

DOCUMENT PUBLIC

*Réalisation et étude d'un sondage carotté  
réalisé sur un terrain pollué  
par des composés organochlorés volatils  
(Dreux, Eure-et-Loir)*

Dégranges P., Mouvet C., Jeannot R. (BRGM)  
Degouy M., Chéradame J.M., Mériaux F. (CFG)

octobre 1996  
R 39119

Mots clés : Solvants chlorés, Tétrachloroéthylène, Trichlorométhane, Sondage, Dreux, Eure-et-Loir.

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

Dégranges P., Mouvet C., Jeannot R., Degouy M., Chéradame J.M., Mériaux F. (1996) - Réalisation et étude d'un sondage carotté réalisé sur un terrain pollué par des composés organochlorés volatils (Dreux, Eure-et-Loir). Rap. BRGM R 39119, 99 p., 7 fig., 5 tabl., 4 ann.

© BRGM, 1996 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Cette étude, réalisée dans le cadre d'une convention d'étude avec le ministère de l'Environnement, a pour cadre géographique une ancienne décharge sauvage à Dreux (Eure-et-Loir) où ont été déversés jusqu'à fin 1989 des résidus industriels (solvants industriels, solvants aromatiques, hydrocarbures, ...). Elle vient en continuation des travaux effectués sur le site depuis 1992, notamment sur les gaz des sols, qui avaient permis d'identifier différents solvants et d'établir une cartographie de leur localisation.

L'objectif en est la réalisation d'un sondage carotté jusqu'à la nappe dans la formation crayeuse et la détermination qualitative et quantitative de solvants chlorés sur les solides récupérés.

Les travaux décrits dans ce rapport se sont déroulés en trois phases :

- une première phase a permis de tester, en collaboration avec le département Analyses du BRGM, une méthodologie d'extraction et d'analyse des composés recherchés sur des échantillons solides de craie provenant d'une formation géologique comparable à celle du terrain ;
- la deuxième phase a consisté en la réalisation, dans la zone polluée par les solvants chlorés, d'un sondage carotté avec conditionnement spécifique des carottes pour recherche ultérieure des composés halogénés. Cette opération a été confiée à la Compagnie Française de Géothermie. Durant ce sondage, des tests d'identification des composés volatils en cours de forage ont été réalisés à l'aide d'un analyseur infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) ;
- dans la troisième phase, les composés halogénés volatils ont été recherchés sur les échantillons prélevés en cours de forage. Ces analyses ont été réalisées au département Analyses du BRGM.

Les résultats obtenus sur le forage ont confirmé la présence et la migration en profondeur de solvants halogénés - principalement le tétrachloroéthylène - avec un maximum de concentration autour de 15 m. Ces composés ne se retrouvent plus dans la phase solide au niveau de la nappe. Une diagraphie chimique donnant la teneur en solvants halogénés en fonction de la profondeur a pu être tracée sur le forage.

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	7
<b>1. Rappel des études précédentes</b> .....	9
1.1. Site étudié .....	9
1.2. Résultats obtenus .....	9
<b>2. Etude méthodologique d'extraction de solvants chlorés sur la craie du Santonien</b> .....	13
2.1. Echantillonnage de la craie .....	13
2.2. Etude de la récupération de solvants chlorés sur la craie .....	15
2.2.1. Composés étudiés et niveaux de concentration .....	15
2.2.2. Dopage des carottes .....	15
2.2.3. Méthodes d'extraction et d'analyse .....	17
2.2.4. Résultats analytiques et discussion .....	17
2.3. Conclusion .....	20
<b>3. Sondage carotté</b> .....	21
3.1. Implantation du sondage .....	21
3.2. Réalisation des travaux .....	21
3.2.1. Déroulement des travaux .....	21
3.2.2. Echantillonnage .....	22
<b>4. Suivi par IRTF des composés volatils en cours de sondage</b> .....	23
4.1. Principe du prélèvement .....	23
4.2. Etude des composés halogénés dégagés en cours de sondage .....	23
4.2.1. Appareillage .....	23
4.2.2. Déroulement des travaux et résultats analytiques .....	24
4.3. Conclusion .....	24

<b>5. Etude des carottes de sondage et d'un échantillon d'eau de la nappe</b> .....	25
5.1. Analyse des carottes .....	25
5.1.1. Choix des échantillons .....	25
5.1.2. Préparation et analyse des échantillons .....	25
5.1.3. Résultats analytiques .....	27
5.2. Analyse de l'eau de la nappe .....	27
<b>Conclusion</b> .....	29
<b>Bibliographie</b> .....	31
Ann. 1 - Etude méthodologique d'extraction de solvants chlorés à partir d'échantillons de craie du Santonien représentatifs de la formation géologique du site .....	33
Ann. 2 - "La pièce de Saint-Etienne" à Dreux. Rapport CFG de fin de sondage du 19 au 23 juin 1995 (Degouy M.) .....	45
Ann. 3 - "La pièce de Saint-Etienne" à Dreux. Analyses sur site par spectrométrie infra-rouge à transformée de Fourier (IRTF) des composés volatils extraits de la boue de forage. 19 au 25 juin 1995 (Chéradame J.M., Mériaux F.) .....	71
Ann. 4 - Bordereaux des résultats d'analyse sur solides (pieds de carotte et carottes) et sur l'eau de la nappe .....	81

## Liste des figures

- Fig. 1 - Localisation géographique du site étudié.
- Fig. 2 - Pièce de Saint-Etienne.
- Fig. 3 - Géologie régionale.
- Fig. 4 - Carte géologique à 1/50 000.
- Fig. 5 - Méthodologie employée pour les tests d'extraction de composés halogénés sur échantillons de craie du Santonien.
- Fig. 6 - Comparaison des teneurs en TeCE obtenues par extraction sur les solides et par mesure IRTF des gaz des fluides de forage.
- Fig. 7 - Comparaison des teneurs en 1, 1, 1 TCA obtenues par extraction sur les solides et par mesure IRTF des gaz des fluides de forage.

## Liste des tableaux

- Tabl. 1 - Composés organiques identifiés sur le site de Saint-Etienne lors des campagnes analytiques de mars 1993 et mars 1994 (d'après rapports BRGM et INSA 1995).
- Tabl. 2 - Tests d'extraction directe sur carottes de craie dopées à des teneurs de l'ordre de 0,002 mg/kg.
- Tabl. 3 - Tests d'extraction méthanol sur carottes de craie dopées à des teneurs de l'ordre de 0,8 mg/kg.
- Tabl. 4 - Résultats des analyses sur les échantillons du sondage de juin 1995.
- Tabl. 5 - Résultats d'analyse en organochlorés sur l'eau de nappe au droit du sondage.

## **Introduction**

Les résultats obtenus en 1994 (Degranges *et al.*, 1995) avaient permis, sur le site de la pièce de Saint-Etienne à Dreux (Eure-et-Loir), de localiser une zone particulièrement polluée en solvants halogénés et de mettre en évidence son extension dans les deux premiers mètres du sous-sol.

L'objectif de cette étude, réalisée dans le cadre d'une convention avec le ministère de l'Environnement (convention DGAD/SRAE/94038), est l'établissement, par analyses de carottes de sondage, d'une diagraphie chimique en fonction de la profondeur sur cette zone particulièrement polluée en solvants halogénés.

Dans ce but, un sondage carotté a été réalisé jusqu'à la nappe afin d'étudier, à partir des carottes de craie obtenues, la distribution en profondeur des composés organochlorés.

Une première étape méthodologique s'est révélée nécessaire afin de tester la récupération des composés recherchés dans des échantillons solides de craie.

La deuxième étape a consisté en des opérations de sondage, récupération et conditionnement des carottes, dont la maîtrise d'oeuvre a été confiée à la CFG (Compagnie Française de Géothermie). Lors du sondage, l'utilisation sur site par la CFG d'un analyseur infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) a permis de tester cette méthode pour le suivi et l'identification en temps réel en cours de forage des composés volatils libérés dans la phase gazeuse.

Enfin, lors de la troisième étape, des échantillons de carottes ainsi qu'un échantillon d'eau de la nappe ont été analysés par les laboratoires du BRGM.

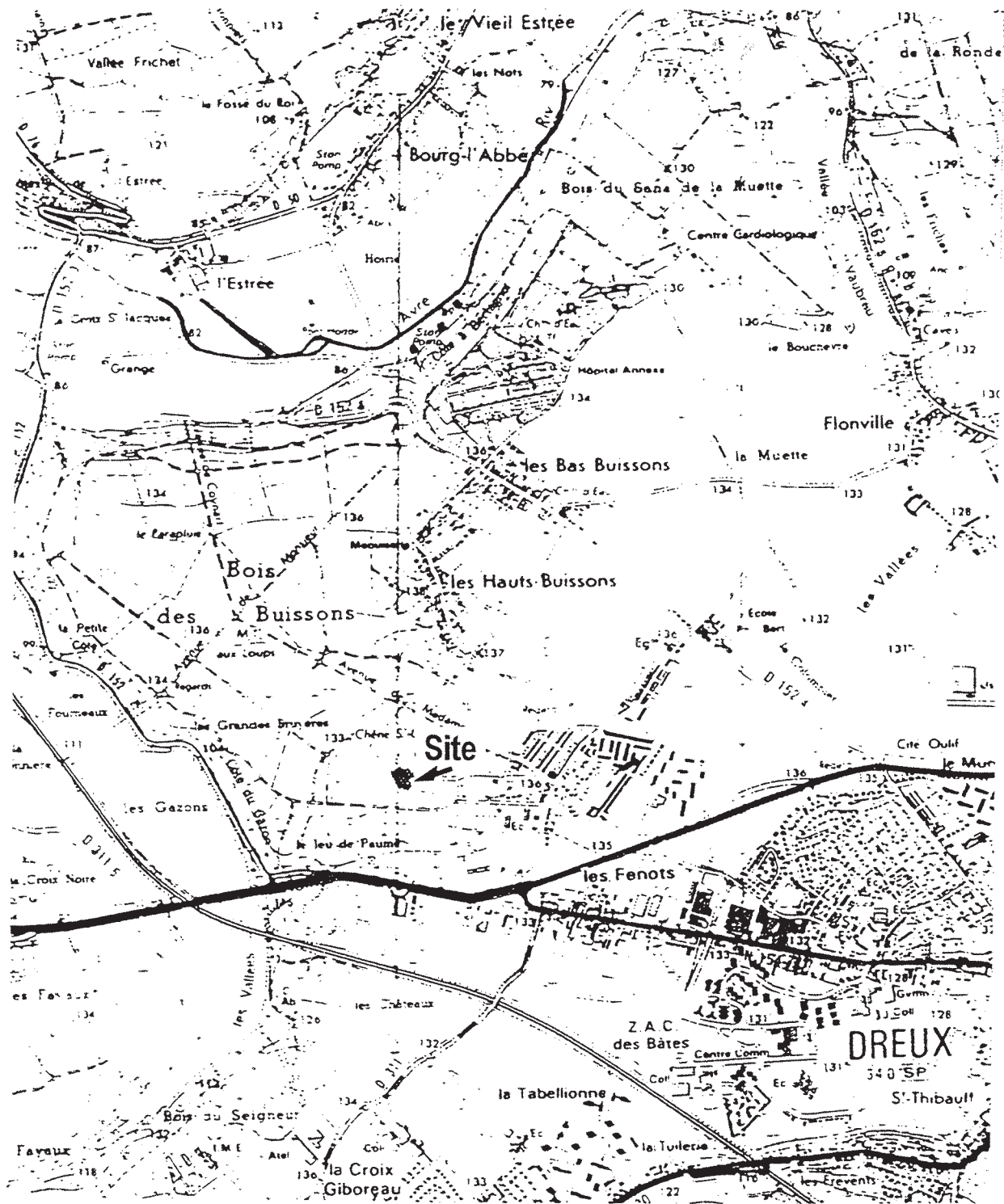


Fig. 1 - Localisation géographique du site étudié.

## 1. Rappel des études précédentes

Les opérations effectuées de 1992 à 1994 ont fait l'objet de rapports d'étude détaillés (rapport BRGM R 37836, 1993 ; rapport BRGM R 38378, 1995). Nous en rappellerons succinctement les principaux résultats.

### 1.1. SITE ETUDIE

Le site étudié se trouve à l'est de Dreux, à proximité de la N 12 (fig. 1). Il s'agit d'un terrain où ont été déversés jusqu'à fin 1989 des résidus de fonds de cuve, huiles usées, solvants... Cette décharge non contrôlée est suspectée d'être à l'origine de la pollution en solvants chlorés de 3 forages de la Lyonnaise des Eaux situés à 2 km au nord du site.

Le terrain incriminé est la pièce de Saint-Etienne, section BP n°12-17, appartenant à la ville de Dreux. Il se trouve sur un plateau constitué principalement de craie crétacée, qui descend au nord vers la vallée de l'Avre où se situent les trois stations de pompage de la Lyonnaise des Eaux où est constatée la pollution. Ce terrain a une superficie d'environ 3 ha. C'est actuellement un terrain vague, qui a servi de décharge sauvage, et qui a subi il y a 5 ans un décapage en surface de la couche superficielle pour enlever le plus gros des déchets (matériel électroménager hors-service par exemple).

### 1.2. RESULTATS OBTENUS

Différentes campagnes de terrain effectuées de 1992 à 1994 ont permis, par mesure des gaz de sol en surface ou en tranchées puis par analyses de sols (Blanchard *et al.*, 1995), de localiser deux zones où sont présents des composés volatils chlorés (tétrachloroéthylène, trichloroéthylène) ou aromatiques (benzène, toluène, xylènes) ; ces zones sont rappelées dans la figure 2. L'extension en surface de ces zones polluées est faible. Quant à l'extension en profondeur, elle reste inconnue, même si pour le TeCE les mesures sur solides prélevés entre 2 et 4 m donnent des valeurs très fortes et permettent d'envisager dans ce cas un stock "polluant" potentiel. Le tableau 1 résume les principaux résultats obtenus lors des différentes campagnes sur site.

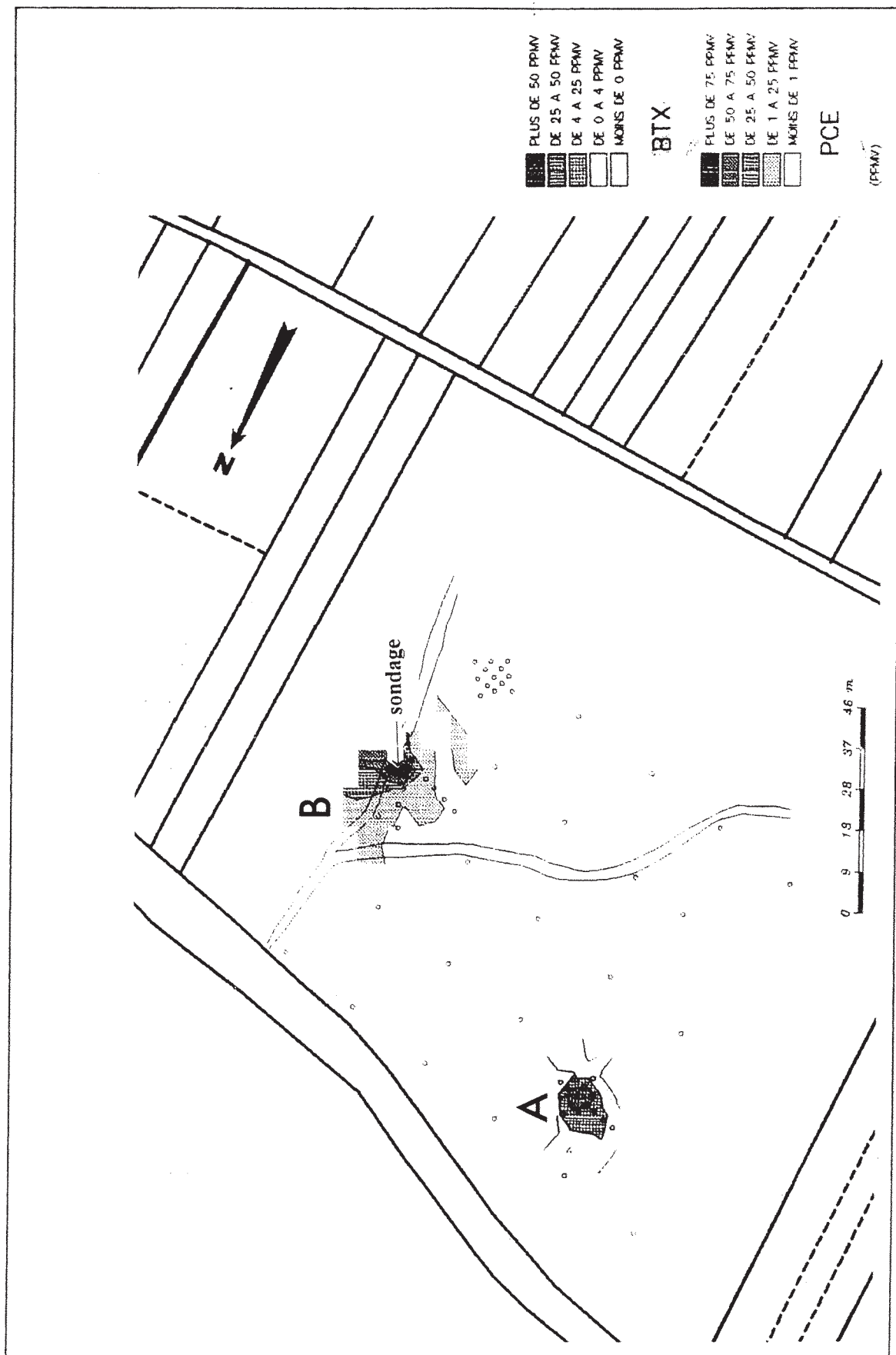


Fig. 2 - Pièce de Saint-Etienne : localisation des zones polluées, implantation du sondage.

MOLECULE	GAZ			SOLS	
	analyses charbon actif	analyses IRTF	analyses Photoioniseur	analyses BRGM	analyses INSA
Trichlorofluorométhane					xxx (16)
Trichlorotrifluoroéthane				i	x (0,3)
Dichlorométhane					xx (1,2)
Trichlorométhane				i	xx (1,1)
Trichloroéthane				i	x (0,2)
Tetrachloroéthane					x (0,7)
Trichloroéthylène	x (0,6)				x (0,2)
Tetrachloroéthylène	xxxx (144)	i	xxxx (1500)*	xxxx (7000)	xxx (420)
<i>Benzène</i>	xxx (29)				
<i>Toluène</i>	xxx (77)		i	i	
<i>Xylènes</i>	xxx (66)			i	
<i>Hydrocarbures paraffiniques</i>			i		
<i>Hydrocarbures aromatiques</i>				i	

Composés cités en caractères normaux : localisation en zone C (tabl. 2)

Composés cités en italique : localisation en zone B (tabl. 2)

x : < 1 mg/l (gaz) ou 1 mg/kg (sols)

xx : entre 1 et 10 mg/l (gaz) ou mg/kg (gaz)

xxx : entre 10 et 100 mg/l (gaz) ou mg/kg (sols)

xxxx : > 100 mg/l (gaz) ou mg/kg (sols)

( ) : valeur maximale mesurée

i : identifié mais non dosé

\* : teneur lue instantanément en fond de tranchée C à son ouverture

**Tabl. 1 - Composés organiques identifiés sur le site de Saint-Etienne lors des campagnes analytiques de mars 1993 et mars 1994 (d'après rapports BRGM et INSA 1995).**

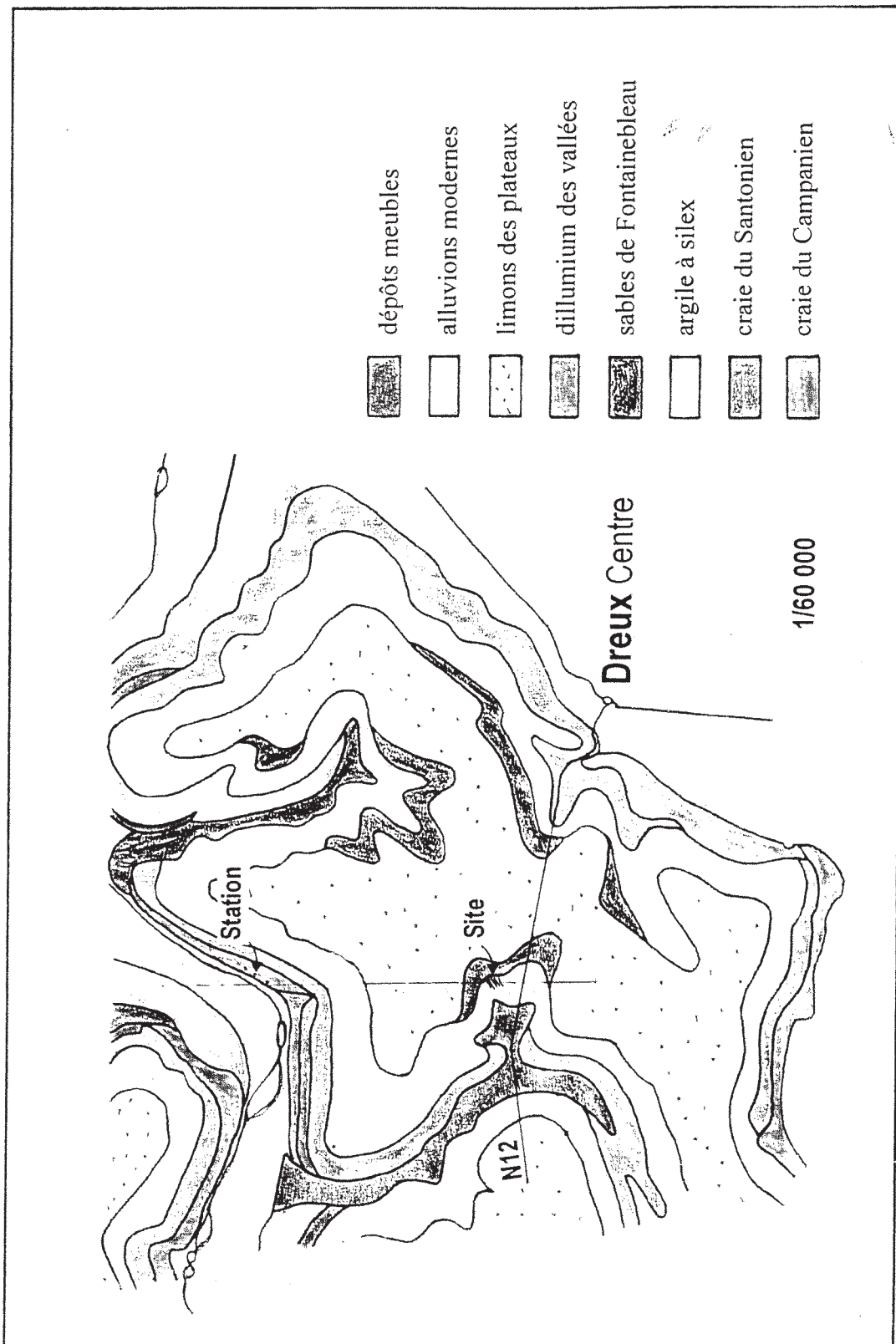


Fig. 3 - Géologie régionale.

## 2. Etude méthodologique d'extraction de solvants chlorés sur la craie du Santonien

Avant la réalisation du sondage, une étude méthodologique préliminaire a été nécessaire afin de tester sur des échantillons de craie les méthodes d'extraction et de dosage des composés organochlorés recherchés.

### 2.1. ECHANTILLONNAGE DE LA CRAIE

La géologie du site est rappelée figure 3.

La reconnaissance géophysique de 1994 (rap. BRGM R 38378, 1995, ann. 6), la carte et la description géologiques de Dreux (carte géologique BRGM sur fond IGN, feuille 2015) ainsi que l'examen de rapports de sondage établis lors de la réalisation de travaux sur le plateau de Dreux-Nord permettent d'établir que les formations rencontrées dans le sous-sol au droit du site sont :

- des argiles à silex sur une épaisseur, variable selon les endroits, de 4 à 10 m ;
- de la craie du Santonien sur une épaisseur de 80 à 100 m. Ce sont des craies blanches à jaunâtres, riches en bryozoaires, tendres à dures, à niveaux de silex gris souvent tabulaires.

Deux carrières situées à l'ouest et au nord-est du site permettent de visualiser la coupe géologique et d'échantillonner la craie de la formation. La coupe montre bien la présence de circulations karstiques et de bancs de silex. Ces carrières sont répertoriées C1 et C2 sur la figure 4.

Des échantillons de craie ont été prélevés pour des expériences en laboratoire ne faisant pas l'objet de ce rapport dans la carrière C1 à la base de la paroi crayeuse, en raison de sa proximité du site (2 000 m) et du fait qu'elle ne semble pas devoir être affecté par la pollution de la nappe, d'après les caractéristiques hydrogéologiques de la zone étudiée (rap. BRGM R 37836, ann. 2, 1993).

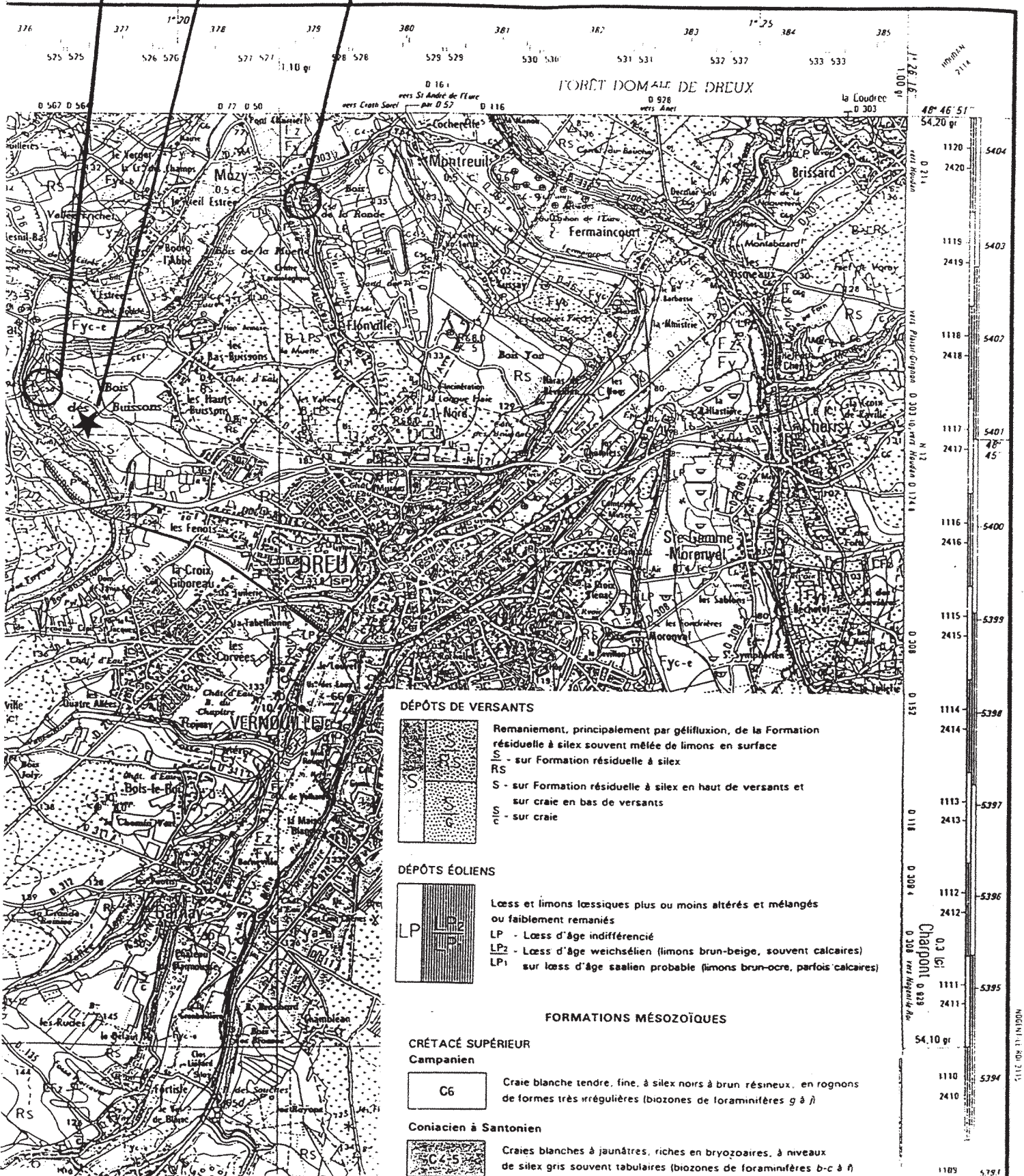


Fig. 4 - Carte géologique à 1/50 000.  
Emplacement du site et des carrières C1/C2.

## 2.2. ETUDE DE LA RECUPERATION DE SOLVANTS CHLORES SUR LA CRAIE

Il est difficile de préparer en laboratoire des échantillons pollués en solvants chlorés, qui de plus sont volatils, de façon similaire aux échantillons de terrain. Nous avons cherché à réaliser assez simplement une imprégnation d'échantillons de craie du Santonien par les composés identifiés sur le site, puis à tester les méthodes de désorption sur solides utilisées en laboratoire. Notre attention s'est portée sur la mise en évidence de pertes ou de rétention lors des processus de traitement des solides avant analyse, plus que sur une détermination quantitative précise des taux d'extraction. Celle-ci justifierait en effet à elle seule une étude.

La technique retenue a été de déposer à l'intérieur de la craie des composés chlorés à des concentrations se rapprochant de celles estimées dans la formation, d'attendre un certain équilibre entre solide et ajout, puis de procéder à l'extraction et au dosage.

La démarche suivie pour les tests de récupération est schématisée sur la figure 5.

L'annexe 1 présente de façon détaillée la réalisation des tests de récupération dont les modalités principales et les résultats sont rassemblés ci-dessous.

### 2.2.1. Composés étudiés et niveaux de concentration

Le choix des composés a été fait sur la base des résultats obtenus en mars 1994 dans la zone la plus polluée en organochlorés (Dégranges *et al.*, 1995 ; Blanchard *et al.*, 1995) et résumés dans le tableau 1. Ce sont le trichlorofluorométhane (TCFM), le dichlorométhane (DCM), le trichlorométhane (TCM), le 1,2 dichloroéthane (1,2-DCA), le 1,1,1 trichloroéthane (1,1,1-TCA), le 1,1,1,2 tétrachloroéthane (1,1,1,2-TeCA), le trichloroéthylène (TCE) et le tétrachloroéthylène (TeCE).

Les concentrations mesurées lors de la campagne de mars 1994 variant de 0,1 mg/kg à plusieurs centaines de mg/kg, deux niveaux distincts de teneurs (fortes teneurs entre 0,6 et 0,9 mg/kg et faibles teneurs voisines de 0,02 mg/kg) ont été retenus pour les tests de dosage.

Deux solutions mères comprenant l'ensemble des composés ci-dessus dans des gammes de concentration permettant le dosage désiré ont servi à la préparation des échantillons pour extraction.

### 2.2.2. Dopage des carottes

Cette opération a été réalisée sur de petits cylindres de craie (diamètre 25 mm, hauteur 20 mm) percés d'un trou cylindrique le long de l'axe central (diamètre 4 mm, hauteur 15 mm) pour l'injection des solutions étalon.

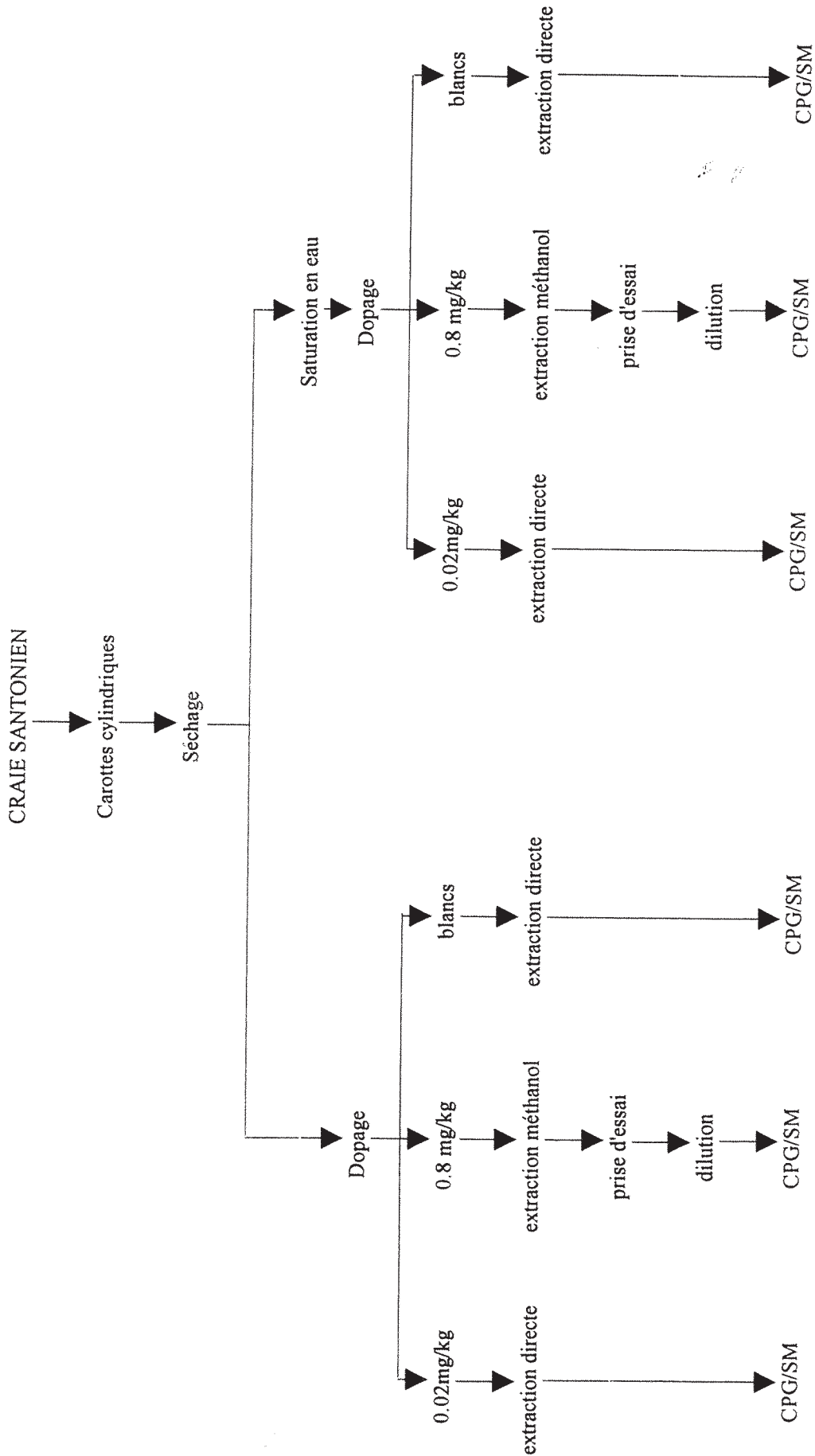


Fig. 5 - Méthodologie employée pour les tests d'extraction de composés halogénés sur échantillons de craie du Santonien.

Le dopage a concerné deux types d'échantillons de craie : saturés en eau et secs. Des échantillons non dopés ont été incorporés à chaque série de dopages à titre de blancs.

Chaque série d'essais a comporté 3 échantillons.

La technique de dopage a été la suivante :

- injection à l'aide d'une micro-seringue d'un volume connu de solution dopée en organochlorés dans le trou central de la carotte ;
- obturation immédiate avec du mastic dont on a pu s'assurer qu'il ne donnait pas, lors de l'extraction, de composés ajoutés ;
- insertion immédiate de la carotte dopée dans un tube en verre adapté à la technique d'extraction pour analyse du laboratoire ; ce tube est alors fermé et conservé 24 heures à 4°C avant analyse.

### **2.2.3. Méthodes d'extraction et d'analyse**

L'analyse se faisant par chromatographie en phase gazeuse avec injection par espace de tête dynamique, deux méthodes d'extraction ont été retenues selon les teneurs en organochlorés :

- extraction directe par purge à l'hélium pour les échantillons faiblement pollués (teneurs de l'ordre de 0,02 mg/kg) ;
- extraction par le méthanol pour les échantillons fortement pollués (teneurs de l'ordre de 0,8 mg/kg).

Les conditions analytiques détaillées sont données dans l'annexe 1.

### **2.2.4. Résultats analytiques et discussion**

Les tableaux 2 et 3 rassemblent les résultats analytiques obtenus lors des tests de dopage aux 2 niveaux de concentrations.

#### ***a) Extraction directe (teneurs de l'ordre de 0,02 mg/kg)***

Pour les composés organiques très volatils comme le trichlorofluorométhane, les taux de récupération sont faibles : ils doivent sans doute être attribués aux pertes par volatilisation aux différents stades de la préparation et de l'analyse. Pour les autres molécules, les résultats sont dans l'ensemble satisfaisants avec une extraction quasi quantitative.

MOLECULE	TYPE D'ECHANTILLON	EXTRACTION (%)	
		$\bar{x}$	s
TCFM	sec	72	16
	saturé	72	24
DCM	sec	96	12
	saturé	118	9
TCM	sec	115	4
	saturé	104	22
1,2 DCA	sec	142	39
	saturé	142	25
1,1,1,2 TeCA	sec	90	20
	saturé	72	17
TCE	sec	143	39
	saturé	137	39
TeCE	sec	112	9
	saturé	120	14

Teneurs dans les blancs (échantillons non dopés) : < 0.005mg/kg

- $\bar{x}$  : pourcentage d'extraction (moyenne sur les 3 échantillons)  
s : écart-type  
TCFM : trichlorofluorométhane  
DCM : dichlorométhane  
TCM : trichlorométhane  
1,2 DCA : 1,2 dichloroéthane  
1,1,1,2 TeCA : 1,1,1,2 tetrachloroéthane  
TCE : trichloroéthylène  
TeCE : tétrachloroéthylène

Tabl. 2 - Tests d'extraction directe sur carottes de craie dopées à des teneurs de l'ordre de 0,02 mg/kg.

MOLECULE	TYPE D'ECHANTILLON	EXTRACTION (%)	
		$\bar{x}$	s
TCFM	sec	15	8
	saturé	13	9
DCM	sec	32	34
	saturé	55	12
TCM	sec	62	27
	saturé	78	7
1,2 DCA	sec	130	26
	saturé	117	4
1,1,1 TCA	sec	138	49
	saturé	91	24
1,1,1,2 TeCA	sec	216	9
	saturé	99	56
TCE	sec	82	5
	saturé	83	3
TeCE	sec	-	-
	saturé	130	57

Teneurs dans les blancs (échantillons non dopés) : < 0,005mg/kg

- $\bar{x}$  : pourcentage d'extraction (moyenne sur les 3 échantillons)  
s : écart-type  
TCFM : trichlorofluorométhane  
DCM : dichlorométhane  
TCM : trichlorométhane  
1,2 DCA : 1,2 dichloroéthane  
1,1,1TCA : 1,1,1 trichloroéthane  
1,1,1,2 TeCA : 1,1,1,2 tetrachloroéthane  
TCE : trichloroéthylène  
TeCE : tétrachloroéthylène

**Tabl. 3 - Tests d'extraction méthanol sur carottes de craie dopées à des teneurs de l'ordre de 0,8 mg/kg.**

**b) Extraction méthanolique (teneurs de l'ordre de 0,8 mg/kg)**

Les faibles taux de récupération concernent davantage de composés organiques très volatils (dichlorométhane, trichlorométhane, trichlorofluorométhane).

Par contre, les extractions donnent pour certains composés (1,1,1,2-tétrachloroéthane, tétrachloroéthylène, 1,1,1-trichloroéthane) des rendements supérieurs à 100 %. Ces écarts montrent les limites d'une méthode analytique transposée des analyses de traces à l'analyse d'échantillons hautement contaminés et dont on ne peut attendre une grande précision.

### **2.3. CONCLUSION**

Les techniques d'extraction et d'analyse mises en oeuvre sur les échantillons dopés ont dans tous les cas mis en évidence qualitativement l'ensemble des composés organochlorés injectés dans la craie de départ. Il n'apparaît pas de variation systématique en fonction de la teneur en eau des échantillons de départ.

La méthode d'extraction directe a donné d'assez bons résultats sur la majorité des composés ajoutés, avec toutefois une sous-estimation des concentrations sur le produit le plus volatil (TCFM). Elle semble préférable à la méthode d'extraction méthanolique dont les résultats ne peuvent pas être pris comme valeurs absolues pour les fortes teneurs.

La méthode d'extraction directe sera utilisée pour le traitement des échantillons récupérés lors du sondage.

### 3. Sondage carotté

Un sondage carotté a été réalisé sur le site du 19 au 23 juin 1995. Cette opération a été confiée à la CFG (Compagnie Française de Géothermie) qui en a assuré la préparation et la supervision, les travaux ayant été exécutés par l'entreprise COREIS.

Le rapport de fin de sondage rassemblant l'ensemble des informations sur l'opération est donné en annexe 2.

#### 3.1. IMPLANTATION DU SONDAGE

Suite aux travaux de 1993 et 1994, le sondage a été implanté dans la parcelle de la pièce de Saint-Etienne, dans la zone la plus contaminée par les solvants chlorés. La localisation du sondage est précisée dans la figure 3.

Les services techniques de la ville de Dreux ont apporté toute leur assistance aux représentants du BRGM pour la réalisation de l'opération, notamment en ce qui concerne le débroussaillage de la plate-forme et l'alimentation en eau.

#### 3.2. REALISATION DES TRAVAUX

##### 3.2.1. Déroulement des travaux

Le sondage a été carotté sur toute sa longueur. Il a été arrêté à la profondeur de 32,45 m. L'ouvrage a été réalisé selon la technique minière du carottage en continu au câble, en diamètre 146 mm ( $\Phi$  carotte 102 mm) ; le carottier utilisé permet de récupérer la carotte dans un étui PVC (103 x 110 mm).

Les formations géologiques traversées - argile à silex jusqu'à la profondeur de 9,20 m, puis craie du Santonien très riche en silex sous forme de bancs massifs ou de silex cornus disséminés - se sont révélées difficiles à carotter du fait de l'hétérogénéité des matériaux qui les constituent : lorsqu'un silex se trouve engagé dans le carottier il en obstrue l'accès et la forage se poursuit alors sous le mode destructif. Pour cette raison, le taux de récupération n'est que de 65 %, soit 21 m de carottes sur les 32 m forés.

Aucune odeur caractéristique significative de la présence de composés organochlorés n'a été décelée en cours de sondage.

En fin d'opération, le sondage a été équipé en piézomètre et muni d'un capot et cadenas pour prélèvements ultérieurs.

### **3.2.2. Échantillonnage**

Vingt carottes ont été conditionnées en tube PVC. Dès l'extraction des carottes, les extrémités ont été paraffinées. Des échantillons complémentaires, prélevés dans l'extracteur du tube intérieur du carottier, ont été immédiatement conditionnés dans des bocaux de verre étanches (type conserve) : 27 "pieds" de carotte, très représentatifs de chaque passe concernée, ont ainsi été récupérés dès la remontée de l'outil. Ces échantillons sont car ils ont été repérés et conditionnés.

Une fois paraffinés (carottes) ou fermés (bocaux), les échantillons ont été rapidement transférés dans un congélateur à  $-15^{\circ}\text{C}$ , où ils ont été gardés pendant toute la durée du chantier. Le congélateur a été ensuite ramené au BRGM à Orléans où les échantillons ont été conservés à la même température.

## 4. Suivi par IRTF des composés volatils en cours de sondage

L'association d'une méthode de terrain à l'opération de sondage avait comme objectifs d'obtenir en temps réel une indication sur la nature des polluants volatils rencontrés, puis de confronter les résultats avec ceux obtenus sur les échantillons solides. Une telle méthode, si elle était opérationnelle, constituerait une avancée importante permettant de guider le superviseur du chantier dans la réalisation des forages - détermination de la cote d'arrêt - et dans la prise des échantillons pour analyse.

Cette opération a été réalisée par la CFG dans le cadre des travaux de forage. Nous rappellerons ici les principaux résultats, l'annexe 4 faisant état du déroulement des opérations.

### 4.1. PRINCIPE DU PRELEVEMENT

Il s'agit d'analyser les composés volatils entraînés par le fluide de forage lors de la foration du terrain.

Le fluide de forage est injecté dans le train de tige par la machine de forage et remonte dans l'espace annulaire avec les sédiments broyés. Il est ensuite collecté en tête de puits et transféré pour rejet loin du sondage. Pour le prélèvement, le fluide de forage est soumis à un dégazage et le gaz obtenu est dirigé vers l'appareil d'analyse. Il s'agit donc d'un mélange d'air atmosphérique et de produits de dégazage.

### 4.2. ETUDE DES COMPOSES HALOGENES DEGAGES EN COURS DE SONNAGE

#### 4.2.1. Appareillage

Le dispositif de dégazage du fluide de forage (goulotte composée de deux tubes PVC et d'une chambre supérieure) est placé sur le circuit d'écoulement du fluide de forage le plus près possible de la tête de sondage. Les gaz ainsi prélevés sont pompés à travers un tube sécheur qui déshydrate le gaz prélevé et le conduit à la cellule de mesure.

L'appareil utilisé est un spectromètre Infra Rouge à Transformée de Fourier qui permet :

- l'obtention des spectres d'absorbance caractéristiques de chaque composé présent dans le fluide ;
- l'identification et la quantification des produits par comparaison avec les spectres d'une bibliothèque de référence de standards.

Un camion laboratoire présent sur le site de sondage contient l'ensemble de l'appareillage. Celui-ci comprend, outre le spectromètre (Galaxy UNICAM), un ordinateur et des logiciels de pilotage et traitement des spectres, ainsi que les systèmes annexes (générateur d'air, pompes, ...) permettant de purger ou d'envoyer des gaz standards dans la cellule de mesure.

Avant l'intervention sur site, la CFG a procédé à l'établissement d'une banque de données comprenant les spectres de référence des composés recherchés et à des courbes d'étalonnage en fonction de la concentration.

#### **4.2.2. Déroulement des travaux et résultats analytiques**

Cette partie de l'étude avait un caractère expérimental et plusieurs problèmes ont été rencontrés lors de sa réalisation, notamment des problèmes électriques qui n'ont pas permis de faire des mesures dans les 10 premiers mètres, des problèmes de dégazage et de récupération significative de gaz dans les conditions de sondage (fort débit de la boue de forage) et des problèmes de traitement des données en temps réel dans les conditions de chantier.

Dans le cas d'un mélange, les interférences entre produits d'une même famille comme les organochlorés affaiblissent le pouvoir de séparation et d'identification par recouvrement des bandes d'absorption au niveau d'une même longueur d'onde. Les résultats obtenus montrent cependant la présence majoritaire de TeCE dans la zone 12-15 m et celle du 1,1,1 TCA dans la zone 11-12 m. Cette présence a été confirmée par les analyses ultérieures sur carottes de sondage (§ 5.2.3.)

Les autres composés identifiés par IRTF - dichlorométhane et 1,2 dichloroéthane - n'ont pas été retrouvés dans les analyses sur solides. Cela pourrait être attribué à des pertes lors de l'extraction ou à des problèmes d'interprétation du spectre d'absorption en raison d'interférences possibles.

#### **4.3. CONCLUSION**

En l'état actuel, l'utilisation d'un spectromètre IRTF du type Galaxy dans les conditions de chantier d'un petit sondage montre son intérêt et ses limites. Outre qu'il est difficile, en l'état actuel des connaissances, d'identifier et de doser en temps réel les différents composés d'une même famille dans un mélange complexe à faibles teneurs, la mise en œuvre d'un tel appareillage sur un site de chantier reste délicate en raison des contraintes de l'appareillage.

Malgré ces difficultés, le TeCE a pu être mis en évidence en cours de forage et sa présence a été confirmée ultérieurement par les analyses sur solides. Cette démarche analytique doit être poursuivie : le matériel de prélèvement et de mesure devrait toutefois être revu pour une meilleure adéquation avec les conditions de terrain.

## **5. Etude des carottes de sondage et d'un échantillon d'eau de la nappe**

Afin d'établir une diagraphie chimique des concentrations, la recherche et l'analyse d'organochlorés ont été effectuées entre 0,5 et 32 m. Un complément analytique (humidité, granulométrie, détermination des phases minérales, carbone organique) a été réalisé afin de disposer d'informations complémentaires.

### **5.1. ANALYSE DES CAROTTES**

#### **5.1.1. Choix des échantillons**

La recherche d'organochlorés a été faite préférentiellement sur les pieds de carotte dont la représentativité est assurée par les modalités de prélèvement et de conditionnement en cours de sondage. En outre, le déconditionnement et la prise d'une aliquote pour analyse nécessitent moins de manipulations pour les carottes sous PVC et donc moins de risques d'artefact.

Vingt échantillons ont été analysés pour disposer d'échantillons tous les 2 m environ dans les zones où il y a eu récupération lors du sondage. A partir de la première série d'analyses, l'échantillonnage a été resserré entre 14 et 18 m afin d'obtenir davantage de données analytiques sur cette zone.

#### **5.1.2. Préparation et analyse des échantillons**

Afin de retrouver les conditions testées dans la première partie de l'étude, les bocaux congelés ont été mis dans une enceinte réfrigérée à 4°C pendant 48 heures, permettant ainsi leur décongélation et leur conditionnement à la température désirée avant préparation. La prise d'aliquote et l'analyse ont ensuite été réalisées selon les protocoles décrits dans l'annexe 1 en utilisant la méthode d'extraction directe.

La mesure de l'humidité a été faite à partir de ce même conditionnement.

Le reste de l'échantillon a ensuite été utilisé pour la détermination des phases minérales, l'analyse granulométrique et la détermination de la matière organique.

N° échantillon	Profondeur (m)	Humidité (%)	TeCE (ppb)	1,1,1 TCA (ppb)	CaCO <sub>3</sub> (%)	C organique (%)
K1	0,5	25,0	<10	<10	n.a.	n.a.
B1	1,4	11,8	27	10	0,0	0,17
B3	2,8	26,9	232	10	0,0	0,31
B4	3,8	29,4	241	10	0,0	0,48
B7	6,4	31,5	788	10	0,0	0,46
B8	8,3	32,8	862	27	1,1	0,59
B9	9,2	23,5	980	157	99,5	0,09
B14	12,7	25,5	1678	94	63,0	0,19
B16	14,6	24,2	1781	10	46,9	0,09
B17	15,1	22,0	449	<10	n.a.	n.a.
B18	16,2	24,2	111	<10	82,2	0,11
K12	17,0	22,6	491	<10	n.a.	n.a.
B19	17,6	22,6	362	<10	n.a.	n.a.
B20	18,3	19,1	667	<10	77,3	0,09
B22	20,0	20,3	288	<10	90,4	0,06
B24	21,7	19,0	52	<10	84,7	0,07
B25	23,8	21,1	<10	<10	98,7	0,07
B27	24,6	15,1	<10	<10	84,7	0,08
B29	27,0	18,2	<10	<10	99,0	0,10
B30	32,0	19,2	<10	<10	92,1	0,09

K : carotte

B : bocal contenant le "pied" de la carotte

n.a. : non analysé

**Tabl. 4 - Résultats des analyses sur les échantillons du sondage de juin 1995.**

### 5.1.3. Résultats analytiques

Le tableau 4 rassemble les résultats obtenus lors des analyses où ont été recherchés principalement les 9 composés halogénés cités dans le tableau 3. Deux composés organohalogénés ont été trouvés : le 1,1,1 trichloroéthane et surtout le tétrachloroéthylène.

Les figures 6 et 7 illustrent les concentrations de ces composés en fonction de la profondeur du sondage. Nous y avons joint les valeurs trouvées en cours de forage par IRTF.

On remarque que les concentrations de TeCE sont croissantes jusqu'à la profondeur de 15 m et qu'il est absent de la phase solide au delà de 22 m. Les teneurs en 1,1,1 TCA sont plus faibles mais ce produit se retrouve dans la zone 9-13 m.

Les concentrations les plus élevées se retrouvent donc dans la zone crayeuse, traduisant la migration des composés polluants au-delà de la zone argileuse.

### 5.2. ANALYSE DE L'EAU DE LA NAPPE

Un prélèvement d'eau de la nappe a été effectué le 19 septembre dans le piézomètre équipant le sondage. Le niveau statique de la nappe était de 18,15 m et de 22,5 m après pompage stabilisé. Le prélèvement pour analyses a été réalisé dans la nappe à 24 m après pompage de 30 mn (débit de pompe 8 l/mn) jusqu'à eau claire.

Le résultat de l'analyse est donné dans le tableau 5.

- Trichloroéthylène	150 µg/l
- 1,1,1 Trichloroéthane	44 µg/l
- Tétrachloroéthylène	4800 µg/l
- 1,1 Dichloroéthane	40 µg/l
- 1,2 Dichloroéthylène	156 µg/l
Autres composés organohalogénés volatils	5 µg/l

**Tabl. 5 - Résultats d'analyse en organochlorés sur l'eau de nappe au droit du sondage.**

Les résultats analytiques obtenus sur l'eau de la nappe complètent les analyses sur solides du sondage. On retrouve en effet dans l'eau le tétrachloroéthylène et le 1,1,1 trichloroéthane ; d'autres composés organochlorés sont également présents.

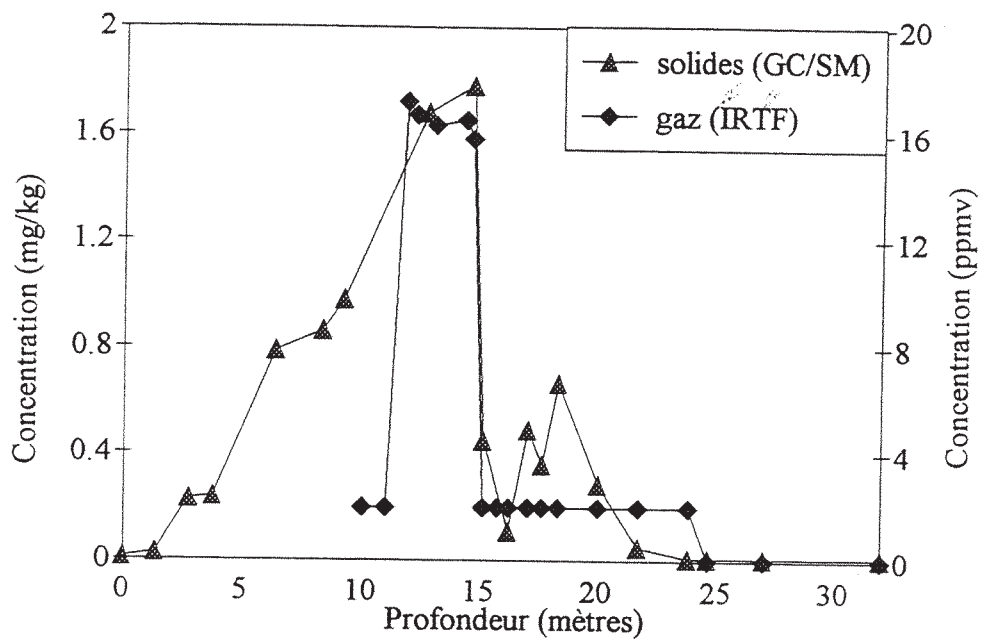


Fig. 6 - Comparaison des teneurs en TeCE obtenues par extraction sur les solides et par mesure IRTF des gaz des fluides de forage.

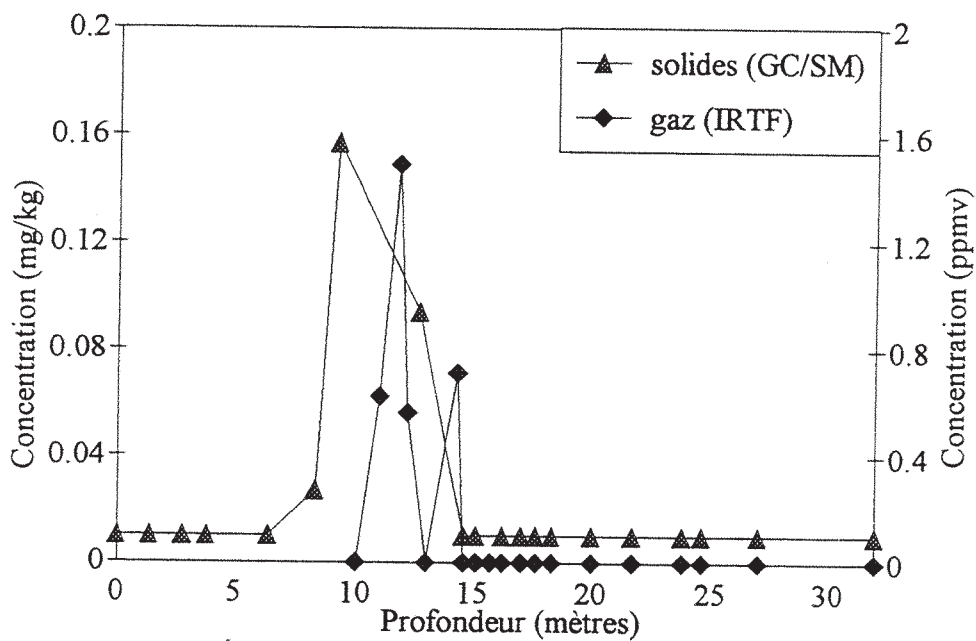


Fig. 7 - Comparaison des teneurs en 1, 1, 1 TCA obtenues par extraction sur les solides et par mesure IRTF des gaz des fluides de forage.

## **Conclusion**

Les très fortes teneurs en tétrachloroéthylène de l'eau de nappe, mises en parallèle avec celles mesurées sur les solides, laissent à penser que la pollution de la nappe est liée à la pollution identifiée en surface. La baisse de concentration constatée lors du sondage à partir de 15 m pourrait être attribuée à une mise en solution partielle des polluants contenus dans la craie par l'eau de la nappe dont la zone de battement peut remonter jusqu'à ce niveau. En effet, le niveau statique de 18 m a été relevé en période de basses eaux (septembre) et un niveau de battement de 3 à 5 m est tout à fait réaliste pour une nappe de plateau dans la craie.

Les teneurs mesurées entre 10 et 20 m montrent que les sources de pollution sont encore importantes et devraient continuer à polluer la nappe. On peut se montrer d'autant plus inquiet sur l'évolution de la situation que l'étude présente est ponctuelle ; d'autres points et zones diversement pollués ont été précédemment mis en évidence et d'autres zones polluées pourraient donc exister. La présence dans l'eau de nappe de trichloroéthylène, non détecté dans les sols étudiés, le laisse d'ailleurs fortement supposer.

## **Bibliographie**

- Dégranges Ph., Mouvet C., Henry J.Y. (1993) - Réversibilité des mécanismes de fixation de molécules organiques des sols. Transfert de solvants organochlorés volatils au travers d'un sol pollué. Rapport BRGM R 37836, 72 p., 18 fig., 3 tabl., 5 ann.
- Dégranges P., Mouvet C., Baranger P., Crouzet C., Henry J.H. (1995) - Etude de terrain et de laboratoire sur la contamination d'un sol par des solvants chlorés. Rap. BRGM R 38378, 95 p., 33 fig., 7 tabl., 6 ann.
- Blanchard J. M., Popescu M., Véron J., Carré J., Claudy P., Létoffe J.M. (1994) - Analyse et étude de la mobilité dans les sols de molécules organiques toxiques, Rap. INSA 1994, 160 p., 18 ann.

## **ANNEXE 1**

**Etude méthodologique d'extraction de solvants chlorés à partir d'échantillons de craie du Santonien représentatifs de la formation géologique du site**

## Sommaire

<b>1. Objectif de l'étude</b> .....	37
<b>2. Déroulement de l'étude</b> .....	37
2.1. Nature des échantillons .....	37
2.2. Composés étudiés et niveaux de concentration .....	37
2.3. Dopage des échantillons .....	37
2.3.1. Géométrie des échantillons à doper .....	37
2.3.2. Dopage des carottes .....	38
2.4. Méthodes d'extraction et d'analyse .....	38
2.4.1. Echantillons faiblement pollués .....	38
2.4.2. Echantillons très pollués .....	39
2.4.3. Analyse .....	39
2.5. Résultats analytiques .....	39
2.5.1. Extraction directe .....	39
2.5.2. Extraction méthanolique .....	39
<b>3. Conclusion</b> .....	43

## Liste des illustrations

Fig. 1 - Méthodologie d'extraction de composés organohalogénés utilisée lors des tests sur échantillons de craie du Santonien.

Tabl. 1 - Conditions d'analyse chromatographique.

Tabl. 2 - Résultats des tests d'extraction directe sur carottes de craie après dosage de l'ordre de 0,02 mg/kg.

Tabl. 3- Résultats des tests d'extraction au méthanol sur carottes de craie après dopage de l'ordre de 0,8 mg/kg.

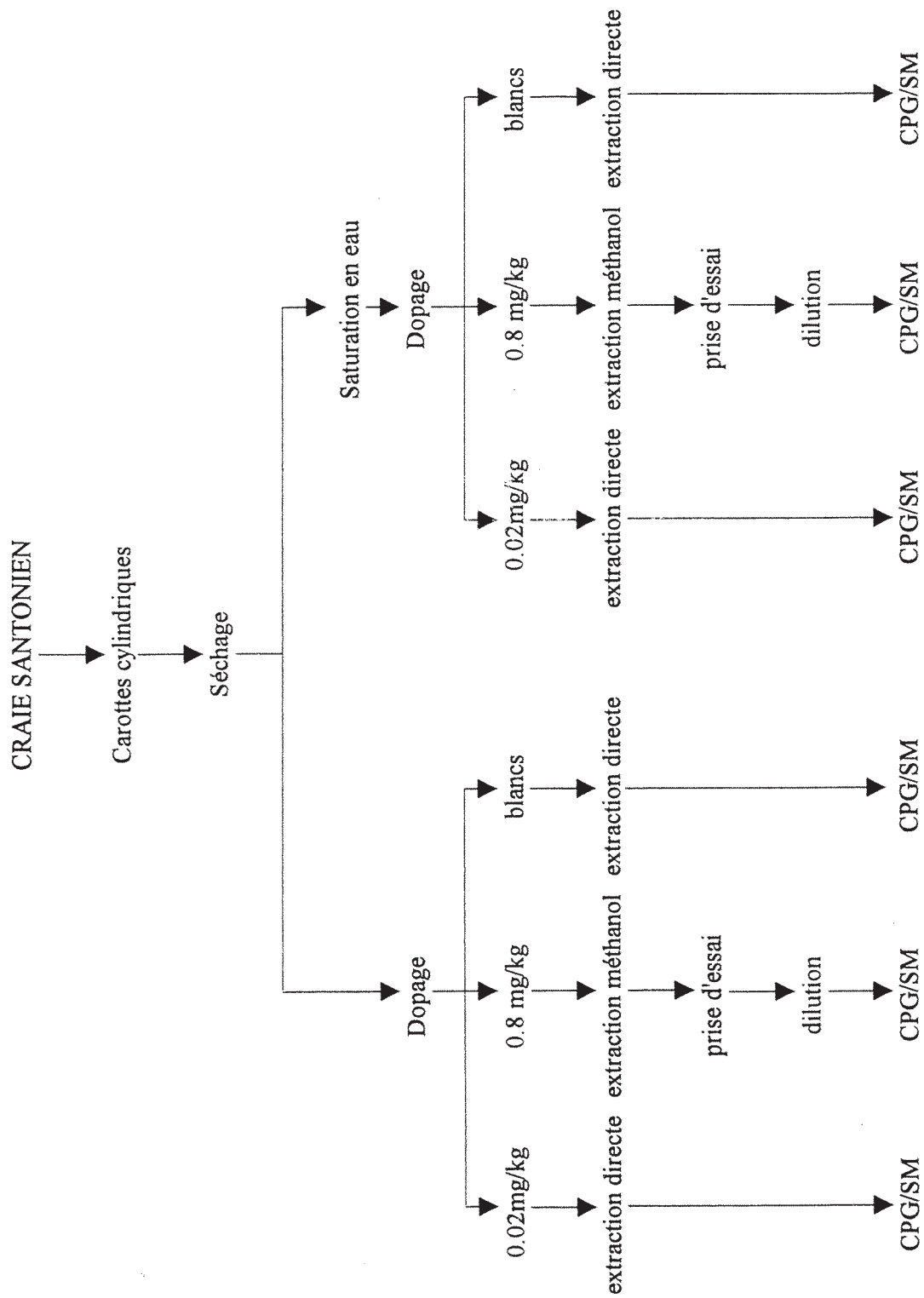


Fig. 1 - Méthodologie d'extraction de composés organohalogénés utilisée lors des tests sur échantillons de craie du Santonien.

## 1. OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif était de tester les méthodes de désorption utilisées aux laboratoires du BRGM (SMN/PEA/ANA) sur des échantillons de craie du Santonien pollués artificiellement par des composés organochlorés. A cet effet, nous avons cherché à réaliser assez simplement une imprégnation de la craie par les composés incriminés, puis à tester sur les échantillons préparés deux méthodes d'extraction sur solides. Les résultats analytiques devraient mettre en évidence les pertes ou rétentions éventuelles induites par les processus de traitement des solides avant analyse.

## 2. DEROULEMENT DE L'ETUDE

La démarche technique retenue a été de déposer à l'intérieur de la craie des composés chlorés à des concentrations se rapprochant de celles estimées dans la formation, de laisser un temps d'équilibre entre solide et ajout, puis de procéder à l'extraction et au dosage. Elle est schématisée sur la figure 1.

### 2.1. Composés étudiés et niveaux de concentration

Ce sont le trichlorofluorométhane (TCFM), le dichlorométhane (DCM), le trichlorométhane (TCM), le 1,2 dichloroéthane (1,2-DCA), le 1,1,1 trichloroéthane (1,1,1-TCA), le 1,1,1,2 tétrachloroéthane (1,1,1,2-TeCA), le trichloroéthylène (TCE) et le tétrachloroéthylène (TeCE).

Deux niveaux distincts de teneurs (fortes teneurs de l'ordre de 0,8 mg/kg et faibles teneurs de l'ordre de 0,02 mg/kg) ont été retenus pour les tests de dopage.

### 2.2. Géométrie des échantillons à doper

Des carottes cylindriques ( $\phi = 25\text{mm}$ ,  $h = 20\text{mm}$ ) ont été réalisées à partir de blocs de craie du Santonien récupérés en carrière ; un trou cylindrique ( $\phi = 4\text{mm}$ ,  $h = 15\text{mm}$ ) a été creusé le long de l'axe central pour l'injection des solutions étalon.

### 2.3. DOPAGE DES CAROTTES

#### 2.3.1. Préparation des échantillons

A partir des échantillons précédents, deux séries de craie (saturée en eau et sèche) ont été préparées et conditionnées de la façon suivante :

- tous les échantillons ont été séchés à l'étuve à 80°C pendant 48 heures ;
- une moitié a été utilisée telle quelle - échantillons secs - ;
- l'autre moitié a été saturée sous vide avec une eau préalablement équilibrée avec l'air atmosphérique et la craie (eau déionisée mise en contact avec la craie et l'atmosphère pendant 96 heures).

Avant dopage, chaque carotte a été pesée afin de pouvoir exprimer en mg/kg l'ajout des composés chlorés.

### **2.3.2. Dopage des échantillons**

Le dopage a été fait à partir d'une solution aqueuse concentrée contenant des concentrations connues des 8 composés retenus pour l'étude.

La méthodologie mise en oeuvre a été la suivante :

- injection à l'aide d'une micro seringue d'un volume connu (10 à 100 µl) d'une solution de concentration connue en organochlorés dans le trou central de la carotte ;
- obturation immédiate de trou avec du mastic sanitaire Rubson dont on s'est assuré par des tests d'extraction préalable qu'il n'apportait aucun des composés ajoutés ;
- insertion immédiate de la carotte dopée dans un tube en verre adapté au système d'extraction par espace de tête ; le tube fermé est conservé à 4°C pendant 24 heures avant extraction pour permettre l'adsorption des composés sur la craie.

Chaque essai porte sur trois échantillons. Des échantillons de craie non dopée ont été systématiquement incorporés à chaque série de dopages à titre de blanc.

## **2.4. METHODES D'EXTRACTION ET D'ANALYSE**

L'analyse se faisant par chromatographie en phase gazeuse avec injection par espace de tête dynamique, deux méthodes d'extraction ont été retenues selon les teneurs en organochlorés.

### **2.4.1. Cas des échantillons non pollués ou faiblement pollués (teneurs de l'ordre de 0,02 mg/kg)**

La méthode utilisée est l'extraction directe par purge à l'hélium de l'échantillon solide (espace de tête dynamique).

Une prise d'essai comprise entre 4 et 5 g de craie à étudier est placée dans un dispositif en verre équipé d'un fritté pour le passage de l'hélium. 5 ml d'eau déminéralisée puis 100 µl de solution aqueuse d'étalon interne SI (1,2 - dichlorobutane à 1 mg/l) sont ajoutés au solide et le dispositif est connecté au circuit de purge. L'échantillon est alors soumis aux ultrasons - bain thermostaté à 40°C - pendant 3 heures pour accélérer le dégazage. On procède ensuite à l'injection dans le chromatographe.

#### **2.4.2. Cas des échantillons très pollués (teneurs de l'ordre de 0,8 mg/kg)**

La méthode utilisée est l'extraction par le méthanol suivie de la purge à l'hélium de l'échantillon (dégazage par espace de tête dynamique) :

10 g de craie à étudier et 10 ml de méthanol sont agités dans un tube en verre pendant 30 mn. Après décantation, 100 µl de solution surnageante sont prélevés et introduits dans un tube de purge pour espace de tête dynamique contenant 5 ml d'eau déminéralisée ; 100 µl d'étalon interne y sont ajoutés. L'échantillon est alors soumis aux ultrasons avant injection comme en §2.4.1.

#### **2.4.3. Analyse**

L'analyse se fait par chromatographie en phase gazeuse dans les conditions décrites dans le tableau 1.

### **2.5. RESULTATS ANALYTIQUES**

Les tableaux 2 et 3 rassemblent les résultats analytiques obtenus lors des tests de dopage aux 2 niveaux de concentrations.

#### **2.5.1. Extraction directe (teneurs 0,02mg/kg)**

Les taux de récupération des composés organiques très volatils comme le trichlorofluorométhane sont faibles. Ce résultat vient de la difficulté à réaliser dans ce cas des ajouts quantitatifs (pertes par volatilisation aux différents stades de la préparation et de l'analyse).

Pour les composés moins volatils, les rendements de l'extraction directe donnent d'une manière générale des résultats satisfaisants, notamment pour les échantillons de craie sèche.

#### **2.5.2. Extraction méthanolique (teneurs 0,8 mg/kg)**

Les faibles taux de récupération sont observés sur davantage de composés organiques très volatils (dichlorométhane, trichlorométhane, trichlorofluorométhane).

Par contre les extractions méthanoliques donnent, pour certains composés (1,1,1,2-tétrachloroéthane, tétrachloroéthylène, 1,1,1-trichloroéthane), des rendements supérieurs à 100 %. On peut attribuer ces écarts à une méthode qui multiplie les sources d'erreur en introduisant de forts facteurs de dilution. L'application d'une méthode analytique d'analyses de traces que l'on transpose à l'analyse d'échantillons hautement contaminés se révèle dans ce cas très imprécise.

**Appareillage :**

CPG VARIAN modèle 3400

Système de dégazage par espace de tête dynamique Tekmar modèle LSC 2000

**Injections des échantillons :**

Temps de purge : 12 mn

Séchage du piège : 5 mn de balayage par l'hélium

Désorption du piège : 4 mn à 220 °C

Nettoyage du piège : 8 mn à 260 °C

Température interface capillaire : 140 °C pendant l'étape de désorption du piège

Interface capillaire : Injection 1 mn à 250 °C

Débit du gaz de purge : 40 ml / mn

Nature du piège : Tenax / Silica gel / Methyl silicone / Charbon actif

**Conditions chromatographiques**

**Colonne :** VOCOL SUPELCO

Longueur : 60 m

Epaisseur du film : 3 µm

Diamètre intérieur : 0.32 mm

**Conditions de température :** programmation de température

Température initiale : 35 °C pendant 2 mn

Température finale : 240 °C pendant 20 mn

Pente d'augmentation de la température : 4 °C / mn

**Débit du gaz vecteur :** 1 ml / mn

**Température de la ligne de transfert :** 240 °C

**Détecteur :** Spectromètre de masse avec analyseur ITD ( Ion Trap Detector : Détecteur à piégeage d'ions)

Acquisition dans l'intervalle de masse 47 à 270.

Quantification sur ions spécifiques en étalonnage interne

Etalon interne : 1,2- dichlorobutane.

Masses utilisées pour la quantification:

Trichlorofluorométhane : 101

Dichlorométhane : 49

Trichlorométhane : 83

1,1,1-Trichloroéthane : 97

1,2-Dichloroéthane : 62

Trichloroéthylène : 130

Tétrachloroéthylène : 166

1,1-Dichloroéthylène : 61

1,2-Dichloroéthylène : 61

**Tabl. 1 - Conditions d'analyse chromatographique.**

Type d'échantillon	TCFM			TCM			DCM		
	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait
NS-d	0,023	0,014	60	0,023	0,026	112	0,021	0,019	92
NS-d	0,022	0,020	90	0,022	0,025	113	0,020	0,019	87
NS-d	0,022	0,014	64	0,022	0,026	119	0,019	0,021	109
NS-b		< 0,005			< 0,005			< 0,005	
S-d	0,024	0,021	89	0,024	0,030	127	0,021	0,027	129
S-d	0,024	0,017	72	0,024	0,024	101	0,021	0,024	114
S-d	0,024	0,010	41	0,024	0,020	83	0,021	0,024	112
S-b		< 0,005			< 0,005			< 0,005	

Type d'échantillon	1,2 DCA			1,1,1,2 TeCA		
	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait
NS-d	0,019	28,000	143,696	0,025	0,025	100
NS-d	0,019	19,000	102,220	0,024	0,016	67
NS-d	0,018	33,000	180,576	0,023	0,024	103
NS-b		< 0,005			< 0,005	
S-d	0,020	0,035	176,400	0,025	0,022	87
S-d	0,020	0,032	160,512	0,026	0,019	74
S-d	0,020	0,026	128,128	0,026	0,014	54
S-b		< 0,005			< 0,005	

Type d'échantillon	TCE			TeCE		
	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait
NS-d	0,023	0,029	127	0,025	0,028	111
NS-d	0,022	0,025	115	0,024	0,025	104
NS-d	0,021	0,040	187	0,024	0,029	122
NS-b		< 0,005			< 0,005	
S-d	0,023	0,045	194	0,026	0,014	54
S-d	0,023	0,033	142	0,026	0,010	39
S-d	0,024	0,018	76	0,026	0,070	27
S-b		< 0,005			< 0,005	

NS : non saturé S : saturé  
d : dopé b : blanc

T-initial : ajout initial en composé halogéné  
T-extrait : quantité trouvée après extraction

Tabl. 2 - Résultats des tests d'extraction directe sur carottes de craie après dopage de l'ordre de 0,02 mg/kg.

Type d'échantillon	TCFM			DCM			TCM		
	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait
NS-d	0,75	0,17	23	0,87	0,22	25	0,75	0,37	49
NS-d	0,80	0,06	8	0,93	0,01	1	0,81	0,35	43
NS-d	0,80	0,12	15	0,92	0,63	68	0,80	0,74	93
NS-b		< 0,005			< 0,005			< 0,005	
S-d	0,76	0,03	4	0,88	0,37	42	0,76	0,54	71
S-d	0,79	0,09	11	0,91	0,54	59	0,79	0,62	78
S-d	0,79	0,17	22	0,92	0,58	63	0,78	0,67	86
S-b		< 0,005			< 0,005			< 0,005	

Type d'échantillon	1,2 DCA			1,1,1 TCA			1,1,1,2 TeCA		
	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait
NS-d	0,63	0,92	146	0,67	1,12	167	0,81	1,67	206
NS-d	0,68	0,68	100	0,72	0,59	82	0,87	1,88	216
NS-d	0,67	0,97	145	0,71	1,18	166	0,85	1,92	225
NS-b		< 0,005			< 0,005			< 0,005	
S-d	0,64	0,77	120	0,68	0,47	68	0,81	1,67	206
S-d	0,66	0,79	120	0,70	0,61	87	0,87	1,88	216
S-d	0,67	0,75	112	0,71	0,83	117	0,85	1,92	225
S-b		< 0,005			< 0,005			< 0,005	

Type d'échantillon	TCE			TeCE		
	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait	T-initial mg/kg	T-extrait mg/kg	% extrait
NS-d	0,30	0,26	87	-	-	-
NS-d	0,32	0,25	78	-	-	-
NS-d	0,31	0,25	81	-	-	-
NS-b		< 0,005			-	
S-d	0,30	0,24	81	0,83	0,72	86
S-d	0,31	0,27	86	0,86	0,93	109
S-d	0,31	0,26	83	0,86	1,68	194
S-b		< 0,005			< 0,005	

NS : non saturé    S : saturé  
d : dopé            b : blanc

T-initial : ajout initial en composé halogéné  
T-extrait : quantité trouvée après extraction

Tabl. 3 - Résultats des tests d'extraction sur carottes de craie après dosage de l'ordre de 0,8 mg/kg.

### **3. CONCLUSION**

Cette étude montre que les techniques d'extraction et d'analyse mises en oeuvre sur les échantillons dopés permettent la mise en évidence qualitative de tous les composés organochlorés injectés dans la craie de départ. La méthode d'extraction directe a donné d'assez bons résultats sur la majorité des composés ajoutés.

Les résultats obtenus sont liés à la technique de dopage mise en oeuvre, technique dont on peut voir les limites : reproductibilité des ajouts sur carotte, risque de perte de composés par volatilisation entre la préparation des échantillons et l'analyse.

Les teneurs mesurées confirment les résultats généralement obtenus au laboratoire pour la quantification des composés volatils présents dans les solides : d'une part les concentrations sont systématiquement sous-estimées pour les composés les plus volatils et d'autre part les valeurs obtenues ne peuvent généralement pas être prises comme valeurs absolues, surtout dans le cas des très fortes teneurs.

**ANNEXE 2**

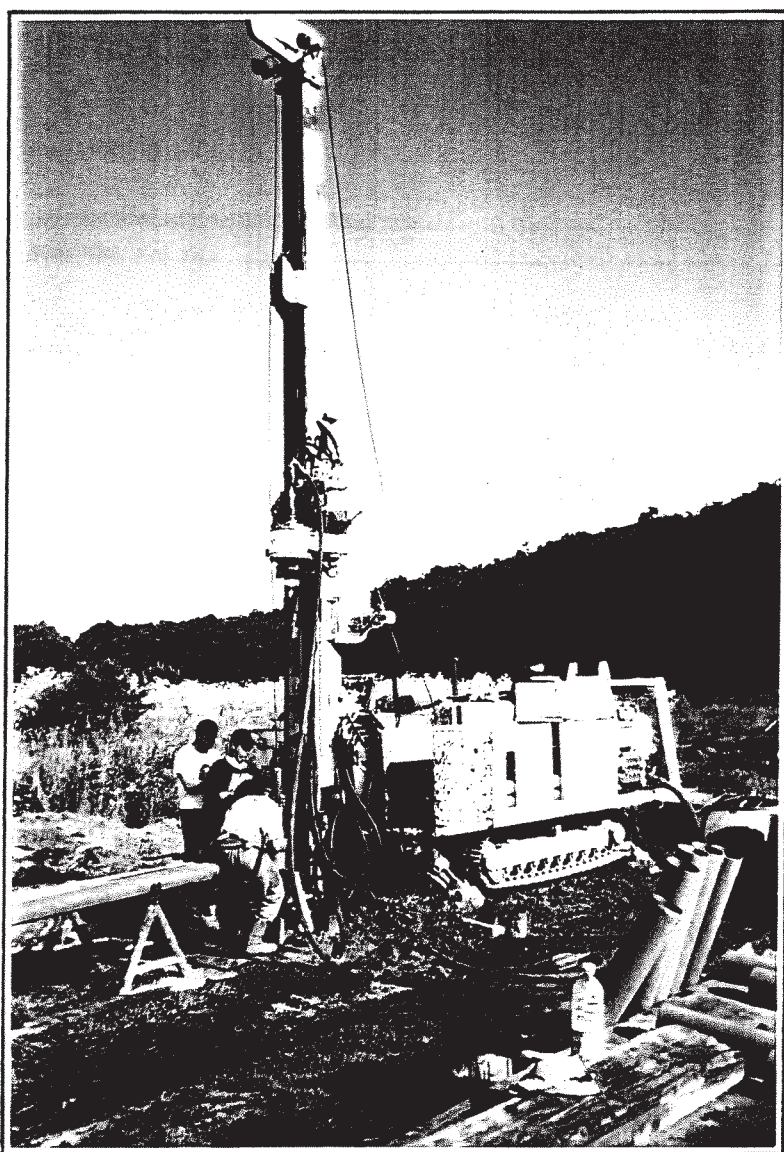
**"La pièce de Saint-Etienne" à Dreux  
Rapport CFG de fin de sondage (19 au 23 juin 1995)**

**BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES**  
Direction de la Recherche  
Avenue Claude Guillemin BP - 6009  
45060 ORLEANS CEDEX 2

## **DREUX**

**« La Pièce de Saint-Etienne »**

**RAPPORT DE FIN DE SONDAGE**  
(19 au 23 juin 1995)



*95 CFG 25*

*Juillet 1995*

*M. DEGOUY*

**COMPAGNIE FRANÇAISE POUR LE DEVELOPPEMENT  
DE LA GEOTHERMIE ET DES ENERGIES NOUVELLES**  
Avenue Claude Guillemin BP - 6429  
45064 ORLEANS CEDEX 2  
☎ 38.64.31.22

**Sondage de reconnaissance à  
DREUX (28)**

**1] INTRODUCTION**

Dans le cadre de la convention de recherche n° 94034 entre le Ministère de l'Environnement et le BRGM, intitulée : Recherches sur la caractérisation et le transfert de solvants organo-chlorés volatils dans un aquifère crayeux", la Direction de la Recherche a confié à la CFG la préparation et l'exécution d'un sondage carotté en continu d'une trentaine de mètres de profondeur sur le site "La pièce de St. Etienne" à DREUX (28) (figures 1 et 2).

Les travaux ont été exécutés du 19 au 23 juin 1995 par l'entreprise COREIS sous la supervision d'un ingénieur de la CFG.

Le sondage vertical carotté sur toute sa hauteur a été arrêté à la profondeur de 32,45 m puis équipé en piézomètre.

**2] IMPLANTATION DU SONDAGE - DONNEES ADMINISTRATIVES**

Suite aux travaux réalisés en 1993 et 1994 (subvention n° 92055, Ministère de l'Environnement), Ph. DEGRANGES a implanté le forage avec précision dans la parcelle BN17 Dreux au lieu-dit "Pièce de St. Etienne" à une cinquantaine de mètres de la route (rue du Chêne St. Louis) en bordure du chemin. La commune propriétaire de la parcelle, a donné au BRGM une autorisation pour occuper provisoirement le site.

La déclaration de forage (article 131 du Code Minier) a été adressée à la DRIRE le 2 juin 1995.

La déclaration d'intention de travaux a été envoyée à EDF-GDF, France Telecom, aux Services Techniques de la Mairie de DREUX, le 2 juin 1995 ; aucune canalisation ou lignes souterraines exploitées n'existe dans le secteur concerné.

L'alimentation en eau du chantier a été réalisée à partir d'une borne incendie située rue des Hauts Buissons après autorisation de raccordement au réseau de distribution accordée par la Mairie et la Lyonnaise des Eaux.

Les Services Techniques de la ville ont apporté toute leur assistance aux représentants du BRGM et ont assuré le débroussaillage de la plate-forme.

### **3] MATERIEL MIS EN OEUVRE**

La CFG a confié l'exécution des travaux de carottage à la Compagnie de Recherche d'Investigation et de Sondage (COREIS).

Une sondeuse ACKER MP IV sur porteur chenillé a été utilisée (voir caractéristiques techniques annexées). Equipée d'une tête de rotation hydraulique et d'une glissière de 6 m, sa force de traction (ou de poussée) est de 7 Tonnes environ, cette sondeuse est capable d'effectuer du carottage minier au câble jusqu'à des profondeurs de 265 m en diamètre de trou de 122,6 mm et jusqu'à 400 m en diamètre de 75,7 mm. Un bac de préparation de la boue, une pompe Bean, un camion UNIMOG, une cabine de chantier (bureau, vestiaire) et tous les équipements nécessaires pour la réalisation du carottage au câble en diamètre 146 mm et en particulier un carottier à câble triple enveloppes type 146 SK 6L (diamètre de carotte : 102 mm) de 1,50 m de longueur conçu spécialement pour les carottages géotechniques complètent le matériel utilisé.

L'alimentation en eau du chantier a été assurée par la mise en place d'une conduite provisoire (500 m de tuyaux "pompiers").

Plusieurs types de couronne ont été approvisionnés : à décharges faciales, et à passages d'eau classiques, couronnes imprégnées et couronnes à pierres serties.

### **4] ORGANISATION DU TRAVAIL**

Les travaux ont été réalisés à 1 poste jour de 10 heures, l'équipe COREIS étant constituée d'un chef de chantier, d'un chef de poste et d'un sondeur.

### **5] REALISATION DES TRAVAUX**

#### **5.1 Coupe technique (figure 3) et déroulement des travaux**

L'ouvrage a été réalisé selon la technique minière du carottage continu au câble, en diamètre 146 mm ( $\emptyset$  carotte : 102 mm) ; le carottier triple 146 SK 6L permet de récupérer la carotte dans un étui en PVC (103 x 110 mm) ce qui facilite la manipulation et la concentration des échantillons. Les extrémités des carottes, dans la mesure du possible, ont été paraffinées, d'autres échantillons prélevés dans l'extracteur du tube intérieur du carottier ont été conditionnés dans des bocaux en verre (type conserve).

Les travaux de carottage ont été réalisés les 20, 21 et 22 juin le sondage a été arrêté à la profondeur de 32,45 m (cf. tableau n° 1) le 22 juin.

## 5.2 Avancement des travaux (tableaux 2 et 3)

Les profondeurs sont données par rapport au niveau du sol, au droit du forage.

Le matériel COREIS est arrivé sur le site le lundi 19 juin en fin de matinée. La sondeuse a été déchargée puis mise en place, glissière dressée à 16 heures. L'installation de l'ensemble du matériel et de la conduite d'alimentation en eau a été achevée à 18 heures.

### Mardi 20 juin 1995 :

- 7 h 30 : Installation de la ligne d'alimentation en eau  
Préparation de la boue polymère (polymère biodégradable de type GS)
- 8 h 15 : Début du carottage, carottier équipé d'une couronne imprégnée à décharge faciale
- 9 h 50 : 1,50 m carotté en 4 passes (0,65 - 0,30 - 0,40 - 0,15 m), bonne récupération d'argile à silex.  
Changement de couronne et mise en service d'une couronne classique à concrétion à passages d'eau permettant un meilleur nettoyage du fond du trou
- 10 h 10 : Reprise du carottage
- 12 h 30 : Arrêt du carottage à 4 m
- 13 h 30 : Reprise du carottage dans les argiles à silex très riches en silex cornus qui obstruent la couronne et empêchent la récupération de carotte en détruisant les niveaux tendres (argiles rouges sableuses) : de 4 à 7,55 m, 1,10 m récupéré en 6 passes de carottage
- 16 h 40 : A 7,80 m, perte totale du fluide d'injection, poursuite du carottage  
Récupération d'une carotte (pied à 8, 20 m) montrant des gros silex, de l'argile rouge et des granules de craie  
De 8,60 à 9,20 formation tendre altérée argilo-sableuse et crayeuse (pas de récupération) délavée par le fluide d'injection
- 17 h 00 : Retour partiel et intermittent du fluide d'injection à partir de 9,20 m
- 17 h 15 : 9,40 m. Carotte de craie de 9,20 m à 9,40 m  
Arrêt du carottage pour mise en place du tubage de protection acier (type SW - 154 x 168,3 mm dont le premier tube est équipé d'un sabot à éléments de tungstène. Ce tubage a été descendu en rotation avec injection de boue jusqu'à 9,25 m
- 18 h 45 : Démontage de la conduite d'eau et rangement du chantier
- 19 h 30 : Fermeture du chantier gardé pendant la nuit.

**Mercredi 21 juin 1995 :**

- 7 h 30 : Installation de la ligne d'alimentation en eau
- 8 h 15 : Contrôle et descente de la garniture de carottage
- 8 h 45 : Reprise du carottage à 9,40 m  
Perte partielle puis perte totale de la boue à 9,80 m (débit pompe : 70 l/mn)
- 8 h 50 : Arrêt du carottage sur avancement nul pour contrôle de la couronne  
Présence d'un gros silex coincé dans la couronne, tube intérieur vide  
Redescente de la garniture, reprise du carottage, avancement lent dans les silex (0,10 m) puis rapide (0,45 m)  
A 10,55 m remontée de la garniture, contrôle de la couronne puis redescente et reprise du carottage
- 10 h 50 : 12,95 m. Retour partiel de boue (30 à 40 l/mn), meilleure récupération de carotte (100 % de 11,15 à 12,95 m) mais présence de très nombreux silex
- 12 h 15 : 15,40. Arrêt du carottage (11 passes de carottier depuis 8 h 15 pour 6 m carottés et 4,15 m récupérés soit une récupération d'environ 70 %).
- 14 h 00 : Reprise du carottage, perte totale
- 14 h 45 : 16,35 m. Dernière passe de 15,75 à 16,35 sans récupération  
Manoeuvre, contrôle de la couronne : couronne fendue au niveau d'un passage d'eau, fût rainuré par les silex  
Changement de couronne
- 15 h 40 : Reprise du carottage en perte totale puis retour partiel (30 l/mn) intermittent
- 16 h 00 : 16,55 m : foré 0,20 m, récupération 0,20 m : gros silex coincé dans l'extracteur (banc de silex)
- 17 h 15 : 20,10 m : lors du retour intermittent de boue (passe : 19,60 à 20,10 m) une faible odeur de solvant a été décelée par le chef de poste (?)
- 18 h 45 : 22,95 m : arrêt du carottage (dans l'après-midi 12 passes de carottier ont été nécessaires pour forer 7,55 m, dont 5,05 m ont été récupérés - 67 % de récupération)  
Démontage de la conduite d'eau et rangement du chantier
- 19 h 30 : Fermeture du chantier gardé pendant la nuit.

**Jeudi 22 juin 1995 :**

- 7 h 30 : Installation de la ligne d'eau  
Constat d'incidents pendant la nuit entre le gardien et des individus non identifiés
- 8 h 15 : Reprise du carottage. Perte partielle (retour 30 à 40 l/mn)
- 10 h 40 : 27,00 m. Dernière passe de 26,30 à 27,00 m, récupération nulle  
Manoeuvre. Contrôle de la couronne : garde intérieure usée, diamètre intérieur 103 mm, matrice diamantée polie, couronne HS  
Changement de couronne  
Essai d'une couronne à pierres serties et à décharge faciale
- 11 h 30 : Reprise du carottage
- 11 h 45 : 27,35 m, après 2 passes dans les silex (0,25 et 0,10 m)  
Avancement nul  
Remontée de la garniture. Couronne HS (usure de la garde intérieure et extérieure)  
Changement de couronne
- 12 h 15 : Reprise du carottage
- 12 h 45 : 27,65 m. Arrêt du carottage. Dans la matinée 9 passes de carottier ont permis de récupérer 3,05 m de carotte soit une récupération d'environ 65 %
- 14 h 00 : Reprise du carottage en perte totale puis en perte partielle intermittente
- 15 h 15 : 29,10 m. Remontée de la garniture. Tubage de protection descendu d'environ 1,20 m ; ajout d'un tube supplémentaire (1,50 m) - sabot à 10,75 m
- 16 h 30 : Reprise du carottage en perte partielle intermittente ; avancement irrégulier : nombreux bancs de silex et présence de silex disséminés dans la craie
- 18 h 30 : 32,45 m. Arrêt du forage. Dans l'après-midi 9 passes de carottier ont permis de récupérer 2,95 m de carotte, soit une récupération d'environ 62 %  
Démontage de la conduite d'eau, rangement du chantier
- 19 h 30 : Fermeture du chantier (gardé par 2 gardiens et 4 chiens ...).

**Vendredi 23 juin 1995 :**

- 7 h 30 : Repli de la ligne d'alimentation eau du chantier
- 8 h 00 : Remontée de la garniture de carottage et installation du piézomètre

- 8 h 40 : Descente de 6 tubes crépinés (6 x 2,97 m = 17,82 m) et de 5 tubes pleins (5 x 2,97 m = 14,85 m) soit une longueur totale de 32,67 m. Le dernier tube a été coupé pour que son extrémité soit à environ 0,10 m sous le niveau du sol.  
Un bouchon de fond a été vissé sur le 1er tube crépiné (52 x 60 mm)
- 9 h 00 : Mise en place du massif filtrant (10 sacs de 50 kg de gravier siliceux) entre 32,45 et 12,50 m
- 9 h 15 : Remontée du tubage de protection
- 9 h 30 : Mise en place sur le massif filtrant, de 30 l de bentonite déshydratée (peltonite) en billes (de 11 à 12,50 m)
- 9 h 45 : Mise en place de 5 sacs de gravier au droit des tubes pleins
- 10 h 00 : Mise en place de la tête de puits en acier (tube acier -1,20 m- Ø 146 mm) équipée d'un capot et d'un cadenas  
Préparation du laitier de ciment (60 l) et mise en place dans l'annulaire tube PVC - tube acier, et dans l'annulaire tube acier - terrain pour scellement. Le capot du tube de protection est à environ 5 cm sous le niveau du sol et recouvert de terre
- 10 h 30 : Rangement et démontage
- 12 h 00 : Chargement de la sondeuse sur le porte-char
- 12 h 30 : Fermeture du chantier  
Repli de COREIS sur sa base à Razes.

## **6] ECHANTILLONNAGE (cf. tableau 1)**

20 carottes ont été conditionnées dans leur tube PVC. Les échantillons de silex n'ont pas été gardés sauf exceptions.

27 "pieds" de carotte ont été placés dans des bocaux étanches pour études ultérieures.

Les échantillons ont été conservés dans un congélateur pendant toute la durée du chantier, puis ramenés à la CFG où ils sont stockés à moins 14 degrés environ.

## **7] CONCLUSION**

56 passes de carottier ont été nécessaires pour forer 32,45 m (longueur moyenne par passe : 0,58 m). 30 passes de carottier n'ont permis de récupérer que 30 centimètres ou moins d'échantillon (5 passes sans récupération) constitué principalement de silex massifs ou cornus.

21 mètres de carotte ont été récupérés, soit une récupération d'environ 65 %.

4 couronnes ont été utilisées ; la première de marque IMBM déjà usagée et conçue pour le carottage des phosphates a carotté 17 m, les trois suivantes de marque DGA ont permis de forer respectivement 10 m, 0,35 m et 5,10 m. La couronne à pierres serties et à décharge faciale n'a carotté que 0,35 m de silex avant d'être remontée complètement usée au niveau de la garde intérieure ( $\emptyset$  103 au lieu de 102 mm) et extérieure ( $\emptyset$  144 au lieu de 146 mm).

**Couronnes utilisées :**

N°	Marque	Numéro	Type	Métrage
1	IMBM	S06-023	T6FD (concrétion)	de 0 à 17 m
2	DGA	B 3081	S6 (concrétion)	17 m à 27 m
3	DGA	B 3080-1	Pierres serties	27 m à 27,35 m
4	DGA	B 819-2	W-BD (concrétion)	27,35 m à 32,45 m

Les formations géologiques traversées : argile à silex et craie senonienne très riches en silex (bancs massifs et silex cornus disséminés) sont difficiles à carotter du fait de l'hétérogénéité des matériaux qui les constituent.

Le matériel classique de carottage utilisé soit en minier (formations dures et abrasives) soit en géotechnique (prélèvements de surface de terrains tendres et friables) se trouve inadapté lorsque alternent des niveaux très durs, et des niveaux très tendres. Dès qu'un silex se trouve engagé dans le carottier il en obstrue l'accès et la foration se poursuit sous le mode destructif car l'assemblage couronne-silex agit comme un outil plein qui poinçonne les couches tendres.

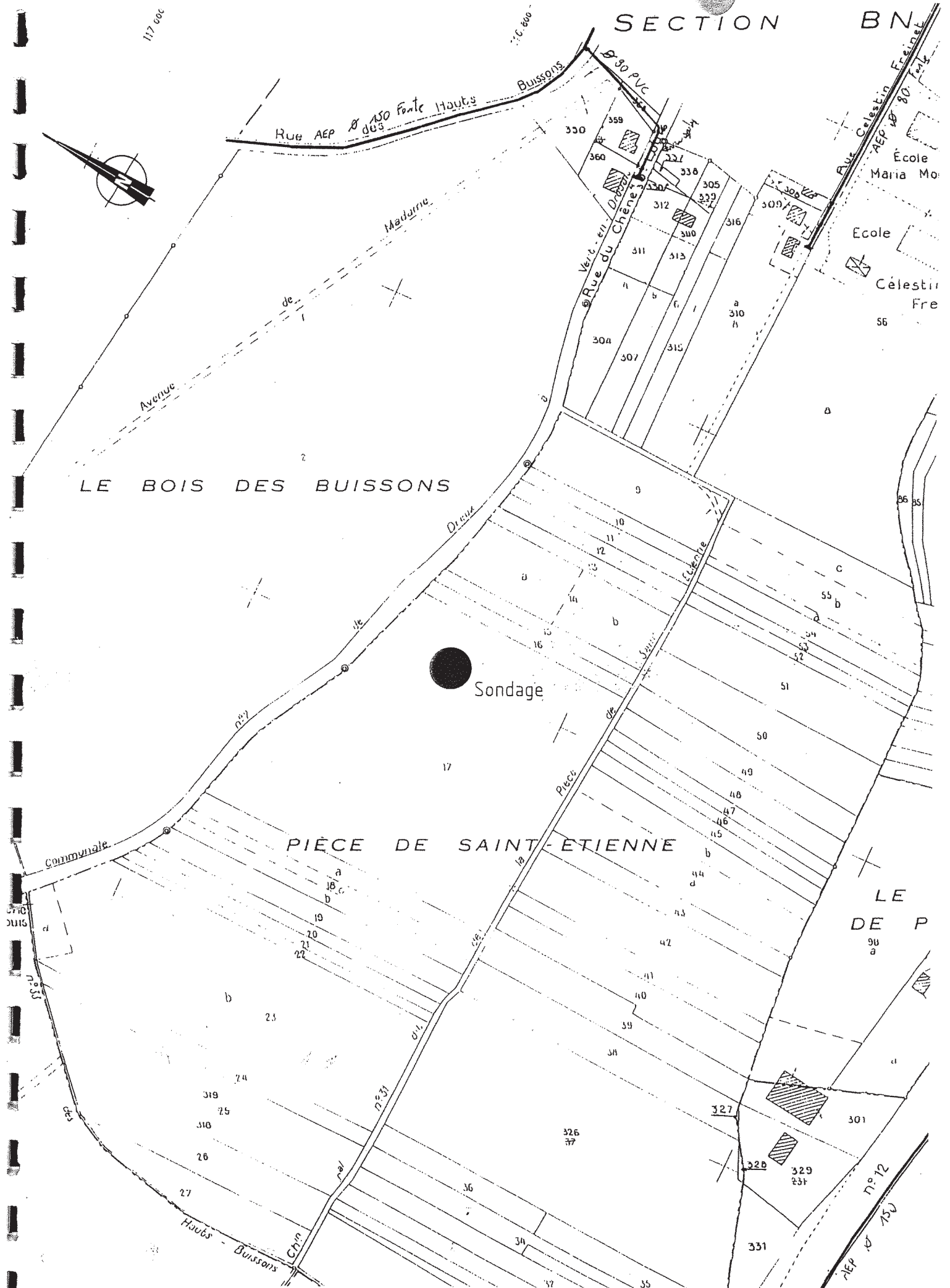
La présence de niveaux déconsolidés et de craie altérée perméable empêche partiellement ou totalement le retour en surface du fluide d'injection ce qui rend le suivi géochimique des gaz dissouts dans la boue difficilement interprétable ou irréalisable.

Il est donc nécessaire d'étudier et de mettre au point des techniques de forage adaptées aux conditions particulières des terrains traversés lors de ce type d'étude d'environnement.



Figure 2 - Implantation du sondage (extrait du cadastre)

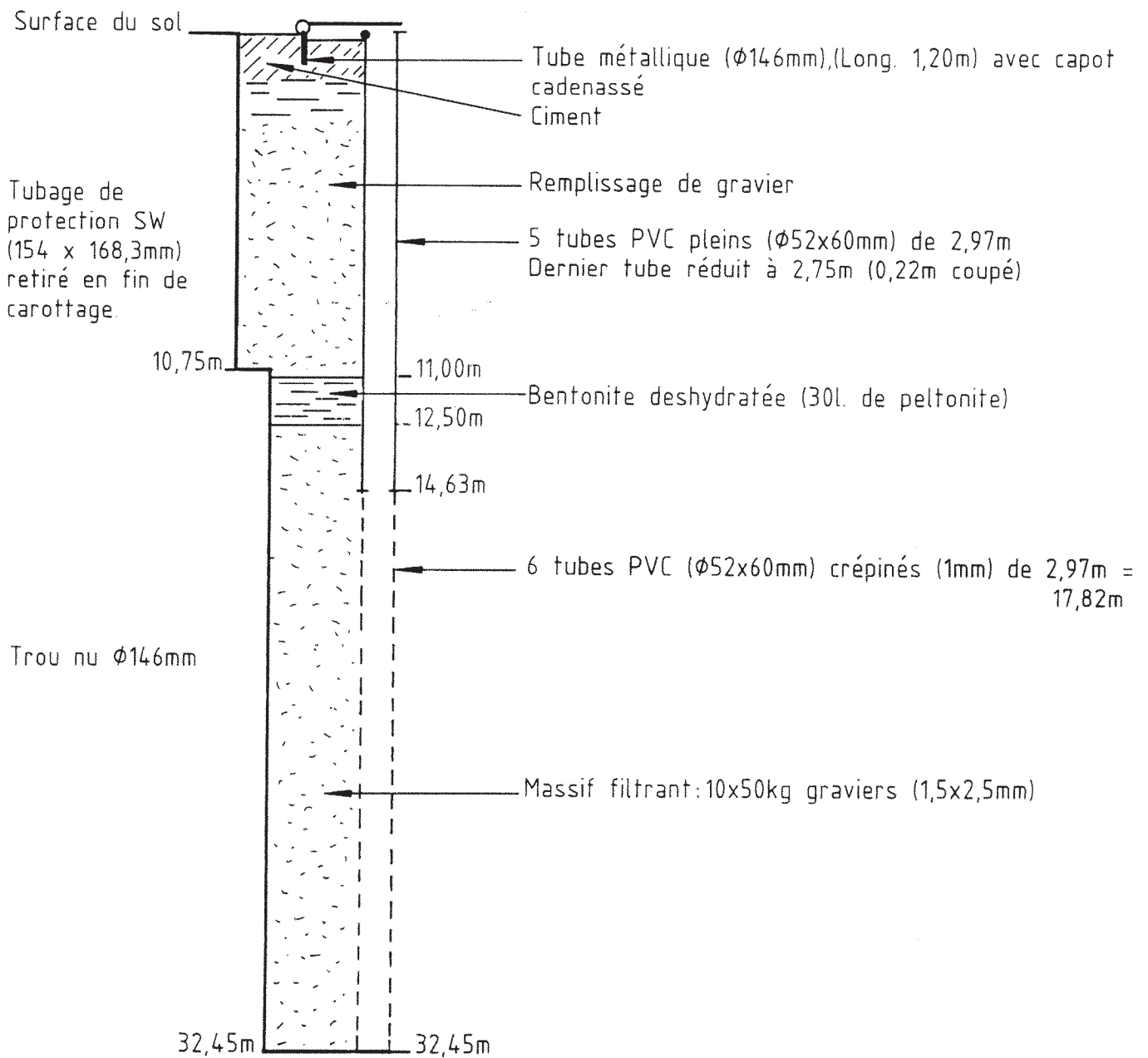
● Alimentation en eau



### Figure 3 - Coupe technique du sondage de reconnaissance

Lieu dit : Pièce de St Etienne

Coordonnées Lambert (mesurées sur carte IGN) : x = 1116,7  
y = 526,0  
z = +133



**Tableau n° 1****1.1. Liste des carottes**

N°	Tête	Pied
1	0,00	0,95
2	0,95	2,10
3	2,10	2,80
4	2,90	3,90
5	5,50	6,50
6	7,55	8,40
7	8,40	9,40
8	10,90	11,90
9	11,80	12,20
10	12,95	13,95
11	13,95	14,70
12	16,55	17,60
13	19,60	20,00
14	20,75	21,30
15	21,30	21,70
16	22,50	22,95
17	23,00	23,75
18	25,20	25,40
19	27,65	28,55
20	30,25	30,65

**Tableau n° 2****1.2. Liste des bœufs**

N°	Tête	Pied
1	1,40	1,50
2	2,00	2,10
3	2,80	2,90
4	3,80	4,00
5	5,00	6,00
7	6,40	6,50
8	8,30	8,40
9	9,20	9,30
10	11,20	11,60
11	11,70	11,80
12	12,00	12,10
13	12,20	12,50
14	12,75	12,95
15	13,90	14,00
16	14,55	14,70
17	15,10	15,25
18	16,20	16,45
19	17,60	17,70
20	18,30	18,40
21	19,40	19,60
22	20,00	20,10
23	21,20	21,30
24	21,70	21,90
25	23,75	23,95
26	24,60	23,95
27	24,60	24,80
28	25,40	25,60
29	27,00	27,25
30	32,00	32,20



APPAREIL DE FORAGE  
TYPE : ACKER  
NUMERO :

# RAPPORT DE CAROTTAGE

CLIENT : CFG  
Chantier : DREUX

CODE AFFAIRE  
653

Date : 20/06/95		Poste N° GP		Date : 21/06/95		Poste N°								
SONDAGE	AVANCEMENT		CAROTTAGE		SONDAGE	AVANCEMENT		CAROTTAGE						
	N°	de	à	m.		m.récup.	%	diam.	N°	de	à	m.	m.récup.	%
D	0	0,65	0,65	0,65	0,65	100	146	D	940	10	0,60	0,00	0	146
	0,65	0,95	0,30	0,30	100				10	10,55	0,55	0,30	55	
	0,95	1,35	0,40	0,40	100				10,55	11,15	0,60	0,30	50	
	1,35	1,50	0,15	0,15	100				11,15	11,80	0,65	0,65	100	
	1,50	2,10	0,60	0,60	100				11,80	12,20	0,40	0,40	100	
	2,10	2,90	0,80	0,80	100				12,20	12,50	0,30	0,30	100	
	2,90	4,00	1,10	0,90	82				12,50	12,75	0,25	0,25	100	
	4,00	5,45	1,45	0,20	14				12,75	12,95	0,20	0,20	100	
	5,45	6,00	0,55	0,30	54				12,95	14,35	1,40	1,00	71	
	6,00	6,50	0,50	0,40	80				14,35	14,70	0,35	0,35	100	
	6,50	6,90	0,40	0,90	50				14,70	15,40	0,70	0,40	57	
	6,90	7,10	0,20	0,00	0				15,40	15,75	0,35	0,90	57	
	7,10	7,55	0,45	0,00	0				15,75	16,35	0,60	0,00	0	
	7,55	8,40	0,85	0,60	70				16,35	16,55	0,20	0,90	100	
	8,40	9,40	1,00	0,40	40				16,55	17,70	1,15	1,15	100	
									17,70	18,70	0,70	0,30	43	
									18,70	19,60	1,20	0,50	42	
									19,60	20,10	0,50	0,50	100	
									20,10	20,75	0,65	0,90	31	
									20,75	21,30	0,55	0,55	100	



## **ANNEXES**

- **Fiches techniques de la sondeuse ACKER MP4**
- **1 planche photos**

# SPECIFICATIONS – STANDARD AND OPTIONAL

POWER UNITS – D.C. D.I.V.A. RATED						
MFG.	MODEL	HP	GOV-ERNED RPM	COOLING	FUEL CAPACITY	Recommended For
Deutz	F4L912	58	2300	Air	Diesel 24 gal. (90.8 liters)	Truck Trailer
*Deutz	F5L912	73	2300	Air	Same as Above	Truck Trailer Crawler

Hour Meter & 12 Volt Electric Starting Standard

ROTARY DRILL HEADS AND SPEEDS						
Power	Piston Type – Hydraulic Reversible Motor Drive					
Torque	5,750 Lbs-Ft – 795 kg meter (@ 32 R.P.M.) Std. Head					
Spindle	I.D. 3-5/8" (92 mm)					
Trans-Speeds	1st	2nd	3rd	4th		
4-standard	32	67	123	312		
Speeds	Option No. 1	Low	43	90	165	284
		High	114	238	439	754
	Option No. 2	Low	68	142	262	451
		High	181	378	698	1200
Final Drive	Triple Chain Drive and Sprockets Run in Oil Bath Enclosure					
Hinged Head*	For Use With Wire Line Tools					

MAST AND PULL DOWN	
Feed-3 speeds	Hydraulic 0 to 17.8 / 53.5 / 71.5 FT/min.
Travel	Hydraulically controlled – 132" – (3352 mm)
Thrust	Drill Head Up or Down – 16,000 lbs. (7,270 kg)
Extension	Mast Retracts and Extends 45" (1143 mm)
Slide Base	Hydraulic – Retraction off hole 13" (330mm)
Angle Range	Vertical to 45 degree angle
*Crown Block Detachable	For 20 ft. Pulls (6.1m), Manila Rope & Cable Sheaves
Hydraulic Pedestal Jack	On Bottom of Mast – 12 1/2" Stroke – (317.5 mm)

HYDRAULICS	
Main Circuit	Tram and Rotary (Hydrostatic Closed Loop and Piston Motors)
Rapid* Transverse	Increases Speed of Drill Head Travel 0 to 76 Ft./Min. in Both Directions.
Hyd. Oil Filters	Full Flo Type – (1) Washable (1) Replaceable

HOISTS – OPTIONAL	
*Cathead	6" Dia. x 8" Long (152.4x203.2mm)
Power	Hydraulic Motor Driven
Mounting	On Drill Frame
Hoisting Speed	214 R.P.M. @ 335 Ft/m (102.1 m/m)
Capacity	2500 lb – (1134 kg)
*Rope	Manila - one inch (25 mm)
*Wire Drum Type	Planetary Gear
Power	Hydraulic Motor Driven
Mounting	On Drill Frame
Hoisting Speeds	30.5, 110.5 and 151 FT/min. (3 Speeds)
Rope	1/2" Wire Rope (12.7 mm)

LEVELING JACKS	TRUCK TRAILER	CRAWLER
Diameter	3" – (76.2 mm)	
Stroke	24" – (609 mm)	12 1/2" – (310 mm)
Pad Dia.	6" – (152 mm)	9" – (228 mm)
Operation	Hydraulic Controls at Operator's Station	
Required	1 – Front 2 – Rear	2 – At Rear

CRAWLER	
Drive	All Hydrostatic for each track
Speed	3.0 MPH – (4.8 km/hr) Forward and Reverse
Gradeability	78%
No. of pads	40 per track – 12" wide (304.8 mm)
Max-Width	96" (2438.4 mm) jacks removed – Quick Disconnect
Controls	At control console

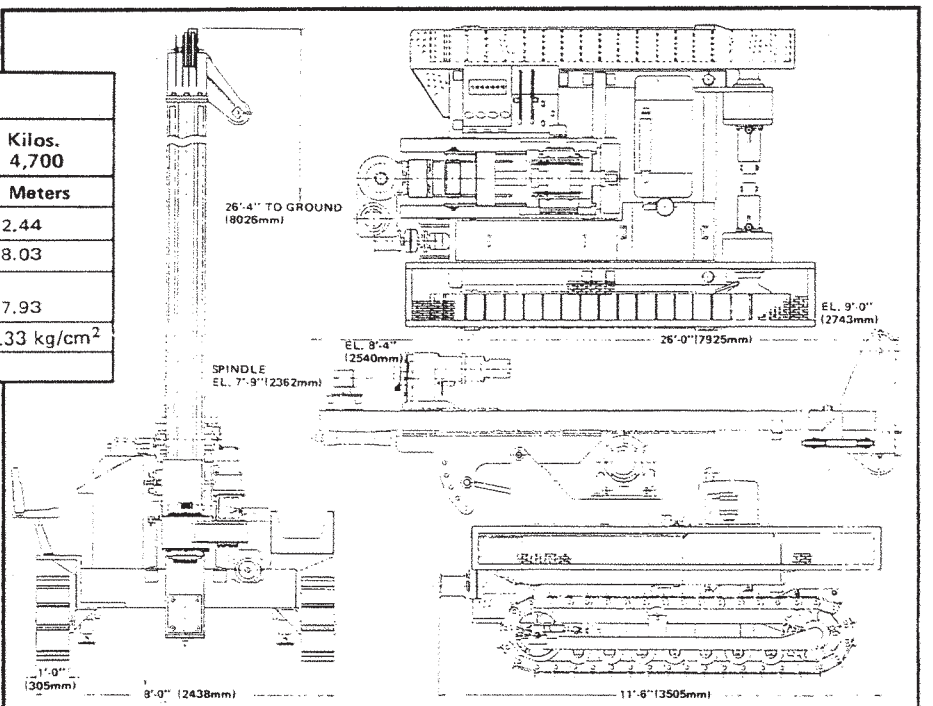
MISCELLANEOUS – ACCESSORY OPTIONS	
*Break-Out Table – Hydraulic Powered – Range 1-5/8" to 2-7/8" O.D. – 2-7/8" to 4 1/4" O.D.	
*Quick Disconnects – "AW" to "NW" Rods – "AW" to "HW" Casing – 6" to 12" Augers (152.4 to 304.8 mm)	
*Centralizer for Augers – Hinged Type – Cap. up to 12" O.D.	
*Wire Line Hoist – Details on Request	

\*Optional

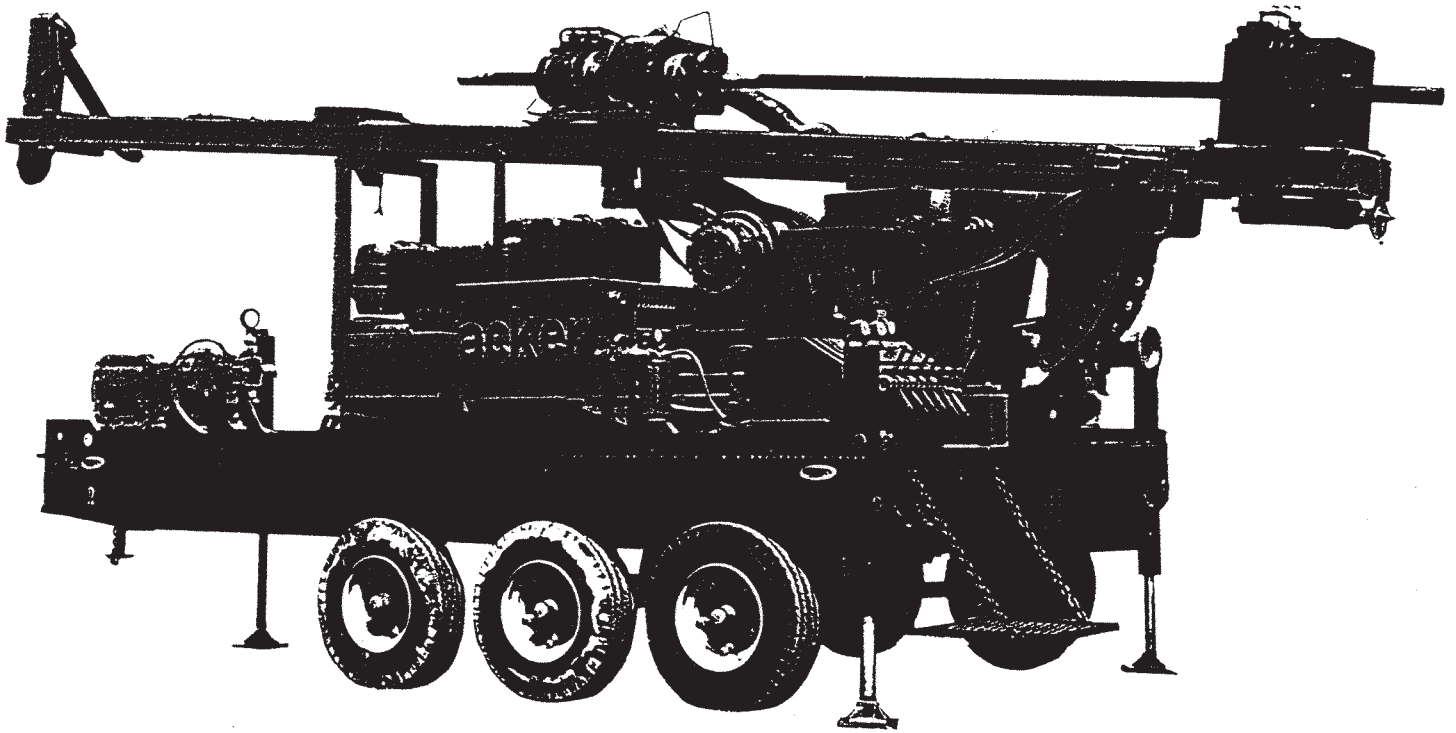
## TRAVEL DIMENSIONS AND WEIGHT

DIMENSIONS AND WEIGHTS		
Weight-Wet (Less tools or options)	Lbs. 10,300	Kilos. 4,700
DIMENSIONS	Ft.	Meters
Overall width – travel	8'0"	2.44
Overall height mast up	26'4"	8.03
Overall length – mast travel position	26'0"	7.93
Ground pressure – Crawler	4.7 lb./in. <sup>2</sup>	.33 kg/cm <sup>2</sup>
Gradeability - Crawler	78%	

ADD WEIGHT FOR OPTIONS*		
DESCRIPTION	Lbs.	Kilos.
*Leveling Jacks	255	117
*Cathead Hoist	200	91
*Wire Drum Hoist	500	227
*Crown Block and Sheaves	300	137
*Break-Out Table	245	111



LONG STROKE . . . SPEEDS UP PRODUCTION . . .  
 CUTS DOWN TOOL HANDLING AND REDUCES COSTS PER FOOT !



### RANGE

The Acker MP IV multipurpose all hydraulic rotary performs a wide range of operations with flight augers, core barrels, air hammers, roller rock bits or counter flush drilling systems.

Vertical or angle drilling can be accomplished with ease using both standard length augers or casings. Many construction drill jobs such as grout holes, anchor holes, tie backs, soil sampling, diamond core drilling, dewatering wells, exploration, piezometer installation, are only a few of the jobs well handled by the MP Mark IV . . .

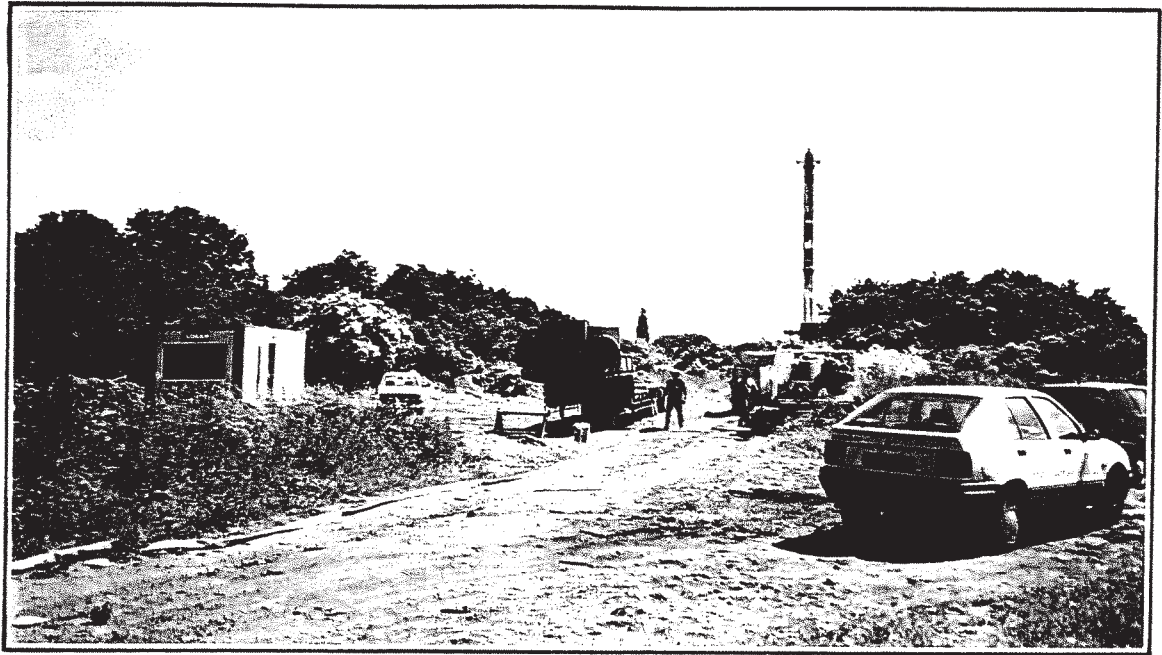
The Crawler mounted drill offers much versatility for off the road drilling and travel in mountain terrain. All Hydrostatic drive motors provide power for tramming and drilling applications . . .

TRUCK AND TRAILER MOUNTINGS OPTIONAL

### DEPTH CAPACITY – RODS AND AUGERS

ROD SIZE (WIRE LINE)	DEPTH		HOLE SIZE		REMARKS
	FEET	METERS	INCH	mm	
AQ	2,100	640	1.890	48.0	"Q" SERIES
BQ	1,700	518	2.360	60.0	"Q" SERIES
NQ	1,300	396	2.980	75.7	"Q" SERIES
HQ	900	274	3.782	96.0	"Q" SERIES
PQ	870	265	4.828	122.6	"Q" SERIES
AUGER SIZE					
4"	190	57.9	5.25	133.3	SOLID
5 1/2"	150	45.7	6.0	152.4	HOLLOW
5 3/4"	115	35.0	6.75	171.4	HOLLOW
6 1/2"	100	30.5	7.25	184.1	HOLLOW
ROD SIZE DCDMA					
AX-AW	1,600	488	1.890	48.0	DCDMA
BX-BW	1,500	457	2.360	60.0	DCDMA
NX-NW	1,200	366	2.980	75.6	DCDMA
HW	800	244	3.907	99.2	DCDMA

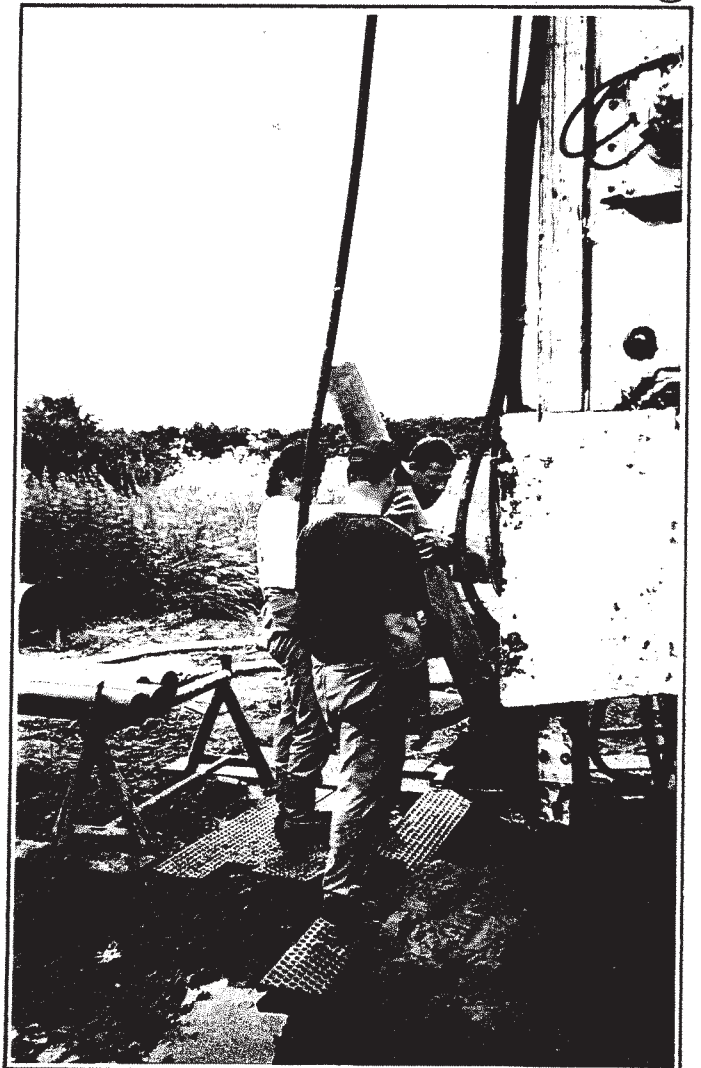
Down the Hole Tools such as Roller Rock, Drag Bits and Down-the-Hole Hammers up to 4-5/8" (117.5mm) in diameter are rated to 500 ft. (152.4m)



①



②



③

**ANNEXE 3**

**La pièce de Saint-Etienne à Dreux  
Analyses sur site par Spectrométrie Infra-Rouge  
à Transformée de Fourier (IRTF)  
des composés organochlorés volatils  
extraits de la boue de forage - 19 au 23 Juin 1995**

*Jean-Marc Chéradame  
Florence Mériaux*

*96 CFG 02*

## **1. BUT DE L'ETUDE**

Le carottage d'un terrain est une opération longue et coûteuse. Les analyses complètes d'échantillons sont également coûteuses et les délais importants. La détermination de la profondeur à donner au forage pour cerner l'étendue de la pollution, du nombre d'échantillons à envoyer au laboratoire et du type d'analyse à réaliser est souvent aléatoire et empirique.

La mise au point d'une méthode permettant de donner en cours de forage des indications assez précises sur le taux de pollution et la nature des polluants rencontrés constitue une avancée très importante permettant de guider le superviseur de chantier dans la réalisation des forages (détermination de la cote d'arrêt) et dans le choix des échantillons à faire analyser en différé au laboratoire.

L'objet de cette étude est donc l'analyse in-situ des composés volatils entraînés par le fluide de forage en cours de sondage.

## **2. PRINCIPE DU PRELEVEMENT**

Le fluide de forage est injecté dans le train de tiges par la machine de forage et remonte dans l'espace annulaire avec les sédiments broyés en tête de puits ; il est ensuite rejeté dans le terrain à une dizaine de mètres du puits de forage.

Pour le prélèvement de gaz, le fluide de forage est canalisé en sortie de forage dans une chambre en PVC où il dégaze naturellement ; un dispositif de pompage permet de prélever dans sa partie supérieure la fraction gazeuse et de l'envoyer sur l'analyseur.

## **3. MISE EN ŒUVRE DU MATERIEL**

### **3.1. Analyseur de gaz par spectrométrie IRTF (InfraRouge à Transformée de Fourier)**

#### **3.1.1. Principe de la mesure**

La plupart des molécules non symétriques absorbe un rayonnement infrarouge à des longueurs d'onde qui sont propres à leur structure et à leurs liaisons atomiques. Ainsi chaque produit possède un spectre d'absorbance caractéristique.

Le mélange de gaz étudié est envoyé dans la cellule de mesure de l'analyseur qui en trace le spectre infrarouge. Sa comparaison avec ceux d'une bibliothèque de référence constituée à partir de standards - effectuée par ordinateur à l'aide d'un logiciel de traitement - permet d'identifier la ou les molécules présentes.

La quantification est réalisée pour chaque produit en comparant la "hauteur" d'un pic d'absorption qui lui est propre à celle d'une gamme d'étalonnage de standards du même produit à différentes concentrations.

### **3.1.2. Appareillage**

L'appareillage comprend :

- un dispositif de dégazage du fluide de forage et de récupération des gaz,
- un tube sécheur qui déshydrate le gaz prélevé et le conduit à la cellule de mesure,
- le spectromètre IRTF,
- un ordinateur et des logiciels de pilotage et de traitement.

#### ***a) Dispositif de dégazage***

Le fluide de forage est canalisé en sortie de puits dans un chenal de 15 centimètres creusé dans le sol ; il passe dans une goulotte plastique placée dans la tranchée d'écoulement - 0.3 m - de la tête de puits. Cette goulotte est composée de deux tubes PVC et d'une chambre supérieure qui est munie de deux orifices conçus pour connecter deux tubes souples de 1/4" de diamètre, l'un permettant d'envoyer éventuellement de l'air à contre-courant du flux de boue pour dégazer celle-ci, l'autre muni du tube sécheur de transfert à l'analyseur.

#### ***b) Tube sécheur***

Le tube sécheur est un dispositif à deux flexibles coaxiaux. Dans le tube externe circule de l'air déshydraté et débarrassé de CO<sub>2</sub> par un générateur BALSTON ; le tube interne, à membrane hydrophile, capte l'humidité du tube prélevé. Un filtre a été placé en tête de ce tube pour éviter tout risque d'aspiration de boue.

#### ***c) Spectromètre***

L'appareillage est constitué d'un spectromètre IRTF Galaxy produit par la société UNICAM et d'accessoires - pompe à vide, pompe de prélèvement de gaz, générateur d'air Balston sans CO<sub>2</sub> ni humidité -. Un coffret regroupant l'ensemble des vannes et des circuits de gaz permet de diriger vers la cellule de mesure soit le gaz à analyser, soit de l'air purifié pour purger la cellule entre deux analyses.

#### ***d) Ordinateur et logiciels***

Un ordinateur portable permet de piloter le spectromètre en fixant les paramètres de mesure, en lançant l'acquisition des spectres et en effectuant leur traitement : reconnaissance des constituants présents et calcul des concentrations sur la base d'une banque de données établie antérieurement à partir de standards.

### **3.1.3. Avantages et inconvénients de la méthode**

L'IRTF est sensible - quantités détectées inférieures au ppmv (ppm volume) - et apporte des résultats immédiats dans un délai assez court : ce sont des qualités requises pour une technique de terrain. Une acquisition avec 30 scans ne demande que 3 minutes ; le traitement du spectre peut prendre 10 minutes selon la complexité des mélanges gazeux.

En contre partie, les interférences entre produits d'une même famille peuvent être nombreuses. Pour les organochlorés en particulier les recouvrements des bandes d'adsorption au niveau d'une même longueur d'onde sont fréquents ; par conséquent le pouvoir de séparation et d'identification est assez faible et les espèces devront être dosées sur une autre de leurs bandes d'adsorption caractéristiques.

Ce problème d'interférences est d'autant plus important que les constituants potentiels du mélange gazeux sont nombreux (huit) et il limite la précision des mesures qui peuvent être faites. Il est dans ce cas souhaitable d'effectuer sur le mélange gazeux une analyse par chromatographie en phase gazeuse à partir de prélèvements sur charbon actif.

### **3.2. REALISATION DES MESURES**

L'appareillage décrit en §1. a été monté dans un camion laboratoire pour intervention sur le site. La version qui a été utilisée pour cette opération forme un ensemble assez lourd et complexe que nous avons voulu tester comme technique prometteuse d'analyse in-situ.

L'acquisition de résultats sur le sondage ne s'est pas faite sans mal. Des problèmes rencontrés dès le début du forage ne nous ont pas permis de faire des acquisitions dans les premières vingt-quatre heures. En effet nous avons constaté à la mise en route une déformation du signal électrique empêchant toute analyse. L'intervention du SAV du fabricant a permis de l'attribuer à l'utilisation d'un onduleur intermédiaire entre le groupe électrogène de terrain et l'IRTF et donc de résoudre le problème.

Par ailleurs des blocages rémanents du logiciel ont interdit la déconvolution des spectres acquis au fur et à mesure que se faisait le forage, ne permettant pas de résoudre en temps réel la reconnaissance de tous les composés gazeux et leur semi-quantification. Cette opération a été poursuivie après l'opération de forage.

Nous avons pu réaliser l'acquisition des données pendant le forage de la zone 10-30 mètres. Ces données ont été traitées à l'aide d'une banque de spectres de composés organohalogénés standards. Cette dernière comportait les spectres établis dans une étude préalable pour chaque produit potentiellement présent, avec les courbes de calibration correspondantes. Les figures 1 et 2 donnent un exemple de spectres obtenus respectivement sur un produit de référence et lors d'une mesure en cours de sondage.

Le traitement des résultats bruts laisse présumer de la présence de plusieurs composés organochlorés dans les fractions gazeuses analysées (fig. 3). Si le tétrachloroéthylène et le trichloroéthane apparaissent respectivement dans les zones 12-15 m et 11-12 m - ce qui est en accord avec les analyses de carottes -, d'autres molécules ressortent de ce traitement : le di- et le trichlorométhane, le tétrachloroéthane, des composés aromatiques volatils. Ces composés n'ont pas été mis en évidence sur les carottes.

Une étude critique des spectres montre qu'avec le logiciel de traitement utilisé dans cette étude, l'identification formelle reste difficile sur un mélange de composés d'une même famille et à des niveaux de concentration faibles. Comme il a été précisé en § 3.1.3. et en raison des interférences, cette identification se fait de plus sur une bande d'adsorption spécifique du produit souvent d'intensité plus faible. En son état actuel et tel qu'il a pu être testé sur le terrain, le logiciel de traitement ne nous permet pas de valider l'ensemble des résultats tant que des études de laboratoire complémentaires sur des mélanges n'auront pas été faites.

#### **4. CONCLUSION**

L'utilisation d'un spectromètre IRTF sur site de forage a mis en évidence ses limites et ses potentialités. La mise en oeuvre de l'appareil utilisé n'a pas été sans problèmes mais ceux-ci pourront être résolus. Le traitement des données recueillies a montré que des molécules organiques pouvaient être détectées. Ce traitement doit cependant faire l'objet d'un complément d'étude pour arriver à l'identification formelle de composés d'une même famille. On notera enfin que seuls des résultats semi-quantitatifs pourront être obtenus et qu'une telle méthode ne peut remplacer des analyses CPG pour des déterminations plus précises.

pce 5.5 ppmv 7.25m 0.75cm-1

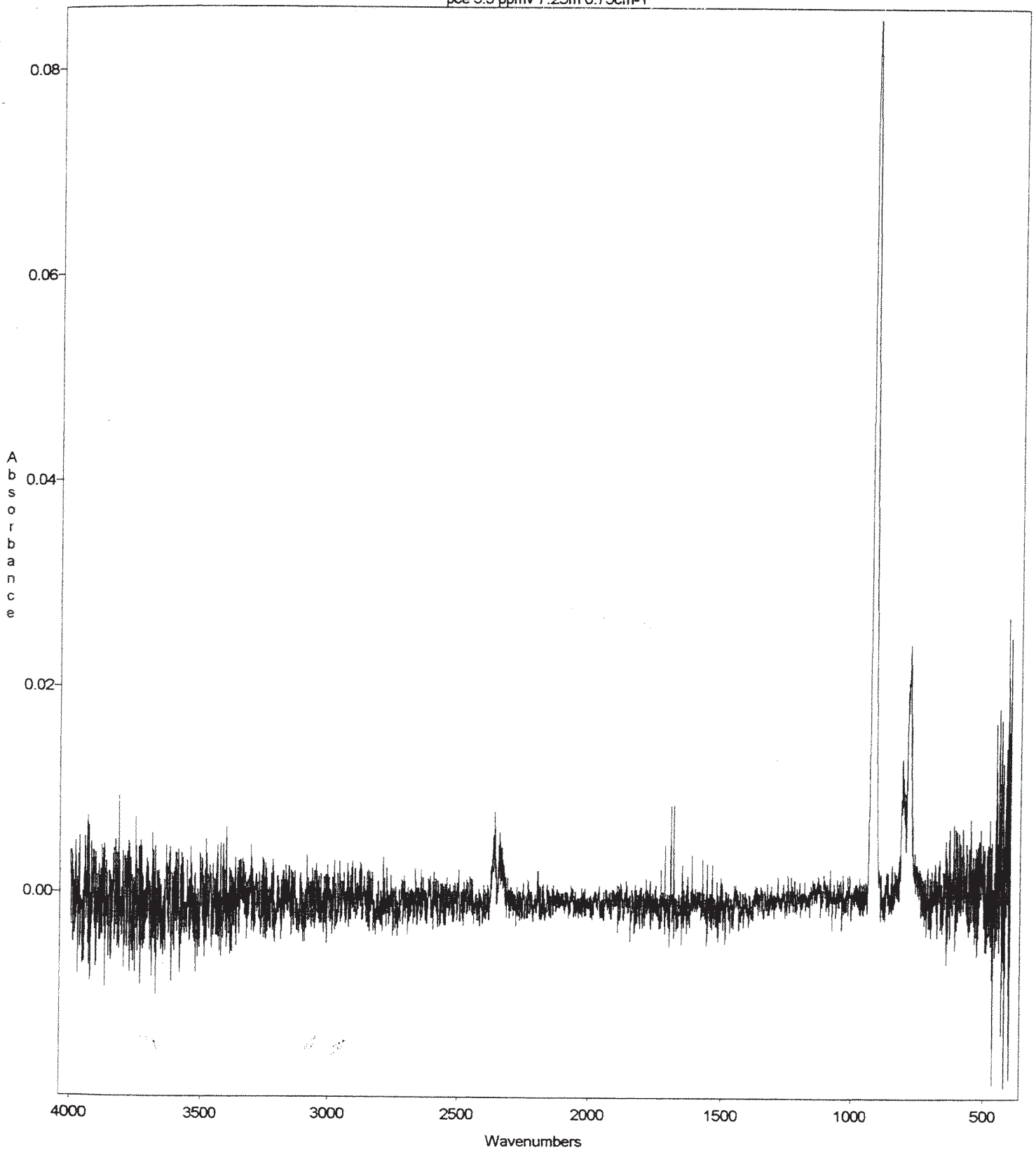


Fig. 1 - Spectre IRTF obtenu sur TeCE de référence.

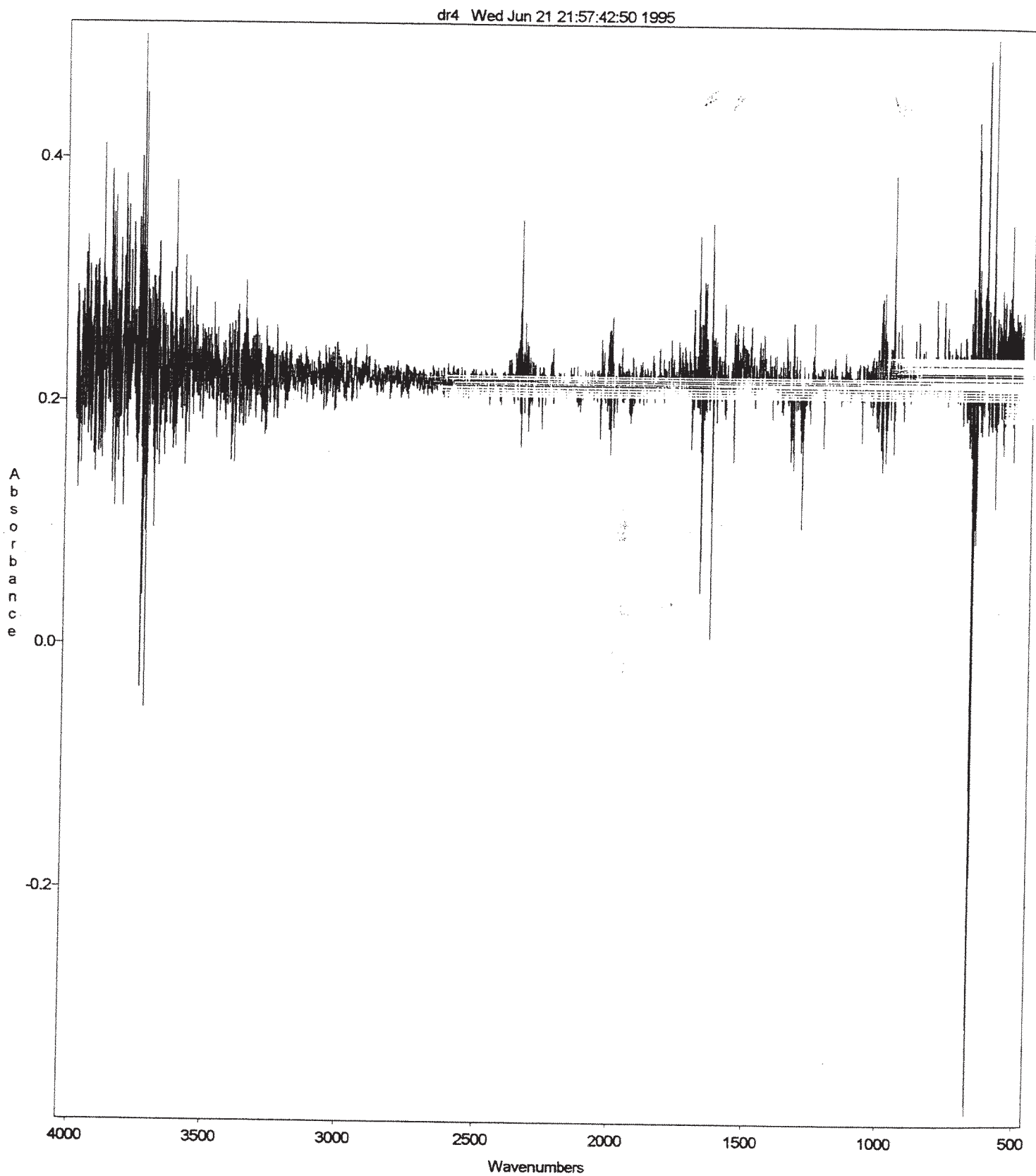


Fig. 2 - Spectre IRTF obtenu en cours de forage à la profondeur de 1,2 m.

Sondage carotté sur un terrain pollué par des composés organochlorés volatils

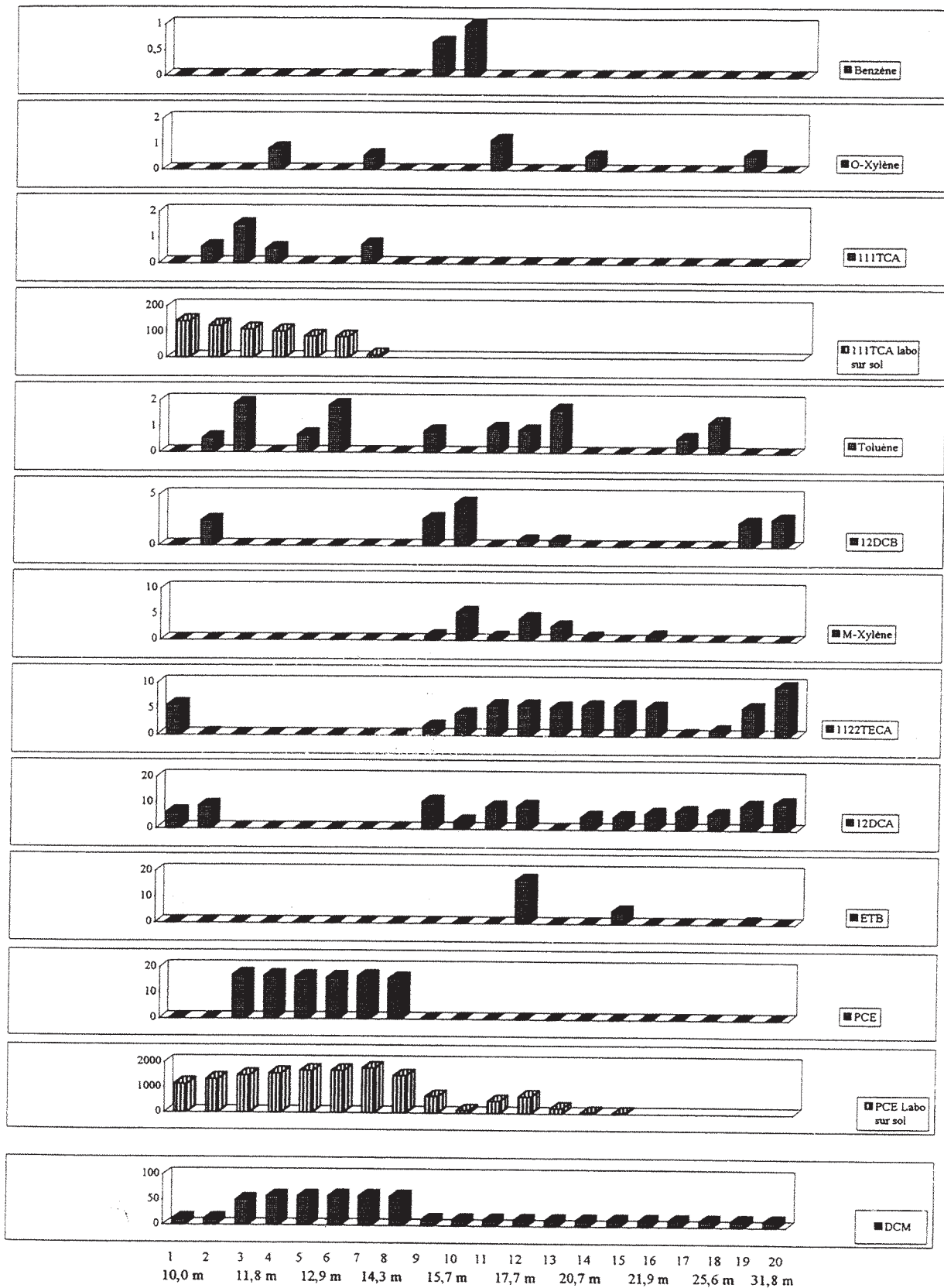


Fig. 3 - Répartition en fonction de la profondeur des composés organochlorés donnés par IRTF sur les gaz en cours de forage (valeurs en ppmv).

## **ANNEXE 4**

### **Bordereaux des résultats d'analyse sur solides (pieds de carotte et carottes) et sur l'eau de la nappe**

**Correspondance entre référence de l'échantillon et la profondeur (mètres) de prélèvement de l'échantillon pour les échantillons solides:**

1	1,4 m
3	2,8 m
4	5,0 m
7	6,4 m
8	8,3 m
9	9,2 m
14	12,7 m
16	14,5 m
18	16,2 m
20	18,3 m
22	20,0 m
24	21,7 m
25	23,7 m
27	24,6 m
29	27,0 m
30	32,0 m



ARDON 45160 OLIVET  
TÉL. 38 69 26 31  
TÉLÉCOPIE 38 76 24 01

BRGM  
AVENUE DE CONCYR BP 6009  
45060 ORLEANS CEDEX

CDE 005/85341/MR DEGRANGES

ARRIVEE : 25 SEP 1995  
SORTIE : 09 OCT 1995

ANALYSES DE TERRE

NUMEROS LABO	REFERENCE ECHANTILLON	% CACOS total	% W&B MATIERE ORGANIQUE	GRANULOMETRIE %				
				argile < 2 mic.	limon 2-20 mic.	lim.gros 20-50	sable moy 50-200	sabl.gros 200-2000
861064	1	0,00	0,17	15,13	21,35	26,34	11,86	25,15
861065	3	0,00	0,31	74,64	3,86	9,51	3,95	7,73
861066	4	0,00	0,48	71,73	5,34	11,27	4,37	6,81
861067	7	0,00	0,46	86,01	2,42	9,38	0,73	1,00
861068	8	1,05	0,59	81,61	0,99	12,67	0,72	2,37
861069	9	99,5	0,09					
861070	14	63,0	0,19	19,62	2,92	1,01	4,83	8,43
861071	16	46,9	0,09	7,76	19,33	5,68	10,60	9,67
861072	18	82,2	0,11					
861073	20	77,3	0,09					
861074	22	90,4	0,06					
861075	24	84,7	0,07					
861076	25	98,7	0,07					
861077	27	84,7	0,08					
861078	29	99,0	0,10					
861079	30	92,1	0,09					



**SOLIDES**

Chef du département : M. BORSIER

Adjoint et  
Coordinateur des études : M. MORIO

Suivi de qualité : F. AUGUSTIN

Responsables Unités:

-Mine et matériaux : A.BATEL

-Environnement : R.JEANNOT

**RESULTATS D' ETUDES**

Demandeur	: DEGRANGES
Provenance	: SO3
Rat adm	: DR
N.Demande	: DE953370
N.travail	: T1255
N.ANA	: B10160
Laboratoire	: ANAL.MICROPOLLU
	: Mr RIOLLAND

Téléphone: (33)38 64 30 17

Télécopie: (33)38 64 39 25

Le : 12/10/95  
Résultats certifiés par le(s)  
Responsable(s) de laboratoire

visa Mr M.MORIO

**Michel MORIO**  
Responsable Groupe Analyse  
Département Procédés et Analyse

-> -> ATTENTION AUX REMARQUES PORTEES A LA PAGE SUIVANTE

Toute reproduction partielle de ce rapport est interdite sans l'autorisation de BRGM ANALYSE

Nb Pages: 3

**BRGM**

Avenue de Concyr, Orléans-La Source (Loiret) - B.P. 6009 - 45060 Orléans cedex 2, France  
Tél.: (33) 38.64.30.17 - Téléc : BRGM 780258 F - Télécopieur : (33) 38.64.39.25

Tout échantillon liquide ou concernant des études d'environnement est détruit un mois après la délivrance des résultats sauf demande contraire du client.

**ANALYSES REALISEES PAR ESPACE DE TETE DYNAMIQUE ET CPG/SM SELON EPA 8240.**

**METHODES ANALYTIQUES:**

GC/ECD: dosage de PCB, pesticides organochlorés, phtalates.

GC/ECD/HEAD SPACE: dosage des composés organohalogénés volatils (TCE, CCL4).

GC/ECD/PURGE AND TRAP: dosage des composés organohalogénés volatils.

GC/MS/PURGE AND TRAP: dosage des composés aromatiques volatils.

GC/MS: empreinte chromatographique, identification et quantification des polluants divers.

GC/FID: Alcools, Cétones, Phénols.

HPLC/UV: Triazines, Urées.

HPLC/Fluorimétrie: Hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Références des méthodes: AFNOR, EPA, Standards APHA, publications.

**RESULTATS:**

Les limites de détection sont fonction de la méthode, de la nature de la matrice et de l'échantillon( eau ou sol).

Précision des mesures: 10 à 15 % relatifs.

Une valeur négative signifie inférieure à la limite inférieure de dosabilité (BINF).

Une valeur égale à la limite supérieure de dosabilité (BSUP) doit être considérée comme égale ou supérieure à cette limite.

---





Chef du département : M. BORSIER

Adjoint et  
Coordinateur des études : M. MORIO

Suivi de qualité : F. AUGUSTIN

Responsables Unités:

-Mine et matériaux : A.BATEL  
-Environnement : R.JEANNOT

**SOLIDES**

**RESULTATS D' ETUDES**

Demandeur	: DEGRANGES
Provenance	: SO3
Rat adm	: SGN/UPE
N.Demande	: DE000237
N.travail	: T3165
N.ANA	: B1122C
Laboratoire	: ANAL.MICROPOLLU
	: Mr RIOLLAND

Téléphone: (33)38 64 30 17

Télécopie: (33)38 64 39 25

Le : 06/09/95

Résultats certifiés par le(s)

Responsable(s) de laboratoire

visa Mr M.MORIO *Michel MORIO*  
 Responsable Groupe Analyse  
 Département Procédés et Analyse

-> -> ATTENTION AUX REMARQUES PORTEES A LA PAGE SUIVANTE



Chef du département : M. BORSIER

Adjoint et  
Coordinateur des études : M. MORIO

Suivi de qualité : F. AUGUSTIN

Responsables Unités:

-Mine et matériaux : A.BATEL

-Environnement : R.JEANNOT

**EAU DE NAPPE**

**RAPPORT D' ANALYSES**

Demandeur	: DEGRANGES
Provenance	: S03
Rat adm	: DR
N.Demande	: DE953217
N.travail	: T1255
N.ANA	: B1016L
Laboratoire	: ANAL.MICROPOLLU
	: Mr RIOLLAND

Téléphone: (33)38 64 30 17

Télécopie: (33)38 64 39 25

Le : 06/10/95  
Résultats certifiés par le(s)  
Responsable(s) de laboratoire

visa Mr M. MORIO  
Michel MORIO  
Responsable Groupe Analyse  
Département Procédés et Analyse

**-> -> ATTENTION AUX REMARQUES PORTEES A LA PAGE SUIVANTE**

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais;  
L'accréditation par la section Essais du COFRAC atteste uniquement de la compétence technique du laboratoire pour les analyses couvertes par l'accréditation  
Toute reproduction partielle de ce rapport est interdite sans l'autorisation de BRGM ANALYSE

Nb Pages: 3

**BRGM**

Avenue de Concyr, Orléans-La Source (Loiret) - B.P. 6009 - 45060 Orléans cedex 2, France  
Tél.: (33) 38.64.30.17 - Téléc : BRGM 780258 F - Télécopieur : (33) 38.64.39.25

**BRGM ANALYSE**  
ETUDE B1122C -DE000237-

Page N. 2

Tout échantillon liquide ou concernant des études d'environnement est détruit un mois après la délivrance des résultats sauf demande contraire du client.

**ANALYSES REALISEES PAR ESPACE DE TETE DYNAMIQUE ET CPG/SM SELON EPA 8240.  
RESULTATS SUR SOLS BRUTS.**

**METHODES ANALYTIQUES:**

GC/ECD: dosage de PCB, pesticides organochlorés, phtalates.

GC/ECD/HEAD SPACE: dosage des composés organohalogénés volatils (TCE, CCL4).

GC/ECD/PURGE AND TRAP: dosage des composés organohalogénés volatils.

GC/MS/PURGE AND TRAP: dosage des composés aromatiques volatils.

GC/MS: empreinte chromatographique, identification et quantification des polluants divers.

GC/FID: Alcools, Cétones, Phénols.

HPLC/UV: Triazines, Urées.

HPLC/Fluorimétrie: Hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Références des méthodes: AFNOR, EPA, Standards APHA, publications.

**RESULTATS:**

Les limites de détection sont fonction de la méthode, de la nature de la matrice et de l'échantillon( eau ou sol).

Précision des mesures: 10 à 15 % relatifs.

Une valeur négative signifie inférieure à la limite inférieure de dosabilité (BINF).

Une valeur égale à la limite supérieure de dosabilité (BSUP) doit être considérée comme égale ou supérieure à cette limite.

---



**BRGM ANALYSE**  
ETUDE B1016L -DE953217-

Page N. 2

Tout échantillon liquide ou concernant des études d'environnement est détruit un mois après la délivrance des résultats sauf demande contraire du client.

**ANALYSES REALISEES PAR ESPACE DE TETE DYNAMIQUE ET CPG/SM SELON EPA 8240.  
EAU NATURELLE.**

**METHODES ANALYTIQUES:**

GC/ECD: dosage de PCB, pesticides organochlorés, phtalates.

GC/ECD/HEAD SPACE: dosage des composés organohalogénés volatils (TCE, CCL4).

GC/ECD/PURGE AND TRAP: dosage des composés organohalogénés volatils.

GC/MS/PURGE AND TRAP: dosage des composés aromatiques volatils.

GC/MS: empreinte chromatographique, identification et quantification des polluants divers.

GC/FID: Alcools, Cétones, Phénols.

HPLC/UV: Triazines, Urées.

HPLC/Fluorimétrie: Hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Références des méthodes: AFNOR, EPA, Standards APHA, publications.

**RESULTATS:**

Les limites de détection sont fonction de la méthode, de la nature de la matrice et de l'échantillon( eau ou sol).

Précision des mesures: 10 à 15 % relatifs.

Une valeur négative signifie inférieure à la limite inférieure de dosabilité (BINF).

Une valeur égale à la limite supérieure de dosabilité (BSUP) doit être considérée comme égale ou supérieure à cette limite.

---



**BRGM - ANALYSE**  
 ETUDE B1016L - DE953217 - Le 6-OCT-95  
 COMPOSES ORGANOHALOGENES VOLATILS

	UNIT	BINF	BSUP	DREUX
Tétrachlorure de carbone	ug/l	5.	100000.	-5.
Trichloroéthylène	ug/l	5.	100000.	150.
Bromoforme				
Bromobenzène				
1 Chloro 2 bromopropane				
Fluorobenzène				
4,Bromo-1, Fluorobenzène				
Dichloroéthylène				
Dichloropropène				
Dichlorométhane	ug/l	5.	100000.	-5.
Chloroforme	ug/l	5.	100000.	-5.
1,1,1,Trichloroéthane	ug/l	5.	100000.	44.
Dibromomonochlorométhane	ug/l	5.	100000.	-5.
Dichloromonobromométhane	ug/l	5.	100000.	-5.
Tétrachloroéthylène	ug/l	5.	100000.	4800.
1,2,Dichloroéthane	ug/l	5.	100000.	-5.
1,1,Dichloroéthane	ug/l	5.	100000.	40.
1,2,t-Dichloroéthylène	ug/l	5.	100000.	6.
1,2,c-Dichloroéthylène	ug/l	5.	100000.	150.
1,2,Dichlorobenzène				
1,3,Dichlorobenzène				
1,4,Dichlorobenzène				
1,2,Dichloropropane				
Chlorobenzène				
1,1,2,2,Tétrachloroéthane				
1,1,2,Trichloroéthane				
1,2,3,Trichlorobenzène				
1,2,4,Trichlorobenzène				
1,2,3,Trichloropropane				
*Bromure allyle				
*Chlorure allyle				

\* : éléments ne faisant pas partie de l'accréditation



**EAU DE NAPPE**

Chef du département : M. BORSIER

Adjoint et  
Coordinateur des études : M. MORIO

Suivi de qualité : F. AUGUSTIN

Responsables Unités:

-Mine et Matériaux : A. BATEL

-Environnement : R.JEANNOT

**RAPPORT D' ANALYSES**

Demandeur	: DEGRANGES
Provenance	: SO3
Rat adm	: DR
N.Demande	: DE012180
N.travail	: T1255
N.ANA	: B1016K
Laboratoire	: ANAL.EAU
	: Mme MELON

Téléphone: (33)38 64 30 17


Télécopie: (33)38 64 39 25

Le : 19/10/95

*Résultats certifiés par le(s)*

*Responsable(s) de laboratoire*

visa Mr M.MORIO



Michel MORIO  
Responsable du Groupe Analyse  
Méthodes Procédés et Analyse

**-> -> ATTENTION AUX REMARQUES PORTEES A LA PAGE SUIVANTE**

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.  
L'accréditation par la section Essais du COFRAC atteste uniquement de la compétence technique du laboratoire pour les analyses couvertes par l'accréditation.  
Toute reproduction partielle de ce rapport est interdite sans l'autorisation de BRGM ANALYSE.

Nb Pages:...

**BRGM**

Avenue de Concyr, Orléans-La Source (Loiret) - B.P. 6009 - 45060 Orléans cedex 2, France  
Tél.: (33) 38.64.30.17 - Téléc : BRGM 780258 F - Télécopieur : (33) 38.64.39.25

Tout échantillon liquide ou concernant des études d'environnement est détruit un mois après la délivrance des résultats sauf demande contraire du client.

LE(S) ELEMENT(S) SUIVANT(S) ONT ETE ANALYSE(S) DANS LE LABO : ANAL.EAUX

Ca:	Calcium	M0108	Mg:	Magnésium	M0108
Na:	Sodium	M0108	K:	Potassium	M0108
HCO <sub>3</sub> :	Bicarbonate	NFT90.036	CO <sub>3</sub> :	Carbonate	NFT90.036
Cl:	Chlorure	NFT90.042	SO <sub>4</sub> :	Sulfate	NFT90.042
NO <sub>3</sub> :	Nitrate	NFT90.042			

## EAU NATURELLE

### METHODES ANALYTIQUES:

Les méthodes utilisées pour chaque paramètre sont indiquées ci-dessus.

Précisions complémentaires sur les méthodes analytiques:

-Dosage des cations majeurs et traces:ICP/MS (MO 108).

-Dosage des anions: Chromatographie ionique (NFT90.042-MO 028).

-Dosage du mercure: Absorption atomique en vapeurs froides (NFT90.113-MO 110).

-Dosage des différentes formes de carbone:(NFT90.102-MO 107).

### RESULTATS:

Les limites de détection sont fonction de la méthode et du coefficient de dilution utilisés.

Les éléments majeurs sont donnés avec une précision de 5% relative, les éléments traces avec 10%, pour des valeurs en milieu de gamme.

Une valeur négative doit être considérée comme inférieure à la limite inférieure de dosabilité (BINF).

Une valeur égale à la limite supérieure de dosabilité (BSUP) doit être considérée comme supérieure ou égale à cette limite.

---

\* : éléments ne faisant pas partie de l'accréditation

---

**BRGM - ANALYSE**

ETUDE B1016K -DE012180- Le 19-OCT-95

```

=====
Ech. / N.   Ele.   Ca   Mg   Na   K   HCC3   CO3   Cl   SO4   NO3
            UNIT  mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l
            BINF  0.1  0.1  0.1  0.3  6.    6.    0.1  0.1  0.1  0.1
            BSUP 10000.0 10000.0 10000.0 10000.0 10000. 10000. 10000.0 10000.0 10000.0 10000.0
=====
DREUX      0001 142.3  4.1  25.3  1.1  434.  -6.  33.4  9.8  59.3
=====
    
```