique au coulis de ciment spécial jusqu'à 6 m de profondeur et étanchement de la surface (ann. 7.6.) ;
- dans ce dernier cas, une ***définition de périmètre de la zone contaminée*** et une ***reconnaissance de la perméabilité du substratum de l'aquifère 2*** (couches de l'ensemble 3).

Enfin GEOVAC propose :

- soit la dépollution de la "zone non saturée" (sol pollué) par extraction des composés organiques volatils ou semi-volatils, par un système d'extraction sous-vide connecté à un réseau de drains d'aspiration dans le sol avec traitement des vapeurs ;
- soit des tranchées drainantes à 3 m de profondeur à l'aval du site, le pompage à 5 m<sup>3</sup>/h et la réinjection à l'amont vers l'entrée des bassins dans une petite tranchée.

Fin 1994, un troisième arrêté relatif à la pollution des eaux souterraines et à sa surveillance demande des analyses périodiques des solvants chlorés, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, hydrocarbures volatils et huiles minérales sur le piézomètre amont (Pz 9), un piézomètre en limite de site (Pz 3) et trois piézomètres à l'aval (Pz 5, 7 et 8). De plus, la Société doit fournir le plan d'un dispositif interdisant l'extension de la pollution et d'un traitement du sol pollué.

Un quatrième arrêté, daté de juillet 1995, prescrit de "mettre en place un dispositif permettant d'interdire l'extension de la pollution de son site, du type de celui présenté par la Société GEOVAC dans ses propositions technique et commerciale (devis G3000 de décembre 1994)... Il devra permettre, si nécessaire, de traiter l'eau pompée". Il s'agit de la deuxième proposition GEOVAC présentée plus haut. Les modalités de pompage et la surveillance hydrochimique à exercer sont précisées. En outre, "la société THERMEROIL devra établir de nouvelles propositions de traitement de sol pollué concerné par les activités passées de l'usine... tenant compte des dernières évolutions techniques connues".

Quatre tranchées drainantes sont donc réalisées en limite sud de la zone industrielle, parallèlement aux bassins, équipées de puits dans lesquels l'eau est pompée avec un débit de 3 m<sup>3</sup>/h. Elle est rejetée dans un fossé superficiel situé côté sud-ouest, en limite nord-ouest de la zone, vers la ferme-laboratoire (ann. 6.2.).

Les consultations techniques reprennent.

- GEOVAC (1996) propose une nouvelle fois le procédé d'extraction sous-vide pour extraire du sol tous hydrocarbures volatils et les solvants chlorés. L'apport d'oxygène par l'aspiration favorisera la biodégradation in situ des hydrocarbures lourds. Il convient de remarquer que ce procédé est destiné aux terrains non saturés, ce qui ne semble pas le cas du site, au moins en saison humide et sur une partie de la couche 1. Une deuxième solution est avancée : le lavage des terres hors site (excavation, traitement à chaud avec solvant, enlèvement pour élimination ou recyclage des produits extraits, recyclage du solvant dans le système en boucle fermée) ;
- BURGEAP (1996 ; ann. 8.2. et 8.3.) évoque deux possibilités, à partir du dispositif hydraulique en place :
  - . un traitement sur site des eaux pompées à l'aide d'une unité de stripping (volatilisation des polluants dissous),
  - . un traitement in situ par biodégradation consistant en l'injection dans le sol d'oxygène et de nutriments (N, P).

BURGEAP fait remarquer que l'inconvénient de la première solution est la probabilité d'une *durée de traitement très longue* en raison de la lenteur du processus de dissolution, de la faiblesse de la perméabilité de l'aquifère et de la nécessité d'un lessivage abondant pour extraire la pollution. En outre, la réglementation impose un traitement des effluents gazeux du stripping, qui se fait habituellement par oxydation ou filtration sur charbon actif (traitement très onéreux).

*En revanche, la deuxième solution a l'avantage d'une durée de traitement relativement courte* (quelques mois à un an en moyenne), d'une économie du traitement de l'effluent, d'un coût modeste.

GRS Valtech (1997 ; ann. 9) propose l'utilisation conjointe des deux méthodes avec :

- pompage aval à 2 m<sup>3</sup>/h (rayon d'influence prévu de 100 m calculé pour une perméabilité  $\times 10^{-5} > K > \times 10^{-7}$  m/s et un gradient piézométrique de 5 %) ;
- traitement avec un stripper (rendement de 95 % contre 10 à 20 % pour une simple aération) ;
- réinjection par réseau de drains enterrés avec apports de nutriments.

## **ANNEXES**

ANNEXE à l'arrêté préfectoral du

*11 Juillet 1989*

Contenu minimal de l'étude demandée à la société THEMEROIL

L'étude a pour objectifs :

- de déterminer la contamination du sol et de la nappe phréatique par les produits venant des Etablissements THEMEROIL
- de préciser l'évolution prévisible de la situation
- et de proposer les remèdes éventuellement nécessaires.

le bureau d'étude sera choisi parmi des bureaux d'études qui auront fait l'objet d'un accord préalable de l'administration au vu des références présentées, compte tenu de la spécificité de l'étude demandée.

L'étude devra comprendre notamment les points suivants :

I - DETERMINATION DES POLLUANTS ET CHOIX DE TRACEURS

Le chargé d'étude devra déterminer les polluants rejetés dans la nappe par infiltration directe ou non (transfert atmosphérique). Pour cela, il s'intéressera aux produits stockés dans l'établissement, aux polluants présents dans le sol et la nappe phréatique. Pour déterminer les composés présents, il utilisera les moyens performants existants tels que spectrométrie de masse couplée à un chromatographe de façon à déterminer l'ensemble des molécules organiques présentes à l'état de traces.

Au vu des résultats obtenus, il devra choisir des marqueurs de pollution tenant compte des concentrations de produits observés, des produits de dégradation attendus et de la toxicité de ces composés. Il devra obligatoirement utiliser les solvants chlorés comme marqueur et en utiliser éventuellement d'autres. Les méthodes peu sensibles telles que indice CH<sub>2</sub> en spectromètre infra-rouge (norme T.90.114) sont à exclure. Les méthodes utilisées devront pouvoir atteindre le microgramme par litre et pas seulement le milligramme par litre.

.../...

- 2 -

## II - DESCRIPTION DU SOL ET DE LA NAPPE

Le chargé d'étude devra donner les caractéristiques du secteur et notamment :

- \* le recouvrement : nature, épaisseur, caractéristiques et notamment son pouvoir épurateur ou protecteur.
- \* l'aquifère : lithologie, épaisseur, direction d'écoulement réelle (pas seulement celle déduit des isopièzes si le milieu est anisotrope), la vitesse d'écoulement (en précisant s'il s'agit de la vitesse maximale ou de la vitesse modale), les caractéristiques (transmissivité, porosité efficace, coefficient d'emmagasinement, perméabilité), la piézométrie.
- \* la modélisation hydraulique de la nappe.

## III - ETAT DU SOL ET DE LA NAPPE

Un bilan sera dressé à partir d'analyses sur les marqueurs déterminés au I sur :

- \* le sol : tant au niveau de l'Etablissement que dans l'environnement en tenant compte notamment des transferts atmosphériques de composés volatils tels que les solvants chlorés.
- \* la nappe phréatique : le chargé d'étude devra s'intéresser à l'aquifère dans toute son épaisseur en tenant compte notamment de la densité ou de la miscibilité des composés considérés. Il devra porter une grande attention à la façon de prélever (temps de pompage, échange nappe - piézomètre) et en tenir compte dans l'interprétation des résultats.

Une cartographie de pollution sera établie.

## IV - COMPORTEMENT DES POLLUANTS

Le chargé d'étude devra étudier :

- \* le comportement des polluants dans la nappe et le sol avec l'ensemble des phénomènes pouvant causer une variation dans les concentrations : oxydation, adsorption, dégradation biologique, dilution, volatilisation...
- \* la modélisation du transfert de pollution.
- \* l'évolution prévisible de la situation, à partir notamment du modèle présenté en s'attachant notamment aux risques pour la qualité de l'eau des puits existants (particuliers, agricoles et publics) et leurs utilisateurs. Les risques pour les captages du syndicat de CHALON SUD-OUEST devront être explicités précisément.

.../...

- 3 -

V - PROPOSITIONS D'AMELIORATION

Le chargé d'études devra proposer des solutions possibles avec les ordres de grandeur de coût en fonction de l'importance des problèmes observés. Il devra s'attacher à ne pas réaliser un simple transfert de pollution par simple volatilisation par exemple. Ces propositions pourront toucher l'Etablissement, le sol sous l'Etablissement, la nappe, les captages...

-----

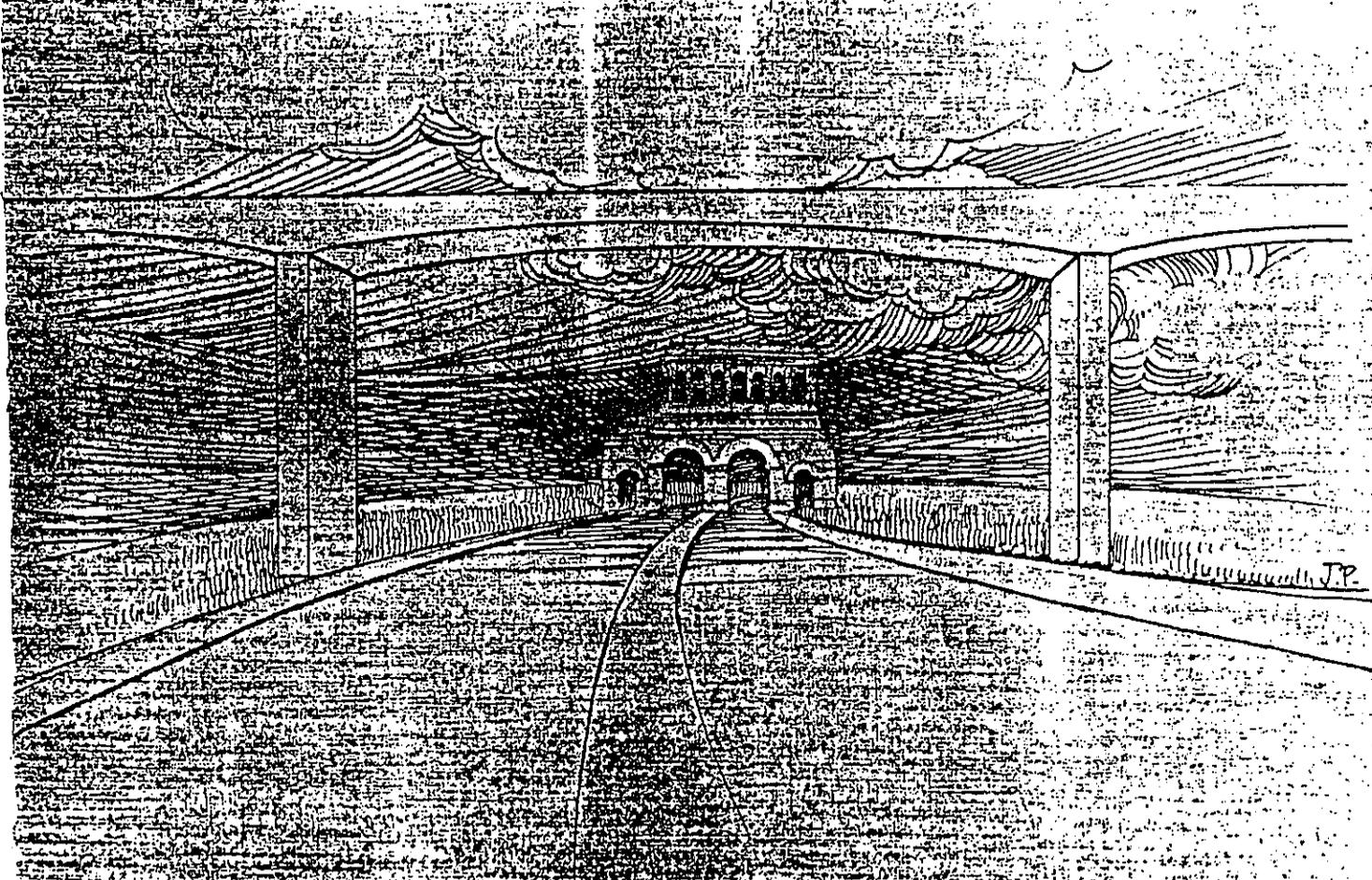


LABORATOIRE RÉGIONAL  
des PONTS et CHAUSSÉES d'AUTUN  
RÉGIONS BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

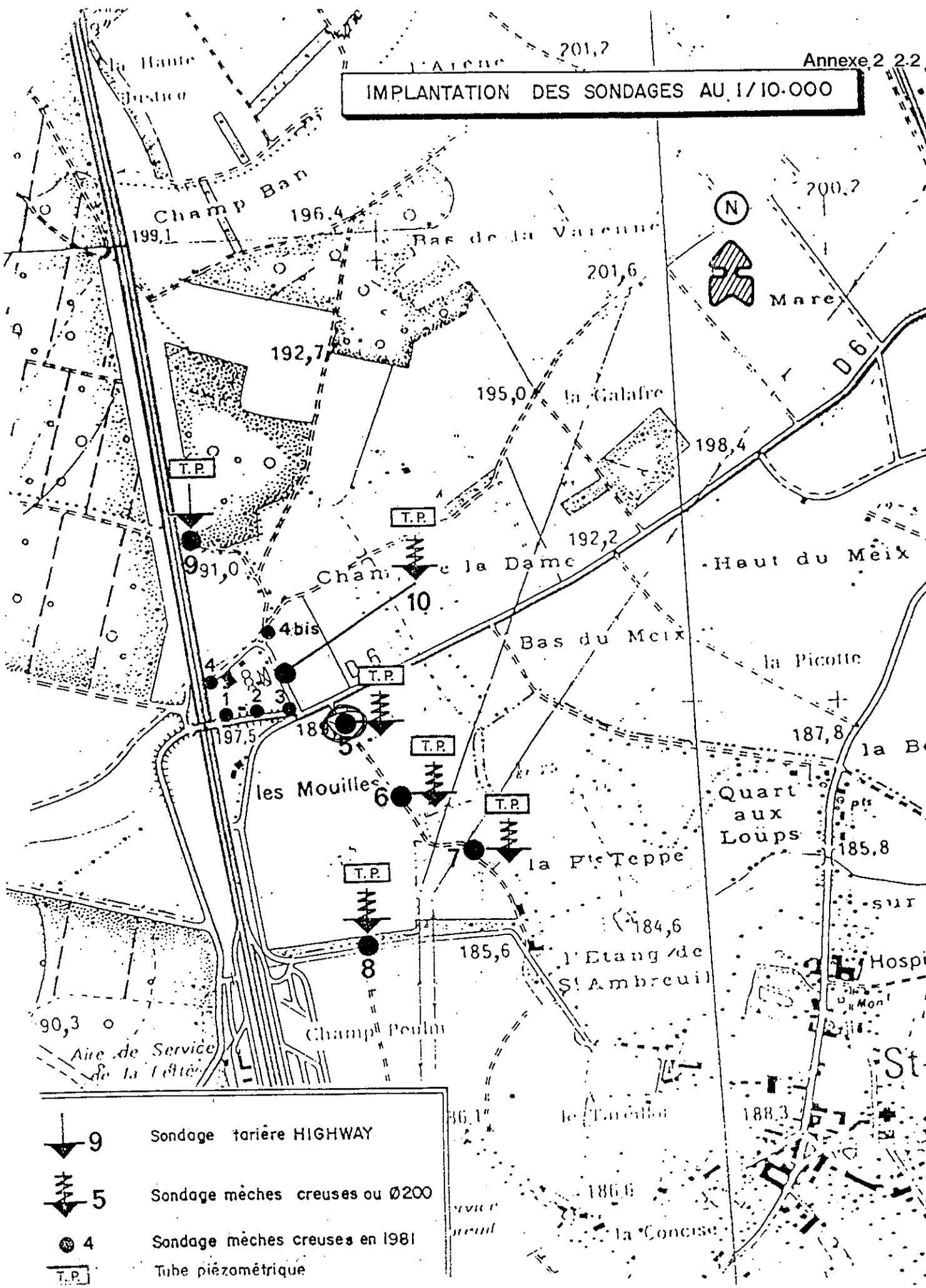
*Département de Saône & Loire*

**Usine des MOUILLES à  
VARENNES - LE - GRAND**

**ETUDE HYDROGÉOLOGIQUE  
RISQUES de POLLUTION SOUTERRAINE  
1987**



IMPLANTATION DES SONDAGES AU 1/10.000



- 
9 Sondage tarière HIGHWAY
- 
5 Sondage mèches creuses ou Ø200
- 
4 Sondage mèches creuses en 1981
- 
T.P. Tube piézométrique

## COUPES DES SONDAGES HIGHWAY

• SONDAGE 1 (14/1/1981)

- 0-0,80m : remblai tourbeux + eau  
 0,80m-3,50m : argile jaune panachée grise compacte sèche  
 3,50m-5,50m : sable fin jaune saturé d'eau  
 5,50m-6,00m : argile sablo-limoneuse grise panachée bleue

Arrêt 6 m

Piézo. Ø 40 (mèches creuses)  
 Longueur totale : 6 m  
 H/sol : 0,30m  
 Crépiné : 2m (3,70m-5,70m)  
 gravillonné

• SONDAGE 2 (14/1/1981)

- 0-0,50m : remblai très humide  
 0,50m-2,80m : argile jaune panachée grise plastique sèche compacte  
 2,80m-4,50m : sable fin jaune saturé d'eau  
 4,50m-5,00m : argile limoneuse jaune très humide  
 5,00m-5,40m : argile sablo-limoneuse gris-bleu

Arrêt 5,40m

Piézo. Ø 40 (mèches creuses)  
 Longueur totale : 5,70m  
 H/Sol : 0,39m  
 crépiné : 1,70m (3,70m-5,40m)  
 gravillonné

• SONDAGE 3 (14/1/1981)

- 0 - 0,30m : terre végétale  
 0,30m-2,50m : argile jaune panachée grise plastique  
 2,50m-5,00m : sable fin propre jaune + eau  
 5,00m-5,80m : argile jaune panachée grise plastique

Arrêt 5,80m

Piézo. Ø 40 (mèches creuses)  
 Longueur totale : 5,70m  
 H/sol : 0,33m  
 Crépiné : 2m (3,30m-5,30m)  
 gravillonné

• SONDAGE 4 (15/1/1981)

- 0 - 1,80m : argile jaune  
 1,80m-4,20m : sable fin jaune propre + eau  
 4,20m-4,50m : argile marron plastique compacte

Arrêt 4,50m

Piézo. Ø 40 (mèches creuses)  
 Longueur totale : 5 m  
 H/sol : 0,39m  
 crépiné : 2 m (2,50m-4,50m)  
 gravillonné

• SONDAGE 4b(15/1/1981)

- 0 - 0,30m : terre végétale  
 0,30m-1,70m : argile jaune peu plastique  
 1,70m-3,50m : sable fin jaune saturé d'eau  
 3,50m-4,00m : argile marron panachée grise très compacte sèche plastique

Arrêt 4 m

Piézo. Ø 40 (mèches creuses)  
 Longueur totale : 4,30m  
 crépiné : 2m (1,90m-3,90m)  
 gravillonné

6/71/86/815/EH

N° Sondage: 5

Date: 20/1/87

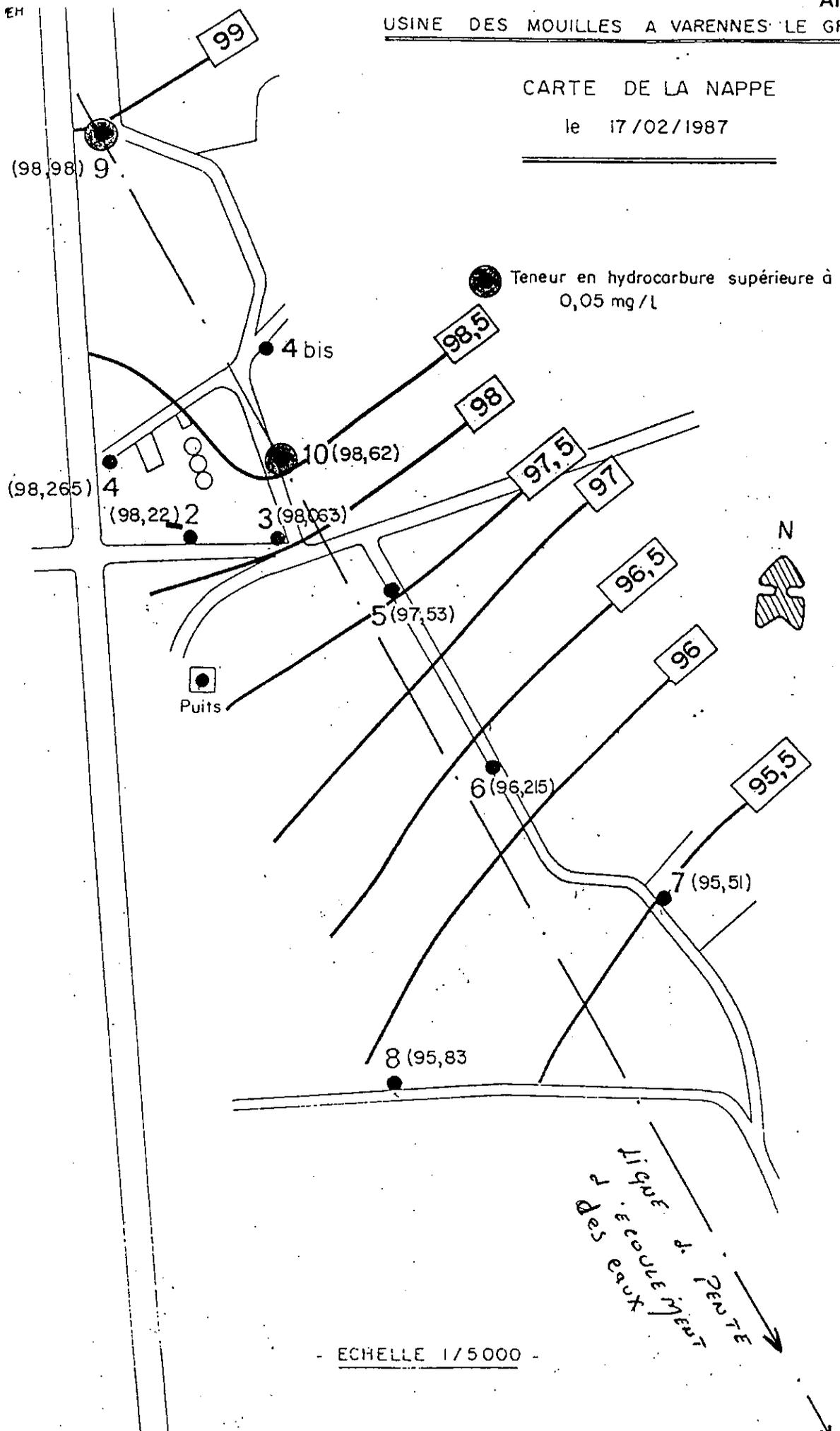
∅ Mèche: creus

PROF.	COUPE	NATURE DES TERRAINS DESCRIPTION VISUELLE DU SONDEUR	Classif. R.T.R.	Caractéristiques Géotechniques					Granulométrie										
				Wnat	WL	Ip	Ic	ES	∅	Max	20	5	2	0.4					
		Terre végétale																	
		Limon argileux jaune																	
1		Argile jaune ferrugineuse peu plastique Niveau d'eau stabilisé à 1,40m																	
2		Argile jaune panaché gris à concrétions calcaires																	
		Argile jaune panaché gris plastique.																	
3		Sable fin jaune fluant (saturé d'eau)																	
4		Eboulements à partir de 2,70m.																	
5		Argile grise peu plastique																	
6		Arrêt du sondage à 5,10m. ∅ 400 jusqu'à 2,60m. mèches creuses de 2,60 à 5,10 m.																	
7		Piezo plastique ∅ 40 Dépasse de 0,50m Crépiné sur 2m de 2,60 à 4,60m Graviers de 2,40 à 4,60m Sabranite de 2,10 à 2,40m Argile de 2m à 2,10m Ciment de 1,60 à 2m Protection métallique																	
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			

USINE DES MOUILLES A VARENNES LE GRAND

CARTE DE LA NAPPE

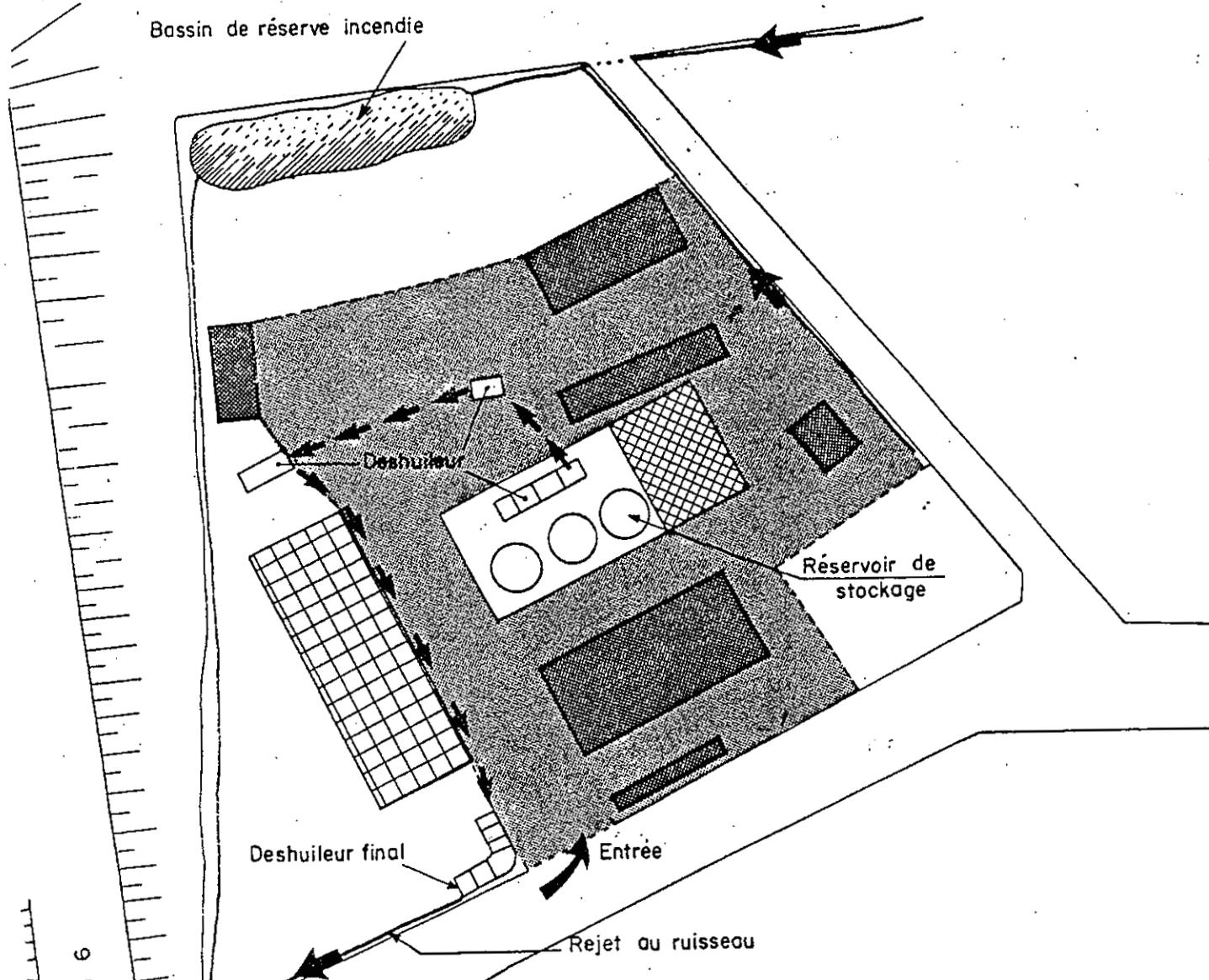
le 17/02/1987





AUTOROUTE A 6

Bassin de réserve incendie



PLAN SCHEMATIQUE de l'USINE au 1/1000

-  Batiments
-  Zone de stockage
-  Quai de déchargement
-  Aire bétonnée
-  Fossé

**SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX  
DU SUD-OUEST DE CHALON**

-----  
**SOCIETE THEMEROIL**

Etude des risques de pollution  
liés aux Etablissements THEMEROIL

**VARENNES-LE-GRAND**  
(Saône et Loire)

Note technique préliminaire

Etude N°3896A

Juillet/Août 1991

**C.P.G.F. HORIZON**  
Division Lyon Sud-Est  
Ferme de la Croix  
BP 69  
38090 VILLEFONTAINE

Tél. : 74.96.42.53  
FAX : 74.96.29.35

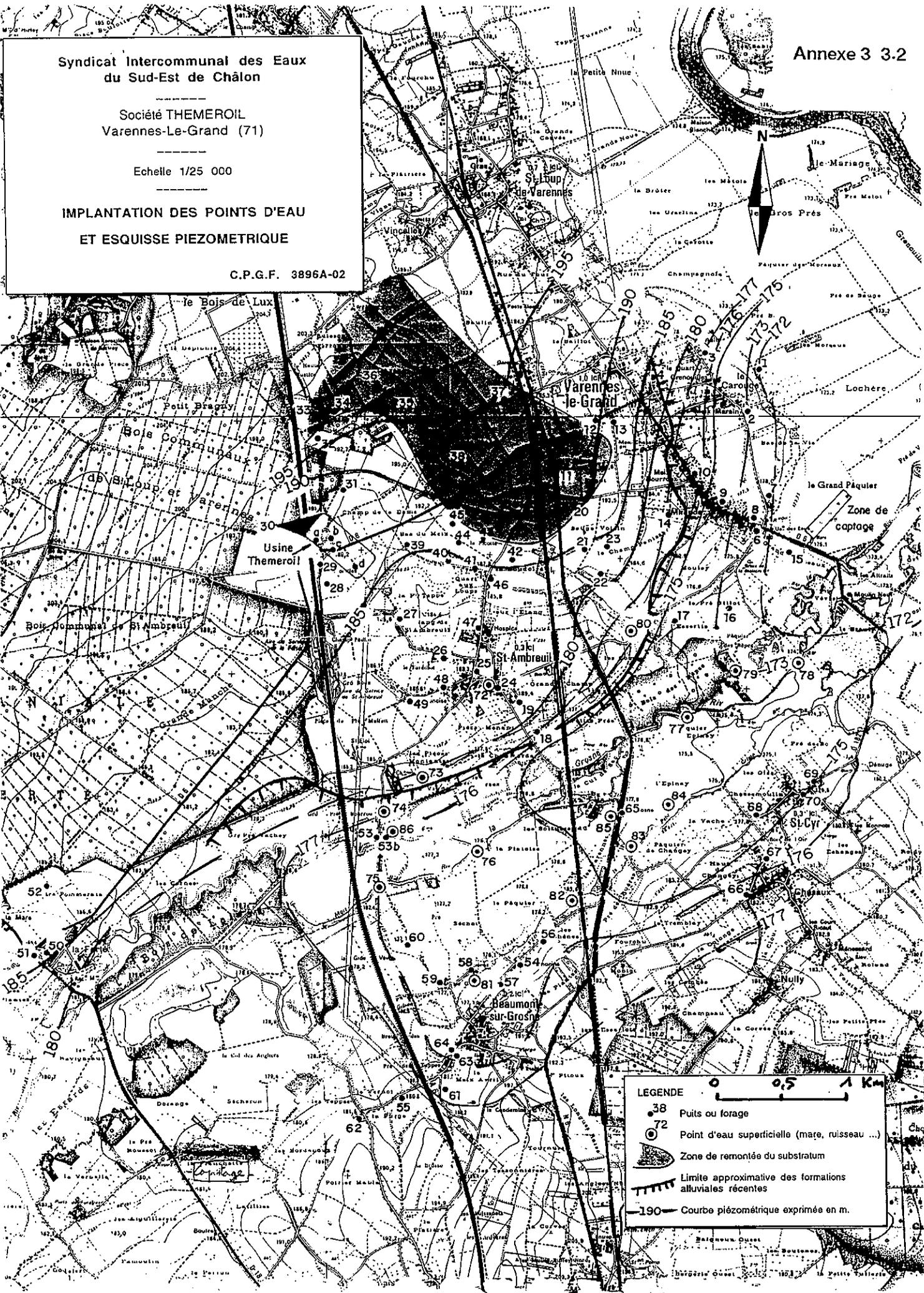
Syndicat Intercommunal des Eaux  
du Sud-Est de Chalon

Société THEMEROIL  
Varennes-Le-Grand (71)

Echelle 1/25 000

IMPLANTATION DES POINTS D'EAU  
ET ESQUISSE PIEZOMETRIQUE

C.P.G.F. 3896A-02



**LEGENDE**

- Puits ou forage
- Point d'eau superficielle (mare, ruisseau ...)
- Zone de remontée du substratum
- Limite approximative des formations alluviales récentes
- 190— Courbe piézométrique exprimée en m.

ETUDE RELATIVE A LA CONTAMINATION  
DU SOL ET DE LA NAPPE PHREATIQUE  
PAR LES ETABLISSEMENTS THEMEROIL  
(Varenes Le Grand - 71)

Etude préliminaire

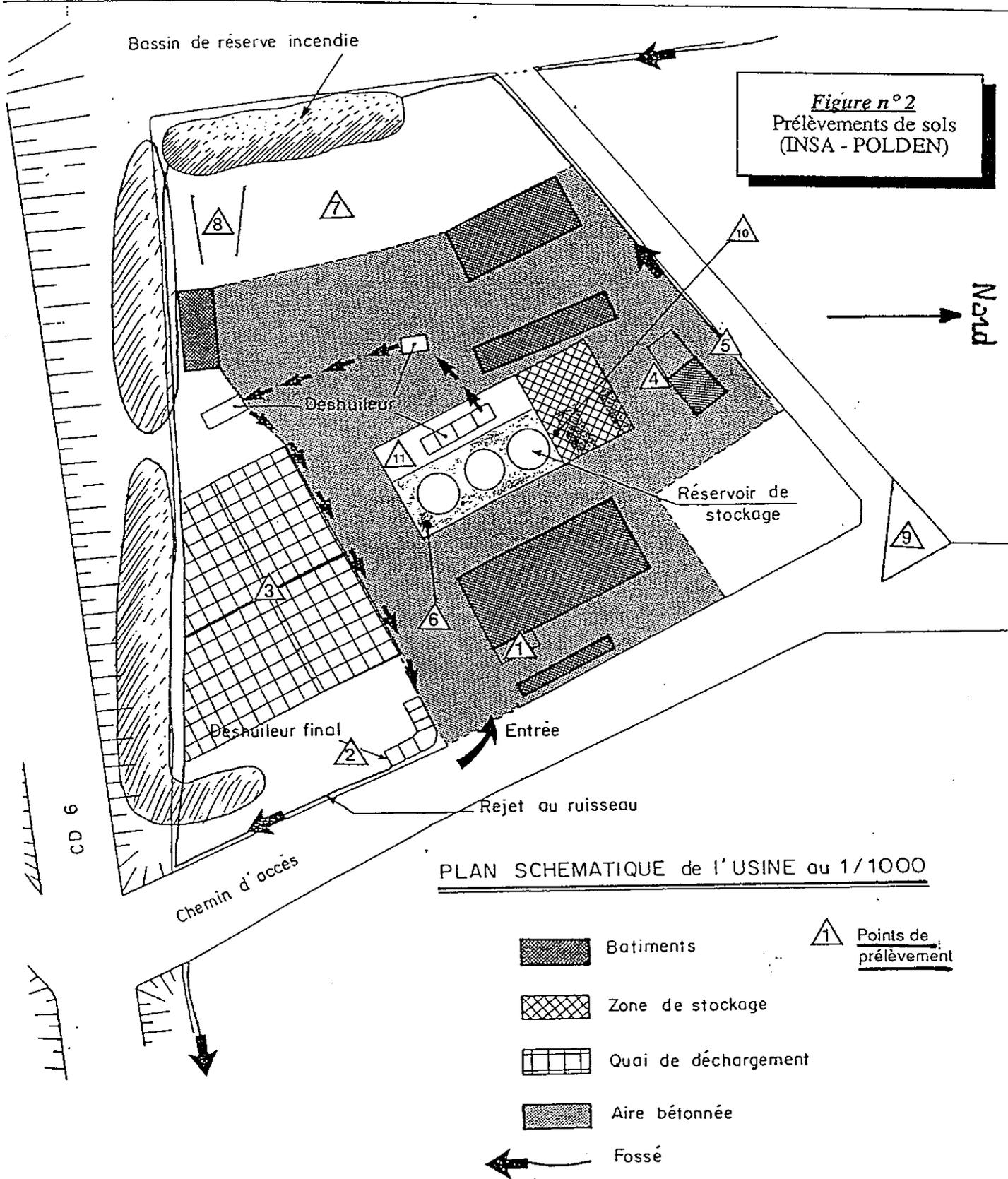
Octobre 1991

*POLDEN*  
Bât du CEI - BP 2132  
27, Bld du 11 novembre  
69603 Villeurbanne Cedex  
Tél : 72.43.83.86

*POLDEN est l'équipe Expertise, Etude et  
Développement du Laboratoire de Chimie Physique  
Appliquée et Environnement de l'INSA de LYON.*

Service administratif : INSAVALOR SA - CEI - BP 2132 - 69603 Villeurbanne Cedex. tél : 72.43.83.93.

AUTOROUTE A6



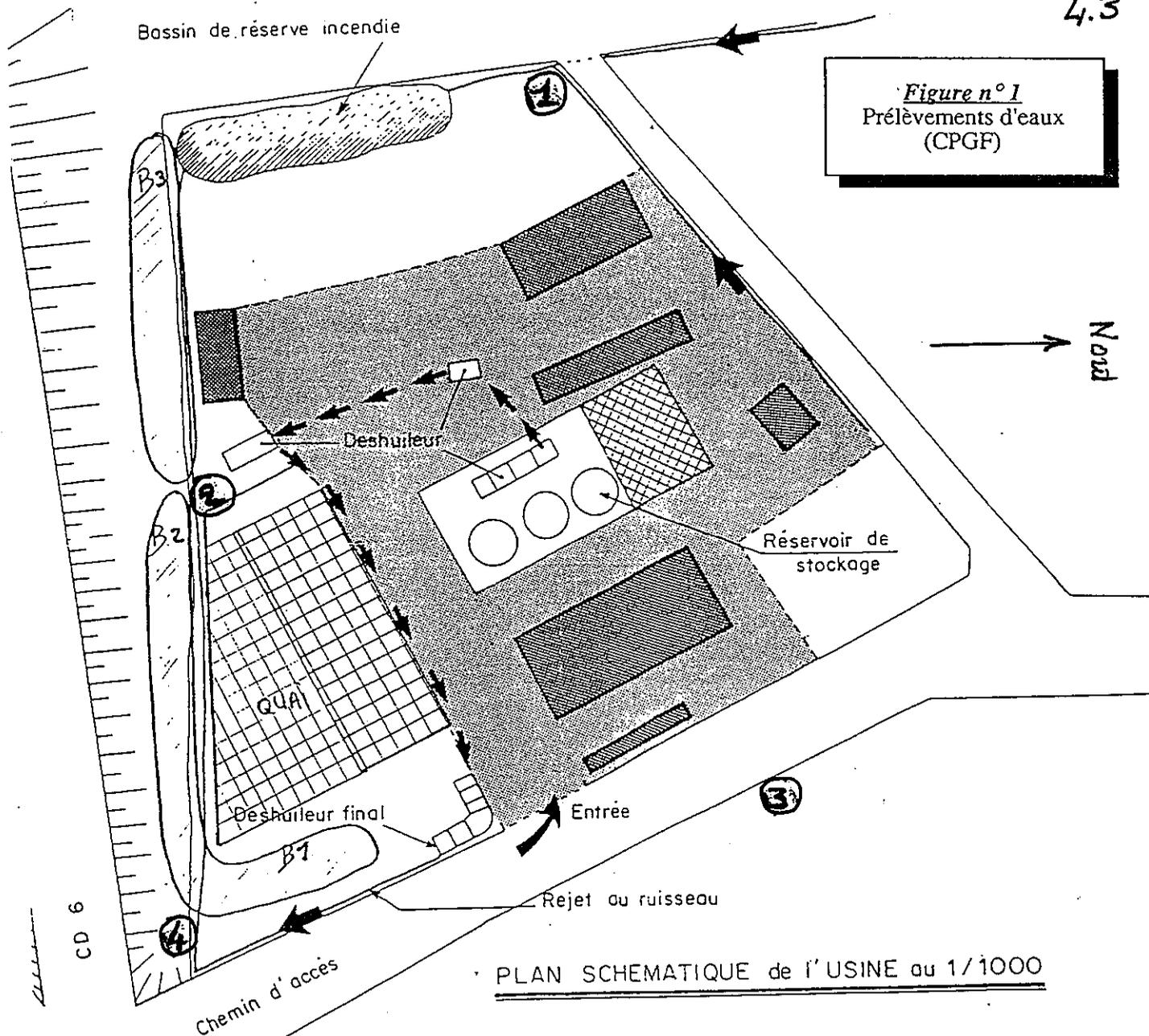
AUTOROUTE A 6

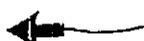
④ Emplacement Des Piézomètres.  
 B1 Emplacement Des Prélèvements  
 sous les bassins.

Nota: le ③ est situé au ras du sol, alors que les autres ont un tubage nettement visible.

4.3

Figure n° 1  
 Prélèvements d'eaux  
 (CPGF)



-  Batiments
-  Zone de stockage
-  Quai de déchargement
-  Aire bétonnée
-  Fossé

5

Nous proposons le protocole suivant pour le dosage des composés organiques peu volatils des échantillons qui seront prélevés au cours l'expertise finale :

### EAUX

- Extractions  
Hexane et dichlorométhane.
- Dosages
  - GC-AED sur les deux extraits. Extraction et dosage spécifiques des composés aromatiques.
  - Pas de dosage par GC-MS.

### SOLS

- Extractions
  - Méthode du Soxhlet : hexane et dichlorométhane.
  - Essais d'extractions complémentaires par fluide supercritique (optimisation de la méthode par utilisation de co-solvants).
- Dosages
  - GC-AED sur les deux extraits. Extraction et dosage spécifiques des composés aromatiques.
  - Pas de dosage par GC-MS.

*Polder- INSA 1991*

244 Analyses proposées pour la seconde phase (synthèse)SOLS

- COT, sulfates, sulfures, As, Pb, Fe, Zn, Cu, Mn
- Hydrocarbures totaux (extraction CCl<sub>4</sub> + NFT 90-114)
- Composés organohalogénés volatils (NF T 90-125)
- Extraction et dosage par GC-AED des composés organiques semi-volatils
- Extraction et dosage spécifiques des composés aromatiques

EAUX DE NAPPE

- pH, conductivité, DCO, COT, sulfates, sulfures
- As, Pb, Fe, Zn, Cu et Mn
- Hydrocarbures totaux (NFT 90-114)
- Composés organohalogénés volatils (NF T 90-125)
- Extraction et dosage par GC-AED des composés organiques semi-volatils
- Extraction et dosage spécifique des composés aromatiques

*Polden INSA-1991*

HYDROGÉOLOGIE - TRAÇAGE - ASSAINISSEMENT

**THEMEROIL**  
Usine des Mouilles  
71240 VARENNES LE GRAND

**ETUDE DES CONTAMINATIONS DU  
SOL ET DE LA NAPPE SUR LE SITE DES  
ETABLISSEMENTS THEMEROIL.**

---

Commune de Varennes-le-Grand

*- Département de la Saône et Loire -*

- Janvier 1994 -

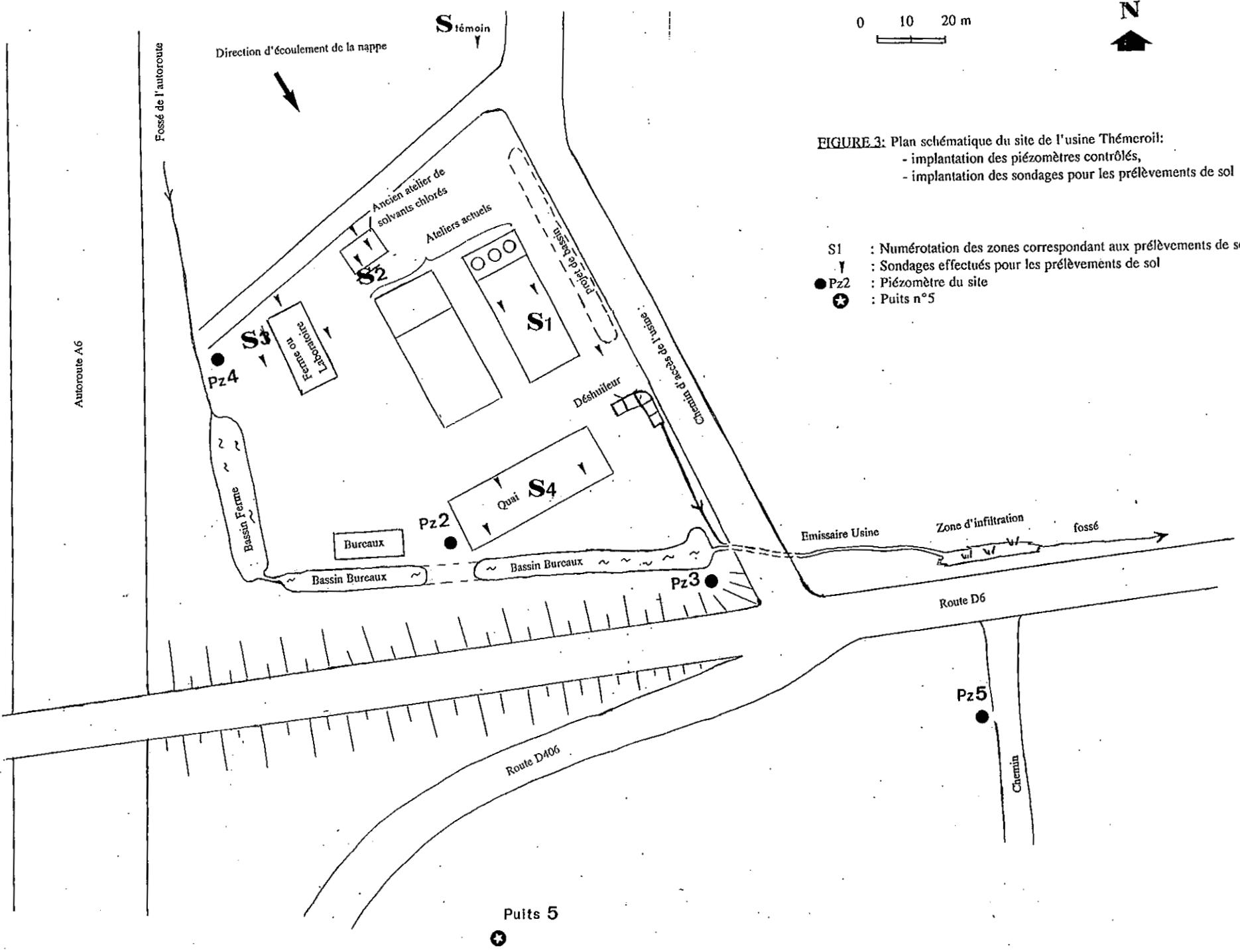


FIGURE 3: Plan schématique du site de l'usine Théméroil:  
 - implantation des piézomètres contrôlés,  
 - implantation des sondages pour les prélèvements de sol

- S1 : Numérotation des zones correspondant aux prélèvements de sol
- ↓ : Sondages effectués pour les prélèvements de sol
- Pz2 : Piézomètre du site
- ⊛ : Puits n°5

S

N

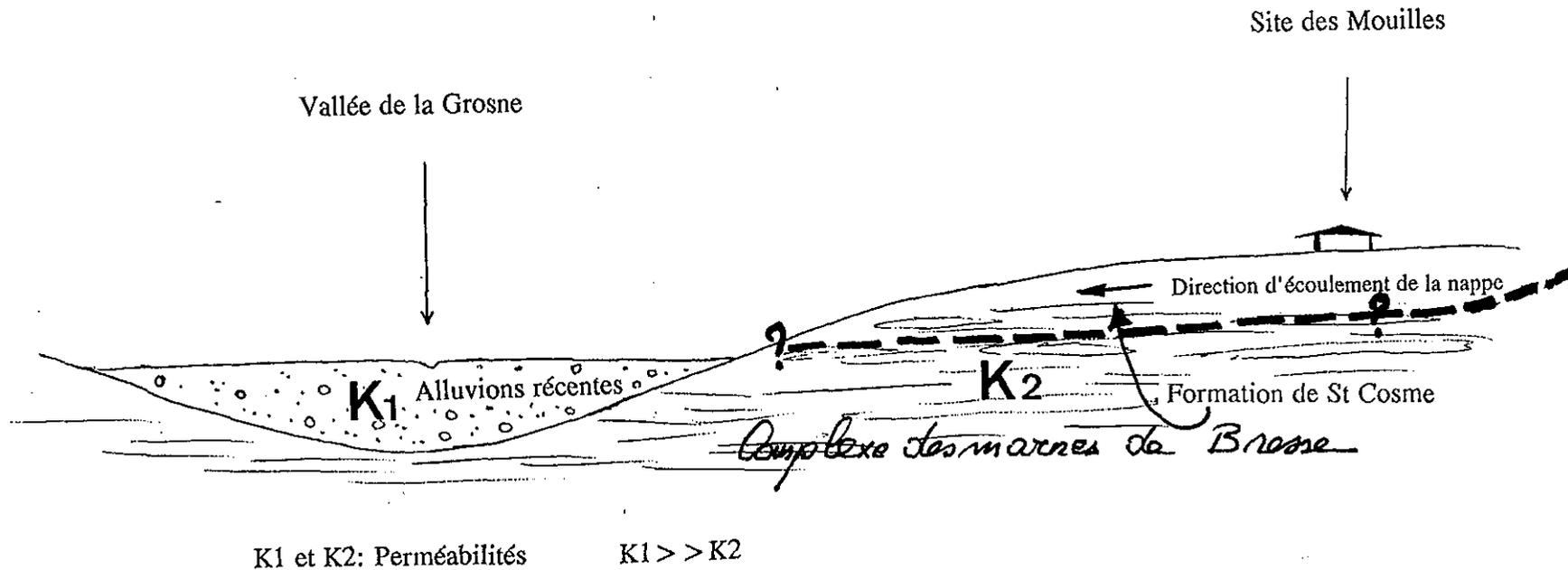


FIGURE 4: Coupe géologique schématique du secteur étudié  
*corrigée (?)*

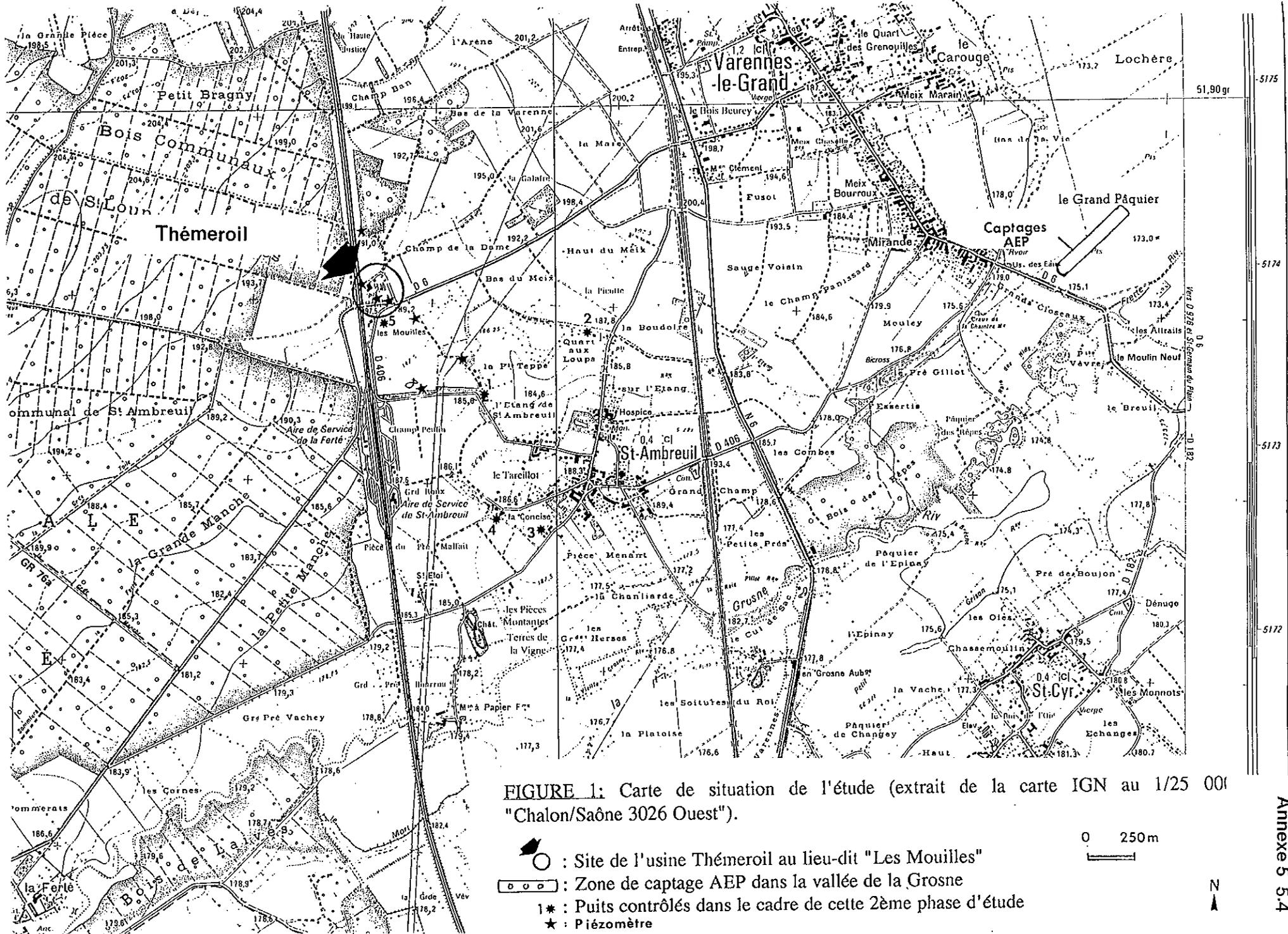


FIGURE 1: Carte de situation de l'étude (extrait de la carte IGN au 1/25 000 "Chalon/Saône 3026 Ouest").

- : Site de l'usine Théméroil au lieu-dit "Les Mouilles"
- ▭ : Zone de captage AEP dans la vallée de la Grosne
- 1\* : Puits contrôlés dans le cadre de cette 2ème phase d'étude
- ★ : Piézomètre

0 250m



2/Tableaux récapitulatifs des résultats d'analyse:

Tous les dosages de substances sont exprimés en  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ou  $\mu\text{g}/\text{l}$  pour une meilleure homogénéité des résultats. Le nombre qui suit le signe "<" indique le seuil de détection de la substance correspondante.

\* Tableau récapitulatif des résultats d'analyse de sol:

Substances dosées en $\mu\text{g}/\text{kg}$	Sol témoin	S1 surface	S1 - 0,5 m	S2 surface	S2 - 0,5	S3 surface	S3 0,50 m	S4 surface	S4 - 0,5 m
HPA totaux	9	<0,05	<0,05	16 590	820	2 200	560	630	17 680
Aliphatiques & Aromatiques	<10	307 000	196	35 533	57 088	<10	<10	144 518	763 938
Hydrocarbures volatils	<20	5 909	10 000	471 000	2 132 000	<20	<20	1 108 000	2 166 000
Huiles minérales	2 550	7 290	158 000	5 270 000	2 470 000	396 000	288 000	4 326 000	5 370 000
Solvants chlorés totaux	<1	215 477	314	29 260	128 889	2 921	5 501	752 819	963 475
P.C.B.	30	2 587	381	3 741	2 360	1 043	609	7 056	10 000
Sulfates	< 20 000	16 300 000	240 000	1 060 000	660 000	1 800 000	240 000	27 174 000	22 244 000
Sulfures	< 100	25 800	99 800	21 600	493 400	11 000	6 400	212 800	3 000
Arsenic	27 500		teneur du mélange des sols S1 à S4 = 17 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$						

"HPA" = Hydrocarbures polycycliques aromatiques (ou poly-aromatiques)

"PCB" = Polychlorobiphényles.

\* Synthèse des dosages dans les échantillons d'eau prélevés dans les piézomètres et les bassins:

N° piézomètre :	Pz9 :	Pz2 :	Pz3 :	Pz4 :	Pz5 :	Pz7 :	Pz8 :	Bassin :	Bassin :
ou bassin :	(témoin) :	:	:	:	:	:	:	bureau :	ferme :
Conductivité :	:	:	:	:	:	:	:	:	:
en $\mu\text{S/cm}$ :	610 :	2 900 :	1 900 :	1 890 :	1040 :	600 :	718 :	moy. 850 :	moy. 800 :
pH :	6,84 :	6,22 :	6,68 :	6,78 :	7,09 :	7,22 :	7,19 :	7,33 :	7,30 :
<b>Substances</b>	:	:	:	:	:	:	:	:	:
<b>dosées en <math>\mu\text{g/l}</math></b>	:	:	:	:	:	:	:	:	:
HPA totaux :	0,13 :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :	0,3 :	0,86 :	0,54 :	<0,05 :	<0,05 :
Aliphatiques	:	:	:	:	:	:	:	:	:
& Aromatiques:	<10 :	289 :	1 806 :	<10 :	118 :	<10 :	<10 :	<10 :	<10 :
Hydrocarbures :	:	:	:	:	:	:	:	:	:
volatils :	<20 :	4 698 :	33 008 :	<20 :	9 806 :	<20 :	<20 :	<20 :	<20 :
Huiles	:	:	:	:	:	:	:	:	:
minérales :	149 :	1 320 :	630 :	1 095 :	<50 :	<50 :	<50 :	<50 :	189 :
Solvants	:	:	:	:	:	:	:	:	:
chlorés totaux :	2 :	531 :	11 156 :	68 :	1 137 :	4 :	4 :	19 :	18 :
P.C.B.	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Sulfates :	<5 :	<5 :	<5 :	<5 :	<5 :	<5 :	<5 :	<5 :	<5 :
Sulfures :	206 000 :	554 000 :	127 000 :	425 000 :	74 000 :	67 000 :	23 000 :	77 000 :	113 000 :
Nitrates :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :	<0,05 :
	<500 :	1 000 :	<500 :	3 000 :	<500 :	12 000 :	7 000 :	3 000 :	2 000 :

"HPA" = Hydrocarbures polycycliques aromatiques (ou poly-aromatiques)

"PCB" = Polychlorobiphényles.

\* Tableau récapitulatif des dosages dans les échantillons d'eau prélevés dans les puits:

N° puits	1	2	3	4	5
Conductivité en $\mu\text{S/cm}$	766	266	376	420	1 040
pH	7,4	7,24	7,28	7,53	7,52
<b>Substances dosées en <math>\mu\text{g/l}</math></b>					
HPA totaux	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Aliphatiques & Aromatiques:	<10	<10	<10	<10	<10
Hydrocarbures volatils	<20	<20	<20	<20	<20
Huiles minérales	<50	<50	<50	<50	<50
Solvants chlorés totaux	<1	<1	<1	<1	<1
P.C.B.	<5	<5	<5	<5	<5
Sulfates	48 000	14 000	33 000	64 000	30 000
Sulfures	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrates	86 000	8 000	28 000	58 000	7 000
Arsenic	9	teneur sur mélange des eaux de nappe en $\mu\text{g/l}$ : <5			

"HPA" = Hydrocarbures polycycliques aromatiques (ou poly-aromatiques)

"PCB" = Polychlorobiphényles.

## VI- PROPOSITIONS DE REMEDES ET DE MESURES DE SURVEILLANCE:

Les résultats de cette étude ont montré que le sol du site de l'usine des Mouilles est contaminé par les anciennes activités de Théméroil. Cette pollution industrielle (essentiellement huiles minérales et solvants chlorés) se retrouve en partie dans la nappe sous le site mais ne s'étend pas plus en aval. L'évacuation et le traitement général du sol par incinération est donc à écarter d'autant plus qu'il entraînerait la démolition quasi totale des installations de l'usine et un coût en dehors des proportions du problème.

Il est préférable de se tourner d'une part vers des mesures de surveillance et d'autre part vers une amélioration de la protection contre une étendue de la pollution de la nappe.

L'interprétation des résultats d'analyse confirme le fait que les bassins forment un obstacle à la migration du "nuage de pollution" et jouent un rôle dans l'épuration naturelle.

Il serait encore possible d'améliorer ces résultats d'une part en raccordant les deux parties du bassin côté bureaux et d'autre part en creusant un bassin le long de la limite Est du terrain de l'usine. Cela nécessiterait de déplacer le poteau électrique situé à côté des bureaux et aménager l'accès des camions côté Est en posant des buses de telle sorte que le déshuileur ne se déverse pas dans le bassin.

Le fait d'augmenter le volume des bassins ne changera pas de façon sensible le débit d'exhaure dans le fossé. L'augmentation du temps de séjour de l'eau de la nappe dans les bassins améliore l'épuration par une oxydation des substances présentes.

Il est important de noter la présence de poissons dans les bassins existants. Il serait souhaitable de mettre aussi des poissons dans les futurs bassins supplémentaires. Cela donne un indice de qualité de l'eau.

Les mesures de surveillance de la qualité de l'eau de la nappe sur le site et en aval seront les suivantes:

- Dans les piézomètres Pz9 (témoin), Pz3, Pz5 et Pz7 et Pz8: contrôle de la conductivité, du pH, de la teneur en hydrocarbures et en solvants chlorés deux fois par an. Les prélèvements devront être effectués après un léger pompage dans chaque piézomètre afin de renouveler l'eau contenue dans le tube.
- Dans les bassins en bordure de l'autoroute, près des bureaux et dans le futur bassin côté Est de l'usine: contrôle de la conductivité, du pH, de la teneur en hydrocarbures, et en solvants chlorés deux fois par an.
- A l'émissaire de la sortie d'usine: contrôle de la conductivité, du pH, de la DCO, des matières en suspension, de la teneur en hydrocarbures une fois tous les deux mois.

Les dosages en hydrocarbures et en solvants chlorés dans l'eau de la nappe (prélevée dans les bassins et les piézomètres Pz9, Pz3, Pz5, Pz7 et Pz8) pourront être effectués par chromatographie en phase gazeuse, comme lors de la présente étude, afin de distinguer les différentes substances présentes et d'atteindre des seuils de détection compatibles avec les normes de potabilité (voir annexe). Les différents hydrocarbures à distinguer sont les HPA, les aliphatiques et aromatiques, les hydrocarbures volatils et les huiles minérales.

Pour l'émissaire de l'usine, à la sortie du déshuileur, il suffit de doser les hydrocarbures totaux par la méthode infra-rouge (seuil de détection 0,1 mg/l) étant donné qu'il s'agit d'une eau superficielle qui rejoint le fossé de la route.

Ces analyses pourront être faites dans le laboratoire régional agréé le plus proche.

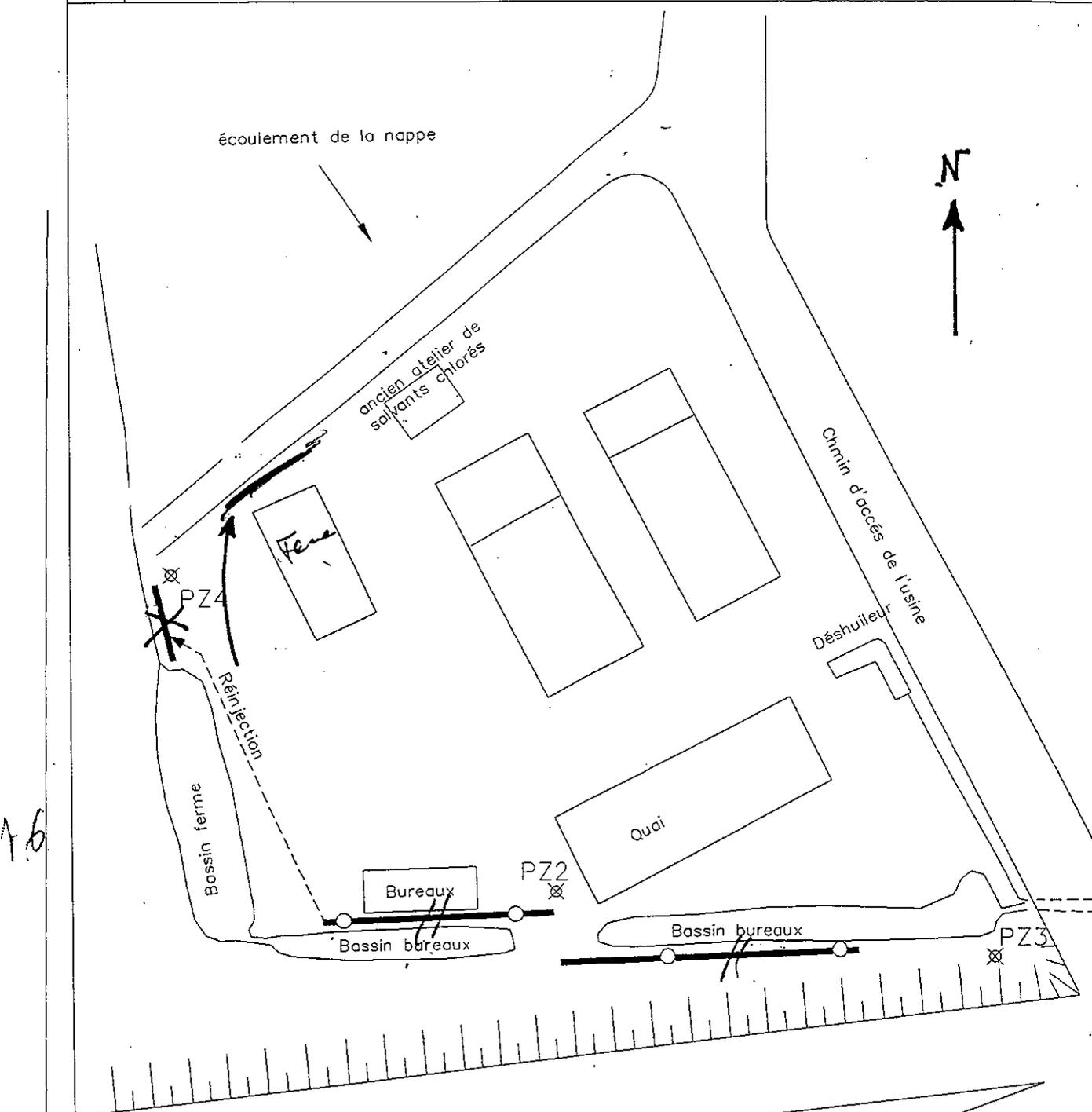
*Poumoria 1994*



**SOCIETE THEMEROIL**  
**PROPOSITION TECHNIQUE ET COMMERCIALE**  
**LIMITATION DE L'EXTENSION**  
**DE LA CONTAMINATION**

Devis G-3000    Décembre 1994

No.Rév	Correction	Date	Signature	Vérité
A	Etablissement du document	26-04-1994		
B	Modification tranchée drainante	27-12-1994	<i>FL</i>	



4.6

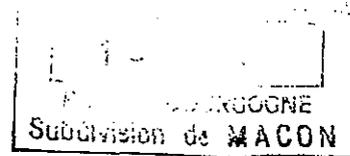
Cliant **THEMEROIL VARENNES LE GRAND (71)**

Conçu par **J.P.B.** Vérifié par **D.P.** Approuvé par - date **F.L.** Nom de fichier **VARIANT2**

Propriétaire  
**gÉovac**  
 5, rue Pascal BP 170  
 69686 CHASSIEU cedex  
 Tél : 72 22 94 94 Fax : 72 47 06 78

Titre/Nom **IMPLANTATION DE LA TRANCHEE DRAINANTE**

Date	Echelle	Numéro	Edition	Feuille
27-12-1994	1/1000 A4	02	B	1/1



**THEMEROIL**  
**USINE DE VARNNES-LE-GRAND**

Décontamination du site

**NOTE TECHNIQUE**

**1 - BASSINS DE RETENTION ET D'OXYDATION**

Ces bassins à l'air libre, de 2 à 3 m de profondeur, permettent d'intercepter la partie supérieure de la nappe phréatique.

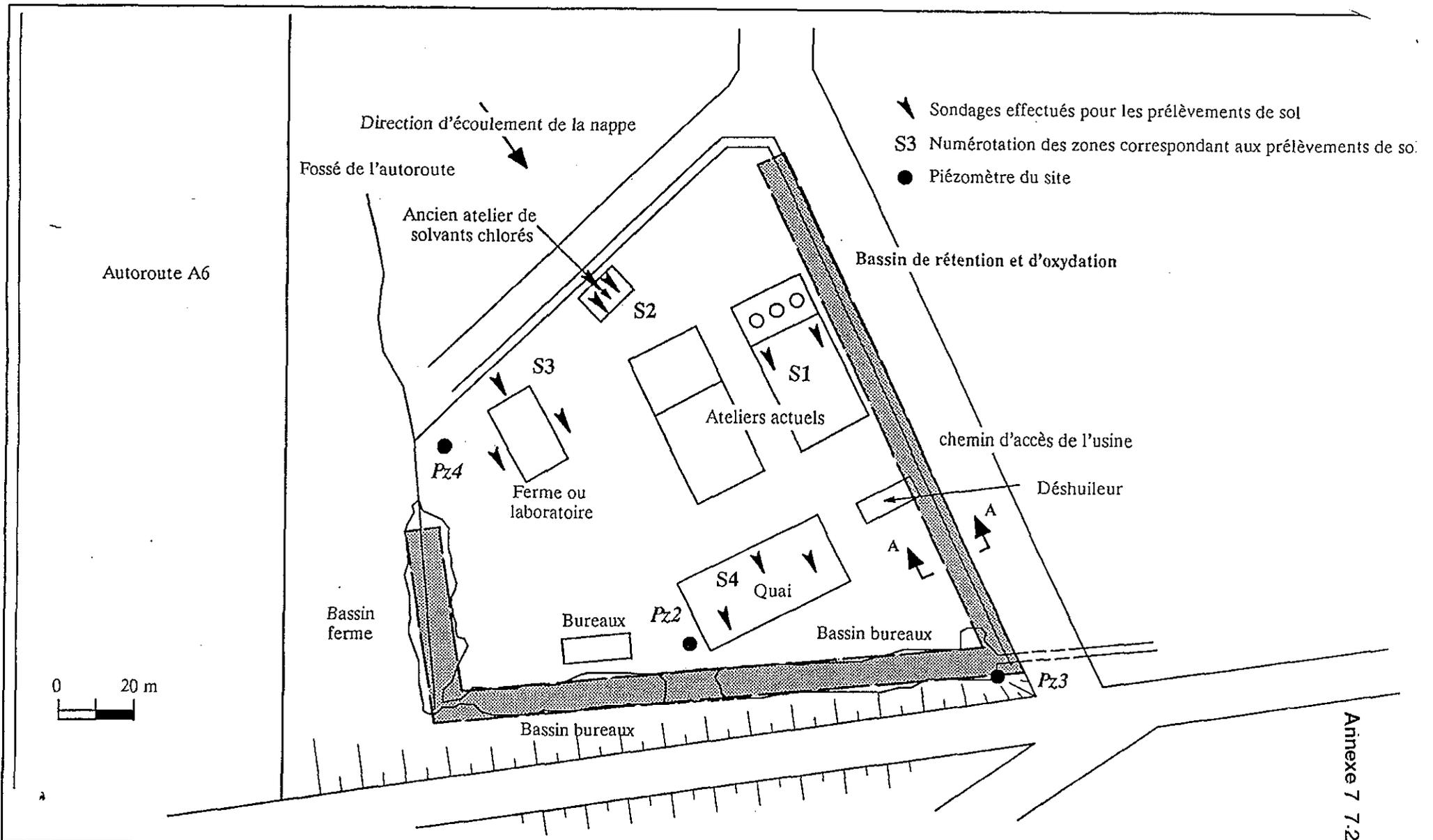
Ils sont sans contexte efficaces pour les polluants insolubles surnageants (huiles, hydrocarbures), mais pour les solvants chlorés dissous, leur efficacité reste à démontrer, de même que la faculté d'épuration par oxydation sous ultraviolets "naturels".

Dans notre devis ci-après détaillé, nous proposons, en option :

- une étude de validation au procédé, comprenant assistance au client auprès des autorités,
- une membrane étanche en PEHD côté aval,
- un déshuileur relié à l'exhaure des bassins.

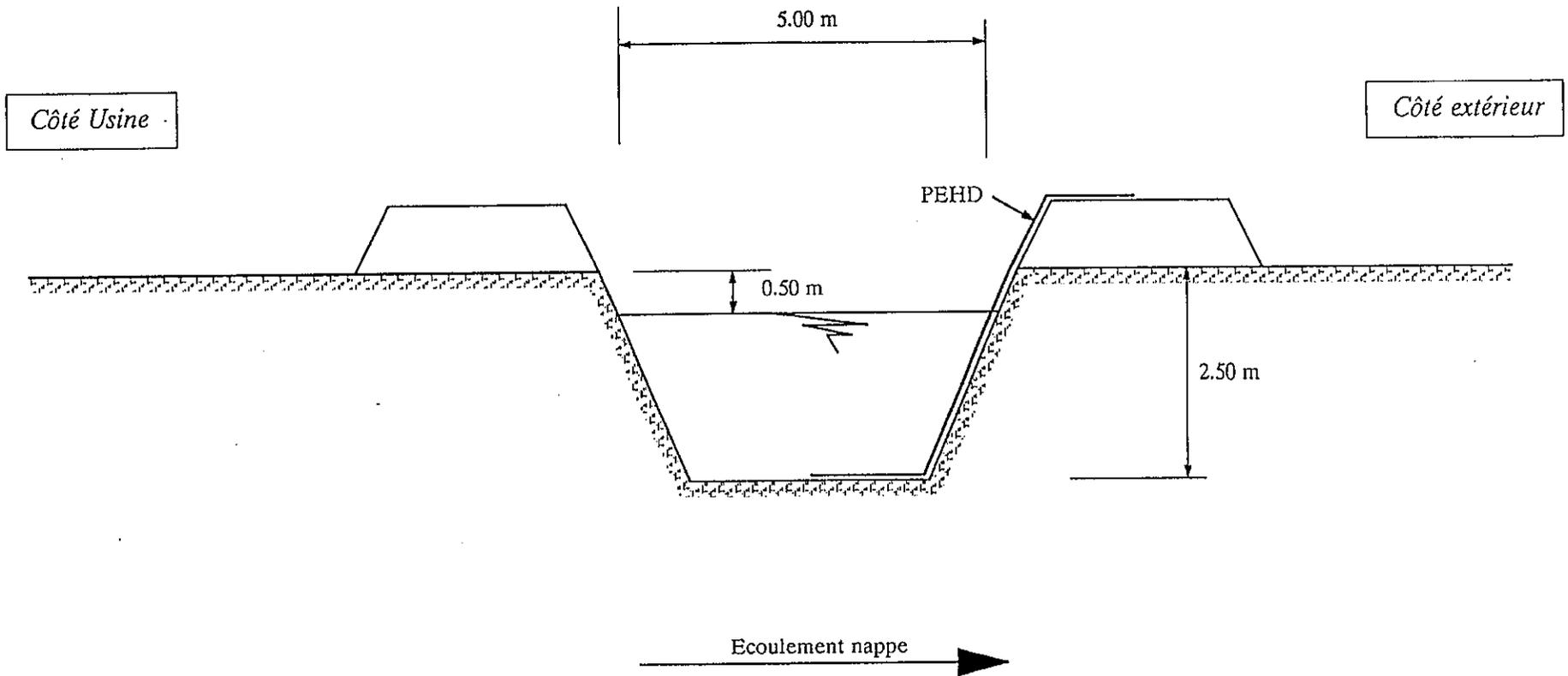
**2 - INTERCEPTION DE LA NAPPE SOUS LES BASSINS DE RETENTION ET D'OXYDATION**

Dans la solutions précédente, on peut craindre que les polluants dissous, uniformément répartis dans la nappe, ne passent sous les bassins.



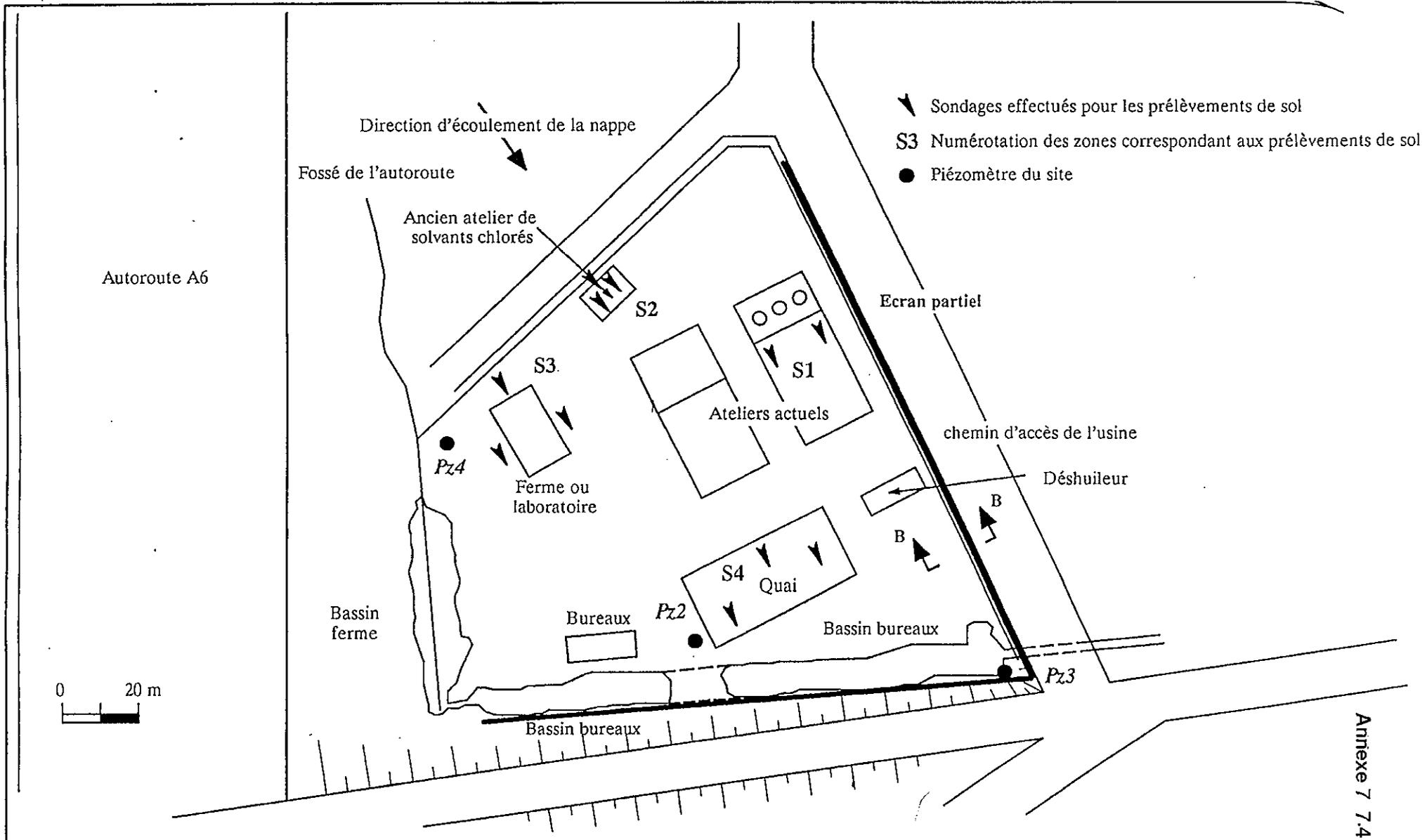
Annexe 7 7-2

<b>SOLETANCHE</b> 6 rue de Watford 92000 NANTERRE Tel : 33 (1) 47 76 42 62 Fax : 33 (1) 47 75 99 10	<b>THEMEROIL - SITE DE LA VARENNES LE GRAND</b>		<b>LEGENDE</b>	Fig : 1
	<b>VUE EN PLAN DES BASSINS DE RETENTION ET D'OXYDATION</b>			R.
				A.



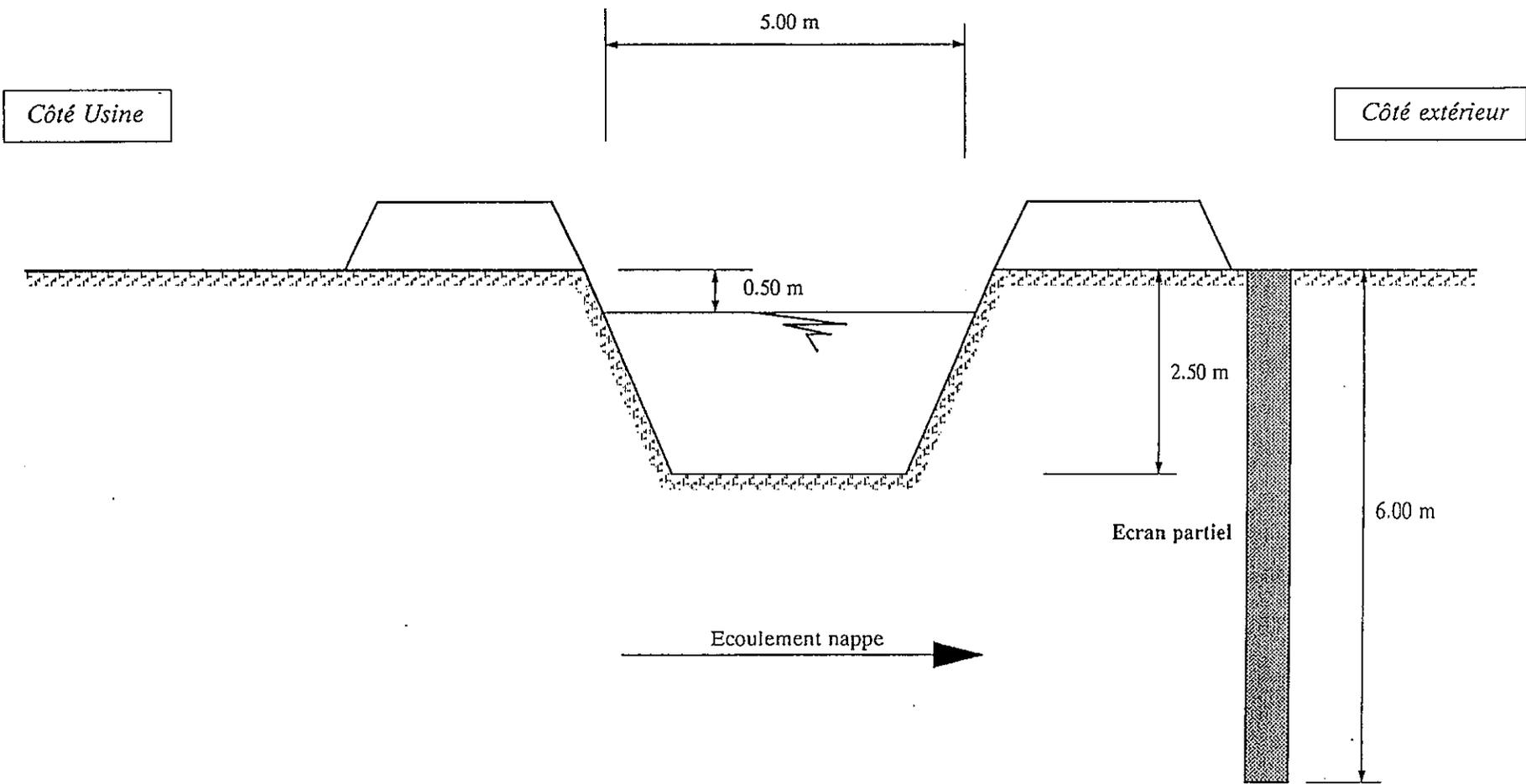
Annexe 7 7:3

<b>SOLETANCHE</b> 6 rue de Watford 92000 NANTERRE Tel : 33 (1) 47 76 42 62 Fax : 33 (1) 47 75 99 10	<b>THEMEROIL - SITE DE LA VARENNES LE GRAND</b>		<b>LEGENDE</b>		Fig : 2
	<b>COUPE A - A</b>				R.
					A.



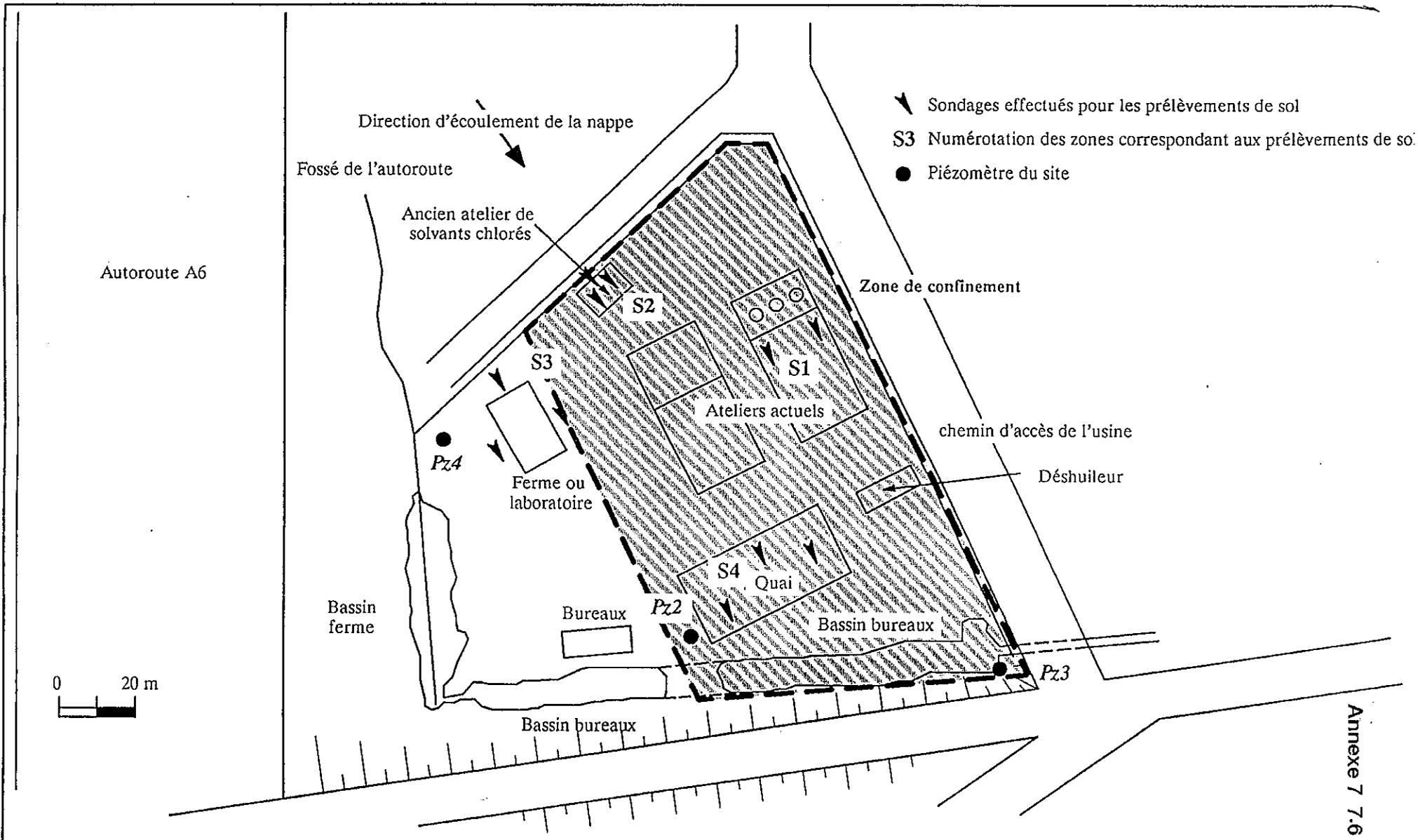
Annexe 7 7.4

<b>SOLETANCHE</b> 6 rue de Watford 92000 NANTERRE Tel : 33 (1) 47 76 42 62 Fax : 33 (1) 47 75 99 10	<b>THEMEROIL - SITE DE LA VARENNES LE GRAND</b>	<b>LEGENDE</b>	Fig : 3
<b>VUE EN PLAN ECRAN PARTIEL</b>			R. A.



Annexe 7 7:5

<b>SOLETANCHE</b> 6 rue de Watford 92000 NANTERRE Tel : 33 (1) 47 76 42 62 Fax : 33 (1) 47 75 99 10	<b>THEMEROIL - SITE DE LA VARENNES LE GRAND</b>		<b>LEGENDE</b>	Fig : 4
	<b>COUPE B - B</b>			R.
				A.



- ▼ Sondages effectués pour les prélèvements de sol
- S3 Numérotation des zones correspondant aux prélèvements de sol
- Piézomètre du site

Annexe 7 7.6

<b>SOLETANCHE</b> 6 rue de Watford 92000 NANTERRE Tél : 33 (1) 47 76 42 62 Fax : 33 (1) 47 75 99 10	<b>THEMEROIL - SITE DE LA VARENNES LE GRAND</b>	<b>LEGENDE</b>	Fig : 5
	<b>VUE EN PLAN ZONE DE CONFINEMENT</b>		R.
			A.

BURGÉAP

THEMEROIL  
VARENNES-LE-GRAND (71)  
DEPOLLUTION DU SITE  
PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE

NP.1075/A.3906 - C.032  
12 Juin 1996 / JMC

## 1. OBJET

Suite à différentes études de diagnostic de la pollution du milieu souterrain au droit du site occupé par la société THEMEROIL à Varennes-le-Grand (CETE Lyon 1987, CPGF 1991, Cabinet Sommeria 1994), il a été décidé la mise en oeuvre d'un dispositif de dépollution. Celui-ci comprend actuellement 4 tranchées situées en aval hydraulique du site et équipées de puits de pompage dans lesquels un débit de l'ordre de 3 m<sup>3</sup>/h est pompé et réinjecté dans un fossé superficiel situé en limite amont hydraulique du site.

L'Arrêté préfectoral relatif à la pollution du site imposant à la société THEMEROIL de nouvelles propositions de dépollution, celle-ci a demandé à BURGEAP une proposition technique avec un pré-chiffrage des coûts.

## 2. PROPOSITION TECHNIQUE

La pollution du milieu souterrain comprend à la fois une contamination des sols et des eaux souterraines par des composés organiques. Les polluants détectés sont essentiellement des hydrocarbures pétroliers volatils, des solvants halogénés (également très volatils) et des coupes de type huiles minérales (très peu solubles et moins nocives pour l'environnement). Compte tenu des produits manipulés sur le site, l'essentiel du stock de polluants présents dans les sols est représenté par des hydrocarbures pétroliers. Les concentrations maximales mesurées dans les eaux souterraines sont de l'ordre de quelques mg/l en hydrocarbures pétroliers volatils et en solvants halogénés.

Compte tenu de la nature des polluants et du contexte hydrogéologique (limons peu perméables), on peut envisager a priori deux types de traitement s'appuyant sur le dispositif hydraulique actuel :

- un traitement sur site des eaux pompées à l'aide d'une unité de stripping (volatilisation des polluants dissous);
- un traitement in situ par biodégradation consistant en l'injection dans le milieu souterrain d'un accepteur d'électrons (oxygène) et de nutriments (azote et phosphore) afin de stimuler la croissance bactérienne capable de consommer les polluants organiques.

Dans le cas étudié ici, un traitement par stripping comporte deux inconvénients majeurs :

- un tel traitement nécessite de "lessiver" abondamment le milieu souterrain afin de dissoudre le maximum de polluants piégés sous forme de phase organique (mobile ou immobile)<sup>1</sup>. Compte tenu de la faible perméabilité des terrains, ce mécanisme de dissolution est très lent, ce qui signifie que la durée du traitement sera très longue.

<sup>1</sup> et qui représente l'essentiel du bilan de masse

- compte tenu des concentrations et de la nature des polluants, la législation (Arrêté du 1/03/1993) impose un traitement des effluents gazeux, celui-ci se faisant classiquement par oxydation ou par filtration sur charbon actif (traitements très onéreux).

Ainsi, un traitement sur site par stripping est à la fois peu efficace et donc d'une durée importante, ce qui le rend d'autant plus coûteux.

A l'inverse, la biodégradation *in situ* présente différents avantages :

- durée du traitement relativement courte (de quelques mois à un an en moyenne)
- pas de traitement des effluents
- coût d'investissement et de fonctionnement relativement modestes.

L'expérience acquise tant en France qu'à l'étranger indique que ce type de traitement est très performant pour des hydrocarbures de types mono-aromatiques ou aliphatiques (ce qui est le cas sur le site). Concernant les solvants chlorés, le retour d'expérience est plus faible, mais de nombreuses expériences en laboratoire ainsi que des expérimentations sur site attestent de l'efficacité de la biodégradation sur la plupart des solvants chlorés utilisés classiquement dans l'industrie. Dans la plupart des cas, la biomasse adaptée à la dégradation de tels polluants est une biomasse autochtone.

Le dispositif proposé est le suivant :

- le pompage des eaux est maintenu dans la configuration hydraulique actuelle;
- l'injection des eaux de traitement se fait à l'aide d'une batterie d'environ 5 pointes filtrantes disposées en ligne à une vingtaine de mètres<sup>2</sup> en amont hydraulique des tranchées de pompage;
- l'oxygène est injecté sous forme de peroxyde d'hydrogène ou sous forme d'oxygène dissous à saturation obtenu par bullage des eaux pompées dans un bac.
- les nutriments et éventuellement le peroxyde d'hydrogène sont injectés dans l'eau de traitement à l'aide de cuves et de pompes doseuses.

En fonction des résultats du traitement, les pointes filtrantes sont déplacées en amont hydraulique afin de traiter à terme l'ensemble des sources de pollution. Les études menées sur le site semblent indiquer que ces sources sont essentiellement situées dans la zone du quai et dans la zone des ateliers. Notons que l'objectif principal de ce traitement est le traitement des sources de pollution présentes dans le soi, ces sources générant par dissolution la contamination des eaux souterraines observée.

<sup>2</sup> largeur de terrain susceptible d'être intéressé de manière efficace par le traitement

## Proposition 1994

### 1. OBJET

Entre 1971 et 1988, l'activité de la société Thémeroil a consisté en la régénération de divers produits organiques (huiles usagées et solvants chlorés) pour la fabrication de décoffrants pour béton. Cette activité a généré une pollution du milieu souterrain qui a fait l'objet de différents rapports d'audits (C.E.T.E. Lyon, 1987; C.P.G.F. 1991; Cabinet Sommeria, 1994). Depuis 1988, la fabrication des décoffrants par mélange à froid d'huiles minérales ou d'huiles de synthèse avec du white spirit ou des additifs et les mesures d'aménagement du site limitent fortement les risques de contamination du milieu naturel.

Les prestations du cabinet Sommeria ont compris des prélèvements et analyses d'échantillons de sols (4 zones) et d'eau (7 piézomètres, 5 puits et 2 bassins) sur ou à proximité du site. Les résultats des analyses permettent d'identifier et de localiser la pollution :

- les principaux polluants organiques identifiés dans les sols et les eaux sont des hydrocarbures volatils, des solvants chlorés et des huiles minérales;
- si la pollution des sols est hétérogène, elle est importante sur les zones S2 et S4;
- une pollution importante des eaux est identifiée dans les piézomètres Pz2, Pz3 et Pz5 alors qu'une quasi-absence de pollution est observée dans les puits 4 et 5. Pour expliquer ces observations, le rapport évoque des phénomènes de dilution dans la nappe et d'autoépuration par le sol ou une très faible vitesse de transport des polluants dans l'aquifère. Par contre, dans ses conclusions, le rapport tranche sans argumentaire en faveur du rôle épurateur des bassins ("L'interprétation des résultats d'analyse confirme le fait que les bassins forment un obstacle à la migration du "nuage de pollution" et jouent un rôle dans l'épuration naturelle") et propose comme mesures à prendre un raccordement des bassins "bureau" et "quai" et des analyses d'eau sur et en aval du site.

Compte tenu des très faibles vitesses d'écoulement des eaux souterraines, la validation du rôle épurateur des bassins à l'aide d'un suivi de la qualité des eaux dans les piézomètres 7 et 8 est à exclure si l'on souhaite des résultats à moyen terme.

L'objet de cette proposition est de fournir les éléments nécessaires à la validation de la méthode de dépollution proposée par le rapport Sommeria. En effet, divers points de ce rapport demeurent inconnus et demandent à être clarifiés :

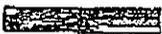
- les relations d'écoulement entre les eaux superficielles et les eaux souterraines (en particulier entre le bassin "quai" et le piézomètre Pz3) et les relations entre fossé d'autoroute, bassins et émissaire usine; ceci afin d'étayer l'hypothèse du rôle épurateur des bassins;
- l'origine de la forte pollution observée sur le piézomètre Pz5 : zone d'infiltration ou site industriel;

- une localisation plus précise des sources de pollution au droit de l'usine, en particulier sur le quai de stockage et sur le chemin d'accès de l'usine sur lequel aurait été stocké une partie des résidus de traitement; ceci dans l'éventualité d'une excavation très locale ("chirurgicale") des terrains.

## 2. PROPOSITION TECHNIQUE

- Enquête historique auprès de Thémeroil afin de préciser les zones de pollution potentielles et synthèse de toutes les données d'analyse d'eau et sols effectuées par Thémeroil (en particulier les analyses en routine sur les eaux superficielles);
- Réalisation d'une dizaine de sondages à la tarière à mains à faible profondeur (1 à 2m), échantillonnage des terres (et éventuellement des eaux) et analyses des concentrations en polluants organiques à l'aide de kits de terrain (HNU-Hanby et tubes réactifs Dräger). L'objectif est ici de localiser de manière plus précise les sources de pollution (composés organiques sous forme de phase huile). Les zones particulièrement concernées sont le quai de stockage, le chemin d'accès à l'usine et la zone de l'ancien atelier de solvants chlorés.
- Étude des relations d'écoulement entre le fossé de l'autoroute, les bassins, la zone d'infiltration en aval émissaire usine et la nappe. Cette phase comprendra un nivellement des différents points, une analyse granulométrique des bordures des bassins, une estimation des débits en différents points du système et un échantillonnage/analyse des concentrations en composés organiques sur les eaux superficielles (analyses à l'aide de kits de terrain complétées par quelques analyses en laboratoire).

Ces prestations permettront de conclure quant au rôle épurateur du bassin. Dans le cas contraire, la depollution pourrait s'orienter soit vers un dispositif de pompage des eaux avec traitement par stripping (volatilisation des composés organiques volatils), soit vers une analyse de risques vis-à-vis de l'environnement à l'aide d'outils informatiques. Dans les deux cas de figures, des propositions seront faites sur une excavation très locale des terrains les plus contaminés.

**VALTECH**  
 industry

**THEMEROIL**

Usine des Mouilles  
71240 VARENNES LE GRAND

**PROPOSITION POUR LA DEPOLLUTION DU SITE  
DES ETABLISSEMENTS THEMEROIL**

Offre HB/TO/60 bis du 11.05.1994  
Suivie par Hubert BONIN

VALTECH INDUSTRY  
327 rue des Mercières  
69140 RILLIEUX LA PAPE  
Tél : 78.88.47.49  
Fax : 78.88.46.79



## 1. PROBLEME POSE

La pollution du sol et de la nappe du site de Themeroil à Varennes Le Grand est décrite dans le rapport du Cabinet Sommeria (janvier 1994). Celui-ci met en évidence une pollution par des hydrocarbures, solvants chlorés et HAP.

Toutefois le milieu souterrain paraît assez peu perméable et donc peu vulnérable.

## 2. SOLUTION PROPOSEE PAR VALTECH INDUSTRY

Compte tenu de la très faible profondeur des limons (présence d'une formation argileuse à - 4 m environ), nous préconisons un isolement du site par une extension des "fossés-bassins" formant une barrière drainante sur le côté Sud du site ainsi que par un drain enterré (tranchée filtrante) pour le côté Est.

Mais ces drains et fossés restent insuffisants pour maîtriser la pollution. Il y a lieu d'effectuer un léger pompage dans ces drains pour maîtriser les circulations d'eau et de traiter l'eau avant rejet dans le milieu naturel. Nous serons ainsi certains que toutes les eaux polluées en provenance du site seront interceptées et traitées.

Ainsi un pompage de 2 m<sup>3</sup>/heure se fera en permanence à la fois dans le drain et dans le "fossé-bassin". L'eau pompée sera traitée avec une unité spécifique composée d'un déshuileur et d'un stripper (cf. description en annexe).

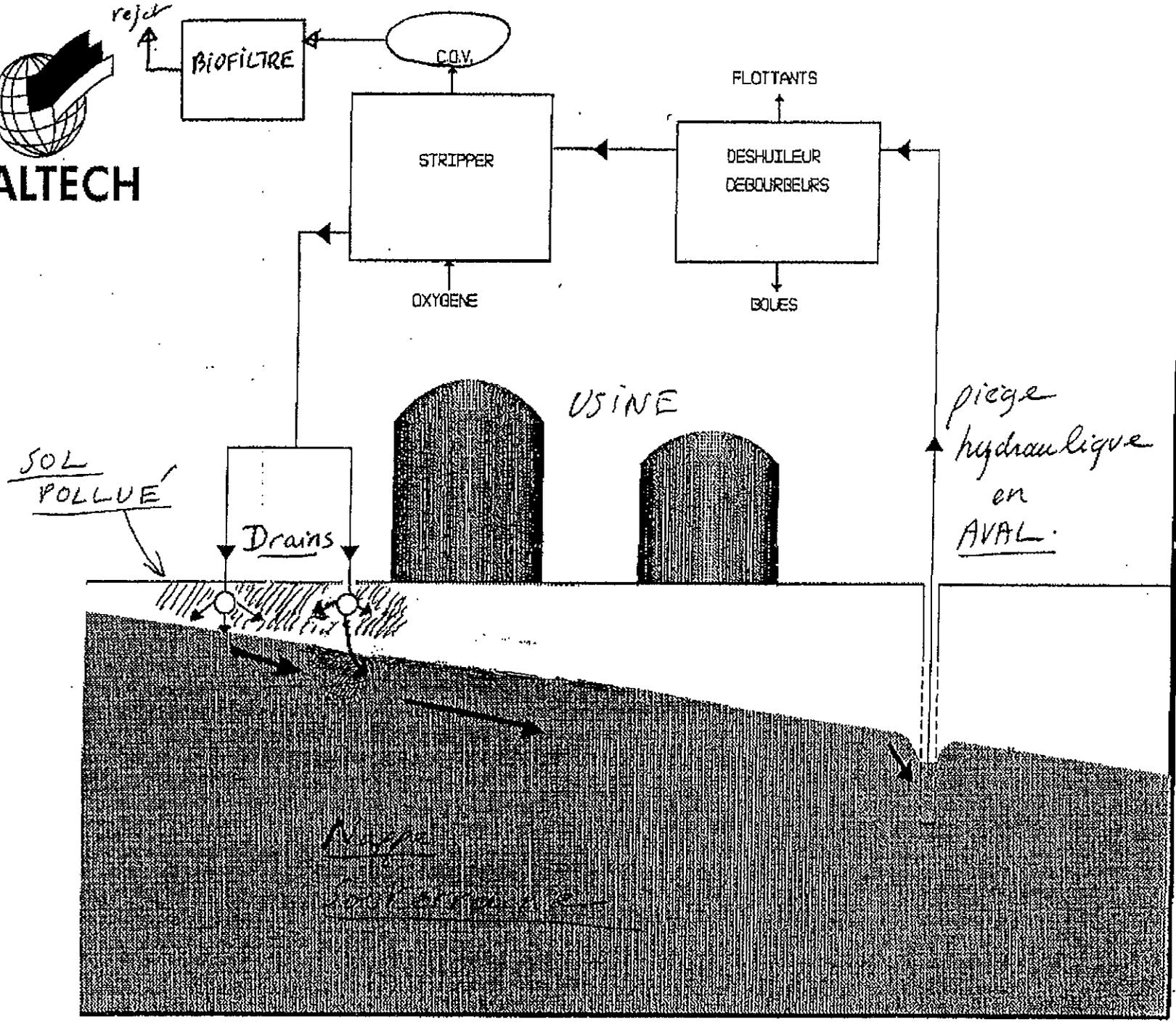
Le déshuileur permettra d'intercepter les hydrocarbures en émulsion.

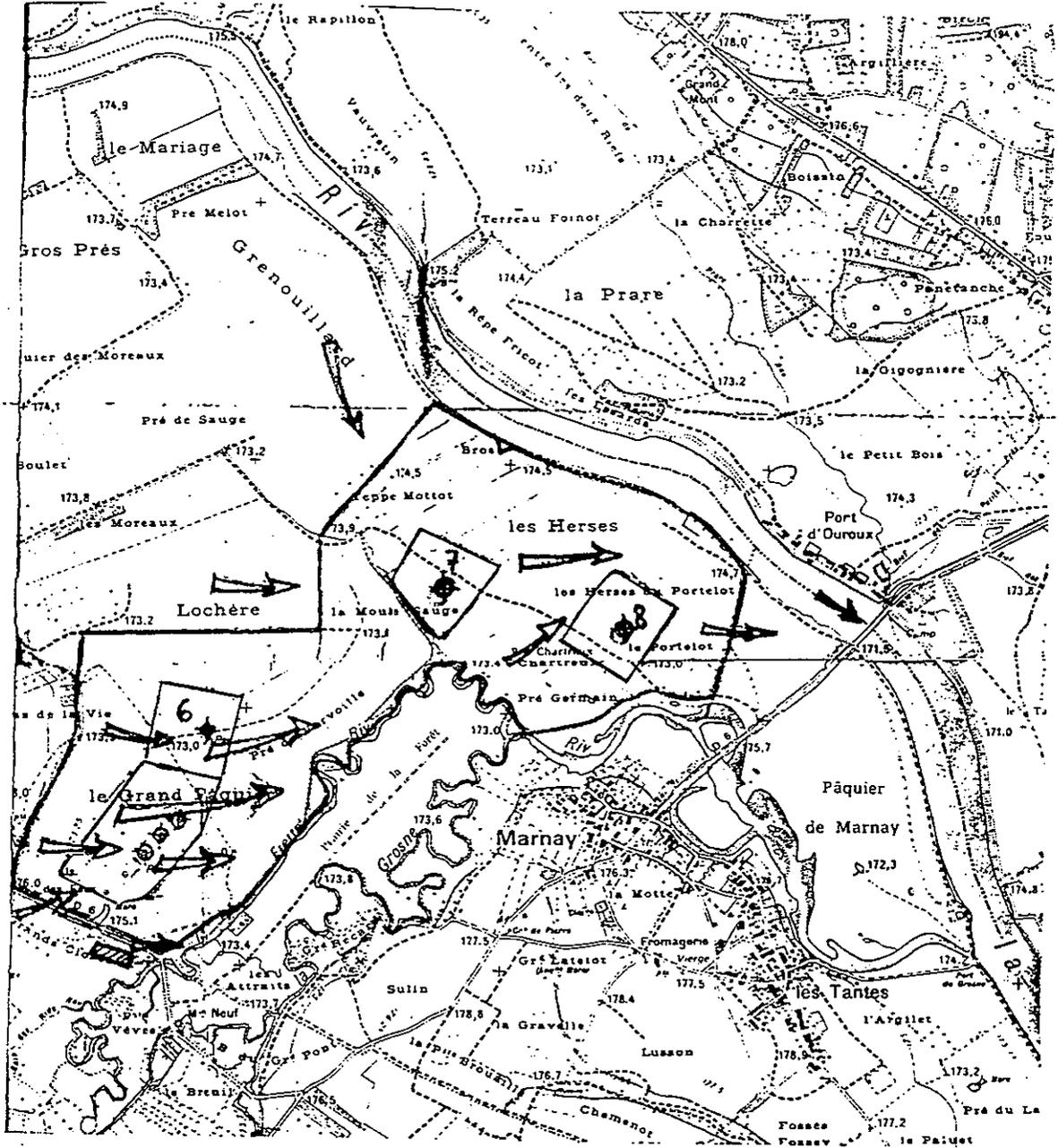
Le stripper permettra d'éliminer les composés volatils tels que benzène, toluène et les solvants chlorés.

Le stripper permettra par ailleurs d'oxygéner l'eau et favorisera donc la biodégradation des composés organiques résiduels. Pour ce faire, une petite lagune en aval du stripper pourra être éventuellement prévue.

Il sera conseillé de protéger pompe et stripper dans un abri.

# GRS VALTECH





ECHELLE 1/25000°

Périmètre de protection rapprochée ———

Périmètre de protection éloignée - - - - -

Circulation des eaux souterraines ⇨

*Extrait d'avis d'hydrogéologue agréé  
pour la protection des captages de Varennes  
le Grand*

**Pollution THEMEROIL à Varennes-le-Grand (71)**

**QUESTIONS RELATIVES AU RISQUE DE POLLUTION  
DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES  
ET AUX MESURES À PRENDRE**

Fiches récapitulatives

- Fiche 11-1 : Pollution du sol
- 11-2 : Géologie détaillée de la zone polluée
- 11-3 : Hydrogéologie
- 11-4 : Pollution de la nappe
- 11-5 : Eaux superficielles
- 11-6 : Surveillance hydrochimique de la nappe
- 11-7 : Rôle épurateur des bassins
- 11-8 : Risque
- 11-9 : Mesures à prendre

## **POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND**

### **Fiche 11-1**

#### **POLLUTION DU SOL**

##### **QUESTIONS :**

- 1 - Quel est le périmètre de la zone polluée ? Englobe-t-il certains abords de la zone des ateliers THEMEROIL (remblais des chemins d'accès, zone entre le site, l'émissaire et le piézomètre Pz5...) ?
- 2 - Où sont les foyers de pollution ?
- 3 - Quels sont les témoins ou "traceurs" de pollution à considérer dans une reconnaissance en 1999 (28 ans après le début de l'activité industrielle et 8 ans après la sélection de POLDEN-INSA de Lyon) ?
- 4 - Quelle est l'importance (en quantité) de la pollution ?
- 5 - Y a-t-il un foyer de pollution entre la zone dite "d'infiltration" de l'émissaire et le piézomètre Pz5 ?

##### **OBJECTIFS :**

- 1 - Etablir la carte des sources de pollution possibles.
- 2 - Etablir la carte du périmètre englobant toutes les zones polluées.
- 3 - Etablir la carte de la pollution du sol constatée à 0,5 m, 1 m et 1,5 m de profondeur, avec courbes d'isoteneurs de traceurs de pollution et indication du gradient vertical à l'aplomb de points de référence.

##### **MOTIVATION :**

Tous les autres thèmes d'interrogations font appel à cette connaissance préliminaire sur la localisation et l'importance de la pollution du sol.

## PROPOSITIONS :

- 1 - Complément d'enquête historique et technique :
  - activité industrielle, avec entrées et sorties de produits ; traitements ;
  - nature et localisation des aménagements (plates-formes, voies de communication, stockages, enfouissements), dans la zone d'activité actuelle et hors du périmètre de l'usine.
- 2 - Elargissement de la cartographie des sources de pollution possibles, à une échelle égale ou supérieure à 1/1 000 ( $\geq 1/1\ 000$ ).
- 3 - Contrôle d'enquête : étude de l'évolution du site depuis 1970 par analyse comparative des diverses couvertures photographiques aériennes de l'IGN.
- 4 - Analyses chimiques de terres sur des points de référence, en partant de chaque source de pollution possible ; prélèvements à 0,5 m, 1 m et 2 m de profondeur.
- 5 - Comparaison avec les résultats de 1991 (POLDEN) et 1994 (Laure SOMMERIA) ; confirmation ou détermination des traceurs de pollution appropriés à la méthode de prospection complémentaire et à la surveillance ultérieure de l'évolution chimique du terrain.
- 6 - Prospection systématique de l'ensemble des zones polluées étalonnée sur les résultats d'analyses obtenus aux points de référence ; envisager le recours aux méthodes modernes de reconnaissance par analyse *in situ*.
- 7 - Cartographie de la pollution en courbes d'isoteneurs.

## **POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND**

### **Fiche 11-2**

#### **GÉOLOGIE DÉTAILLÉE DE LA ZONE POLLUÉE**

##### **QUESTIONS :**

- 1 - Quelles sont, précisément, la nature et l'épaisseur de la première couche -dite argileuse- polluée ?
- 2 - Quelles sont, précisément, la nature et la profondeur du mur de la deuxième couche -dite sableuse ou limoneuse- aquifère ?

##### **OBJECTIFS :**

- 1 - Etablir la carte de l'épaisseur de la couche superficielle argileuse (représentation en courbes isopaques).
- 2 - Définir la granulométrie et la minéralogie de la couche argileuse et de l'aquifère.
- 3 - Préciser la géométrie et confirmer l'extension (hors site) de l'aquifère ; établir la carte du mur de l'aquifère (représentation en courbes isobathes).

##### **MOTIVATIONS :**

- 1 - Besoin de données quantitatives (volumes et tonnages de terres contaminées) dans la détermination des mesures à prendre (décaissement par exemple).
- 2 - Besoin de la donnée profondeur dans le calcul des paramètres hydrodynamiques (perméabilité, débit, temps de transfert ...).
- 3 - Besoin de connaître la profondeur d'encrage d'ouvrages de confinement.
- 4 - Besoin de caractériser la couche superficielle (perméabilité, facultés de fixation, d'épuration naturelle de la pollution) dans l'étude de faisabilité de la dépollution par injection et biodégradation.

## **PROPOSITIONS :**

- 1 - Compléter la reconnaissance géologique du LRPC d'Autun (1987) et du cabinet Laure SOMMERIA (1994) par quelques sondages dans la zone industrielle et autant que nécessaire hors de son périmètre, implantés en tenant compte de la cartographie de la pollution.
- 2 - Nivelier tous les points de reconnaissance.

## **REMARQUE**

La zone de reconnaissance géologique détaillée n'est pas celle de l'usine ou de la propriété mais celle de l'ensemble des secteurs pollués.

## **POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND**

### **Fiche 11-3**

### **HYDROGÉOLOGIE**

#### **QUESTIONS :**

- 1 - Quel est l'état hydrique (saturation en eau) de la première couche, argileuse, en saison sèche comme en saison humide ?
- 2 - Quelle est la perméabilité de cette couche.
- 3 - Quels sont les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère sableux sous-jacent (transmissivité, coefficient d'emmagasinement, piézométrie → pente de la nappe, vitesse et débit d'écoulement.
- 4 - Quel est l'impact des fondations de l'autoroute sur le système aquifère (drain ou barrière hydraulique) ?

#### **OBJECTIFS :**

- 1 - Définir l'aptitude du sol aux traitements de dépollution (infiltration, nécessité de remaniement, de modification de la granulométrie par additifs ...).
- 2 - Avoir une carte piézométrique précise englobant l'autoroute depuis l'amont du site jusqu'à la plaine alluviale de la Grosne et donc
  - connaître précisément le sens d'écoulement de la nappe ;
  - contrôler l'impact des fondations de l'autoroute sur l'écoulement de la nappe ;
  - vérifier la position des piézomètres de surveillance hydrochimique actuelle par rapport aux directions d'écoulement.
- 3 - Disposer des paramètres pour l'évaluation des quantités et des temps de transfert.

## MOTIVATIONS :

- 1 - Besoin de connaître le système aquifère du site et l'écoulement souterrain à l'aval pour estimer le risque.
- 2 - Contrôle de la faisabilité et des sujétions des opérations proposées pour la surveillance et la fixation ou la résorption de la pollution.

## PROPOSITIONS :

- 1 - Prélèvement de "terres"
  - dans les zones apparemment les plus humides et les plus sèches,
  - à diverses profondeurs de la première couche argileuse,
  - en fin de saison humide et en fin de saison sècheet mesure des teneurs en eau relatives.
- 2 - Tests de perméabilité de la première couche argileuse à 0,5 m, 1 m et 1,5 m de profondeur, par une méthode adaptée à la mesure des faibles perméabilités (méthode type PRECI) ou adaptée à la mesure de la fourchette

$$x.10^{-4} > K > x.10^{-8} \text{ m/s}$$

(méthode type PANDA) puisque à une valeur égale ou inférieure à  $x.10^{-8}$  m/s la dépollution par réinjection d'eau traitée et biodégradation est difficilement envisageable sans modification profonde de la texture du terrain.

- 3 - Piézométrie renforcée, notamment de part et d'autre de l'autoroute A6, avec piézomètres forés jusqu'au toit de la troisième couche (environ 6 m à l'aplomb du site).
- 4 - Implantation de doublets forages de pompage - piézomètres et pompes d'essai pour la détermination de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement
  - sur la zone industrielle,
  - en limite de zone,
  - à l'aval.
- 5 - Mesures complémentaires de la perméabilité à la faveur des sondages de reconnaissance et sur les piézomètres existants (si leur état et leur équipement le permet).
- 6 - Réaliser un modèle hydrodynamique.

## **REMARQUE**

Le nombre et le lieu des prélèvements, tests, piézomètres, doublets et mesures est à fixer en fonction des réponses apportées aux questions de la fiche 11-1.

# **POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND**

## **Fiche 11-4**

### **POLLUTION DE LA NAPPE**

#### **QUESTIONS :**

- 1 - Quelle est la composition chimique de l'eau de la deuxième couche, "sableuse", en 1999 ?
- 2 - Quels sont les éléments ou composés chimiques représentatifs de la pollution des eaux souterraines, témoins de la pollution du sol de THEMEROIL, à retenir et rechercher dans une prospection et une surveillance systématiques ?
- 3 - Quelle est la géométrie actuelle de l'extension prévisible du "panache" de pollution dans la nappe ?
- 4 - Y a-t-il contamination de la nappe par infiltration de polluants dans le lit du ruisseau sortant du site ?

#### **OBJECTIFS :**

- 1 - Connaître la qualité de la nappe en 1999 et l'évolution possible  
→ à l'aplomb du lieu géométrique des foyers de pollution du sol,  
→ à l'extérieur du site, en limite aval,  
→ au-delà, vers l'aval (distances à préciser à partir des réponses précédentes).
- 2 - Réorganiser, si besoin, le réseau de surveillance hydrochimique (voir fiche 11-6).
- 3 - Expliquer la pollution constatée dans le piézomètre Pz5.
- 4 - Déterminer l'équipement des puits de surveillance nécessaire pour le contrôle chimique de la nappe par prélèvements et analyses d'eau.

### **MOTIVATIONS :**

- 1 - Besoin de réactualisation du protocole d'investigations proposé il y a 8 ans (POLDEN) pour étudier une pollution commencée il y a 30 ans.
- 2 - Préparation du cahier des charges de la surveillance hydrochimique ultérieure.
- 3 - Craintes sur l'aptitude des piézomètres actuels au contrôle hydrochimique (voir fiche 11-6).

### **PROPOSITIONS :**

- 1 - Tenir compte des tableaux d'analyses des campagnes hydrochimiques de 1991 (POLDEN) et 1994 (SOMMERIA) pour la prochaine campagne (comparaisons).
- 2 - Faire confirmer ou modifier le protocole de prospection et de surveillance par des spécialistes en hydrogéochimie (choix des traceurs-témoins de pollution en fonction des sujétions (conditions de prélèvements, risques de parasitage, coûts des analyses, besoins pour les modélisations etc.).
- 3 - Faire une analyse comparative de la composition de l'eau de l'émissaire, de la nappe à proximité de l'émissaire et de la nappe dans Pz5 (si le piézomètre est en état).

# POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND

## Fiche 11-5

### EAUX SUPERFICIELLES

#### QUESTIONS :

- 1 - Le ruisseau de drainage et de détournement des eaux de ruissellement extérieur est-il
  - indépendant du système de drainage de la zone industrielle ?
  - à la périphérie de l'ensemble de la zone polluée (définie préalablement ; voir fiche 11-1) ?
- 2 - Le réseau de drainage des chaussées de l'autoroute A6 est-il, lui aussi, indépendant du système de drainage de la zone industrielle ?
- 3 - Le réseau est-il doté d'un dispositif de protection contre la pollution des eaux souterraines, en état ?
- 4 - Le réseau de drainage de la zone d'activité industrielle est-il étanche entre les stations de traitement ?
- 5 - L'eau de ce même réseau à la sortie de la dernière station (décanteur-deshuileur) et du site répond-t-elle aux normes de rejet dans le réseau hydrographique ?

#### OBJECTIF :

Maîtriser les eaux du site, éviter leur mélange avec les eaux extérieures ; éviter les infiltrations ; ne pas rejeter d'eau polluée dans l'émissaire, c'est-à-dire, *in fine*, dans le ruisseau de l'Etang et la plaine alluviale de la Grosne.

#### MOTIVATIONS

- 1 - Crainte d'une contamination du ruisseau de l'Etang et d'infiltrations de polluants dans le lit de l'émissaire.
- 2 - Crainte de contamination de réseau à réseau, avec aggravation de la pollution et complications dans l'interprétation du suivi hydrochimique.

**PROPOSITIONS :**

- 1 - Cartographie des réseaux et contrôle de leur état et de leur indépendance ; modifications si nécessaire.
- 2 - Analyse de l'eau rejetée par le réseau intérieur (protocole à déterminer à partir des réponses aux questions des fiches 11-1 et 11-4).

## **POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND**

### **Fiche 11-6**

#### **SURVEILLANCE HYDROCHIMIQUE DE LA NAPPE**

##### **QUESTIONS :**

- 1 - Le réseau actuel de surveillance (piézomètres) est-il bien implanté ?
- 2 - L'équipement des piézomètres est-il encore en bon état et adapté à la surveillance de ce type de pollution ?
- 3 - Le protocole de surveillance hydrochimique est-il toujours convenable ?

##### **OBJECTIF :**

- 1 - Modifier et compléter si besoin le réseau à partir des réponses apportées aux fiches 11-1, et 11-3 à 5 (cartographie de la pollution, sens et vitesse d'écoulement, impact de l'autoroute ...).
- 2 - Contrôler la conformité de l'équipement des piézomètres aux impératifs du protocole de suivi hydrochimique (risques d'adsorption par le PVC, de parasitage par l'altération d'enduits de protection ...).
- 3 - Contrôler le rôle épurateur des bassins.

##### **MOTIVATION :**

- 1 - Fiabilité du réseau de surveillance ; évaluation du risque ; garantie d'alerte.
- 2 - Contrôle de l'efficacité des opérations de fixation ou de résorption de la pollution éventuellement entreprises.
- 3 - Etalonnage et contrôle des modèles hydrodynamiques et hydrodispersifs.

## **PROPOSITIONS :**

Combiner les projets de sondages de reconnaissance complémentaire de manière à transformer en réseau de surveillance une partie des ouvrages, avec intégration de tout ou partie du réseau de piézomètres actuel.

## **POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND**

### **Fiche 11-7**

#### **RÔLE ÉPURATEUR DES BASSINS**

##### **QUESTIONS :**

- 1 - Quelle est la qualité de l'eau des bassins en 1999, par rapport à celle de la nappe ?
- 2 - Quelle est la géométrie des bassins par rapport à celle du système aquifère ?
- 3 - Les bassins assurent-ils une protection efficace contre l'extension de la pollution par la nappe ?

##### **OBJECTIF :**

- 1 - Confirmer les facultés épuratrices des bassins.
- 2 - Disposer des données nécessaires à un éventuel projet d'amélioration.

##### **MOTIVATION :**

- 1 - Estimer l'intérêt et la suffisance de ce dispositif.
- 2 - Juger de l'opportunité de prescrire des améliorations.

##### **PROPOSITIONS :**

- 1 - Préciser la coupe des bassins par rapport à la coupe géologique du sous-sol. Situer ainsi le fond des bassins par rapport au toit et au mur de l'aquifère.
- 2 - Déterminer par analyse hydrochimique comparative l'évolution de la qualité de l'eau de part et d'autre des bassins.
- 3 - Pour ce faire, implanter un forage de part et d'autre de chaque bassin sur l'axe d'écoulement de la nappe et l'équiper pour les prélèvements d'eau à analyser.
- 4 - Intégrer éventuellement ces "piézomètres" dans le réseau de surveillance ultérieure.

## **POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND**

### **Fiche 11-8**

### **RISQUE**

#### **QUESTIONS :**

- 1 - Le réseau hydrographique est-il directement menacé de pollution ?
- 2 - Outre la couche argileuse superficielle, localement très polluée, et la deuxième couche, sableuse et aquifère, à traces de polluants, d'autres aquifères plus profonds sont-ils pollués ou risquent-ils d'être pollués ?
- 3 - Quelle est la géométrie actuelle du "panache" de pollution dans le ou les aquifères ?
- 4 - A quelle vitesse se déplace-t-il ? Avec quelle concentration de polluants.
- 5 - Jusqu'où peut-il se déplacer avec des concentrations supérieures aux normes admissibles ?
- 6 - Les "piézomètres" actuels constituent-ils un réseau bien implanté, suffisant, fiable, pour surveiller la qualité des eaux souterraines et garantir la possibilité d'alerte à l'aval ?
- 7 - (Développement de la question 4). La nappe alluviale de la Grosne est-elle menacée ainsi que la rivière ?
- 8 - Le champ captant de Varennes-le-Grand peut-il être contaminé ? Dans quelle mesure ? Quand ? Par quels polluants ?
- 9 - D'autres points d'eau utilisés pour l'alimentation humaine ou animale sont-ils exposés au même risque de pollution ?

#### **OBJECTIF - MOTIVATION**

- 1 - Mieux apprécier le risque ; rassurer la collectivité locale ; prévenir les dommages, le cas échéant.
- 2 - Argumenter le choix des mesures à prescrire en matière de surveillance, de fixation et/ou de résorption de la pollution.

## PROPOSITIONS

- 1 - Répondre préalablement, autant que faire se peut, à toutes les questions des fiches précédentes (voir les propositions de ces fiches pour y parvenir).
- 2 - Utiliser et -si besoin- compléter la prospection "points d'eau" de CPGF (1991) en intégrant dans l'étude celle de l'impact des fondations de l'autoroute A6 sur l'écoulement des eaux souterraines et celle des relations hydrodynamiques entre le champ captant de Varennes-le-Grand, la nappe alluviale et la Frette.
- 3 - Faire un modèle hydrodynamique et un modèle hydrodispersif.

## REMARQUES

- 1 - La réponse à caractère qualitatif donnée à la question 2 dans ce rapport devrait suffire. Sous la couche sableuse aquifère, le terrain est constitué par une alternance de couches tantôt argileuses ou marneuses, tantôt argilo- ou marno-sableuses, c'est-à-dire de faible à très faible perméabilité. De plus, il est logique de penser que ces couches sont lenticulaires.

A faible ou moyenne profondeur -au moins- les couches à granulométrie plus grossière constituent donc de petits aquifères d'extension vraisemblablement limitée. A très long terme la ou les premières couches seront peut-être atteintes par les polluants les plus persistants, solubles et dispersables mais alors le transfert latéral serait très lent. D'autre part, ces couches n'ont pas le caractère aquifère recherché pour les AEP. Enfin la position de ces couches dans le système vallée ne les soumet pas à un drainage très efficace pour la propagation de la pollution.

- 2 - Ne pas attendre de réponse précise et aisément quantifiable aux questions 5, 7 et 8 ... (cf. limites des méthodes et moyens).
- 3 - Un avis qualitatif sur le risque de pollution des eaux et d'atteinte à la santé publique (contamination du champ captant de Varennes-le-Grand) a été donné plus haut (p. 30). Vouloir plus de précisions et notamment quantifier les prévisions impose de relancer des études et prospections dépassant largement le secteur THEMEROIL et budgétairement très conséquentes.

## POLLUTION THEMEROIL À VARENNES-LE-GRAND

### Fiche 11-9

#### MESURES À PRENDRE

##### QUESTIONS :

- 1 - Est-il raisonnable de n'envisager, dans un premier temps, qu'un réseau de surveillance de la qualité de la nappe à l'aval du site pollué ? Le réseau constitué par les piézomètres actuels est-il ou sera-t-il suffisamment fiable (cf. fiche 11-6) ?
- 2 - Les bassins creusés en limite aval de la zone industrielle constituent-ils véritablement une "barrière" d'épuration naturelle ? Faut-il améliorer le système ou au contraire relativiser son efficacité ?
- 3 - Doit-on confiner le site pollué ? Quel est le périmètre de confinement ? A quelle profondeur descendre l'écran périphérique ?
- 4 - Doit-on enlever les terres polluées ? Quel volume cela représente-t-il ? Quel sera le devenir de ces terres ? Quels sont les inconvénients du décaissement ?
- 5 - Peut-on envisager le traitement *in situ* par pompage de l'eau de la nappe polluée, épuration, oxygénation, addition de nutriments et réinjection dans le sol à dépolluer par biodégradation ? Où et à quel débit pomper ? Quel sera le rayon d'influence ? Combien de temps l'opération durera-t-elle ? La réinjection sera-t-elle possible dans ce terrain apparemment peu perméable sur 1,5 à 3 m de profondeur ?
- 6 - Dans le scénario de biodégradation *in situ*, le remaniement du sol sans décaissement (simple retournement profond des terres, avec additifs) est-il à envisager ? La ou les zones concernées recouvrent-elles des zones d'activité ou construites ?

##### OBJECTIFS - MOTIVATIONS

- 1 - Préparer le cahier des prescriptions pour la protection des eaux superficielles et souterraines.
- 2 - Avoir un jugement critique sur les propositions des bureaux d'études.

## **PROPOSITIONS**

- 1 - Répondre d'abord -autant que faire se peut- à toutes les questions des fiches 11-1 à 11-8.
- 2 - Définir la conduite à tenir, à partir des règlements, normes, réalités locales, incertitudes sur le risque, limites en moyens, méthodes et possibilités prévisionnelles.
- 3 - Retenir la ou les solutions techniques ad hoc, dûment précédées par une étude de faisabilité qui devra forcément s'appuyer sur les informations demandées plus haut.

**BRGM**  
**SERVICE GÉOLOGIQUE REGIONAL BOURGOGNE**  
1, rue Louis de Broglie - Parc Technologique - 21000 DIJON - France  
Tél. : 03.80.72.90.40