



**AGENCE NATIONALE POUR LA RÉCUPÉRATION
ET L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS**

document public

**centre d'enfouissement technique
de Montchanin (71)**

**étude de sûreté du confinement
géologique du site**

rapport de synthèse

**juin 1990
R 31 031**

BRGM
SERVICES SOL ET SOUS-SOL
Département Environnement et Risques
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél. : (33) 38.64.34.34
AGENCE RÉGIONALE BOURGOGNE
32 Boulevard Maréchal Joffre - 21000 DIJON

Nous remercions la Préfecture, les services d'Etat (DRIR, DDASS, ANRED) et tous les acteurs qui nous ont permis de réaliser cette étude dans les meilleures conditions possibles de compréhension et d'efficacité, et en particulier :

La Municipalité de Montchanin,

L'Association de défense de l'environnement (ADEM) et les habitants de Montchanin,

La Société Elipol exploitant le centre d'enfouissement technique,

Les Houillères du Bassin de Blanzky (HBB),

Monsieur M. AMIOT, professeur à l'Institut des Sciences de la Terre de l'Université de Bourgogne,

Les laboratoires régionaux de Bron et Autun du CETE,

qui, par leur aimable collaboration, ont contribué à l'approfondissement des connaissances sur la géologie et l'hydrogéologie du site particulièrement complexe des décharges de Montchanin.

SOMMAIRE

Page

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1

1 - LA GEOLOGIE DU SITE

5

- 1.1. - Situation particulière du centre dans le bassin
permo-carbonifère de BLANZY-le-CREUSOT 5
- 1.2. - Compartiment de la décharge de déchets industriels 5
- 1.3. - Compartiment de la décharge d'ordures ménagères 7
- 1.4. - Epaisseur des formations 7
- 1.5. - Fracturation tectonique 13
- 1.6. - Altérations et formations superficielles 14

2 - LES ANCIENNES MINES DE CHARBON

19

- 2.1. - Géométrie du gisement de charbon 19
- 2.2. - Développement du réseau minier 19
- 2.3. - Impact des effondrements miniers 20

3 - LES EAUX SOUTERRAINES

23

- 3.1. - Cadre hydrogéologique 23
- 3.2. - Estimation du flux de pollution relarguée par la décharge 25
- 3.3. - Caractéristiques hydrauliques des terrains encaissants 26
- 3.4. - Impact sur les nappes souterraines 33

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

37

- Evaluation globale du confinement géologique 37
- Quelques suggestions pour l'amélioration du confinement
des déchets. 38

INTRODUCTION

1 - OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le Centre d'enfouissement technique de Montchanin (71) a fait l'objet d'une décision de fermeture en raison des risques que ce site pourrait présenter pour la santé de la population avoisinante. En vue d'évaluer les dangers de pollution par le sous-sol, le Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques technologiques et naturels majeurs a confié au BRGM une expertise sur les conditions géologiques et hydrogéologiques du site et une évaluation du confinement des déchets. Le financement de l'opération a été assuré par l'ANRED (*).

L'étude réalisée avait pour objectif de savoir s'il existe d'éventuelles communications hydrauliques entre les décharges de déchets industriels et d'ordures ménagères et :

- les eaux de surface (Etangs des Ecrasés et de Beaubernard),
- des galeries de mines sous-jacentes,
- les différents systèmes aquifères.

Afin d'atteindre ces objectifs, l'étude a comporté les phases suivantes :

- 1 - Analyse des dossiers techniques existants et enquête sur place.
- 2 - Lever géologique de terrain, étude photogéologique et structurale.
- 3 - Travaux de reconnaissances (sondages), diagraphies et essais hydrauliques en sondages.
- 4 - Prélèvements d'échantillons d'eau sur les points d'eau environnants et sur les sondages nouvellement réalisés pour analyse chimique.
- 5 - Evaluation globale de la sûreté du confinement géologique et recommandations générales pour la réhabilitation du site.

L'étude s'est déroulée au cours du 1er semestre 1990 (de Mars à Juin). Quant aux travaux sur le terrain, ils ont débuté en Avril 1990 et se sont terminés à la mi-mai.

(*) Agence Nationale pour la Récupération et l'Elimination des Déchets.

2 - SITUATION GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE

Montchanin (Saône-et-Loire) est situé à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de Châlon-sur-Saône et à six kilomètres au Sud-Est du Creusot (figure 1). Le centre d'enfouissement technique est plus particulièrement situé dans les faubourgs nord de la ville (figure 1).

Le centre est bordé :

- au NW et au SW, par la Cité du Château d'eau et le quartier de la butte de La Glacière ;
- au SE, par le lac des Ecrasés et par l'ancien chemin de fer du Creusot à Montchanin.

Cette voie sépare le lac en étang des Ecrasés au SW et étang de la Terre des Ecrasés au NE.

Au Nord, la route express sépare le centre d'enfouissement des étangs Beaubernard et de la Cité PLM de Montchanin-Gare.

Le site du centre d'enfouissement et de l'agglomération de Montchanin présente trois particularités qu'il convient de souligner, car elles ont une incidence dans le problème posé.

Tout d'abord, Montchanin s'élève sur le versant nord-ouest de la vallée de la Dheune et du faux bras de la Bourbince, juste à l'amont des sources qui donnent naissance à ces deux rivières. La première s'écoule vers le NE et la Saône, la seconde, vers le SW, la Bourbince et la Loire. La vallée est aussi occupée par plusieurs grands étangs de retenue et par le canal du Centre.

D'autre part, Montchanin s'est édifié sur ses mines, aujourd'hui abandonnées et noyées. Cette petite ville a hérité d'une activité charbonnière intense au siècle dernier. Elle est comprise dans le grand bassin houiller de Blanzay - Montceaux-les-Mines - Le Creusot.

En outre, Montchanin est resté jusqu'à un proche passé un centre de production de céramiques et ses faubourgs sont criblés d'anciennes carrières dont on extrayait l'argile. Le centre d'enfouissement pour les déchets industriels se situe dans l'une de ces carrières.

Ce centre de stockage de déchets comprend en fait deux décharges : l'une de résidus urbains au SE, et l'autre de déchets industriels au NW. Une bande de terrain, de 50 m environ, sépare les deux décharges.

Le centre a été créé en 1977 (arrêté préfectoral n° 77-1700) pour les ordures ménagères et déchets assimilés.

En 1978 l'activité s'est étendue aux déchets industriels sur la parcelle 59 correspondant à la grande carrière nord abandonnée.

Le panorama (figure 2) permet de situer les différentes parties du site.

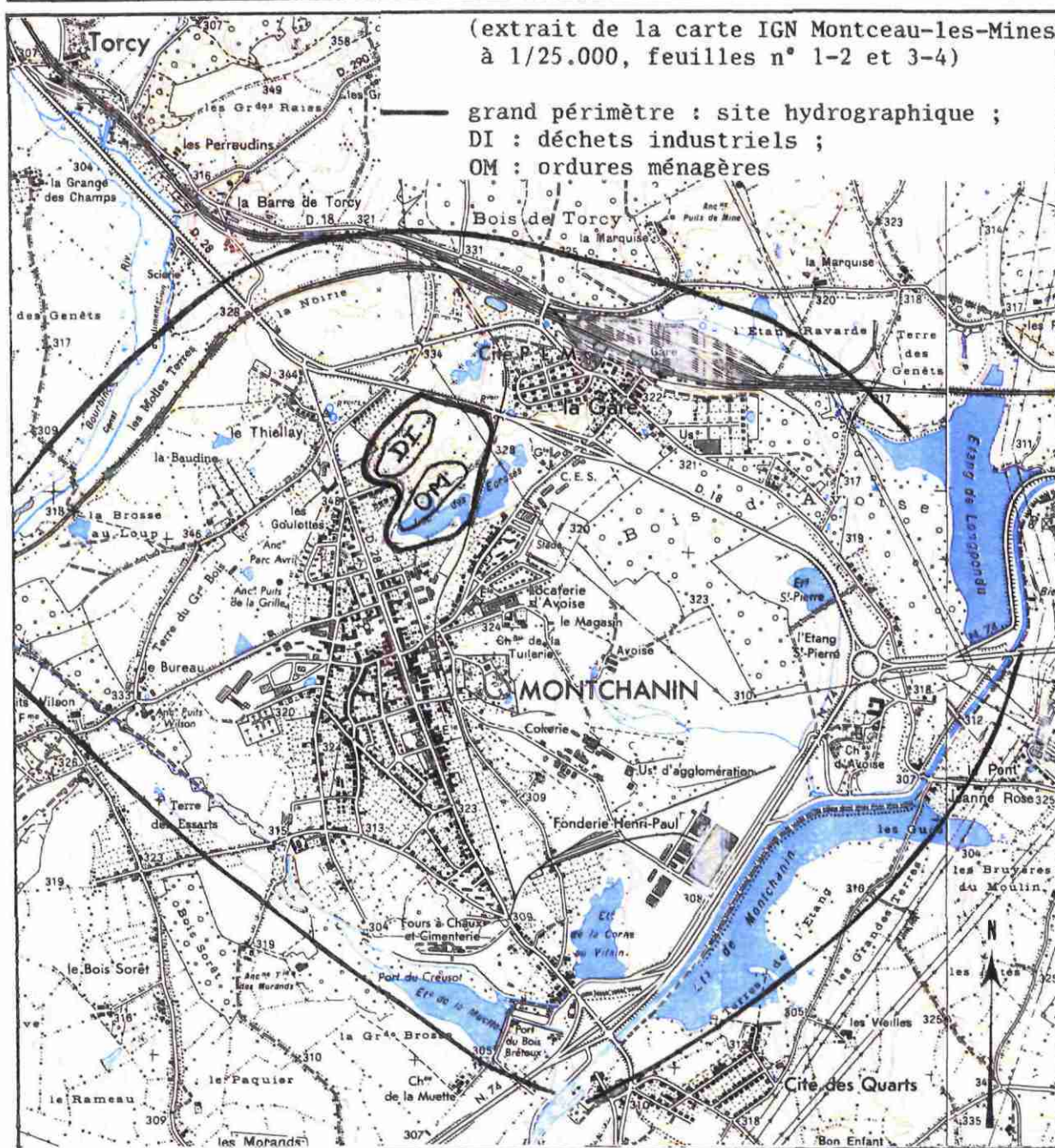
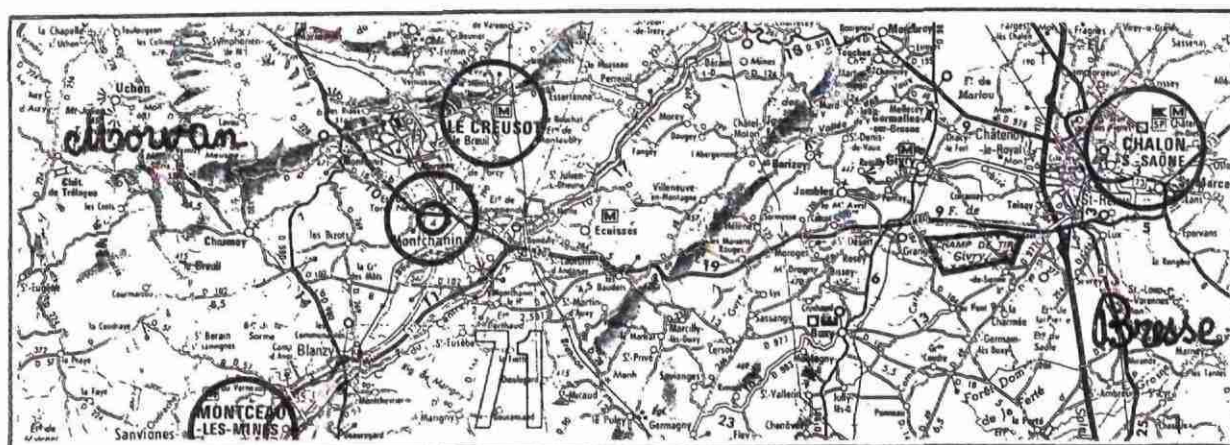


Fig. 1 - Situation géographique du centre d'enfouissement technique de déchets de Montchanin

Mais au cours des années 80, la perception des nuisances provoquées par la décharge est telle qu'une association de défense de l'environnement, l'ADEM, se constitue.

Dans le même temps, des études (géologie, hydrochimie, odeurs et gaz) étaient réalisées à la demande de l'autorité administrative et de l'exploitant par des bureaux d'études et services administratifs (CETE, CPGF, ECOPOL, DDASS). En 1989, des projets de réhabilitation du site sont examinés (CETE, ANRED).

Mais les résultats n'ont pas dissipé toutes les craintes ni satisfait toutes les interrogations concernant la pollution du sous-sol et des eaux souterraines.

1 - LA GEOLOGIE DU SITE

La géologie du site a été précisée grâce à un lever géologique sur le terrain, à une analyse structurale, ainsi que par l'analyse et l'interprétation des données fournies par les 15 sondages nouvellement réalisés (dont 2 sondages entièrement carottés).

1.1 - SITUATION PARTICULIERE DU CENTRE DANS LE BASSIN PERMO-CARBONIFERE DE BLANZY-LE-CREUSOT

Montchanin et l'ensemble de la zone d'impact potentiel des décharges s'inscrivent dans le bassin permio-carbonifère de Blanzky-le-Creusot, sur sa bordure sud-est (fig. 2) :

La carte géologique du site montre que les deux décharges (déchets industriels et déchets ménagers) sont installées sur des formations géologiques différentes :

- les séries grésio-argileuses permienues pour les déchets industriels,
- les séries grésio-argileuses à charbon stéphanienues pour les dépôts ménagers.

Ces formations sont mises en contact par l'intermédiaire d'une faille principale dite "faille permienne". Cette faille est l'un des traits structuraux majeurs affectant le territoire français. De direction NE-SW, cet accident apparu au carbonifère va rejouer constamment durant les temps géologiques jusqu'au plio-quatenaire. C'est une zone instable à l'échelle des temps géologiques.

Pour cette raison, ces formations sont elle-mêmes le siège d'un système de fractures assez complexes. La coupe transversale AB, orientée NW-SE (fig. 5), fait la synthèse de tout ce qui est présenté ci-après.

1.2 - COMPARTIMENT DE LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS

Dans le compartiment nord-ouest de la décharge de déchets industriels, deux formations affleurent :

- la formation de Montfaucon, essentiellement gréseuse, bariolée ;
- la formation de Torcy, essentiellement argileuse, rouge.

Toutes deux sont faites d'une interstratification de bancs durs de grès plus ou moins argileux et de bancs de "schistes" ou

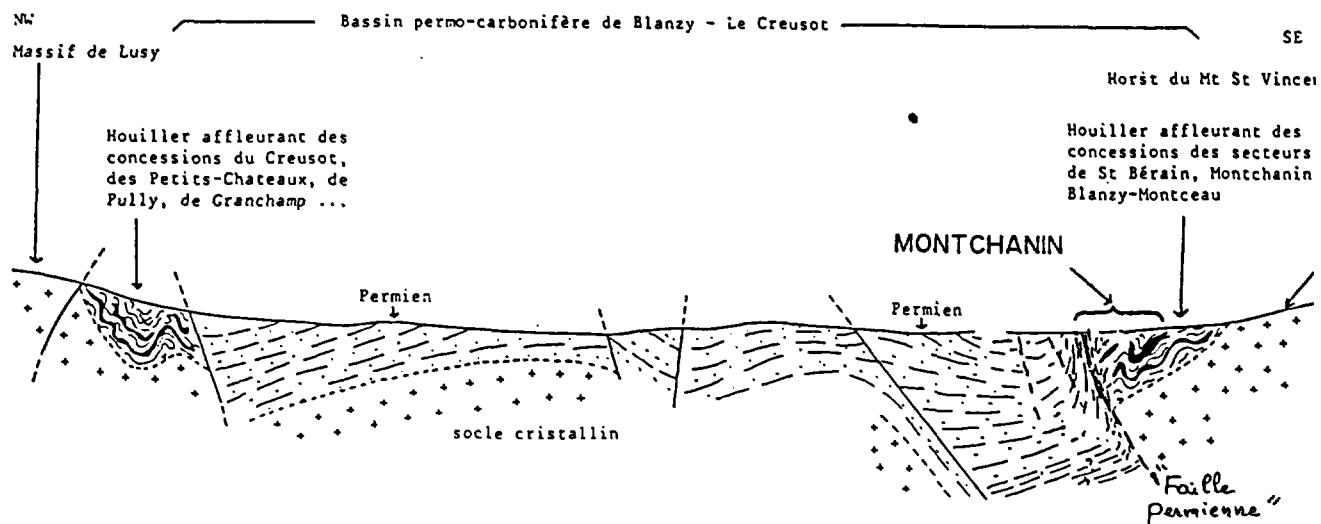
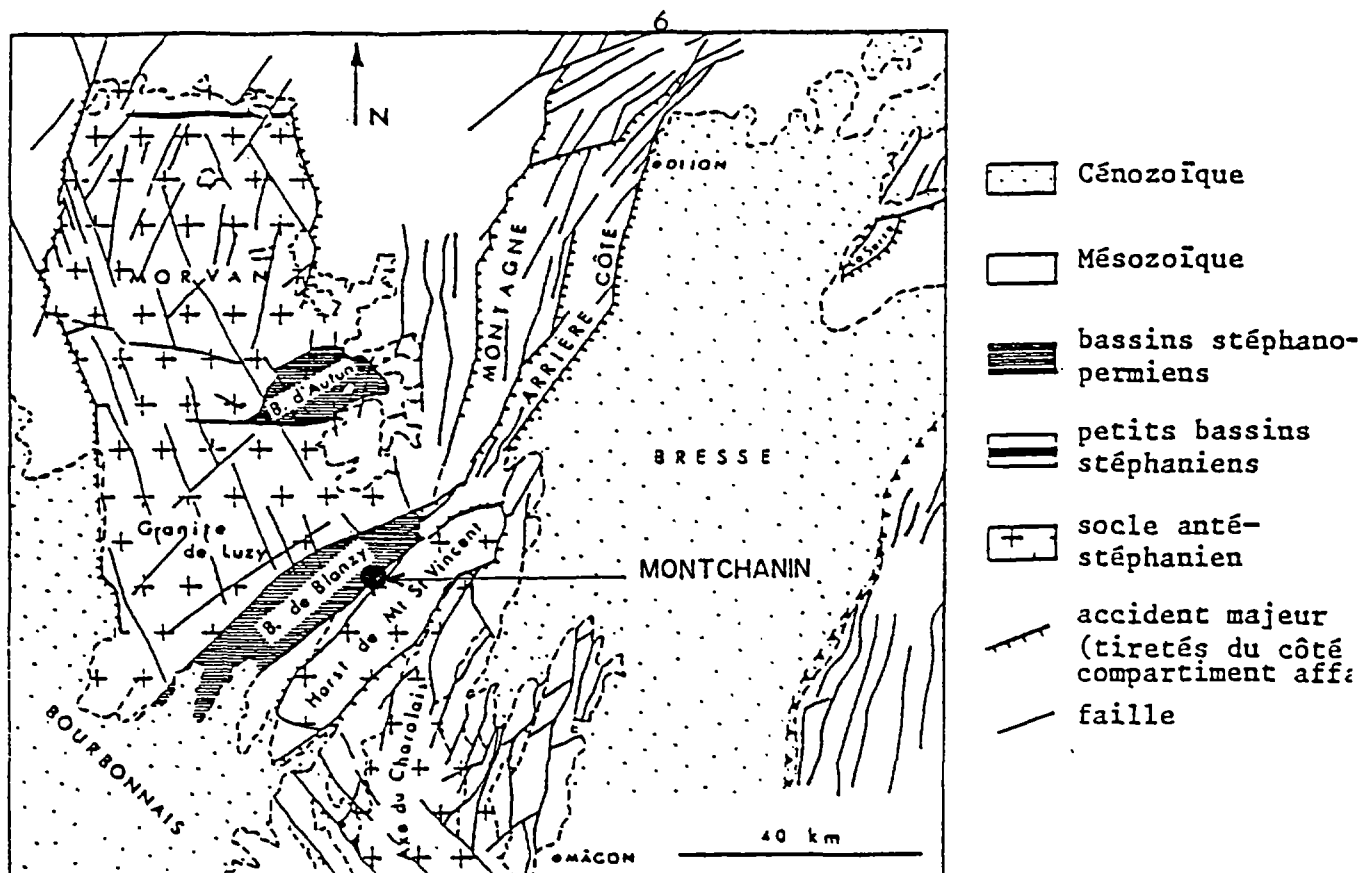


Schéma inspiré de la coupe figurant sur la carte géologique à 1/80 000, feuille de Montceau-les-Mines



Fig. 2 - Situation géologique de Montchanin

figure supérieure : extraite de la figure 2 de la thèse de B. VALLE (1984)

figure inférieure : extraite de la figure 8 du rapport 81 SGN 422 BOU du BRGM (1981)

argilites, dures et plus ou moins gréseuses ou silteuses. Mais dans la formation de Torcy, les strates argileuses s'épaississent considérablement, la granulométrie s'affine et les grès sont plus ou moins réduits à l'état de lentilles. Le passage d'une formation à l'autre n'est pas précisément observable ni décrit.

La formation de Montfaucon affleure en couches subverticales entre les deux décharges.

La formation de Torcy constitue quant à elle l'essentiel du terrain encaissant de la décharge de déchets industriels : l'argile rouge était le matériau extrait de la carrière. Le pendage des couches est plus difficile à suivre. Il serait subvertical au N et plus ou moins fortement incliné vers le NW à l'W et au S de la décharge.

Selon la carte géologique au 1/50 000, la formation de Torcy affleure jusqu'à la vallée de la Bourbince, mais le terrain est loin d'être exclusivement argileux : des barres de grès orientées SW-NE et plus ou moins fortement inclinées vers le NW affleurent sur la crête du Château d'eau et au-delà sur le versant. Ce sont ces grès, repérés sur la coupe comme une formation du Saxonien, sans appellation différenciée, qui forment les terrains encaissants de toute la bordure NW de la décharge (cf. carte géologique du site - figure 4, et coupe fig. 5).

1.3 - COMPARTIMENT DE LA DECHARGE D'ORDURES MENAGERES

La décharge d'ordures ménagères s'appuie en limite NW sur la faille permienne et s'étend sur le Houiller constitué par une alternance de bancs de grès, d'argilites, de sédiments à granulométrie intermédiaire et de charbon. L'ensemble est plissé : le pendage des couches est de une à plusieurs dizaines de degrés, tourné vers le NW et localement, dans des directions variables (N, NE au NE du site).

A l'aplomb de cette décharge le gisement de charbon exploité est entre 120 et 70 m de profondeur. Il remonte vers la surface au-delà du lac et le terrain schisto-gréseux se prolonge jusqu'au bas du versant de Montchanin où affleure le socle granitique.

1.4 - EPAISSEUR DES FORMATIONS

L'épaisseur des séries permienes et houillères se compte en centaines de mètres. D'après les indications minières, celle du Houiller sous le site est supérieure à 700 m. La formation de Montfaucon, est généralement connue sur plus de 150 m. Dans ce système (très) faillé aux couches redressées, l'épaisseur totale de la formation de Torcy ne peut pas être déterminée avec précision. Mais en fait, pour ces deux formations qui plongent à la verticale sous la majeure partie du site, l'épaisseur stratigraphique réelle n'a qu'une importance relative. C'est pour cette raison que les forages nouvellement réalisés sur le site n'ont pas dépassé la cote NGF 300 m (fond de la décharge de déchets industriels supposé à la cote 310 m). Au niveau du site, la largeur à l'affleurement de la formation de Torcy est de 130 m environ.

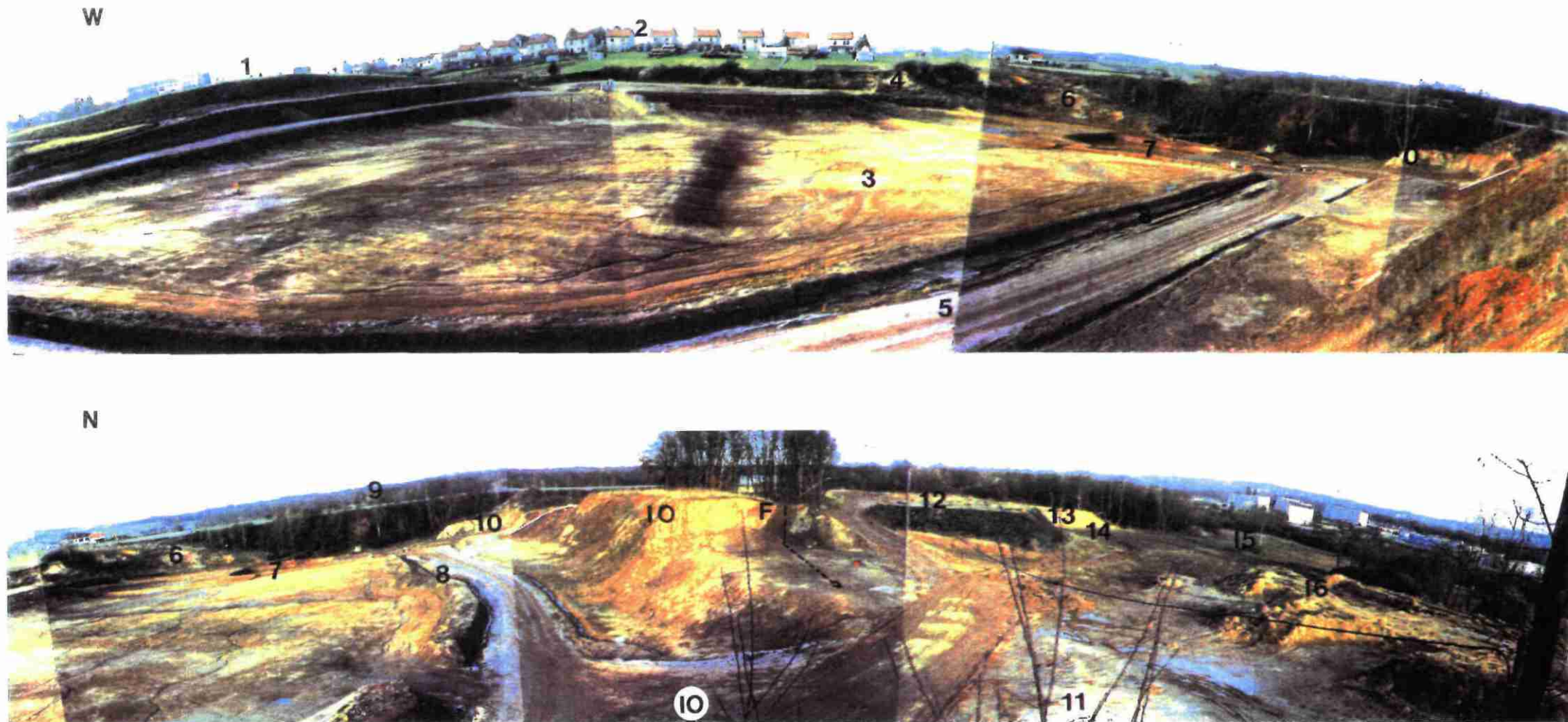


Fig. 3 - Panorama du site

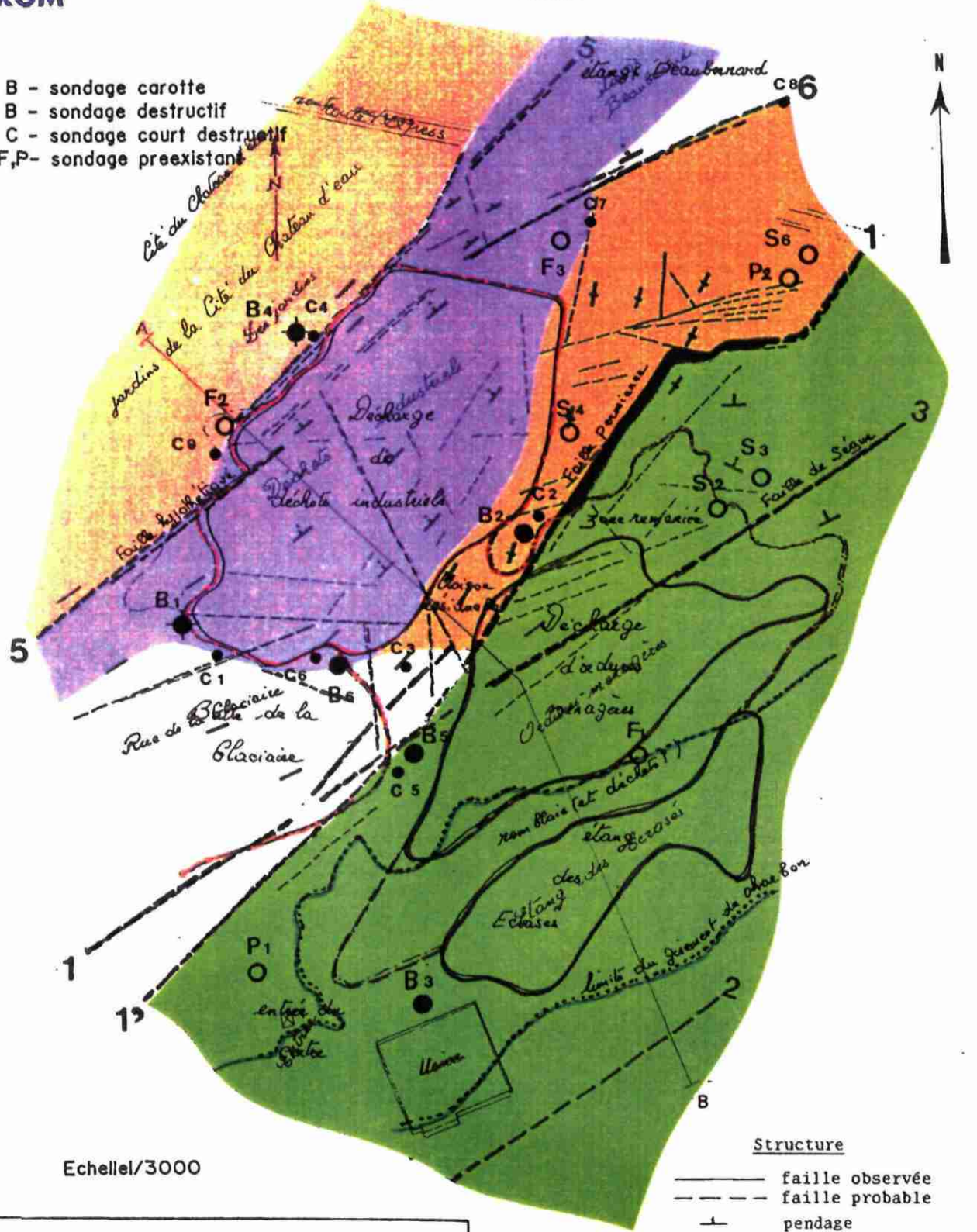
1 - dôme sommital de la décharge de D.I. (347 m). 2 : Cité du Château d'eau. 3 : décharge de D.I. 4 : talus sablo-argileux. 5 : rampe d'accès aux bassins. 6 : bancs subverticaux argilo-gréseux de la formation de Torcy. 7 : bassin de récupération des lixiviats (325m). 8 : fossé : affleurement de grès subverticaux de la formation de Montfaucon. 9 : route express. 10 : bancs de grès et d'argile subverticaux (f. de Montfaucon). F : "Faille permienne", avec "lame" d'argile broyée gris foncé à droite. 11 : "cloison résiduelle". 12 : tas de mâchefer. 13 : talus nord-est avec affleurement de Houiller à charbon. 14 : emplacement de la fosse ANRED nord. 15 : emplacement de la fosse ANRED est. 16 : décharge d'ordures ménagères. 17 : étang des Ecrasés (324 m).



Fig. -4 - Carte géologique du site des décharges de Montchanin

Fig. 4 bis - Plan de situation des sondages de reconnaissance du centre d'enfouissement de Montchanin

- B - sondage carotte
- B - sondage destructif
- C - sondage court destructif
- S, F, P - sondage preexistant



Echelle/3000

Lithologie

- Formation non identifiée (dominante gréseuse)
- Formation de Torcy à dominante argileuse
- Formation de Montfaucon à dominante gréseuse
- Houiller : argiles, grès charbon, avec contours du gisement exploité

Permien
faciès
saxonien

Stéphanien

Structure

- faille observée
- - - faille probable
- ⊥ pendage

- 1, 1' "faille permienne"
- 2 "faille médiane"
- 3 "faille de Ségur"
- 5 accident Les Goulottes-Beaubern
- 6 faille nord Cité PLM

Décharges

- déchets industriels
- ordures ménagères
- - - inertes ou mélange inertes/ordures ménagères
- non identifié, contour de la zone remaniée

A B trace de la coupe géologique de la figure

1.5 - FRACTURATION TECTONIQUE

Des champs de failles et de diaclases multidirectionnels affectent l'ensemble des deux compartiments (permien et houiller) (fig. 3 et 4). Certains accidents sont orientés SW-NE parallèlement à la faille permienne ; d'autres la recoupent et la décalent. Les plans de fractures observables sont le plus souvent subverticaux mais aussi obliques, plus rarement de faible pendage (10 à 20°).

De plus, le compartiment houiller, celui de la décharge d'ordures ménagères, comporte une fracturation qui lui est propre (anté-permienne). Des accidents de ce type et la "faille permienne" proprement dite ont été observés sur le terrain de la décharge, sur les talus, dans les fossés et dans les fosses des fouilles réalisées par l'ANRED en 1990. D'autres mesures ont été faites autour des étangs Beaubernard et sur le versant nord-ouest du massif. Enfin les indices d'une telle fracturation ont été relevés sur les coupes des travaux miniers, sur les documents cartographiques édités ou inédits, sur les photographies aériennes, et également sur les carottes des sondages B1 et B4 (BRGM, Avril 90).

Trois zones au moins paraissent particulièrement faillées (figure 4) :

- la zone nord du site, située entre la décharge et les étangs Beaubernard ;
- la zone de la "faille permienne" et en particulier du panneau séparant les 2 décharges (déchets industriels et ordures ménagères) de la "cloison" résiduelle. Cette faille est complexe et décalée par des accidents transverses E-W à ENE-WSW susceptibles de se poursuivre de part et d'autre sous les deux décharges ;
- la zone nord-est de la décharge d'ordures ménagères, de la faille permienne à la faille de Ségur.

En outre, deux failles ont été mises en évidence :

- l'une sur la bordure nord-ouest de la décharge de déchets industriels (faille 5 sur la figure 3, ou relais de failles SW-NE ?) ;
- l'autre (6) le long du thalweg de la bordure nord de la Cité PLM, jusqu'au remblai de la route express, avec prolongement sur le site dans la zone des bassins (faille unique SSW-NNE ?).

La fracturation examinée sur le site est dans la zone superficielle du substratum soumise aux phénomènes de décompression et d'altération physicochimique. Nous y avons observé des fractures ouvertes subverticales et obliques, avec ou sans suintements, dans plusieurs directions. Mais en profondeur le phénomène doit s'atténuer progressivement et l'ouverture du réseau s'organise en fonction des contraintes tectoniques. Les études hydrogéologiques et tectoniques que nous avons faites en Bourgogne et notamment en Morvan conduiraient à conclure à l'ouverture possible des fractures subméridiennes à NNE-SSW, N 70-90 et N 110-145.

1.6 - ALTERATIONS ET FORMATIONS SUPERFICIELLES

A l'affleurement et dans les zones superficielles le substratum est affecté par une altération plus ou moins accentuée selon la profondeur, le faciès et la zone structurale considérée. De plus, il est irrégulièrement recouvert de formations résiduelles, colluviales, ou de remblais divers.

1.6.1. Nature et profondeur du substratum altéré

Dans la zone d'altération météorique, les grès quartzofeldspathiques et micacés se décomposent progressivement en sables argileux et les argilites perdent leur cohérence, se fissurent, s'ameublissent. Le terrain est alors constitué par une alternance de grès dur, de grès argileux, de grès sableux et d'argiles dures à débit polyédrique ou d'argile tendre, voire plastique.

La profondeur de la zone d'altération est irrégulière, comme le montrent les sondages. Elle varie de 5 à 15 mètres, voire plus, selon les secteurs.

Cette altération s'observe aussi sur les talus actuels de la décharge sur 5 à 10 m de hauteur.

1.6.2. Nature et épaisseur des formations superficielles

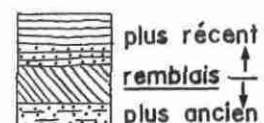
Des sables quartzofeldspathiques et argileux, recouvrant le substratum à Montchanin sur les reliefs, ont été observés sur plusieurs mètres ; dans les vallons s'accumulent sur quelques mètres des colluvions argilo-sableuses et des alluvions sablo-graveleuses et limoneuses. Mais du site de la décharge d'ordures ménagères à la ville, la gare et la zone sud-est du lac des Ecrasés, des dépôts de remblais divers ont remplacé ou masqué les formations naturelles. Ils ont souvent plusieurs mètres d'épaisseur et sont partiellement encaissés dans le terrain naturel (carrières et dépressions minières comblées dans la zone du lac des Ecrasés).

COUPE GEOLOGIQUE
du centre d'enfouissement technique de déchets de
MONTCHANIN (71)

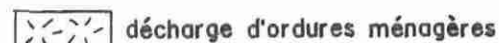
Echelle 1/1000

LEGENDE

NATURE DES TERRAINS



x x x	décharge de déchets Industriels



 formation superficielle argilo-sableuse
résiduelle ou colluviale

 alternance argilites/grès ou conglomérats
du Houiller et du Permien


carbon

substratum altéré
substratum peu altéré

STRUCTURE

— faille "permienne"
avec zone de broyage

— — — faille secondaire hypothétique

 faille principale et sens de rejet
localisation approximative

— / — / — / fissuration due aux affaissements miniers

GISEMENT DE CHARBON ET MINES

(A) gisement principal : "Amas Quetel"

étage	galerie d'exploitation ou d'exploration
30	(cote calculée à partir de l'orifice du puits)

position de la galerie du puits de la Glacière
au puits de la Grille, selon l'ADEM
(profondeur non déterminée)



 autre galerie, selon l'ADEM
 (profondeur non déterminée)

EVOLUTION DU PROFIL ET DE L'ACTIVITE DU SITE

① profil naturel initial

⑥ décapage de la "cloison résiduelle"

② exploitation et remblais miniers

⑦ creusement d'alvéoles

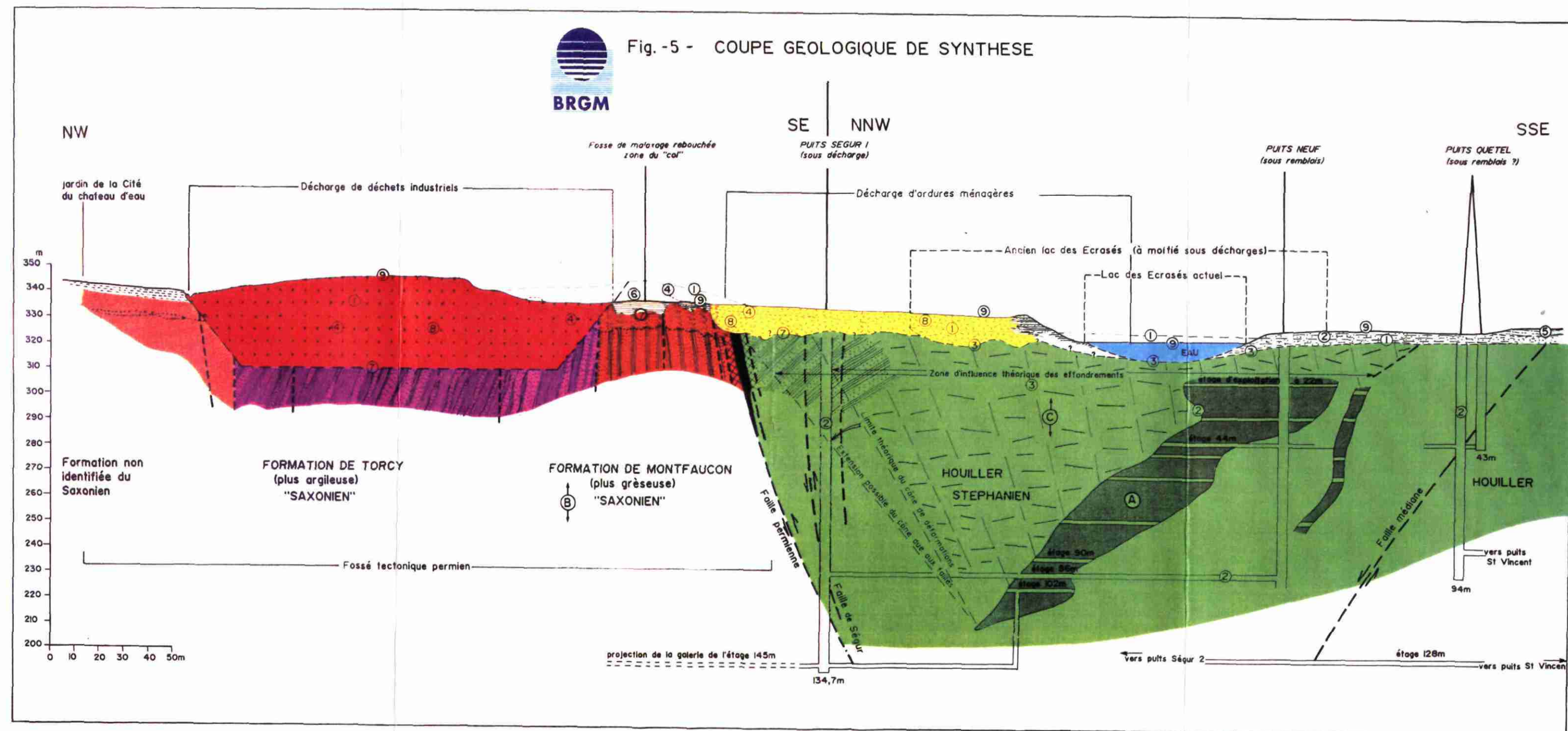
③ abandon des mines, effondrement, formation du lac des Ecrasés

⑧ décharges

④ carrière d'argile

⑨ profil actuel

⑤ remblais et décharges



2. LES ANCIENNES MINES DE CHARBON

L'enquête et l'analyse des archives (DRIR, HBB et ville de Montchanin) permet de préciser en plan et en coupe :

- la géométrie du gisement de charbon,
- la localisation du réseau minier,
- l'impact des effondrements miniers,

par rapport aux installations du centre d'enfouissement technique et au lac des Ecrasés.

2.1 - GEOMETRIE DU GISEMENT DE CHARBON

L'essentiel du gisement exploité à Montchanin même, se présente comme une couche de charbon lenticulaire, de direction SW-NE, inclinée à 45° vers le NW (A sur la coupe de la figure 4, et cartographiée sur la figure 6). Elle avait 20 à 40 m d'épaisseur, 150 m de largeur et plus de 300 m de longueur. Cette "Grande Masse" aussi appelée "Amas Quetel" affleurerait au niveau de la rive sud du lac des Ecrasés et de la plate-forme industrielle. Elle plongeait jusqu'à 120 m de profondeur sous la décharge d'ordures ménagères actuelle. L'amas s'inscrivait dans un ensemble de couches lenticulaires, de près de 5 km de long et 0 à 600 m de large, parallèlement à la "faille permienne".

2.2 - DEVELOPPEMENT DU RESEAU MINIER

Le réseau minier est constitué d'un ensemble de galeries et de puits d'exploitation et d'exploration, ainsi probablement que de cavités résiduelles dans la zone de l'amas défilé (figure 6).

Si les ouvrages les plus profonds se trouvent de 700 à 1.150 m au dessous de la surface (Puits St Vincent au SE du lac et sondage dans le Travers Banc de 500 m, au NW de la décharge de déchets industriels), l'essentiel des cavités existant sous le centre d'enfouissement se situe entre 60 et 140 m de profondeur. Plus précisément :

- les cavités résiduelles du défilage sous la bordure de la décharge d'ordures ménagères seraient entre 60 et 100 m de profondeur ;
- un lacs de galeries de plusieurs centaines de mètres de longueur, entre 90 et 140 m, sous la même décharge ;
- deux galeries atteignant la zone située sous la décharge de déchets industriels à 140 et 500 m de profondeur.

Les deux puits Ségur sous les ordures ménagères, de 135 et 500 m, donnaient accès à ce réseau. Ils furent comblés par la suite par l'exploitant du site. Six autres puits en limite sud-ouest du centre ou à moins de 120 m au SE du lac des Ecrasés étaient également en relation avec le réseau.

Un puits dit de "la Glacière" et une galerie d'exploration attenante étaient sous la bordure orientale de la décharge nord-ouest, mais isolés du reste du réseau. D'autres galeries nous ont également été signalées par l'A.D.E.M. mais sans précision sur la profondeur, ni l'origine des documents.

Le réseau minier identifié est donc développé, mais assez profond sous la décharge d'ordure ménagères, très réduit et plus profond sous la décharge nord-ouest. Toutefois, il est en relation avec la zone superficielle des terrains remaniés, descenderies et autres anciens travaux (au niveau de l'étang des Ecrasés, côté rive sud). D'autre part, il se développe sur 300 m de large et 900 m de long dans l'axe SW-NE des gisements. Au-delà, le réseau s'étrangle mais se poursuit en chapelet de part et d'autre, sur plus de 4 km.

2.3 - IMPACT DES EFFONDEMENTS MINIERES

Il est probable que l'Etang des Ecrasés a bien pour origine un affaissement du sol provoqué par les effondrements miniers ; cette affirmation est étayée par l'examen des cartes anciennes et par la correspondance des contours de l'ancien lac (avant comblement) et des exploitations. La dépression a été peut-être agrandie au NE par l'extraction d'argile (étang de la "Terre" des Ecrasés).

Les effondrements ont provoqué le rejeu et l'ouverture partielle des discontinuités tectoniques pré-existantes et la formation de fractures nouvelles. Le réseau de fractures gagne la surface en s'inscrivant dans un cône de rupture du massif rocheux au dessus des zones d'exploitation effondrées. Le tracé théorique des limites du cône en surface calculé par les Houillères du Bassin de Blanzky englobe l'Etang des Ecrasés et la plus grande partie de la décharge d'ordures ménagères. Ces déformations auraient même pu atteindre la zone fracturée de la "faille permienne" bien qu'aucun indice particulier n'ait permis de confirmer cette donnée d'expérience acquise dans le bassin de Blanzky-Le Creusot.

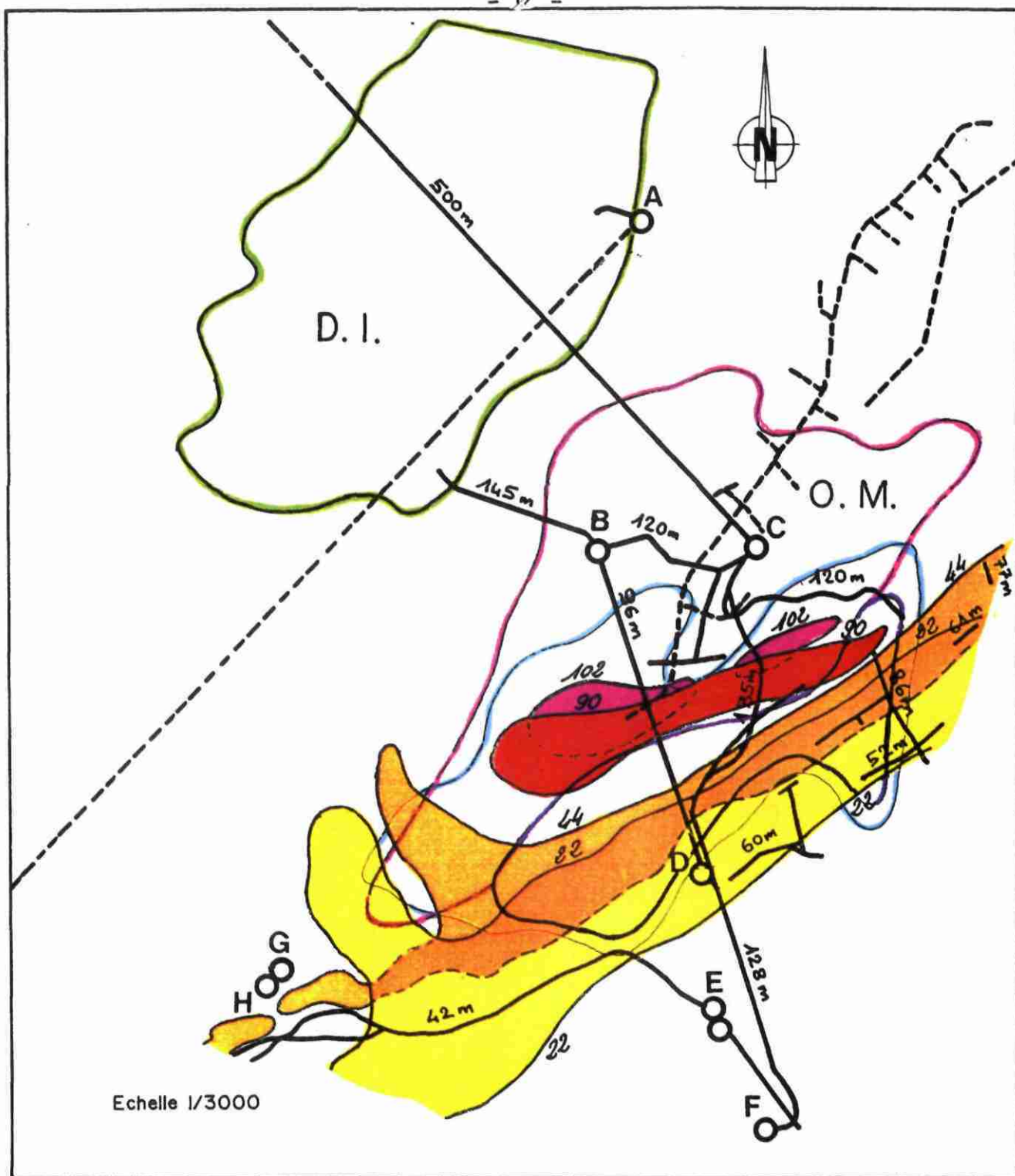
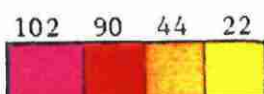


Fig. 6 - Gisement de charbon et mines de Montchanin



étages d'exploitation de "l'amas Quetel"



puits et galerie repérés sur plans miniers
plan de mines fourni par l'ADEM

A : puits de la Glacière. B : puits Ségur 1. C : puits Ségur 2. D : puits Neuf. E : 2 puits Quetel. F : puits St Vincent. G : puits de Anglais. H : puits de la Machine. G + H : puits Jumeaux



étang des Ecrasés
dépression de l'étang en 1976
décharge d'ordures ménagères (OM)
décharge de déchets industriels (DI)

3. LES EAUX SOUTERRAINES

Compte tenu de la situation géographique du centre d'enfouissement technique de Montchanin, il est particulièrement important d'étudier l'impact qu'il peut avoir sur la qualité des eaux souterraines environnantes.

Le constat actuel de cet impact sur la qualité des eaux est un élément de l'évaluation de la sûreté du confinement géologique apporté par le site.

L'étude hydrogéologique a été conduite en quatre étapes bien distinctes :

- 1 - présentation du cadre hydrogéologique général ;
- 2 - évaluation du risque à la source, par l'estimation du flux de pollution relarguée par la décharge. Cette évaluation est faite par l'établissement du bilan hydrique de la décharge de déchets industriels;
- 3 - mesure des caractéristiques hydrauliques des terrains encaissants de la décharge. Ces résultats permettent d'appréhender directement la sûreté du confinement géologique ;
- 4 - évaluation des capacités aquifères des formations environnantes, avec contrôle de l'impact de la décharge sur la qualité des eaux. Cet aspect permet de vérifier la sûreté du confinement par contrôle de l'impact sur la qualité des eaux et permet surtout d'évaluer le risque de pollution des puits et captages d'AEP.

3.1 - CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Montchanin, et plus généralement toute la région du Bassin de Blanzky-le-Creusot, sont caractérisés par un terrain relativement hydro-morphe en surface et peu perméable en profondeur : le substratum schisto-gréseux permo-carbonifère a une très faible perméabilité d'ensemble et maintient un écoulement de surface. Un chevelu hydrographique assez dense s'y développe. L'eau ruisselle, s'accumule dans les dépressions en formant des étangs naturels ou en alimentant de nombreuses retenues et nourrit de nombreux ruisseaux. Le site des décharges, lui-même, a ses étangs.

Mais ce "substratum" est altéré et plus perméable en surface, et recouvert par des formations superficielles, également plus perméables. L'eau peut s'y infiltrer et former une nappe superficielle. Les nombreuses petites sources de la région en sont l'émergence. Ainsi, l'eau peut s'écouler en surface ou plus profondément dans les formations géologiques, selon leur perméabilité et l'altitude du point considéré par rapport au niveau de base fixé par les rivières (Bourbince notamment).

Compte tenu de la faible productivité de ces aquifères, les collectivités situées dans les environs de Montchanin n'utilisent pas les ressources en eau souterraine et s'alimentent plutôt à partir des eaux de surface.

A partir des données de l'étude géologique, nous pouvons établir la coupe type suivante :

- C - couche superficielle de sable argileux résiduel ou colluvial (0 à 5 mètres, formation observée au NW de la décharge de déchets industriels),
- B - Substratum permo-carbonifère altéré et fissuré, avec alternance de grès sableux et d'argile (5 mètres à 15 mètres, observé sur le site par sondages, sur affleurements et dans les fosses ANRED de 1990),
- A - substratum "sain" mais fracturé, avec alternance de "schistes" ou argilites, dures, et de grès et conglomérats (plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, partiellement observé par sondages).

Chacune de ces formations a une perméabilité et une capacité d'emmagasinement de l'eau qui lui est propre.

L'ensemble des formations B et C comporte une nappe libre qui est drainée en surface par le réseau hydrographique. La surface de la nappe, dans les formations superficielles, correspond, dans ces conditions, à la surface piézométrique. Dans la région de Montchanin, elle est à faible profondeur, proche d'une surface parallèle au sol dans les interfluves et tend à rejoindre la surface dans les fonds de vallées.

Les éventuelles circulations profondes (zone A), se produisant soit au niveau des fractures du substratum, soit en empruntant l'ancien réseau de galeries et de puits miniers, sont peu reconnues. On peut dire toutefois, qu'elles représentent sans doute un faible pourcentage de l'écoulement souterrain (l'essentiel des eaux d'infiltration étant drainé par la nappe superficielle) ; fracturation et plans de stratification induisent une anisotropie de perméabilité qui conditionne les écoulements et privilégie la direction NE - SW.

A Montchanin le niveau de base hydrographique est constitué par le chevelu de la Dheune à l'Est, de la Bourbince au Nord et du faux bras de la Bourbince au Sud. Ces rivières sont à une cote voisine de 300 m. Elles drainent donc le site et définissent dans ses limites hydrogéologiques le secteur d'étude (10 km environ). Les mines, noyées, sont elles-mêmes comprises dans le compartiment délimité par la Dheune et la Bourbince.

3.2 ESTIMATION DU FLUX DE POLLUTION RELARGUEE PAR LA DECHARGE (BILAN HYDRIQUE)

3.2.1. Bilan hydrique

L'eau apportée par les précipitations constitue le vecteur principal des polluants émis par une décharge, d'où l'importance du bilan des entrées et des sorties d'eau de l'exploitation, surtout pour les sites perméables afin d'estimer le flux polluant risquant d'atteindre et de polluer la nappe souterraine.

Sur une décharge, ce bilan hydrique est difficile à estimer avec précision car les méthodes d'évaluation nécessitent la mesure de nombreux paramètres.

En effet, le bilan hydrique s'exprime ainsi :

$$I = P - R - ETR - \delta S \pm Ed - E + A$$

avec :

I	:	Infiltration dans le substratum
P	:	Pluie
R	:	Ruissellement
ETR	:	Evapotranspiration
δS	:	Variation de stock d'eau libre dans la décharge
Ed	:	Eau libérée ou absorbée définitivement par les déchets apportés
E	:	Effluent drainé et collecté à la base de la décharge
A	:	Apports latéraux.

Un premier essai de "bilan hydrique" avait été réalisé en 1986 par le BRGM et l'IRH (*) pour la décharge de déchets industriels de Montchanin à la demande et sur la base de données fournies par l'ANRED (étude à caractère méthodologique financée par la CEE).

Pour la période "Septembre 1984 - Janvier 1986" le "bilan hydrique" avec un volume de lixiviat collecté relativement réduit (167 m³ en 1985) pourrait s'expliquer par la méthode d'exploitation particulière (déchets malaxés à l'argile) et par la bonne étanchéité de la couverture (favorisant le ruissellement). Le seul problème évoqué était l'absence de drainage des alvéoles qui laissent les déchets baigner "dans leur jus". Toutefois, ce "bilan" n'avait pas permis d'établir la valeur de l'infiltration de lixiviat au niveau du substratum faute de données.

Dans le cadre de la présente étude, un nouveau bilan a été établi cette fois pour l'année 1989, année pour laquelle l'exploitant ELIPOL a pu fournir des données à la fois assez complètes et relativement fiables (fig. 7).

(*) Institut de Recherches Hydrologiques (Nancy)

L'infiltration de lixiviat dans le substratum est ainsi évaluée à 30 mm pour l'année 1989 (soit 5 % de la pluviométrie), ce qui représente, compte tenu de la surface de la décharge de déchets industriels, un volume infiltré de 1 000 m³.

3.2.2. Estimation des flux de pollution

L'étude statistique de l'IRH (1986), sur plus de 80 analyses chimiques de lixiviats prélevés dans les différents piézomètres de la décharge, donne quelques valeurs moyennes pour certains paramètres chimiques :

La DCO varie notamment de 40 à 27.500 mg/l (DCO moyenne : - 6.600 mg/l).

Si l'on considère cette valeur moyenne, le flux de pollution vis-à-vis des eaux souterraines et exprimé en DCO serait de : 2.250 kg/an.

A titre indicatif et en considérant pour les eaux usées domestiques un flux de 75 g/jour/habitant, le flux produit par la décharge de déchets industriels et s'infiltrant dans la nappe correspondrait au rejet d'une agglomération de 240 habitants

3.3 - CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DES TERRAINS ENCAISSANTS DU CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE

L'étude géologique a permis de préciser la lithologie de ces terrains encaissants ainsi que la structure tectonique du site.

La campagne de sondages qui a suivi, a été conçue pour compléter ou confirmer les informations recueillies.

Ces sondages ont d'autre part été nécessaires à la réalisation d'essais de perméabilité. Ces derniers sont un des points clés de l'étude sur la sûreté du confinement.

Pour cette raison, le BRGM a mis en oeuvre des techniques adaptées pour la mesure in situ des faibles perméabilités dans le cadre de la qualification de sites de stockage de déchets. Les moyens ainsi déployés sur Montchanin sont ceux développés et employés aujourd'hui spécifiquement pour l'étude des sites de stockage de déchets radioactifs (pour le compte de l'ANDRA).

Par ailleurs, la diversité lithologique et la complexité structurale du site, nous a obligé à utiliser différentes méthodes :

- le pulse test, dans les argiles homogènes,
- le slug test, pour des formations argilo-gréseuses ou pour les formations superficielles,
- l'essai Lugeon "amélioré", pour les formations gréseuses légèrement fracturées,

ANNEE 1989

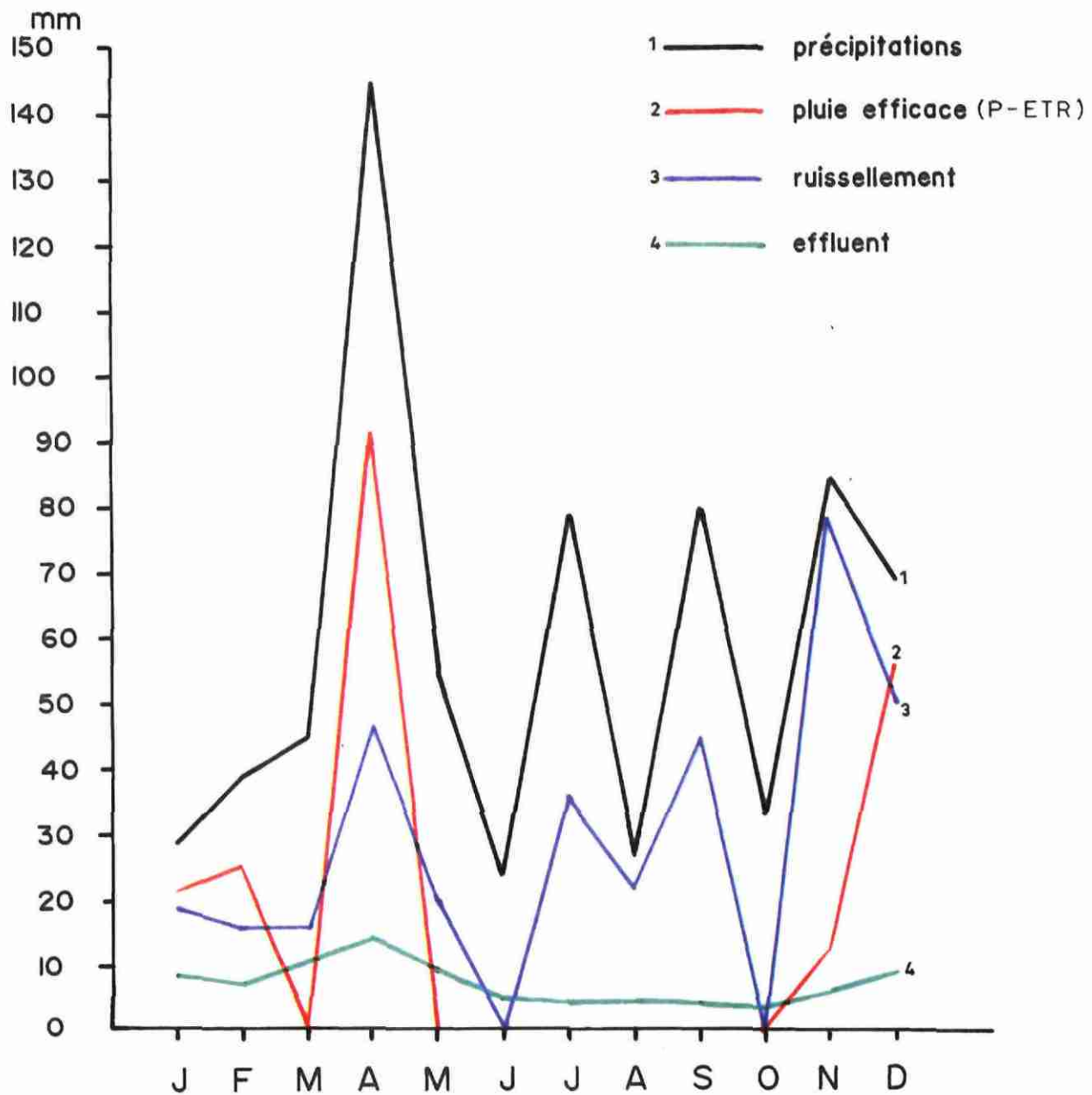


Figure 7 - Données du bilan hydrique

- et enfin le pompage d'essai classique, pour les formations très fracturées et aquifères.

3.3.1. La caractérisation du substratum

12 essais de perméabilité entre packers ont été réalisés dans 5 forages profonds, spécialement conçus pour la reconnaissance du substratum sain. Compte tenu des hétérogénéités de terrain, les chambres de mesure dans les forages étaient de 10 mètres minimum.

Ces essais ont permis de caractériser chaque faciès et chaque zone structurale :

1. Les formations du Permien (encaissant de la décharge de déchets industriels).

Les perméabilités vont de $4 \cdot 10^{-5}$ à $1,5 \cdot 10^{-10}$ m/s selon l'importance relative des grès ou des argiles dans les chambres de mesures :

- . Formation de Montfaucon (dominante gréseuse) : $4 \cdot 10^{-5}$ à $8 \cdot 10^{-8}$ m/s (3 mesures)
- . Formation de Torcy (dominante argileuse) : $5 \cdot 10^{-9}$ à $1,5 \cdot 10^{-10}$ m/s (4 mesures)

2. Les formations du Houiller (encaissant de la décharge d'ordures ménagères).

- . Les perméabilités du substratum sain s'échelonnent de $3,8 \cdot 10^{-8}$ à $5,2 \cdot 10^{-6}$ m/s sur le forage B5, situé toutefois à proximité immédiate du croisement entre la faille Permienne et la faille de Ségur.
- . Un débit de 4 m³/h a été obtenu par pompage sur le forage B3 implanté dans la zone des affaissements miniers à proximité du lac des Ecrasés (perméabilité de $2 \cdot 10^{-5}$ m/s).

3.3.2. La caractérisation des formations superficielles

La caractérisation de ces formations est également importante puisque les deux décharges sont en contact direct avec celles-ci.

La coupe des sondages recoupant les "formations superficielles" montre qu'elles sont extrêmement hétérogènes et d'origine diverse :

- sables argileux résiduels et colluviaux,
- argiles et grès du substratum altéré,
- remblais.

Cette diversité se retrouve aussi dans les résultats des 15 tests hydrauliques réalisés dans les forages superficiels (C1 à C9), mais aussi dans les anciens forages réalisés lors des études précédentes (F2, P1, P2, S4, S6).

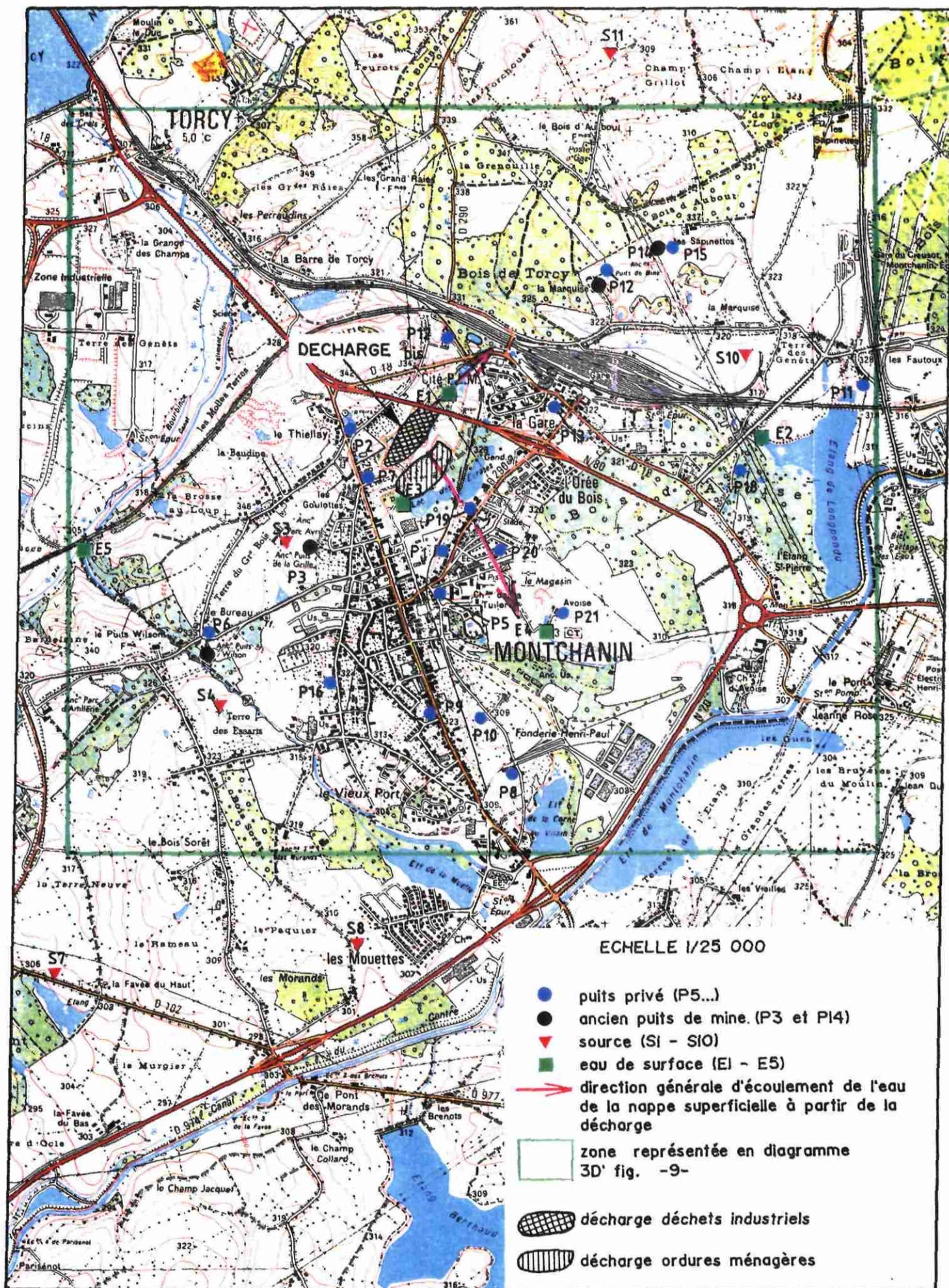


Figure 8 - Plan d'échantillonnage

Les perméabilités mesurées s'échelonnent de :

$1.4 \cdot 10^{-4}$ à $4.5 \cdot 10^{-7}$ m/s (10^{-5} à 10^{-6} en général).

Il n'y a pas de différences significatives entre les perméabilités des diverses formations superficielles en fonction de leur nature ou de leur origine, ni même entre les formations superficielles des deux entités géologiques (Permien et Houiller).

3.4 - IMPACT SUR LES NAPPES

3.4.1. La nappe superficielle

La nature même de cet aquifère de subsurface explique son hétérogénéité. Il est essentiellement formé par l'altération du substratum à laquelle se superpose la présence de formations colluviales ou de remblais.

Cette nappe phréatique, de perméabilité médiocre (10^{-5} à 10^{-6} m/s), de faible puissance (10 mètres maximum) et proche de la surface topographique (niveau piézométrique à 0,5 - 3 mètres de la surface), est peu productive. Les nombreux puits privés de Montchanin qui recoupent cette nappe ont généralement de faibles débits (inférieurs au m³/h).

Près de 30 points d'eau ont été contrôlés dans un rayon de 4 km autour de la décharge (figure 8). Ces contrôles ont permis d'établir le sens d'écoulement de la nappe superficielle à partir de la décharge ; l'écoulement se fait essentiellement vers le Sud-Est en direction du Stade et de la ferme d'Avoise.

Par ailleurs, cette nappe proche de la surface, est particulièrement vulnérable à toute forme de pollution, surtout en milieu urbain. L'eau des puits n'est généralement pas potable ; cette nappe n'est donc pas exploitée actuellement par les collectivités et aucun captage n'a été recensé sur le bassin versant concerné par la décharge. L'eau est toutefois utilisée pour l'arrosage des potagers (puits) et l'abreuvement du bétail (sources).

Les étangs, et notamment l'étang des Ecrasés, forment un "regard" sur cette nappe superficielle ; ils sont donc en communication avec elle. Par ailleurs, l'étang des Ecrasés est directement en relation avec la décharge d'ordures ménagères puisque cette dernière comble partiellement l'étang sur 40 à 60 m par rapport à la rive d'origine.

Les teneurs en métaux mesurées tant dans les puits que dans l'étang des Ecrasés sont généralement assez faibles, variables et dispersées sur la zone d'étude. Elles peuvent toutefois être localement assez élevées (620 µg/l en Fe, 546 en Mn, 302 en Cu, 525 en Zn, etc.).

Certains paramètres chimiques comme la conductivité, les teneurs en potassium, en nitrates, en bore, ... se trouvent à des teneurs plus élevées, dans les environs du Stade et de la ferme d'Avoise (figure 9), c'est-à-dire, directement en aval hydraulique des décharges. La présomption est forte pour que cette pollution soit donc imputable aux décharges.

Toutefois, d'autres sources de pollution plus ou moins identifiées pourraient aussi contribuer à cette pollution (réseau d'assainissement de la ville ?, gare ? ...). En effet, le contexte urbain, l'histoire industrielle de Montchanin, font qu'il est difficile de discerner l'impact de la décharge sur une nappe superficielle extrêmement vulnérable aux pollutions de toute nature ou origine.

Les analyses chimiques réalisées sur les forages superficiels du site (C1 à C9) confirment le sens d'écoulement général de la nappe superficielle vers le SE. En effet, les sondages en amont de la décharge (C1, C4, C6 et C9) sont peu pollués. Inversement, les sondages en aval du site de la décharge de déchets industriels sont très pollués, notamment au niveau du sondage C3 (220 mg/l en carbone organique total) ; ce forage met en évidence une fuite d'eau très polluée en direction de la décharge d'ordures ménagères par les formations superficielles.

Tous les sondages les plus en aval et situés dans les environs de la décharge d'ordures ménagères sont généralement beaucoup plus chargés en bore, en potassium, en carbone organique total et en lithium.

3.4.2. Les circulations profondes des eaux

L'étang des Ecrasés, partiellement remblayé par la décharge d'ordures ménagères, est en relation probable avec le réseau noyé des anciennes mines et notamment avec la zone d'effondrement minier plus particulièrement fracturée correspondant à l'ancienne zone d'exploitation de "l'Amas Quetel".

Par ailleurs, le réseau noyé des anciennes mines est également en relation avec la décharge d'ordures ménagères par l'intermédiaire des deux puits Ségur, du réseau de fractures et des remblais du secteur minier. Il n'existe pas d'exutoire connu pour ces eaux de mines.

A part la zone d'effondrement minier au niveau de l'étang des Ecrasés, les écoulements souterrains plus profonds au niveau des fractures du substratum sont réduits.

Les cinq sondages "profonds" réalisés sur le site en dehors de la zone affectée par les affaissements miniers, bien qu'ayant recoupé un certain nombre de fractures (B1 et B4 notamment) ont donné des débits faibles (500 l/h maximum). Par ailleurs, il n'existe pas à notre connaissance de captages qui exploitent l'eau de ces formations géologiques.

Signalons la mise en évidence sur le sondage profond B4 (forage incliné dans les formations à dominante gréseuse de la bordure NW de la décharge industrielle) une pollution très prononcée (conductivité de 3 550 μ S et pH $\approx$ 12). Cette pollution est normale compte tenu de la proximité de ce point par rapport aux déchets industriels (10 à 20 m). La pollution constatée en ce point risque de migrer plutôt vers le NE, selon la direction des plans de stratification et des fractures.

Par contre, les autres sondages profonds autour du site de la décharge industrielle (B6 et B2) ne montrent pas de pollution significative.

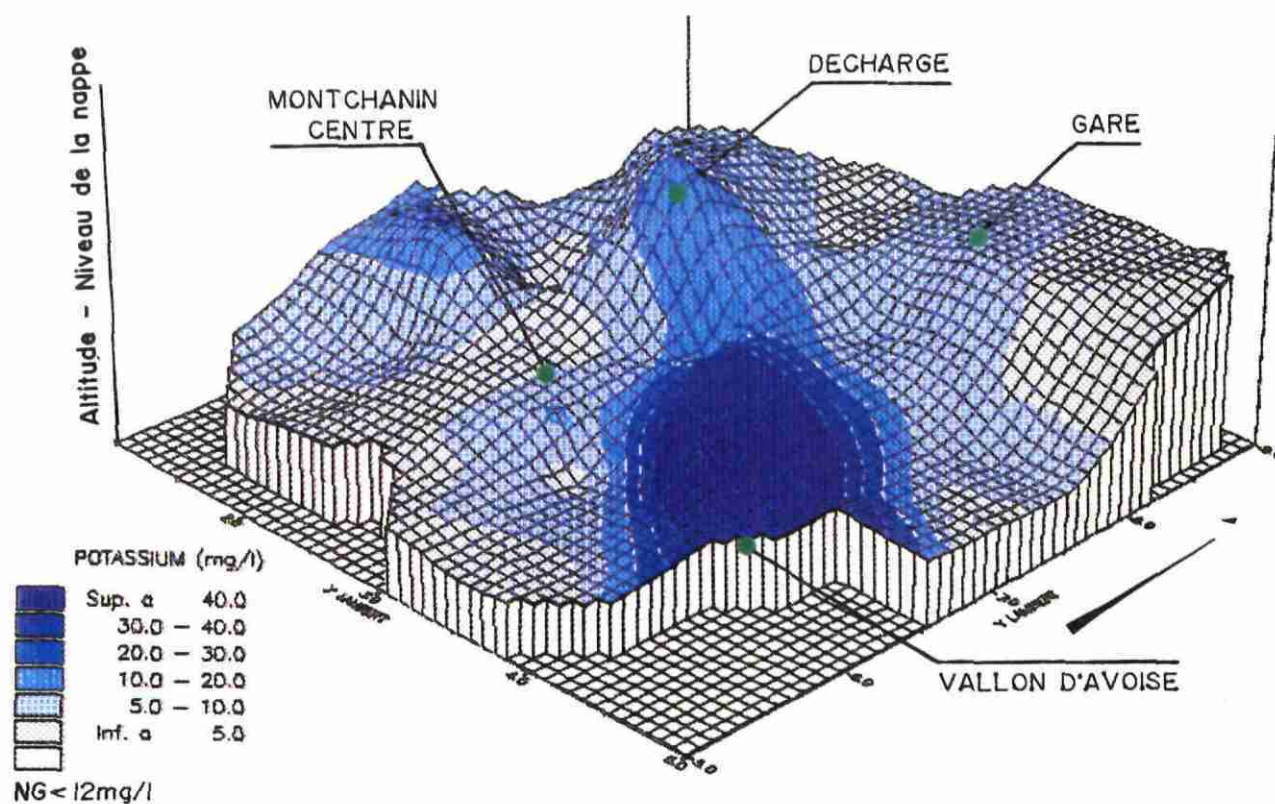
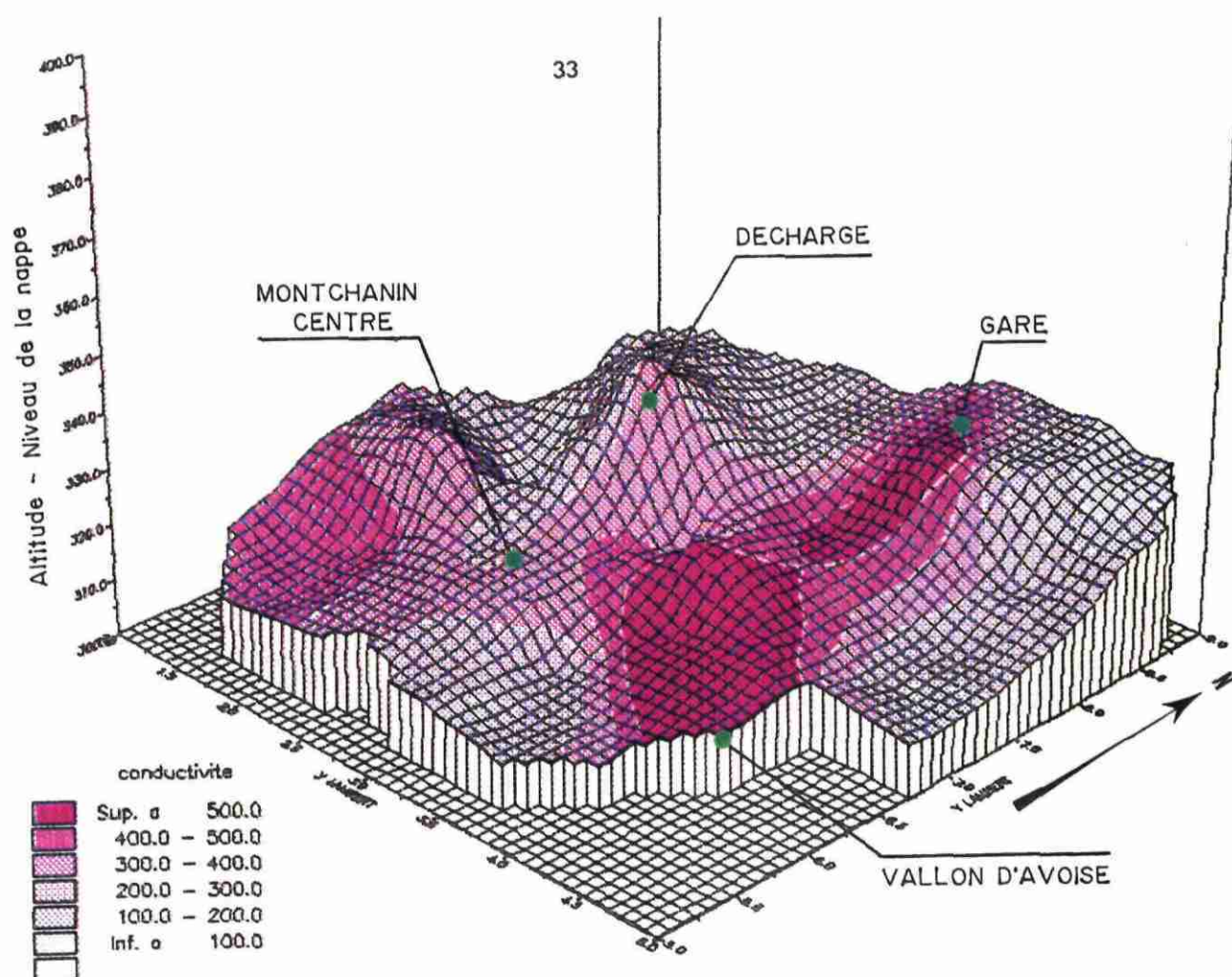


Fig. - 9- Piézométrie et qualité des eaux de la nappe superficielle de MONTCHANIN (71)

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. EVALUATION GLOBALE DU CONFINEMENT GEOLOGIQUE

L'étude de sûreté du confinement géologique de la décharge de Montchanin a nécessité la mise en oeuvre de moyens techniques importants, afin d'assurer une approche globale du problème, ce qui n'avait jamais été réalisé dans les études précédentes.

L'étude a ainsi été élargie à l'ensemble de la zone d'impact potentiel des deux décharges (déchets industriels et ordures ménagères). La diversité lithologique et la complexité structurale du site ont nécessité l'intervention de nombreux spécialistes (géologues, structuralistes, géotechniciens, hydrogéologues, chimistes) ainsi que la mise en oeuvre de techniques parfaitement adaptées aux caractéristiques des diverses formations rencontrées.

Les différents moyens ainsi mis en oeuvre permettent d'aboutir aux résultats suivants :

1. La décharge de déchets industriels

La nature lithologique du terrain (présence de grès), la présence d'importants systèmes de fractures (proximité de la faille permienne avec son réseau de failles transverses), la présence d'une altération superficielle du substratum, et de colluvions assez perméables en surface, font que le site est particulièrement complexe et hétérogène pour assurer dans de bonnes conditions le confinement géologique d'un centre d'enfouissement technique de déchets industriels. Par ailleurs, les caractéristiques hydrauliques mesurées pour ces diverses formations ne répondent pas toutes à la limite de perméabilité (10^{-9} m/s minimum) fixée par la réglementation actuelle (*) pour l'exploitation de tels sites. Précisons toutefois que le fond de la décharge, ainsi que le soubassement des bordures NE et SW sont constitués par les formations de Torcy à dominante argileuse. Ces formations sont apparues pour être les plus imperméables, puisque les perméabilités mesurées avoisinent les 10^{-9} et 10^{-10} m/s.

(*) cf. Instruction technique relative à l'ouverture et l'exploitation d'un site de décharge contrôlée de déchets industriels (16 octobre 1984).

2. La décharge d'ordures ménagères

L'historique du site (remblais divers importants), les caractéristiques structurales (faille permienne directement sous le site), l'existence d'anciens travaux miniers souterrains au droit du site (puits, galeries et zone de dépilage), la situation du lac des Ecrasés, font que ce site n'offre pas les garanties nécessaires à un confinement géologique suffisamment performant pour des résidus urbains.

Par ailleurs, les caractéristiques hydrauliques des formations encaissantes du site ne répondent pas toutes aux critères de perméabilité minimale (10^{-6} m/s) fixées par la législation actuelle (*) pour l'exploitation de tels sites.

3. Les faiblesses de confinement géologique constatées induisent trois niveaux de risques différents :

- a) Un risque important pour les eaux de surface et notamment pour les plans d'eau environnants (étangs Beaubernard et des Ecrasés) : La pollution de ceux-ci par les décharges a bien été constatée (DDASS - 1988, ECOPOL - 1988 et BRGM - 1990).
- b) Un risque significatif pour la nappe phréatique de Montchanin : des teneurs plus élevées en bore, en potassium, en carbone organique total ont été observées en aval hydraulique de la décharge. Mais cette nappe, compte tenu de sa forte vulnérabilité à toute autre forme de pollution, est déjà de mauvaise qualité ; elle est toutefois utilisée pour l'arrosage des jardins (puits) et pour l'abreuvement du bétail (sources).
- c) Un risque plus réduit pour les eaux souterraines en profondeur ; certains sondages profonds (B3, B4) ont montré une pollution prononcée de ces eaux à proximité immédiate du site. Toutefois, s'il existe bien des possibilités de migration de ces eaux (par les anciennes mines ou par les fractures), les débits concernés doivent être faibles. Ces faibles débits peuvent être confirmés par l'absence (à notre connaissance) d'exploitation des eaux profondes dans la région.

Compte tenu de ces résultats, il apparaît nécessaire d'améliorer la situation actuelle, puisque le confinement géologique du centre de stockage n'offre pas les garanties suffisantes pour assurer l'absence de risque de contamination des eaux environnantes.

(*) Cf. Instruction technique relative à la mise en décharge contrôlée de résidus urbains (11 mars 1987).

2. QUELQUES SUGGESTIONS POUR L'AMELIORATION DU CONFINEMENT DES DECHETS

Les solutions qui ont été évoquées jusqu'ici sont de deux types :

1. Excavation de la décharge de déchets industriels et traitement des déchets sur le site ou en dehors. Cette solution présenterait les inconvénients majeurs suivants :

- la quantité de déchets à traiter devrait être majorée du volume de terrains encaissants actuellement imprégnés de lixiviats ;
- l'impact de ces travaux sur l'environnement (air et eau) serait bien supérieur à celui constaté actuellement, quelles que soient les précautions prises ;
- l'impact de la décharge d'ordures ménagères sur les eaux ne serait pas réglé.

2. Amélioration du confinement naturel

- Confinement de la décharge de déchets industriels.

Les travaux que l'on peut recommander consisteraient en :

- . la mise en place d'une couverture étanche en surface qui limiterait les apports d'eau météoriques et réduirait ainsi le flux de lixiviats susceptibles de s'infiltrer. Cette couverture serait étanche également aux gaz et aux vapeurs susceptibles de se dégager de la décharge ;
- . la mise en place d'une paroi étanche verticale tout autour de la décharge, afin d'isoler celle-ci de la nappe superficielle. Cette paroi serait ancrée dans le substratum sain.
- . Un drainage des lixiviats dans la décharge.
- . La mise en dépression de la décharge pour récupérer tous les gaz et les vapeurs.
- . Un système de contrôle continu de la qualité de la nappe autour du site qui pourrait s'appuyer partiellement sur les piézomètres existants.

- Confinement de la décharge d'ordures ménagères :

Compte tenu de la situation de cette décharge (mines, affaissements miniers et fractures diverses, pieds de remblais baignant dans l'étang des Ecrasés), le confinement des lixiviats paraît difficile à assurer de manière satisfaisante. La situation actuelle pourrait toutefois être améliorée sensiblement par un renforcement de l'étanchéité de la couverture, ce qui permettrait de diminuer la production de lixiviats, dont la quasi-totalité s'écoule actuellement dans l'étang des Ecrasés.

L'isolation de la décharge par rapport à cet étang est quasi impossible et la réhabilitation de ce plan d'eau paraît compromise. Il semble conseillé de combler l'étang et d'aménager un drainage pour la collecte des lixiviats.

Les solutions d'amélioration du confinement naturel de l'ensemble du site, qui impliqueront comme toute autre solution, un suivi de la qualité des eaux au voisinage du site, présentent l'avantage de ne pas nécessiter de travaux susceptibles d'induire des nuisances supplémentaires vis-à-vis de l'environnement et de la santé des populations. Elles permettraient de diminuer considérablement l'impact des décharges sur les eaux superficielles et sur les nappes souterraines.



**AGENCE NATIONALE POUR LA RÉCUPÉRATION
ET L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS**

document public

**centre d'enfouissement technique
de Montchanin (71)**
étude de sûreté du confinement
géologique du site
Volume I - "Synthèse des données
bibliographiques et de l'étude géologique
de surface"

juin 1990
R 31 031

BRGM
SERVICES SOL ET SOUS-SOL
Département Environnement et Risques
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél. : (33) 38.64.34.34
AGENCE RÉGIONALE BOURGOGNE
32 Boulevard Maréchal Joffre - 21000 DIJON

RESUME

Le Centre d'enfouissement technique de déchets industriels et de résidus urbains de Montchanin (71), ouvert en 1977, est fermé depuis 1988. Des plans de réhabilitation du site sont proposés. Mais le Ministère de l'environnement, désireux d'évaluer préalablement tous les risques d'impact potentiel du centre sur la qualité des eaux souterraines, a demandé au Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en janvier 1990, une expertise géologique du site. Cette mission, financée par l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED) a été réalisée par le Département Environnement et l'Agence régionale Bourgogne du BRGM pendant le premier semestre 1990.

Le présent rapport est une synthèse de toutes les connaissances acquises par les travaux géologiques réalisés entre 1977 et 1988, et par l'étude géologique de surface du BRGM en 1990. Ce bilan a permis de préciser les questions restant posées et a conduit à proposer un programme de sondages, de mesures de perméabilités, de piézométrie et d'analyses chimiques.

L'évaluation faite ici est d'abord un constat de la complexité géomorphologique du site : la décharge de déchets industriels est encaissée dans une ancienne grande carrière d'argile partiellement occupée par les étangs Beaubernard ; la décharge d'ordures ménagères comble d'autres carrières et recouvre des remblais, des puits de mines et une partie du lac des Ecrasés. Or ce lac est à l'aplomb de l'ancien gisement de charbon, dont l'exploitation a provoqué un effondrement en surface.

L'étude géologique précise la diversité lithologique et la complexité structurale : au NW, la décharge de déchets industriels repose sur un terrain permien essentiellement argileux mais ses parois sont en partie gréseuses. Les grès, interstratifiés avec des argiles, se développent en bancs subverticaux entre les deux décharges, séparées par quelques dizaines de mètres. Au SW, la décharge d'ordures ménagères est située sur le Houiller (Stéphanien), composé d'interstratification de bancs de grès, d'argile et de couches lenticulaires de charbon, d'inclinaison variable.

Entre le Houiller et les grès du Permien, passe la "faille permienne", accident tectonique majeur à l'échelle de la France. D'autres champs de fractures multidirectionnels affectent l'ensemble du site.

L'étude précise en outre que le substratum argilo-gréseux est altéré sur une profondeur de l'ordre de 10 à 15 m : les argiles se délitent et s'ameublissent, les grès se décomposent partiellement en sables argileux, les fractures tectoniques et les plans de stratification s'ouvrent par décompression.

De plus, le substratum est recouvert de formations superficielles, en grande partie d'origine anthropique. Elles se développent autour du Centre, et s'épaississent dans la zone du lac des Ecrasés.

Sont enfin considérés, les problèmes liés aux anciennes mines de charbon. L'essentiel des galeries (cartographiées) et cavités résiduelles de défilage du gisement (gros amas charbonneux plongeant à 45° en direction du site) est à plus de 60 m sous la décharge d'ordures ménagères. Mais l'exploitation remontait à proximité de la surface au-delà du lac actuel et les deux puits Ségur recouverts par la décharge donnaient accès au réseau. Par ailleurs tout porte à croire que la dépression du lac résulte d'affaissements miniers et que l'ensemble du site de la décharge d'ordures ménagères peut être affecté par la fissuration provoquée par ces affaissements.

Le contexte hydrogéologique du site des décharges montre une nappe peu productive présente dans les formations superficielles et dans la zone d'altération du substratum. L'aquifère est prolongé en profondeur par le réseau des fractures du substratum, dont le rôle hydraulique reste hypothétique. L'ensemble est drainé par le réseau Dheune-Bourbince.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
I - <u>INTRODUCTION</u>	1
1 - SITUATION DU CENTRE D'ENFOUISSEMENT	1
2 - PARTICULARITES GEOGRAPHIQUES DU SITE.....	1
3 - HISTORIQUE ET MOTIVATIONS DE L'ETUDE.....	2
4 - FINALITE ET CADRE CONTRACTUEL	2
5 - OBJECTIF DE LA MISSION	5
6 - METHODOLOGIE, TRAVAUX, DOCUMENTS CONSULTES	5
 II - <u>RESULTATS</u>	 9
1 - GEOGRAPHIE DU SITE DES DECHARGES DE MONTCHANIN ; ETAT INITIAL, EVOLUTION, CONSTITUTION	 9
1.1 - AVANT LES MINES ET LES CARRIERES	9
1.2 - AVANT L'OUVERTURE DU CENTRE	9
1.3 - PENDANT L'EXPLOITATION DU CENTRE, ENTRE 1977 ET 1988 ..	12
1.4 - ETAT ACTUEL	12
 2 - SITUATION ET CONSTITUTION GEOLOGIQUES DU CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE	 17
2.1 - SITUATION PARTICULIERE DU CENTRE DANS LE BASSIN PERMO- CARBONIFERE DE BLANZY - LE-CREUSOT	17
2.2 - COMPARTIMENT DE LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS : LA FORMATION GRESEUSE DE MONTFAUCON ET LA FORMATION ARGILEUSE DE TORCY	17
2.3 - COMPARTIMENT DE LA DECHARGE D'ORDURES MENAGERES : GRES, SCHISTES ARGILEUX ET CHARBON DU HOUILLER	18
2.4 - EPAISSEUR DES FORMATIONS DE TORCY, DE MONTFAUCON ET DU HOUILLER	18
2.5 - FRACTURATION TECTONIQUE	18
2.6 - SUBSTRATUM ALTERE ET FORMATIONS SUPERFICIELLES	26

	<u>Page</u>
3 - PARTICULARITES GEOLOGIQUES DES DIVERS "COMPARTIMENTS" DU SITE	27
3.1 - FOND ET PAROIS DE LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS DU SITE	27
3.2 - FOND ET PAROIS DE LA DECHARGE D'ORDURES MENAGERES	28
3.3 - ZONE DE SEPARATION DES DEUX DECHARGES	29
4 - MINES ET AFFAISSEMENTS MINIERES	37
4.1 - SITUATION ET CONSTITUTION GENERALES DES MINES DE CHARBON DE MONTCHANIN	37
4.2 - OUVRAGES MINIERES SOUS LE CENTRE D'ENFOUISSEMENT	37
4.3 - GALERIES SIGNALEES PAR L'ADEM	41
4.4 - DEFORMATIONS DU SOUS-SOL PROVOQUEES PAR LES AFFAISSEMENTS MINIERES	41
5 - CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES GENERAUX DU SITE	45
5.1 - CADRE HYDROGRAPHIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE MONTCHANIN ..	45
5.2 - ECOULEMENT DES EAUX	46
5.3 - ELEMENTS ANTHROPIQUES ET STRUCTURAUX PERTURBATEURS DE L'ECOULEMENT A MONTCHANIN	46
5.4 - SCHEMA DU SYSTEME AQUIFERE DU SITE	47
6 - RISQUE DE POLLUTION DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES	53
6.1 - LE SITE DE LA DECHARGE D'ORDURES MENAGERES	53
6.2 - BILAN DU CONFINEMENT DU SITE DE LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS	53
III - <u>CONCLUSION</u>	57
1 - DONNEES ET INTERROGATIONS INITIALES	57
2 - APPROCHE DU SYSTEME AQUIFERE DE MONTCHANIN	57
IV - <u>PROGRAMME D'ACQUISITION D'INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES</u> .	59
1 - OBJECTIFS GENERAUX	59
2 - INFORMATIONS PARTICULIERES A ACQUERIR	59
2.1 - Paramètres hydrodynamiques	59
2.2 - Informations géologiques	60
3.3 - Informations hydrochimiques	60
3 - MOYENS ENVISAGES	60

LISTE DES FIGURES

- 1 - Situation géographique du centre d'enfouissement technique de déchets de Montchanin.
- 2 - Le site des décharges. Etat initial et évolution.
- 3 - Photogéologie du site des décharges. Mission IGN du 16/07/86.
- 4 - Panorama nord du site.
- 5 - Situation géologique de Montchanin.
- 6 - Carte géologique du site des décharges.
- 7 - Stéréogramme de la fracturation totale relevée sur les affleurements nord et nord-est du centre.
- 8 - Diagramme de distribution des fréquences de directions des indices de failles subverticales relevées sur photographies aériennes.
- 9 - Carte des indices de failles de Montchanin relevés sur photographies aériennes.
- 10 - Divers aspects de substratum argilo-gréseux altéré (photographies).
- 11 - Stratification subverticale des argiles et grès permians au nord et à l'est de la décharge de déchets industriels (photographies).
- 12 - Gisement de charbon et mines de Montchanin.
- 13 - Carte des déformations dues aux effondrements miniers sous le site des décharges.
- 14 - Mesures de la perméabilité du substratum schisto-gréseux des décharges.
- 15 - Esquisse de la piézométrie et des sens d'écoulement sur le site du centre d'enfouissement technique.
- 16 - Plan de prospection du site des décharges.
- 17 - Coupe géologique du centre d'enfouissement technique de déchets de Montchanin à 1/1 000.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Nature et provenance des informations géologiques et hydrogéologiques

Annexe 2 : Expertise structurale

Annexe 3 : Stéréogramme et distribution de la fracturation

INTRODUCTION

1 - SITUATION DU CENTRE D'ENFOUISSEMENT

Le Centre d'enfouissement technique de Montchanin est situé en Saône-et-Loire, à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de Chalon-sur-Saône et six kilomètres au Sud-Ouest du Creusot (figure 1). Il est localisé dans la ville de Montchanin, et plus précisément dans les faubourgs nord. Il comprend deux décharges, l'une de résidus urbains au SE et l'autre de déchets industriels au NW. Une étroite bande de terrain sépare les deux décharges.

Le "Centre" est bordé :

- au NW et au SW, par les jardins de la Cité du Château d'eau et du quartier de la butte de la Glacière ;
- au SE, par le lac des Ecrasés et par l'ancien chemin de fer du Creusot à Montchanin.

Cette voie sépare le lac en Etang des Ecrasés au SW et Etang de la Terre des Ecrasés au NE.

Au N, la route express sépare le centre d'enfouissement des étangs Beaubernard et de la Cité P.M. de Montchanin-Gare.

2 - PARTICULARITES GEOGRAPHIQUES DU SITE

Le site du centre d'enfouissement et de l'agglomération de Montchanin présente trois particularités d'autant plus importantes qu'elles ont une incidence dans le problème posé.

Tout d'abord, Montchanin s'élève sur le versant nord-ouest de la vallée de la Dheune et du faux bras de la Bourbince, juste à l'amont des sources qui donnent naissance à ces deux rivières. La première s'écoule vers le NE et la Saône, la seconde, vers le SW, la Bourbince et la Loire. La vallée est aussi occupée par plusieurs grands étangs de retenue et par le canal du Centre.

D'autre part, Montchanin s'est édifié sur ses mines, aujourd'hui abandonnées et noyées. Cette petite ville a hérité d'une activité charbonnière intense au siècle dernier. Elle est comprise dans le grand bassin houiller de Blanzay - Montceaux-les Mines - Le Creusot.

En outre, Montchanin est resté jusqu'à un proche passé un centre de production de céramiques et ses faubourgs sont criblés d'anciennes carrières dont on extrayait l'argile. Le lieu-dit correspondant au centre d'enfouissement est dénommé "Les Carrières".

La décharge de déchets industriels est située dans une ancienne grande carrière et la décharge de résidus urbains, sur une zone accidentée par plusieurs autres excavations.

3 - HISTORIQUE ET MOTIVATIONS DE L'ETUDE

Le centre est ouvert en 1977 (arrêté préfectoral n° 77-1700) pour les ordures ménagères et déchets assimilés.

En 1978 l'activité s'étend aux déchets industriels sur la parcelle 59 correspondant à la grande carrière nord abandonnée. L'exploitation est menée par la Société DS Environnement. Le site a été examiné du point de vue géologique dans le cadre de la procédure d'autorisation administrative (M. AMIOT, 1977 et 1978).

Mais au cours des années 1980, les nuisances provoquées par la décharge sont telles, qu'une association de défense de l'environnement, l'ADEM, se constitue.

En 1988, DS Environnement vend l'affaire à la Société ELIPOL, filiale de ESYS, mais l'activité du centre est suspendue par arrêté préfectoral et définitivement arrêtée par décision du Premier Ministre en 1989. Dans le même temps, des études (géologie, hydrochimie, odeurs et gaz) sont réalisées à la demande de l'Autorité administrative et de l'exploitant par des bureaux d'études et services administratifs (CETE, CPGF, ECOPOL, DDASS). Enfin, en 1989, des projets de réhabilitation du site sont examinés (CETE, ANRED).

Mais les résultats n'ont pas dissipé toutes les craintes ni satisfait toutes les interrogations concernant la pollution du sous-sol et des eaux souterraines.

4 - FINALITE ET CADRE CONTRACTUEL : estimation des risques et orientation des mesures à prendre par le Ministère de l'environnement

Pour évaluer le danger de pollution souterraine, le Secrétariat d'Etat chargé de l'environnement et de la prévention des risques technologiques et naturels majeurs, demande au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) en Janvier 1990, une expertise géologique et hydro-géologique du site. Le financement est assuré par l'Agence nationale de récupération et d'élimination des déchets (ANRED).

L'opération est conduite par le Département Environnement et Risques du BRGM, en collaboration avec l'Agence régionale de Bourgogne du BRGM.

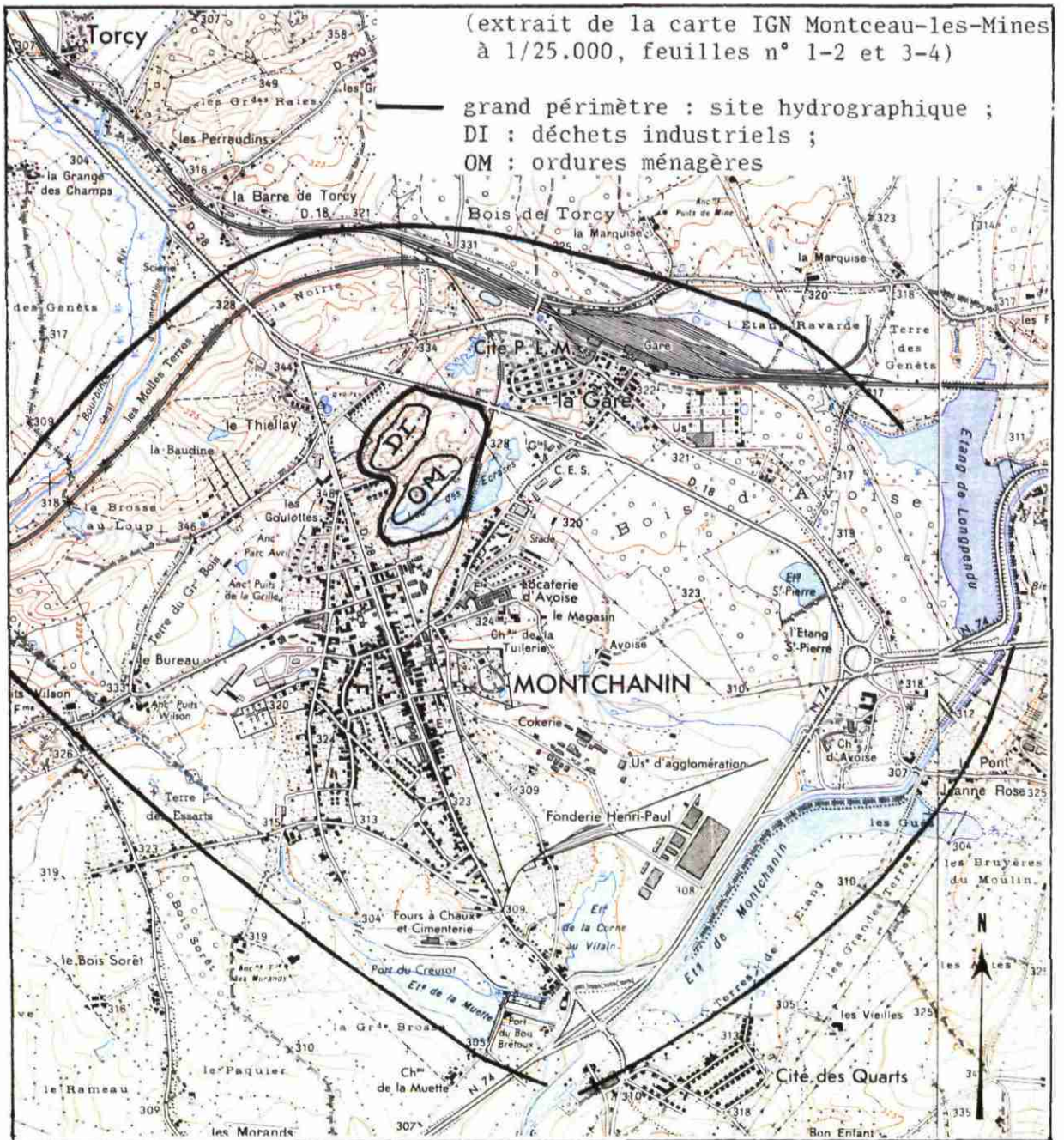
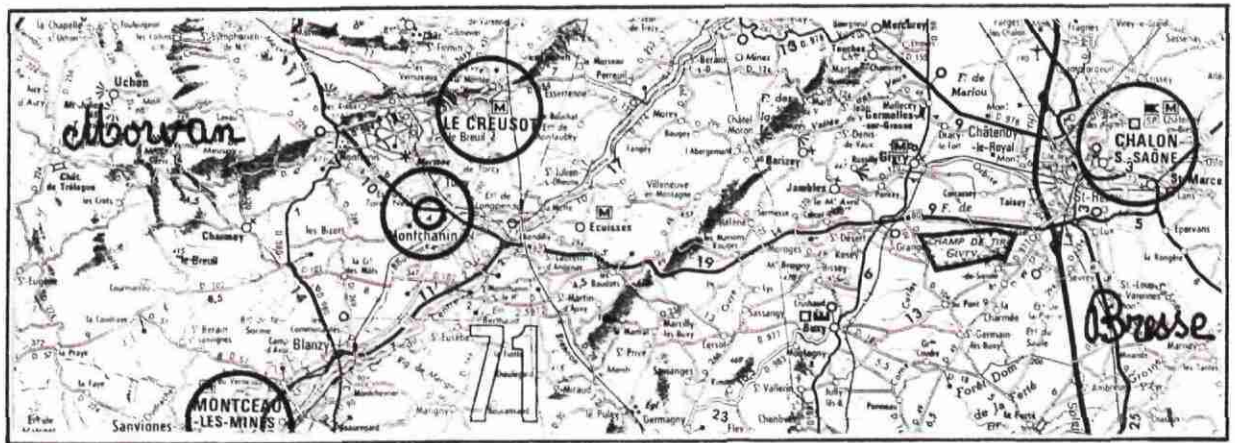


Fig. 1 - Situation géographique du centre d'enfouissement technique de déchets de Montchanin

5 - OBJECTIF DE LA MISSION : évaluation de la sûreté du confinement géologique

La mission consistait donc à :

- définir le système hydrogéologique dans lequel s'inscrivent les décharges,
- contrôler les relations hydrauliques, entre les décharges et les mines, les nappes souterraines si elles existent, les étangs et les cours d'eau,

de manière à évaluer les risques de pollution.

6 - METHODOLOGIE, TRAVAUX, DOCUMENTS CONSULTES

L'étude a été réalisée entre février et mai 1990, en 4 phases :

- phase 1 : analyse du dossier géologique et hydrogéologique communiqué par l'Administration,
- phase 2 : acquisition d'informations supplémentaires,
- phase 3 : synthèse,
- phase 4 : programmation de la campagne de sondages.

1 - PHASE 1 : ANALYSE DU DOSSIER

Les documents examinés sont inventoriés dans l'annexe I.

Les données géologiques et hydrogéologiques principales retenues sont mentionnées au chapitre II de l'argumentaire.

2 - PHASE 2 : ACQUISITION DE DONNEES SUPPLEMENTAIRES

2.1 - VISITE TECHNIQUE

Visite technique du centre d'enfouissement en janvier et février 1990.

2.2 - PROSPECTION GEOLOGIQUE

Prospection géologique (loupe/marteau) du secteur de Montchanin, prospection détaillée du site entre février et avril 1990.

2.3 - ENQUETE

Enquête orale en février 1990 auprès de(s) :

- la Municipalité de Montchanin,
- l'Association de Défence de l'Environnement de Montchanin (ADEM),
- habitants de Montchanin,
- la Société d'exploitation ELIPOL,
- la DRIR de Bourgogne et subdivision de Montceau-les-Mines,
- la DDASS de Saône-et-Loire,
- laboratoires régionaux du CETE de Bron et d'Autun,
- l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED),
- les Houillères du bassin de Blanzky (HBB),
- M.AMIOT, hydrogéologue agréé en matière d'eau et d'hygiène publique.

2.4 - ETUDE DOCUMENTAIRE COMPLEMENTAIRE

Liste des documents donnée en annexe I.

2.5 - ETUDE DE LA FRACTURATION PAR PHOTO-INTERPRETATION

Analyse des missions photographiques aériennes de 1954 à 1986, de l'IGN.

2.6 - ETUDE DE L'EVOLUTION DU SITE

Etude de l'évolution du site entre l'état initial de 1954 à l'exploitation de 1986, par photo-interprétation.

2.7 - ANALYSE STRUCTURALE DETAILLEE

Etude de la morphologie et de la disposition des fractures sur les affleurements du Centre, par D.BONIJOLY, structuraliste.

2.8 - DELIMITATION THEORIQUE DE LA ZONE INFLUENCEE PAR LES EFFONDEMENTS MINIER

Faite par les HBB.

2.9 - CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE DU SITE

Cartographie au 1/1 000.

2.10- CARTOGRAPHIE DU CHAMP DE FAILLES DE MONTCHANIN

Cartographie selon l'interprétation photogéologique ; report sur la carte IGN au 1/25 000.

2.11- CALAGE

Calage sur un même plan au 1/1 000 des cartes suivantes :

- topographie actuelle (plan ELIPOL),
- topographie ancienne (IGN, GEOMETRA),
- lever géologique du centre,
- plans de sondages et piézomètres anciens,
- plan des mines,
- carte de la zone théorique influencée par les effondrements miniers.

3 - PHASE 3 : SYNTHESE

Rapport.

4 - PHASE 4 : BILAN DES INFORMATIONS A ACQUERIR ET PROGRAMMATION D'UNE PROSPECTION PAR SONDAGES

Travail collectif du Département Environnement et Risques et de l'Agence régionale, présenté dans le chapitre IV du volume I.

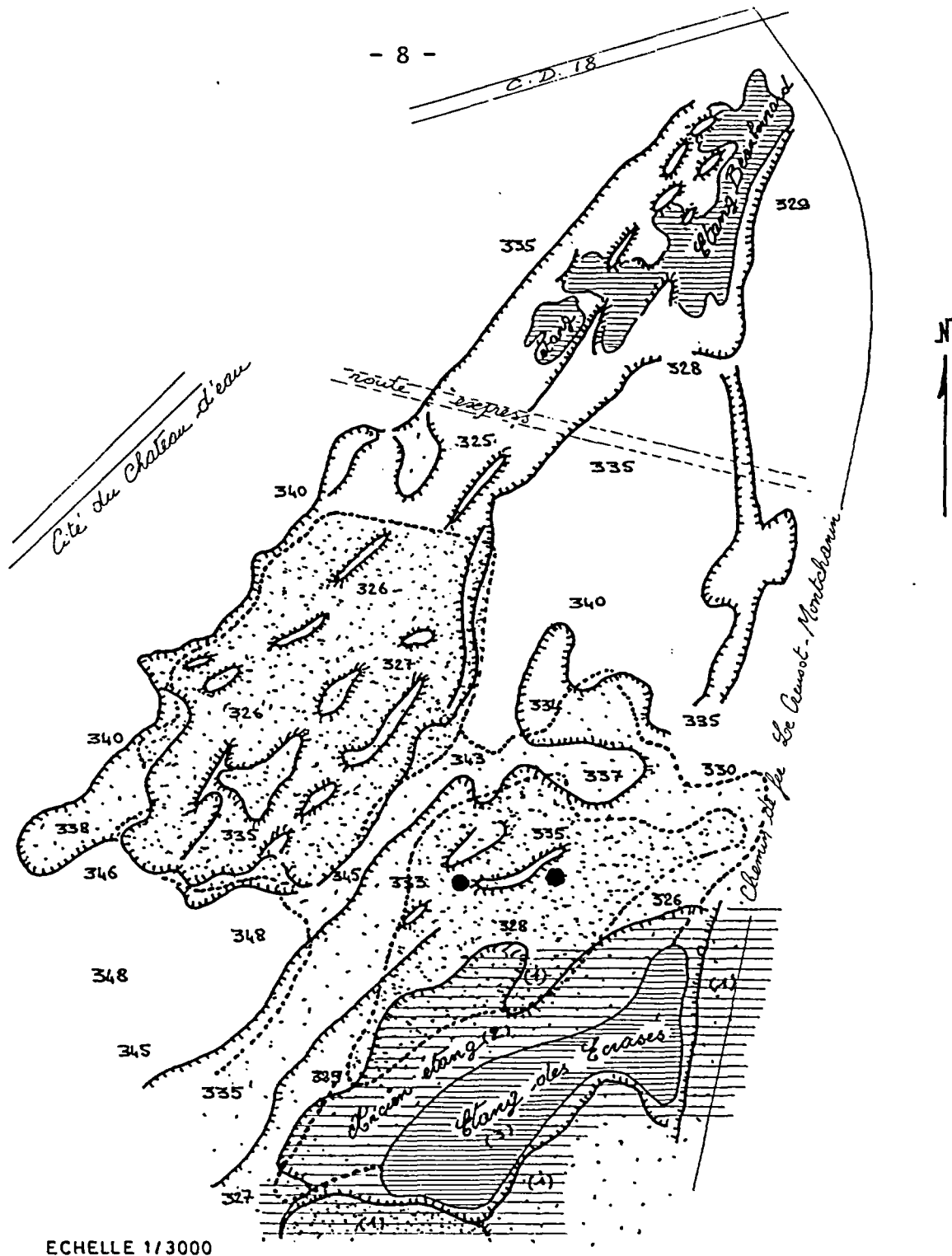


Fig. 2 - Le site des décharges de Montchanin. Etat initial et évolution

fronts de carrières et talus avant 1977, selon les cartes de l'IGN et de Géométra

345 cote NGF

évolution du Lac des Ecrasés
 (1) au début du siècle
 (2) avant 1977
 (3) actuel = étang des Ecrasés

terrain naturel avec ou sans remaniements anciens
 déblais/remblais identifiés après 1977
 ordures ménagères et déchets industriels

• puits Ségur 1 et 2

II

RESULTATS

1 - GEOGRAPHIE DU SITE DES DECHARGES DE MONTCHANIN ; ETAT INITIAL, EVOLUTION, CONSTITUTION

1.1 - Avant les mines et les carrières...

Le versant nord-ouest de la vallée de la Dheune et du Faux bras de la Bourbince s'élève de la cote 300 à une crête orientée SW-NE, culminant à 350 m, futur quartier du Château d'eau. Un léger vallonement parallèle à la crête marque l'emplacement de la future grande carrière d'argile (cf. figure 17, profil n° 1). Le lac des Ecrasés n'apparaîtra sur les cartes qu'à partir de 1902 (profil 3).

1.2 - Avant l'ouverture du centre

1.2.1 - LES CARRIERES

Des carrières sont à l'abandon (figure 2 et profil 4 de la figure 17. Elles ont été ouvertes pour l'exploitation de l'argile pour tuiles et briques.

- Une grande carrière est creusée au NW du site. Elle a 700 m de longueur, 70 à 170 m de large et 5 à 15 m de profondeur. Elle est allongée sur un axe SW-NE. Le fond est à la cote 325, occupé à l'extrémité nord-est, par les deux étangs Beaubernard, reliés par une buse. Le terrain s'élève, en bordure, de 330 m au NE, à 345 m, au SW.
- A quelques dizaines de mètres au SE, des excavations irrégulières s'échelonnent parallèlement à la carrière nord-ouest, et s'ouvrent dans la pente du versant. Le fond est entre les cotes 330 et 335, les bords, entre 335 et 345.
- Une autre zone d'excavations prolonge jusqu'au quartier de la gare la dépression du lac des Ecrasés. Elle sera comblée de matériaux divers et il ne restera qu'une partie du talus nord, sous la Cité PLM.

1.2.2 - LA "CLOISON RESIDUELLE"

Entre ces deux zones de carrières le terrain laissé en place à 343/347 m d'altitude est très étroit : il mesure 15 à 30 m de large sur 130 m de longueur, environ, dans la zone du futur passage creusé entre les deux décharges.

1.2 3 - LE LAC DES ECRASES ET SES REMBLAIS

A une distance de 50 à 100 m au SE des carrières se trouve le lac des Ecrasés, de 8 à 12 m de profondeur. L'eau est à une cote voisine de 323 m. La surface est en régression :

- coupé en deux parties - l'étang des Ecrasés au SW et l'étang de la Terre des Ecrasés au NE - par le remblai de chemin de fer du Creusot à Montchanin ;
- recoupé en deux au niveau de l'étang nord-est, par des remblais ;
- gagné au Sud par deux décharges, une dans chaque étang ;
- réduit au Nord par une avancée en feuille de chêne dans l'étang des Ecrasés, qui évoque une zone de dépôt de déblais de mines ou de carrières.

1.2.4 - LES AMENAGEMENTS LOGISTIQUES

Entre le lac et les carrières sud-est, le terrain, en forme de replat, est sillonné par des chemins, occupé par deux puits de mines (les Puits Ségur) et creusé par une tranchée en arc de cercle qui permettait à des wagonnets de desservir la zone des étangs Beaubernard. Divers dépôts et couches de renforcement (en tuiles et briques cassées par exemple) recouvrent localement le sol.

Quand la route express de Chalon au Creusot est construite, son talus coupe en deux la grande carrière nord-ouest et la tranchée de roulement. Des buses sont placées sous ce recouvrement.

1.2.5 - LES EXUTOIRES DES ETANGS

L'eau se maintient en permanence dans les étangs. Un battement de 50 cm du lac des Ecrasés est signalé. Le trop plein est assuré par des canalisations souterraines. Ainsi l'eau des étangs Beaubernard rejoint le réseau hydrographique du vallon de la gare qui descend au grand étang de Longpendu et l'eau du lac des Ecrasés s'écoule dans le vallon d'Avoise vers les grands étangs de Montchanin.

1.2.6 - LES MINES

Le gisement de charbon et le dispositif minier font l'objet d'une présentation spécifique au chapitre 4. En résumé les installations de surface et les descenderies sont, au siècle dernier et au début du XXème siècle, au coeur de la zone actuelle du lac des Ecrasés et de la zone industrielle et commerciale actuelle. Tout proche de la surface à cet endroit, le gisement plonge à 45° vers le NW et son extrémité, à 100/120 m de profondeur, est sous la future décharge d'ordures ménagères



Fig. 3 - Photographie du site des décharges de Montchanin. Mission IGN du 16/07/1986

LEGENDE

a : route express, direction Le Creusot. b : étangs Beaubernard. c : gare de Montchanin ; vers le vallon descendant à l'étang de Longpendu. d : cité du Château d'eau. e : ancienne cité et butte de la Glacière. f : décharge de déchets industriels en cours d'exploitation. g : zone de la future fosse d'emprunt. h : avenue de la République. i : entrée du centre. j : décharge d'ordures ménagères en cours d'exploitation. k : usine sur ancienne décharge de Montchanin. l : étang des Ecrasés. m : remblai de la voie ferrée Le Creusot-Montchanin. n : étang de la Terre des Ecrasés. o : ancienne décharge. p : route express, direction Chalon, sur ancienne carrière remblayée. q : quartier du CES et d'Avoise.

(figure 17). Le réseau des galeries se prolonge jusqu'au NW de la zone des carrières, mais, pour l'essentiel, à grande profondeur (500 m). Toutefois elles sont reliées aux puits Ségur et à d'autres puits situés à la périphérie sud du futur centre.

Comme en témoignent certains puits miniers de Montchanin, le réseau est entièrement noyé.

1.3 - Pendant l'exploitation du centre, entre 1977 et 1988

1.3.1 - ELARGISSEMENT ET APPROPFONDISSEMENT DES EXCAVATIONS

Au SW de la route express les fronts de la grande carrière sont reterrassés, les excavations sud-est élargies, les fonds creusés de fosses pour l'enfouissement des déchets (figure 3 et profil 7 de la figure 17).

Notre dossier ne comporte pas de plan d'exploitation détaillé permettant de suivre l'évolution des aménagements avec précision. Selon les résultats de l'enquête et de l'analyse photographique, la ou les fosses descendent à une quinzaine de mètres sous le fond de l'ancienne carrière nord-ouest. La cote 310 aurait été atteinte, voire dépassée selon l'ADEM.

Sous la décharge d'ordures ménagères la profondeur des creusements n'a pas été déterminée mais nous avons constaté qu'elle pouvait atteindre une cote égale ou inférieure à celle du lac des Ecrasés.

1.3.2 - CREUSEMENT D'UN PASSAGE ENTRE LES DEUX SITES DE DECHARGE

La "cloison résiduelle" est abattue sur 10 m de profondeur pour aménager un col de passage entre les deux sites de carrières. Une fosse pour malaxage des déchets avec de l'argile est creusée sur ce col (profils 6 et 7).

1.3.3 - DEVERSEMENT DES DECHETS SUR L'ETANG DES ECRASES

Les photographies aériennes témoignent de l'avancée de la décharge sur le lac, en talus de déversement.

1.4 - Etat actuel

1.4.1 - GEOMETRIE DES DECHARGES

Le contour de la décharge de déchets industriels est connu assez précisément. Il s'inscrit dans les limites de l'ancienne carrière, sauf à l'Est, où la paroi semble avoir quelque peu reculé dans cette direction.



Fig. 4 - Panorama du site

1 - dôme sommital de la décharge de D.I. (347 m). 2 : Cité du Château d'eau. 3 : décharge de D.I. 4 : talus sablo-argileux. 5 : rampe d'accès aux bassins. 6 : bancs subverticaux argilo-gréseux de la formation de Torcy. 7 : bassin de récupération des lixiviats (325m). 8 : fossé : affleurement de grès subverticaux de la formation de Montfaucon. 9 : route express. 10: bancs de grès et d'argile subverticaux (f. de Montfaucon). F: "Faille permienne", avec "lame" d'argile broyée gris foncé à droite. 11 : "cloison résiduelle". 12 : tas de mâchefer. 13 : talus nord-est avec affleurement de Houiller à charbon. 14 : emplacement de la fosse ANRED nord. 15 : emplacement de la fosse ANRED est. 16 : décharge d'ordures ménagères. 17 : étang des Ecrasés (324 m).

Le contour de l'autre décharge est beaucoup plus complexe et incertain. Un premier périmètre est tracé pour les dépôts de résidus urbains postérieurs à 1984, connus du technicien du site. Mais il est largement enveloppé par une zone de remblais et remaniements divers. Le contour extérieur que nous avons retenu correspondrait à l'ensemble remanié depuis l'abandon des carrières.

En hauteur, la décharge de déchets industriels culmine en dôme à 347 m (figure 4), soit 24 m au-dessus du lac des Ecrasés, 22 m au-dessus du fond de l'ancienne carrière, et au moins 37 m au-dessus du fond actuel de la décharge. La décharge d'ordures ménagères forme une terrasse entre les cotes 330 et 339 m. Le col entre les deux décharges a été remblayé sur quelques mètres. Il est à 334/337 m et donc nettement dominé par la décharge nord-ouest.

1.4.2 - COMPLEMENT PARTIEL DE L'ETANG DES ECRASES

La décharge d'ordures ménagères se termine en talus qui empiète sur l'étang, sur une distance de 40 à 60 m de la rive initiale, (dans le secteur ouest). Ainsi, la surface du lac d'origine aura presque été divisée par deux.

1.4.3 - CONDITIONS DE MISE EN DEPOT DES DECHETS

A notre connaissance, aucun écran n'a été disposé entre le terrain encaissant et les déchets. Ils s'appuient sur le terrain en place, partiellement sur d'anciens remblais (décharge d'ordures ménagères), localement sur des ouvrages de confortement des parois par empilement de blocs de grès (bord sud de la décharge de déchets industriels) ou sur des amas rocheux (grès) laissés en place (fond de la décharge).

A l'intérieur même de la décharge de déchets industriels, les dépôts ont été disposés en alvéoles avec malaxage à l'argile.

L'ensemble des dépôts a été recouvert par une couche d'argile plus ou moins sableuse. Selon la CPGF son épaisseur sur la décharge de déchets industriels varie de 0,6 à 2,6 m.

2 - SITUATION ET CONSTITUTION GEOLOGIQUES DU CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE

2.1 - Situation particulière du Centre dans le bassin permo-carbonifère de Blanzky - Le-Creusot

Montchanin et l'ensemble de la zone d'impact potentiel des décharges s'inscrivent dans le bassin permo-carbonifère de Blanzky - Le Creusot, sur sa bordure sud-est. Le centre d'enfouissement est exactement à l'aplomb de la zone de contact entre le terrain houiller, minier, au SE, et le terrain permien, au NW (figures 5, 6 et 16 bis).

- la décharge d'ordures ménagères est sur les couches schisto-argileuses, gréseuses et charbonneuses du Stéphanien ;
- la décharge de déchets industriels est sur la série schisto-gréseuse "saxonienne" reconnaissable à sa teinte rouge ou bariolée.

Un accident, dit "faille permienne" les sépare. Il s'agit d'une zone faillée, d'axe SW-NE, qui abaisse structuralement les couches de plusieurs centaines de mètres au NW.

2.2 - Compartiment de la décharge de déchets industriels : la formation gréseuse de Montfaucon et la formation argileuse de Torcy

Dans le compartiment nord-ouest, deux formations affleurent :

- la formation de Montfaucon, essentiellement gréseuse, bariolée ;
- la formation de Torcy, essentiellement argileuse, rouge.

Toutes deux sont faites d'une interstratification de bancs de grès plus ou moins argileux et de bancs de "schistes" ou argilites, dures et plus ou moins gréseuses ou silteuses (phase de sable très fin). Mais, dans la formation de Torcy, les strates argileuses s'épaississent considérablement, la granulométrie s'affine et les grès sont plus ou moins réduits à l'état de lentilles. Le passage d'une formation à l'autre n'est pas précisément observable ni décrit.

La formation de Montfaucon affleure en couches subverticales entre les deux décharges. La formation de Torcy constitue l'essentiel du terrain encaissant de la décharge de déchets industriels : l'argile rouge était le matériau extrait de la carrière. Le pendage des couches est plus difficile à suivre. Il serait subvertical au N et plus ou moins fortement incliné vers le NW à l'W et au S de la décharge.

Selon la carte géologique, la formation de Torcy affleure jusqu'à la vallée de la Bourbince, mais le terrain est loin d'être exclusivement argileux : des barres de grès orientées SW-NE et plus ou moins fortement inclinées vers le NW affleurent sur la crête du Château d'eau et au-delà, sur le versant.

2.3 - Compartiment de la décharge d'ordures ménagères : grès, schistes argileux et charbon du Houiller

La décharge d'ordures ménagères s'appuie sur la faille permienne et s'étend sur le Houiller constitué par une alternance de bancs de grès, d'argilites, de sédiments à granulométrie intermédiaire et de charbon. L'ensemble est plissé : le pendage des couches est de une à plusieurs dizaines de degrés, tourné vers le NW et localement, dans des directions variables (N, NE au NE du site).

A l'aplomb du centre, le gisement de charbon exploité est entre 120 et 70 m de profondeur sous la partie sud de la décharge. Il remonte vers la surface au-delà du lac et le terrain schisto-gréseux se prolonge jusqu'au bas du versant de Montchanin où affleure le socle granitique.

2.4 - Epaisseur des formations de Torcy, de Montfaucon et du Houiller

L'épaisseur des séries permienes et houillères se compte en centaines de mètres. D'après les indications minières, celle du Houiller sous le site est supérieure à 700 m. La formation de Montfaucon est connue sur plus de 150 m en sondages mais l'épaisseur réelle n'a qu'une importance relative puisque les couches plongent à la verticale... Par contre on ne connaît ni l'épaisseur totale de la formation de Torcy, ni son épaisseur sous la décharge car la nature de son contact avec la formation de Montfaucon en bordure nord-est de la décharge (normal ? par faille ?) et le pendage de la couche ne sont pas précisément déterminés.

2.5 - Fracturation tectonique

Des champs de failles et de diaclases multidirectionnels affectent l'ensemble des deux compartiments (figures 7 et 8). Certains accidents sont orientés SW-NE, parallèlement à la faille permienne ; d'autres la recoupent et la décalent. Les plans de fractures observables sont le plus souvent subverticaux mais aussi obliques, plus rarement de faible pendage (10 à 20°). De plus, le compartiment houiller, celui de la décharge d'ordures ménagères, comporte une fracturation qui lui est propre (anté-permienne).

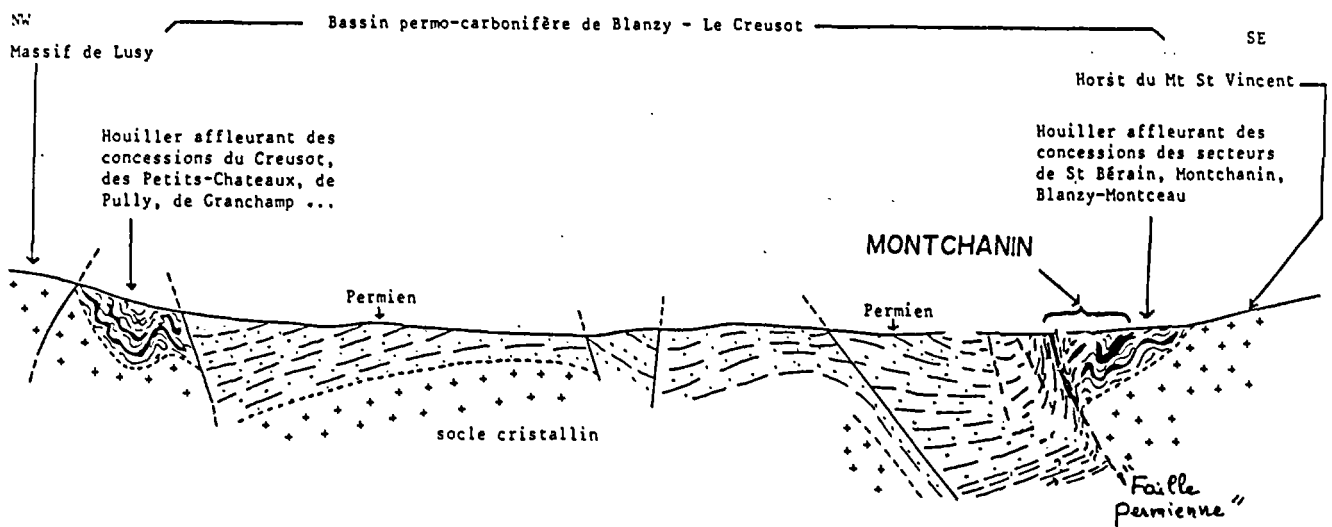
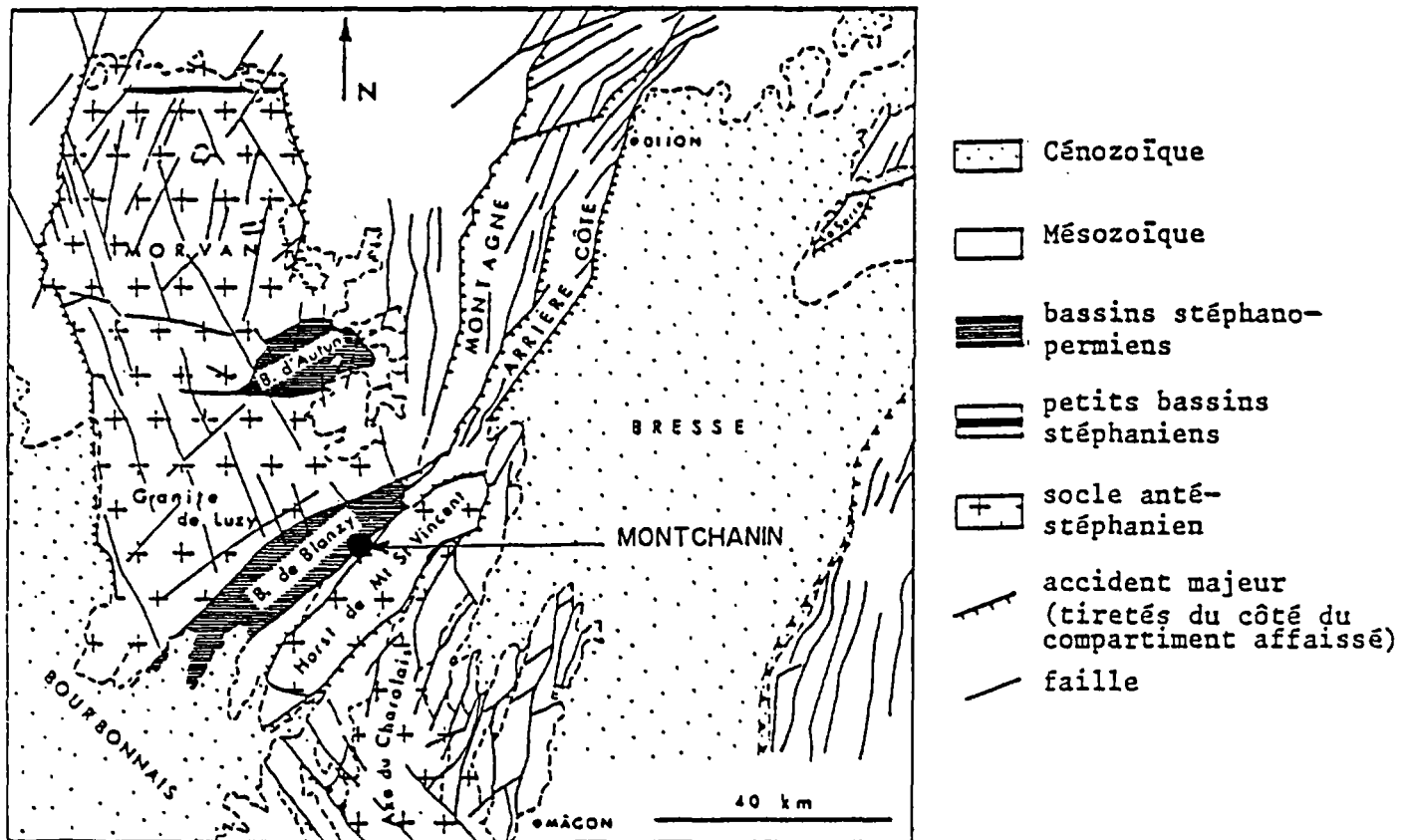


Schéma inspiré de la coupe figurant sur la carte géologique à 1/80 000, feuille de Montceau-les-Mines

Fig. 5 - Situation géologique de Montchanin

figure supérieure : extraite de la figure 2 de la thèse de B. VALLE (1984)

figure inférieure : extraite de la figure 8 du rapport 81 SGN 422 BOU du BRGM (1981)



Des accidents de ce type et la "faille permienne" proprement dite ont été observés sur le terrain du Centre, sur les talus, dans les fossés et les fouilles conduites par l'ANRED en 1990. D'autres mesures ont été faites autour des étangs Beaubernard et sur le versant nord-ouest du massif. Enfin les indices d'une telle fracturation ont été relevés sur les coupes des travaux miniers, sur les documents cartographiques édités ou inédits et sur les photographies aériennes.

Sur le Centre, trois zones au moins paraissent particulièrement faillées (figure 6) :

- la zone nord du site, située entre la décharge et les étangs Beaubernard ;
- la zone de la "faille permienne" et en particulier de la "cloison résiduelle ;
- la zone nord-est de la décharge d'ordures ménagères ; de la faille permienne à la faille de Ségur.

En outre deux accidents pourraient longer :

- l'un (faille 5 sur la figure 9), la bordure nord-ouest de l'ancienne grande carrière et donc de la décharge de déchets industriels (faille 5 sur la figure 9 ou relais de failles SW-NE ?),
- l'autre (6), le talweg de la bordure nord de la Cité PJM, jusqu'au remblai de la route express, avec prolongement sur le site dans la zone des bassins (faille unique SSW-NNE ?).

Aucune observation n'est possible dans la zone sud-ouest de la décharge de déchets industriels, sinon par photographies aériennes. Des indices d'accidents y sont également relevés mais sans moyen de confirmation et d'identification.

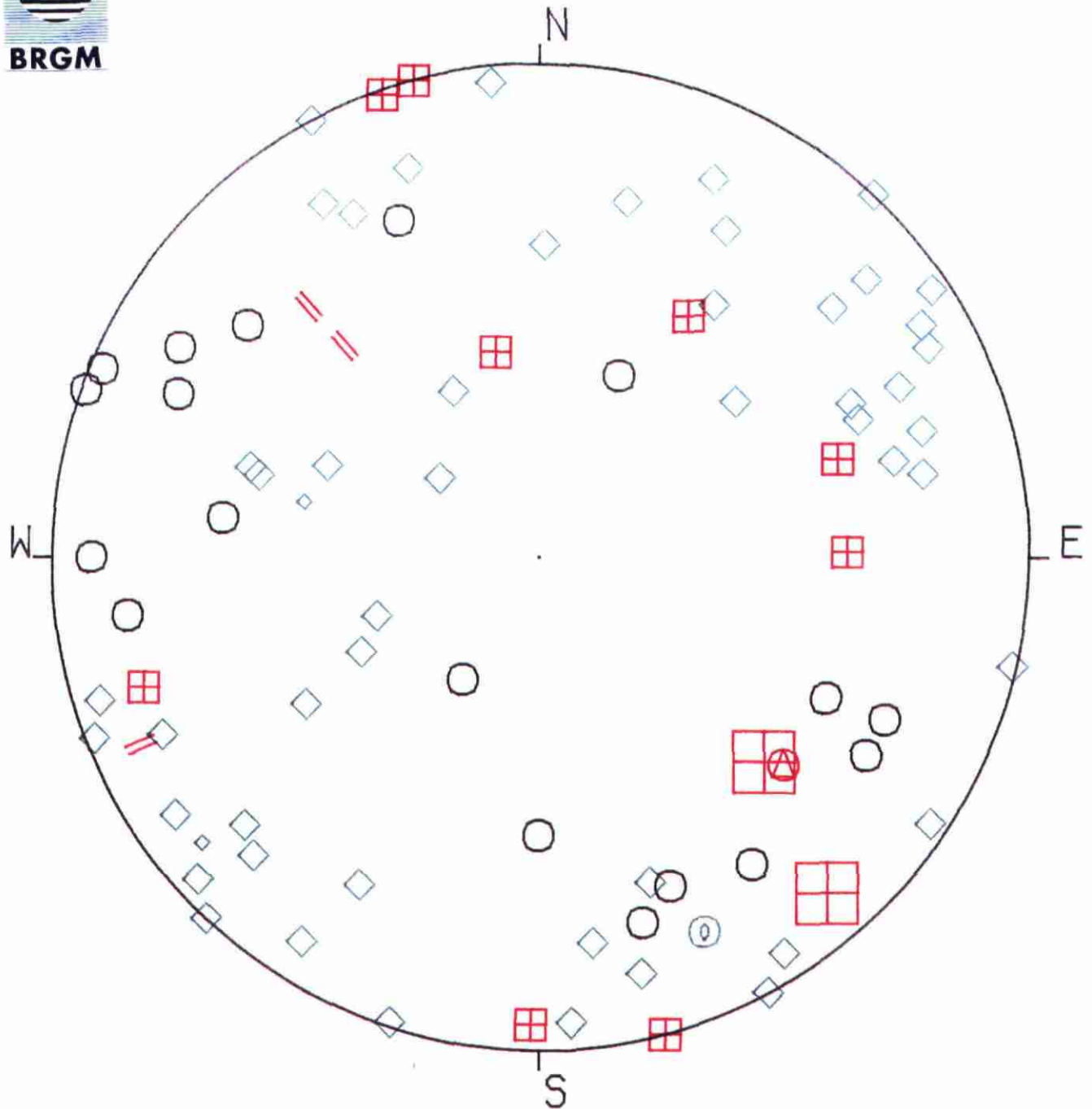
Une double question est donc posée par ce constat de fracturation :

- quel réseau de fissures ouvertes induit-elle ?
- à quelle structure précise correspondent ces accidents ?

A cette seconde interrogation, nous répondrons partiellement en présentant au chapitre suivant les particularités des diverses zones du Centre. Pour la première, la réponse possible en l'état actuel de connaissance du site n'est ni complète, ni définitive. En effet la fracturation examinée sur le site est dans la zone superficielle du substratum soumise aux phénomènes de décompression. Nous y avons observé des fractures ouvertes subverticales et obliques, avec ou sans suintements, dans plusieurs directions. Mais en profondeur le phénomène s'atténue progressivement et l'ouverture du réseau s'organise en fonction des contraintes tectoniques. Les études hydrogéologiques et tectoniques que nous avons faites en Bourgogne et notamment en Morvan, montrent l'ouverture probable des fractures subméridiennes à NNE-SSW, N 70-90 et N110-145, toutes représentées sur le site.



DECHARGE DE MONTCHANIN



FRACTURATION TOTALE

PROJECTION DE SCHMIDT HEMISPHERE INFERIEUR

83 points

LEGENDE :

- STRATIFICATION
- == STRIE
- ◇ DIACLASE

- ▣ FAILLE
- STARTI/DIACLASE
- ◇ PETITE DIACLASE

- ▣ GRANDE FAILLE
- STARTI/FAILLE

(ces points sont les pôles des plans de fractures projetés sur l'hémisphère inférieure. Le plan est perpendiculaire à l'axe pôle-centre de la sphère)

Fig. 7 - Stéréogramme de la fracturation totale relevée sur les affleurements nord et nord-est du centre

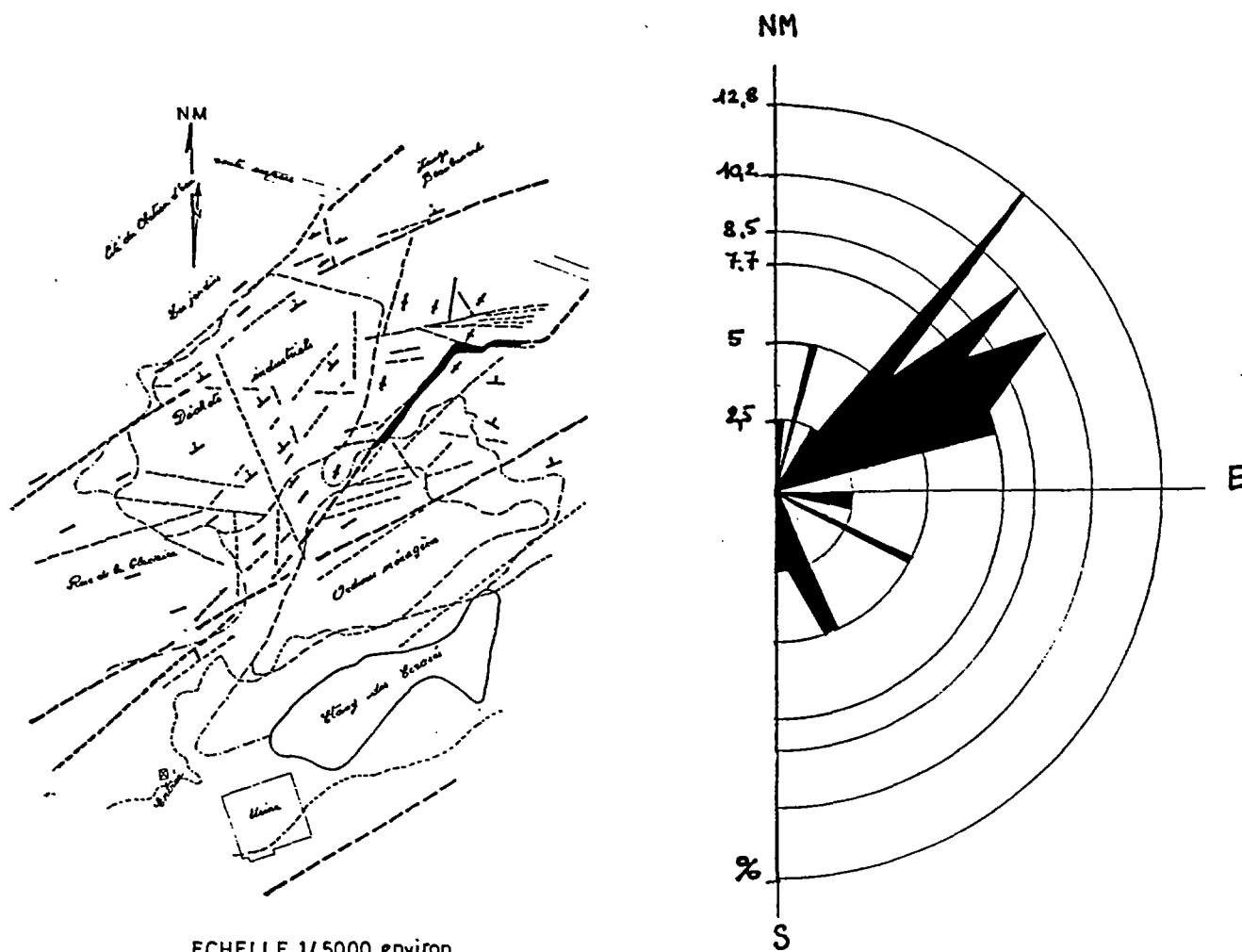


Fig. 8 - Diagramme de distribution des fréquences de directions des indices de failles subverticales relevés sur photographies aériennes

Nombre d'indices mesurés : 39
 Nord de référence : Nord magnétique
 Date de l'interprétation photographique : Mars 1990

2.6 - Substratum altéré et formations superficielles

Les roches affleurantes présentent une altération plus ou moins accentuée selon la profondeur, le faciès et la zone structurale considérée. De plus, elles sont irrégulièrement recouvertes de formations résiduelles, colluviales et anthropiques.

2.6.1 - NATURE ET PROFONDEUR DU SUBSTRATUM ALTÉRE, GRESO-SABLO-ARGILEUX

Dans la zone d'altération météorique, les grès quartzo-feldspathiques et micacés se décomposent progressivement en sable argileux et les argilites perdent leur cohérence, se fissurent, s'ameublissent. Le terrain est alors constitué par une alternance de grès dur (à matrice silicifiée ou carbonatée), de grès argileux (kaolinisés), de grès sableux et d'argiles dures à débit polyédrique ou d'argile tendre, voire plastique (figure 10).

La profondeur de la zone d'altération est irrégulière et difficilement délimitable. L'interprétation selon laquelle la profondeur des carrières a été déterminée par la dureté du matériau conduirait à localiser *l'essentiel de l'altération dans la zone des 10 à 15 premiers mètres du substratum*. Des niveaux de grès sableux ou d'argile tendre sont signalés dans les sondages du Centre jusqu'à 10 ou 15 m et dans le bassin de Blanzky-le-Creusot ; nous avons parfois observé des grès déconsolidés sur plusieurs dizaines de mètres de profondeur.

Cette altération s'observe du haut en bas des talus actuels de 5 à 10 m de hauteur.

2.6.2 - NATURE ET EPAISSEUR DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Des sables quartzo-feldspathiques et argileux, recouvrant le substratum à Montchanin sur les reliefs, ont été observés sur plusieurs mètres, décrits et analysés (illite dominante en surface, kaolinite en profondeur). Dans les vallons s'accumulent sur quelques mètres des colluvions argilo-sableuses et des alluvions sablo-gravelenses et limoneuses (vallon de la Gare, vallée des grands étangs). Mais sur le site et à ses abords les formations superficielles sont surtout constituées par le produit des apports et des remaniements mentionnés plus haut. De la décharge d'ordures ménagères à la ville, à la gare, et à la zone sud-est du lac des Ecrasés les formations anthropiques ont remplacé ou masqué les formations naturelles. Elles ont souvent plusieurs mètres d'épaisseur et sont partiellement encaissées dans le terrain naturel (carrières et dépressions minières comblées du complexe lié au lac des Ecrasés).

3 - PARTICULARITES GEOLOGIQUES DES DIVERS "COMPARTIMENTS" DU SITE

3.1 - Fond et parois de la décharge de déchets industriels

3.1.1 - FOND ARGILEUX A LENTILLES GRESEUSES (FORMATION DE TORCY)

Un seul sondage (A2 - 1978) a confirmé en un point la présence d'au moins quelques mètres d'argile sous la décharge (20 m d'argile sous le fond de l'ancienne carrière). Le substratum n'est donc essentiellement connu que par les observations partielles de 1977, les témoignages et les déductions géologiques (coupe de la figure 17).

Le terrain serait constitué par d'épaisses couches d'argilite silteuse ou gréseuse (épaisseur métrique à décimétrique), avec bancs de grès intercalaires, lenticulaires, grossiers à fins, d'épaisseur très variable (centimétrique à plurimétrique). Le pendage serait subvertical ou incliné vers le NW sur la plus grande partie de la zone (figure 11). Des amas de blocs provenant du démantèlement des bancs de grès lors du creusement des fosses les occuperaient localement. L'ensemble était affecté par des fractures plus ou moins parallèles aux plans de stratification (N 40 à N 60) et des fractures transverses (voisines des axes N-S, E-W et NNW-SSE ; cf. figure 6).

3.1.2 - PAROIS ARGILEUSES ET GRESEUSES (formations de Torcy et de Montfaucon)

La paroi orientale est constituée par des bancs de grès subverticaux (figure 11c), fracturés, de direction N à N 30 (proche de celle de la paroi). Une partie de la fracturation, subméridienne, est proche du plan de stratification ; l'autre est transverse (essentiellement N 70 à N 90 et N 140 à N 160).

La paroi occidentale serait également affectée ou bordée par une zone de faille(s) de même direction (N 50 - faille 5 des figures 6 et 9) et au moins en partie gréseuse (figure 10a), les bancs étant inclinés (vers le NW ?) ou subverticaux.

Au NE, les déchets paraissent encaissés dans un terrain essentiellement argileux mais remanié en surface et très fracturé dans la zone du bassin des eaux extérieures (convergence des failles 5 et 6).

La paroi sud, sous la butte de la Glacière et jusqu'au col, est la moins bien connue. Elle pourrait être essentiellement argileuse vers le vallon sud-est et en partie gréseuse au Sud.

3.2 - Fond et parois de la décharge d'ordures ménagères

3.2.1 - FOND HETEROGENE

La connaissance du substratum de cette décharge est imprécise. Elle est fondée sur l'historique du site (DDASS, 1988 ; examen des photographies aériennes), et sur les déductions à partir des sondages de la bordure nord-est.

La géométrie du fond doit être très irrégulière et le substratum, très hétérogène, constitué par le Houiller altéré et fracturé, des remblais fins et grossiers (brique par exemple), des ouvrages comme les deux puits Ségur, comblés par l'exploitant, et les formations (vases ? remblai ?) du fond de l'ancien lac des Ecrasés (figure 2).

Les indices relevés sur photographies aériennes conduisent à tracer un champ de fractures particulièrement développé dans la zone nord (amont), entre la faille permienne, N 40, qui borde la décharge et un accident N 60, qui pourrait correspondre à la faille de Ségur des cartes anciennes. Cette zone serait quadrillée par des failles N 45, N 75, N 100 et N 160 (failles 1 et 3 de la figure 6).

3.2.2 - PAROI GRESO-ARGILEUSE NORD-EST (HOULLER)

La zone nord-est dans laquelle s'encaisse la décharge est mieux connue depuis les sondages S1 à S3 (figure 14), le creusement des fosses en 1990 et le talutage au nord du site. Les affleurements appartiendraient au Houiller altéré (figures 10 c à f) :

- alternance de bancs métriques de grès, d'argile ou de sédiments de granulométrie intermédiaire, avec interstratification de charbon ;
- grès fins à grossiers et conglomératiques (éléments de socle cristallin, centimétriques), à quartz, feldspaths roses et blancs, micas, fins débris charbonneux ("griffes") et matrice argileuse en pourcentage variable ;
- argile silteuse ou gréseuse, micacée (muscovite et biotite) ;
- charbon en veinules, lentilles décimétriques et couches plus développées ;
- altération marquée par la transformation partielle des grès en grès argileux (kaolinisation des feldspaths) et en sable (perte de cohésion), l'ameublissement des argilites, la décomposition du charbon (pulvérulence, texture tourbeuse), et la migration d'éléments ferromagnésiens le long des fissures.

Les sondages indiquent que cette alternance se poursuit en profondeur sur au moins 30 m, que l'altération est importante sur 8 à 12 m et qu'elle peut se poursuivre localement, plus profondément.

Les structures affleurantes montrent que le pendage des couches est variable (direction N 35 à N 135 et pente 12 à 65° vers le NW, le N ou le NE), et que la fracturation est multidirectionnelle, dense et ouverte.

3.2.3 - PAROI HETEROGENE ET FRACTUREE NORD-OUEST

La zone de bordure nord-ouest (rampe de l'entrée du centre au "col") est si remaniée et hétérogène qu'on ne sait plus exactement où s'arrêtent la décharge, les déblais et remblais anciens, les éboulis et formations superficielles de la butte de la Glacière... D'autre part, cette zone est celle de la jonction d'accidents comme la faille de Ségur et la faille permienne. La décharge borderait une zone de contact très fracturée entre le Houiller et la formation gréseuse de Montfaucon. Celle-ci constitue d'ailleurs la paroi d'une fosse de déversement des déchets sous le "col".

3.3 - Zone de séparation des deux décharges

La zone médiane entre les deux décharges a 150 m de large au SW et au NE du site et seulement 30 m dans la zone la plus étroite, c'est-à-dire au "col", entre les dépôts connus. Mais à cet endroit le substratum a été partiellement excavé, puis remblayé. La profondeur de ces remaniements serait de l'ordre de 5 m.

Trois éléments lithologiques et structuraux majeurs caractérisent cette "cloison résiduelle" (photographie de la figure 4) :

- elle est constituée par des bancs de grès et d'argile subverticaux (formation de Montfaucon, point n° 10) ;
- elle est longée en limite de la décharge d'ordures ménagères par la "faille permienne" (point F) ;
- elle est affectée par un champ de fractures transverses.

3.3.1 - CLOISONNEMENT GRESO-ARGILEUX SUBVERTICAL

Les grès bariolés qui affleurent au NE du col et sur sa butte témoin sont moyens, grossiers ou conglomératiques (lits d'éléments de socle cristallin de 1 à 15 cm), feldspathiques, micacés, parfois très compacts et durs, plus souvent kaolinisés, friables en surface, en bancs décimétriques à métriques. Les argiles rouges sont silteuses ou gréseuses, micacées, en strates de même épaisseur ou plus fines, friables et à débit laminaire ou polyédrique, ou sans cohésion, meubles. Les bancs sont verticaux ou très fortement inclinés (80°) vers l'Ouest ou vers l'Est. Leur direction évolue entre N 10 et N 30 et tend à se paralléliser à la "faille permienne" aux abords de l'accident.

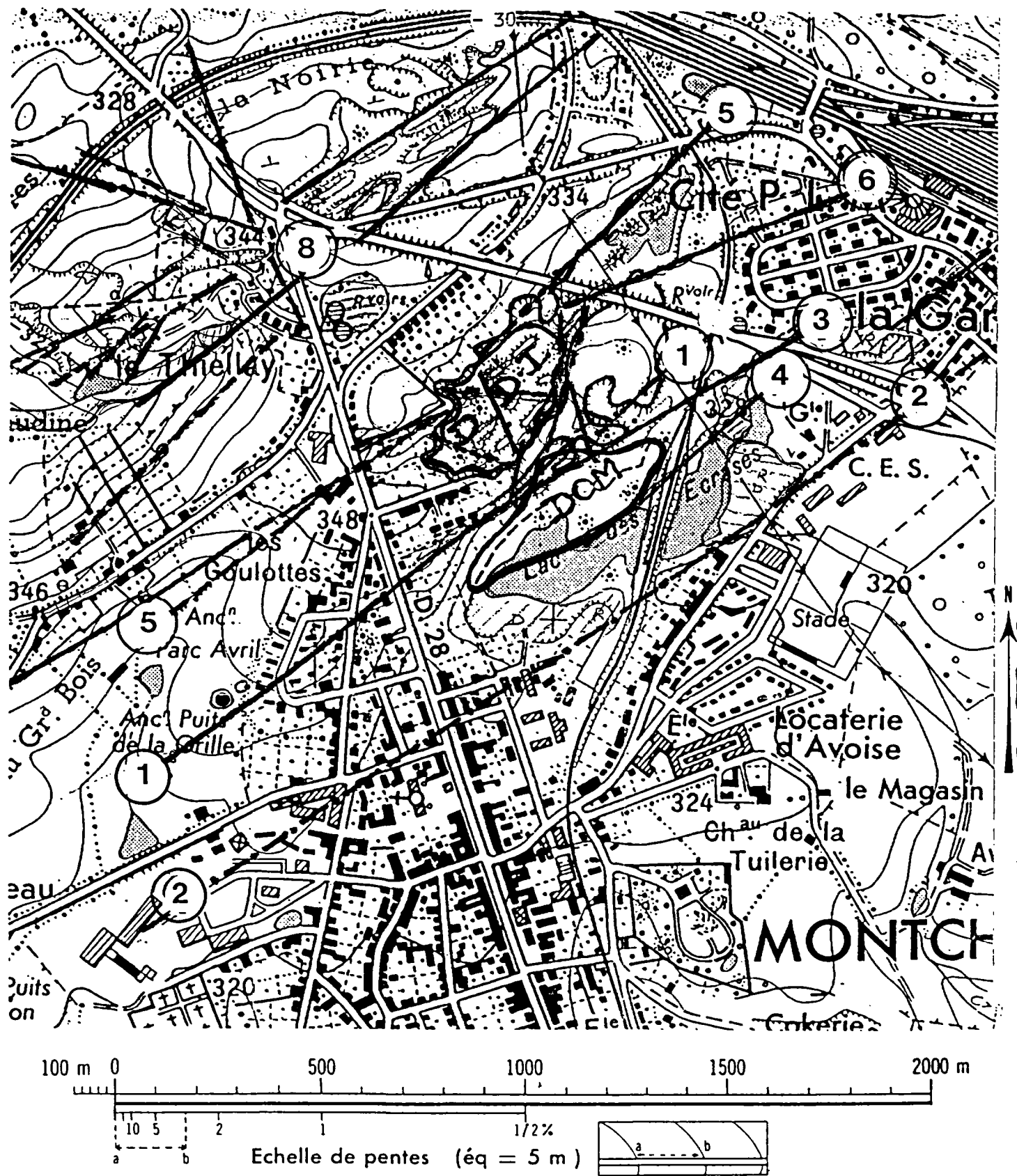


Fig. 9 - Carte des indices de failles de Montchanin relevés sur photographies aériennes

1 : "Faille permienne". 2 : "Faille médiane" (interprétation photogéologique H.B.B.). 3 : "Faille de Ségur". 4 : Faille du Lac (?). 5 : Accident les Goulottes-Beaubernard (?). 6 : Faille nord Cité PLM (?). 8 : Failles des anciennes carrières nord-ouest.

3.3.2 - "FAILLE PERMIENNE" ET "FAILLES TRANSVERSES"

La "faille permienne" apparaît sur le site comme un accident N 40 décalé par des accidents "transverses" (par rapport à la faille et à la "cloison résiduelle"). L'accident N 40 est constitué au NE du site par des plans de failles plus ou moins parallèles et subverticaux, encadrant une "lanière" de roches très fracturées, broyées, en partie argilo-silteuses ou argilo-gréseuses. Sa largeur est d'ordre décamétrique.

Une étude et un tracé détaillés de cet accident sont présentés dans le chapitre IV de l'argumentaire (volume B).

Vers le NE, un faisceau de failles N 70 à N 90 décale l'accident vers l'Est à l'extrémité orientale de la fosse d'emprunt (décrochement dextre). La lanière argileuse suit le mouvement.

Vers le SW, la seule approche possible du tracé de cet accident est géomorphologique. Le talus de la butte de la Glacière marquerait le passage de la "faille permienne". Des décrochements dans cette zone ne sont pas à exclure : une fracturation multidirectionnelle apparaît en effet sur les grès du col (N à N 25, N 120-130, N 150-165) de même que quelques petits décrochements cartographiables N 70 à N 90.



a



b



c



d



e



f

Fig. 10 - Divers aspects du substratum argilo-gréseux altéré

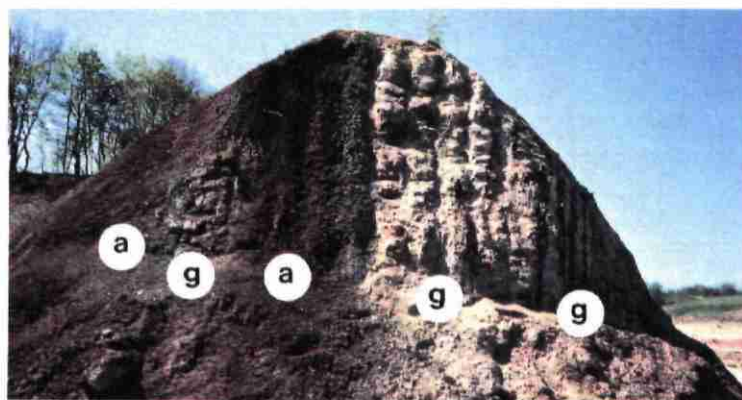
a : grès saxonien kaolinisé, décomposé en sable argileux ; bordure nord-ouest de la décharge de D.I. - b : décompression des diaclasses des grès de la formation de Montfaucon ; bordure est de la décharge de D.I. - c et d : argile (1), charbon (2), grès (3) tendres, friables ; talus au Nord-Est de la décharge d'O.M. - e : altération en boules des grès houillers ; fosse ANRED nord. f : schiste charbonneux du Houiller altéré en formation argileuse tendre, plastique ; fosse ANRED est.



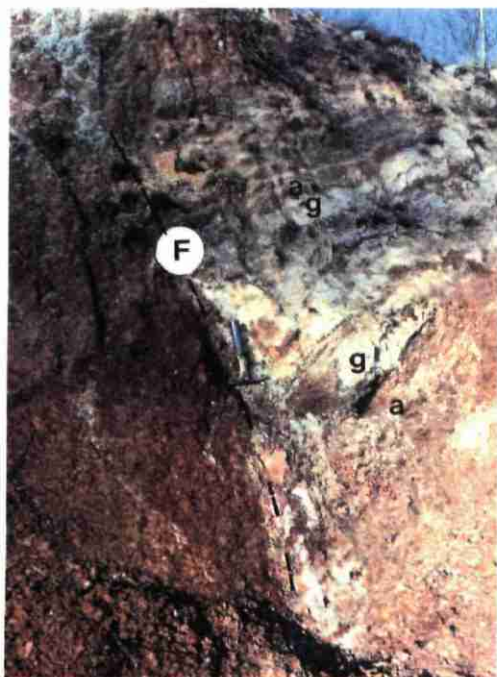
a



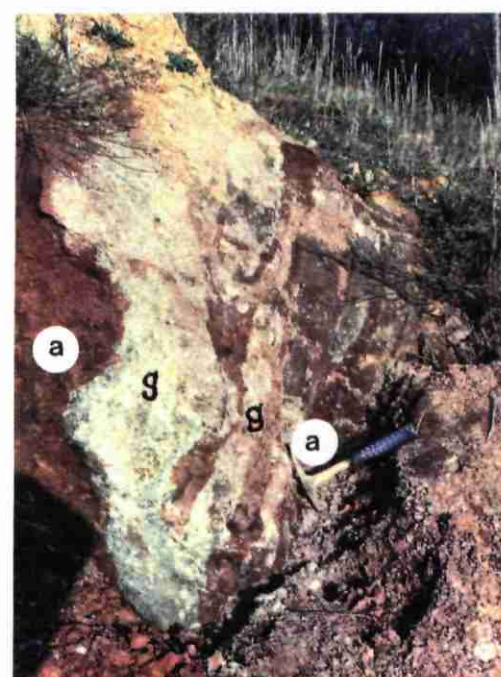
b



c



d



e

Fig. 11 - Stratification subverticale des argiles et grès permiers
au Nord et à l'Est de la décharge de déchets industriels

a et b : bancs lenticulaires de grès verticaux dans les étangs Beaubernard ; axe de la décharge ; formation de Torcy. d et e : interstratification plus ou moins lenticulaire de grès (1) et d'argile (2) sous la route express, face à la décharge ; formation de Torcy. c : argiles (a) et grès (g) de la formation de Montfaucon, entre les deux décharges. Faille (F) sur la photographie d.

4 - MINES ET AFFAISSEMENTS MINIERS

L'étude géologique permet de préciser en plan et en coupe :

- la géométrie du gisement de charbon,
- la localisation du réseau minier,
- l'impact des effondrements miniers,

par rapport aux installations du centre d'enfouissement technique et au complexe lié au lac des Ecrasés.

4.1 - Situation et constitution générales des mines de charbon de Montchanin

Les mines de Montchanin se sont surtout développées dans la deuxième partie du siècle dernier. Elles ont constitué un réseau de cavités de dépilage des amas charbonneux, de puits et de galeries d'exploitation et d'exploration. Sous le site, elles sont comprises entre la surface et 700 m de profondeur.

Abandonnées progressivement de 1900 à 1913, les mines se sont plus ou moins effondrées et ont été noyées par les venues d'eau fissurales et par les infiltrations depuis la surface ou les formations superficielles.

Une grande partie de l'activité extractive s'est concentrée sur la "Grande masse" de charbon ou "Amas Quetel" développée à l'aplomb du complexe du lac des Ecrasés et de la bordure sud de la décharge d'ordures ménagères. Des ouvrages d'exploration ont été poussés jusqu'au-delà de la "faille permienne", sous la zone de la décharge de déchets industriels.

Le secteur de Montchanin est relié aux autres par des galeries dont on a plus ou moins perdu la trace. Ainsi, un chapelet de mines s'étend sur plus de 4 km à travers les anciennes concessions de Montchanin et de Longpendu, du secteur des Mésarmes au SW au secteur des Sapinelles au NE de Montchanin.

Sous le site, le réseau minier se développe sur environ 300 m de large et 900 m de long. Le premier étranglement du réseau est à 450 m de la décharge d'ordures ménagères au NE et à 170 m au SW.

4.2 - Ouvrages miniers sous le centre d'enfouissement

Les documents miniers de la Société SCHNEIDER, dernier propriétaire de la concession, ont été en grande partie détruits et dispersés, mais un "plan d'ensemble" à l'échelle 1/1 000 a été conservé à Montchanin (voir figures 12 et 13). Il indique la présence des ouvrages suivants :

4.2.1 - PUIITS : 5 OUVRAGES D'EXPLOITATION OU D'EXPLORATION

- Puits Ségur 1 et 2 (B et C de la figure 12), de 135 et 510 m de profondeur, sous la décharge d'ordures ménagères, noyés, présentant une ouverture de 4 à 6 m et de 6 à 8 m de diamètre, selon les témoignages, et comblés par l'exploitant des décharges.
- Puits Jumeaux, ou Puits des Anglais (G) et Puits de la Machine (H), de 80 m, derrière les bureaux de l'entrée du centre.
- Puits de la Glacière (A), peu profond, en bordure de l'ancienne grande carrière nord-ouest, détruit par l'exploitation du Centre.
- Puits Neuf (D - profondeur inconnue), Quetel (E - 94 et 43 m) et Saint-Vincent (F - 709 m) à 70, 150 et 210 m au SE de la décharge d'ordures ménagères du lac des Ecrasés.

4.2.2 - MINE PRINCIPALE : ZONE DE DEPILAGE DE LA "GRANDE MASSE" (20 à 40 m d'épaisseur moyenne, 150 m de plongement à 45° et plusieurs centaines de mètres sur l'axe horizontal SW-NE)

- Premier étage d'exploitation (a) signalé à - 22 m par rapport à la cote de l'orifice du puits d'exploitation (vraisemblablement entre 325 et 330 m au Puits Saint-Vincent), sous la zone de la rive sud-est du lac des Ecrasés.
- Dernier étage signalé à - 102 m (b), sous la zone du talus aval de la décharge d'ordures ménagères.

4.2.3 - GALERIES D'EXPLOITATION ET D'EXPLORATION : RESEAU PROFOND

- Plusieurs galeries sous la décharge d'ordures ménagères entre les étages 96 et 135, reliant entre eux les Puits Ségur, Jumeaux, Neuf, Quetel et Saint-Vincent (c).
- Galerie à l'étage 145 (d), du Puits Ségur à la zone de bordure sud-est de la décharge de déchets industriels (90 à 100 m de longueur).
- Galerie à 500 m de profondeur (e), du Puits Ségur 2 au NW de la décharge de déchets industriels (longueur de l'ordre de 700 m).
- Courte galerie superficielle (f) formant, avec le Puits de la Glacière, un cul de sac (ouvrage détruit par l'exploitation du Centre ?).

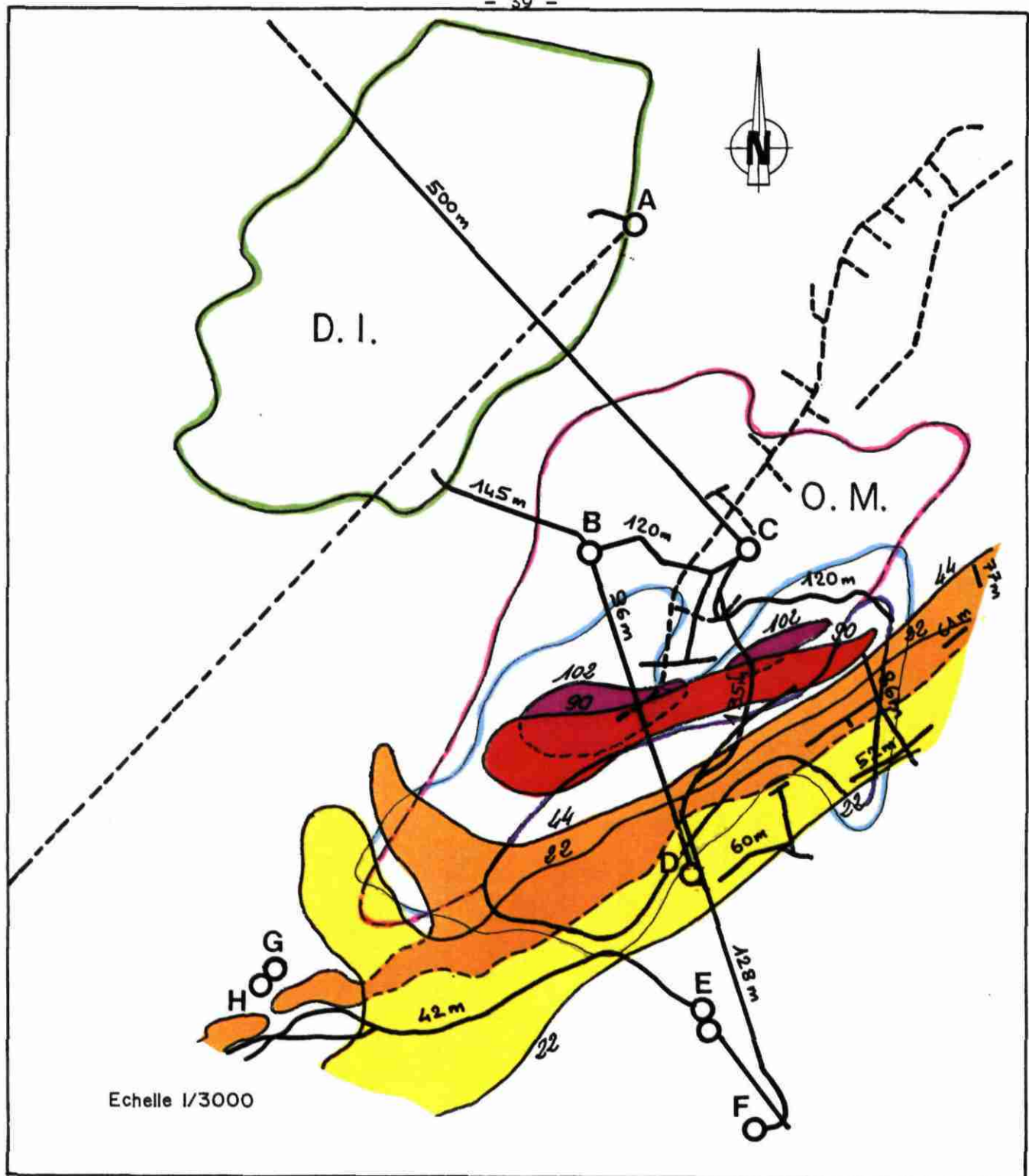
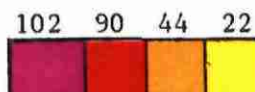


Fig. 12 - Gisement de charbon et mines de Montchanin



étages d'exploitation de "l'amas Quetel"



puits et galerie repérés sur plans miniers
plan de mines fourni par l'ADEM

A : puits de la Glacière. B : puits Ségur 1. C : puits Ségur 2. D : puits Neuf. E : 2 puits Quetel. F : puits St Vincent. G : puits des Anglais. H : puits de la Machine. G + H : puits Jumeaux



étang des Ecrasés
dépression de l'étang en 1976
décharge d'ordures ménagères (OM)
décharge de déchets industriels (DI)

4.3 - Galeries signalées par l'ADEM

L'Association de défense de l'environnement de Montchanin (ADEM) signale une galerie (g), d'environ 350 m de longueur, orientée SW-NE, à diverticules disposés en dents de râteau, aboutissant à un Puits Neuf situé non pas au SE mais au NW de l'étang des Ecrasés. La profondeur de la galerie n'est pas précisée.

De plus, l'ADEM trace une autre galerie (h) du Puits de la Glacière au Puits de la Grille, à 850 m au SW. Elle ne serait pas profonde puisqu'elle aurait provoqué l'effondrement d'une tour de l'ancien Château Avril. Le même tracé est porté sur un vieux plan minier conservé par les Houillères du bassin de Blanzky, mais il est prolongé tout au long du gisement houiller de la région de Montchanin et porte la mention : "tracé en surface de la faille permienne".

4.4 - Déformations du sous-sol provoquées par les affaissements miniers

4.4.1 - RESULTAT DE L'ETUDE THEORIQUE DES PERTURBATIONS A MONTCHANIN

Le dépilage des amas charbonneux et l'abandon des mines engendrent des effondrements. L'amplitude et l'étendue des déformations qui gagnent la surface dépendent :

- du mode d'exploitation et de remblaiement sur lesquels nous n'avons pas de données précises ;
- de la disposition et de la profondeur de la mine, sur lesquelles nous sommes mieux informés.

Les Houillères du bassin de Blanzky (HBB) ont l'habitude de l'étude prévisionnelle de ces déformations et nous leur avons demandé de déterminer, par calcul, la zone qui, théoriquement, pouvait être influencée en surface par le dépilage de la "Grande masse", telle qu'elle se présente sur nos documents.

Le contour tracé est ovoïde et englobe le gisement, le lac des Ecrasés, et la plus grande partie de la décharge d'ordures ménagères. Mais il pourrait aussi l'englober en quasi-totalité. Les HBB ont en effet remarqué qu'aux abords des zones particulièrement faillées, l'aire de déformation se déplaçait vers ces accidents. Or, sur ce site, le contour théorique de l'aire de déformation est, soit sur la "lanière" fracturée de la "faille permienne", soit sur la faille de Ségur, soit à quelques dizaines de mètres à l'est de ces accidents. Il n'est donc pas impossible que les déformations du sous-sol induites par les affaissements miniers aient gagné l'ensemble du substratum de la décharge d'ordures ménagères.

4.4.2 - NATURE ET CONSEQUENCES DES DEFORMATIONS

Les affaissements miniers peuvent provoquer le rejeu des fractures tectoniques (failles et diaclases), une fracturation nouvelle, une ouverture de cette fracturation, des basculements et glissements de blocs, etc. En surface, des cuvettes d'affaissement peuvent apparaître.

Nous n'avons pas les données précises qui permettraient de modéliser les déformations induites par la mine de Montchanin. Trop de facteurs, d'ordre lithologique, tectonique et minier, sont en jeu. On retiendra seulement :

- que cette mine a favorisé la fracturation et l'ouverture d'une fracturation du sous-sol de la décharge d'ordures ménagères ;
- qu'une relation est donc très probable entre la surface, le réseau de fractures et le réseau minier ;
- que l'affaissement minier s'est probablement traduit en surface par la formation du lac des Ecrasés.

4.4.3 - LE LAC DES ECRASES : UNE CUVETTE D'EFFONDREMENT NOYEE ET EN PARTIE COMBLEE PAR LA DECHARGE

Cette origine du lac des Ecrasés paraît confirmée :

- le fait est acquis pour les mineurs de la région et le nom "d'Ecrasés" est inspiré de ce phénomène ;
- le grand contour du lac, tel qu'il apparaît sur les cartes et photographies aériennes anciennes, est exactement superposé à la "Grande masse" de charbon exploité ;
- le lac n'apparaît sur les cartes qu'à partir de 1902.

Nous avons signalé précédemment que la décharge d'ordures ménagères avait reculé de 40 à 60 m vers le SE de la rive du lac. Mais la limite de l'effondrement doit correspondre, non pas seulement à la surface de cet ancien plan d'eau, mais au sommet du talus représenté sur les cartes anciennes autour de ce lac (carte à 1/2 000 de GEOMETRA). La surface de la cuvette d'effondrement couverte par la décharge d'ordures ménagères et par ses remblais périphériques aurait alors au moins 200 m de longueur dans l'axe SW-NE et 50 à 80 m de large dans l'axe SE-NW.



Fig. 13 - Carte des déformations dues aux effondrements miniers sous le site des décharges de Montchanin

gisement de charbon	déplacement possible de la zone vers les failles
faille majeure	décharge d'ordures ménagères
étang des Ecrasés	décharge de déchets industriels
dépression de l'étang en 1976	zone des remaniements
zone de perturbations d'après le calcul théorique	



.

.

.

.

.

.

—

5 - CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES GENERAUX DU SITE

5.1 - Cadre hydrogéologique et hydrographique général de la région de Montchanin

Montchanin et, plus généralement, toute la région du bassin de Blanzay - Le-Creusot, sont caractérisés par un terrain relativement humide en surface et peu perméable en profondeur : le substratum schisto-gréseux permo-carbonifère a une très faible perméabilité d'ensemble et maintient un écoulement de surface. Un chevelu hydrographique assez dense s'y développe. L'eau ruisselle, s'accumule dans les dépressions en formant des étangs naturels ou en alimentant de nombreuses retenues et nourrit de nombreux ruisseaux. Le site des décharges, lui-même, a ses étangs.

Mais ce "substratum" hydrogéologique est altéré et plus perméable en surface, et il est recouvert par des formations superficielles, également plus perméables. L'eau peut s'y infiltrer et former une nappe. Les nombreuses petites sources de la région en sont l'émergence. Ainsi, l'eau s'écoule en surface ou dans ces formations, selon leur perméabilité et l'altitude du point considéré par rapport au niveau de base local fixé par la Dheune et la Bourbince.

A partir des données de l'étude géologique, nous pouvons établir la coupe type suivante :

- C - couche superficielle de sable argileux résiduel ou colluvial (0 à plusieurs mètres, formation observée au NW de la décharge de déchets industriels) ;
- B - substratum permo-carbonifère altéré et fissuré, avec alternance de grès sableux et d'argile (quelques mètres à quelques dizaines de mètres, observé sur le site par sondages, sur affleurements et dans les fosses ANRED de 1990) ;
- A - substratum "sain" mais fracturé, avec alternance de "schistes" ou argilites dures et de grès et conglomérats (plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, partiellement observé par sondages).

En ajoutant à cette coupe des alluvions limoneuses et sablo-graveleuses emboîtées dans les formations C et B, nous schématisons le système hydrogéologique du bassin. En effet :

- chacune de ces formations a une perméabilité et une capacité d'emménagement de l'eau qui lui est propre ;
- dans les formations D, C et B, de plus ou moins grande perméabilité interstitielle, l'eau peut former par accumulation une nappe ou un ensemble de petites nappes lenticulaires, selon la granulométrie et la répartition des sédiments (interstratifications plus argileuses et moins perméables ou plus sableuses et perméables, ...) ;

- la zone B, comporte en outre un réseau de fissures ouvertes dû à la fracturation tectonique et à la décompression des roches en surface, favorisant l'écoulement ou l'accumulation de l'eau ;
- le substratum A, à très faible perméabilité d'interstice, peut lui-même être affecté par des écoulements localisés en raison de sa fracturation tectonique ; tout dépend de l'importance de l'ouverture du réseau de fractures, sous l'effet des contraintes tectoniques passées et actuelles, ainsi que de l'altération des lèvres de ces fractures, qui peut affecter le substratum sur une grande profondeur.

5.2 - Ecoulement des eaux

Les formations superficielles (zone BCD) comportent une nappe que l'on peut qualifier de libre d'un point de vue global, et le système est drainé en surface par le réseau hydrographique. La surface de la nappe, dans les formations superficielles, correspond, dans ces conditions, à la surface piézométrique, ou surface d'équilibre hydrodynamique. Dans la région de Montchanin, hors des reliefs trop prononcés, on peut considérer qu'elle est à faible profondeur, proche d'une surface parallèle au sol dans les interfluves et qu'elle tend à rejoindre la surface des fonds de vallées drainées.

A Montchanin le niveau de base hydrographique est constitué par le chevelu de la Dheune à l'Est, de la Bourbince au Nord et du faux-bras de la Bourbince au Sud. Ces rivières sont à une cote voisine de 300 m. Elles encadrent donc assez étroitement et définissent les limites hydrogéologiques du secteur d'étude. Les mines, noyées, sont elles-mêmes comprises dans le compartiment délimité par la Dheune et la Bourbince.

La nappe superficielle de Montchanin s'écoule donc vers la vallée des étangs de Montchanin et Longpendu.

5.3 - Eléments anthropiques et structuraux perturbateurs de l'écoulement à Montchanin

D'une part, cet écoulement est perturbé sur le site par :

- le système des carrières et leur remplissage,
- le système du réseau minier et des déformations qu'il a engendrées,

d'autre part, trois facteurs structuraux peuvent induire une forte anisotropie au sein du substratum A-B :

- la partition du site en deux compartiments de structure différente, par la "faille permienne" ou zone particulièrement faillée, d'axe SW-NE (entre les deux décharges),

- la présence de strates verticales ou fortement inclinées et alternativement argileuses et gréseuses, orientées (SW-NE) perpendiculairement à la direction normale d'écoulement (NW-SE),
- l'hétérogénéité du réseau de fractures, constitué par plusieurs systèmes de failles et diaclases d'âge, de morphologie, d'orientation, de position relative et d'ouverture différents.

5.4 - Schéma du système aquifère du site

5.4.1 - COMPOSANTES ET PERMEABILITES RELATIVES

On retrouve sur le site même des décharges tous les éléments du système, précédemment décrit, c'est-à-dire :

- un ensemble de formations superficielles à perméabilité d'interstices très variable, constitué par :
 - . les sables argileux de la bordure nord et ouest du site de la décharge de déchets industriels,
 - . les colluvions du bas versant sud-est et du vallon de la gare,
 - . les décharges actuelles, anciennes, remblais et fondations diverses du complexe lié au lac des Ecrasés ;
- une assise de transition plus ou moins perméable "en grand" et "en petit", constituée par l'alternance des grès sableux et des argiles tendres, fissurés, de la zone d'altération et de décompression des formations de Torcy, de Montfaucon et du Houiller ;
- un substratum argilo-gréseux faillé et diaclasé, à perméabilité de fissures :
 - . non déterminée pour l'ensemble de la formation de Torcy et donc sous la décharge de déchets industriels ; très faible dans le cas d'un serrage ou d'un "auto-colmatage" des fissures par l'argile d'altération de la formation,
 - . probablement plus forte dans le Houiller, perturbé par les affaissements miniers.

5.4.2 - CARACTERE AQUIFERE DES FORMATIONS DU SITE

Toutes ces formations semblent faiblement aquifères :

- le caractère aquifère des sables argileux et du substratum altéré se traduit par la présence d'eau dans des puits de moins de 10 m sur la butte du château d'eau et par des suintements sur la paroi nord et ouest de la décharge de déchets industriels ;

- des suintements ont été observés au niveau du substratum altéré dans les fosses creusées en bordure nord de la décharge d'ordures ménagères ;
- la présence de puits situés à la périphérie sud et est du centre d'enfouissement témoigne du prolongement de l'aquifère superficiel en aval du site ;
- des venues d'eau (800 l/h maximum) se sont produites au niveau du substratum gréseux peu altéré dans plusieurs sondages implantés entre les deux décharges, au NE du site, sur les formations de Montfaucon et du Houiller (sondages CETE - 1988).

5.4.3 - POSITION DES DECHARGES DANS LE SYSTEME AQUIFERE

La coupe du système varie beaucoup et rapidement d'un point à un autre du site, en raison :

- des excavations et décapages,
- des comblements,
- des affaissements miniers.

a) Décharge de déchets industriels

Au Nord et à l'Ouest, la partie haute de la décharge est au niveau de la nappe superficielle (sables argileux et substratum altéré), approximativement entre les cotes 340 et 325. La partie inférieure de la décharge (cotes 325-310) serait encaissée dans le substratum peu ou non altéré (extrémité NW de la coupe de la figure 17).

A l'Est, les formations superficielles et la plus grande partie du substratum altéré ont été enlevées en bordure de la décharge. Les déchets s'appuient contre les bancs de grès et d'argile subverticaux.

b) Décharge d'ordures ménagères

Le dispositif est très différent :

- A l'amont, la décharge est encaissée :
 - . dans la zone d'altération perméable des formations de Montfaucon et du Houiller,
 - . dans la zone d'intense fracturation de la "faille permienne" où peut se développer particulièrement une perméabilité de fissures,
 - . en contre-bas des terrains aquifères de bordure (formation de la butte de la Glacière, décharge de déchets industriels, ..).

- A l'aval, la décharge s'avance sur les formations superficielles de la zone d'exploitation et d'effondrements miniers et elle est baignée par l'étang. Elle est donc en relation directe avec l'aquifère superficiel et l'ancien réseau minier de Montchanin .

5.4.4 - PERMEABILITES

a) Formations superficielles et substratum altéré

Les mesures de niveau d'eau dans les puits environnants (CPGF - 1988) montrent que la perméabilité des formations encaissantes de la décharge de déchets industriels n'est pas élevée : l'eau se maintient à une cote haute sur la butte du château d'eau et versant sud-est ; le gradient piézométrique important témoigne des difficultés d'écoulement en sous-sol.

b) Substratum

Les 9 mesures de perméabilité (CETE et CPGF) effectuées dans les sondages entre 1977 et 1988 concernant les trois formations de Torcy, de Montfaucon et du Houiller, à des niveaux correspondant à ceux de la base des fosses de décharge (figure 14). Tous les coefficients sont compris entre $K = 1.10^{-6}$ m/s et $K = 3.10^{-9}$ m/s et la plupart entre 5.10^{-7} m/s et 5.10^{-8} m/s.

En réalité, aucune mesure ponctuelle n'est généralisable à l'ensemble du site. L'un des résultats essentiels de l'étude géologique est de souligner l'anisotropie du substratum :

- l'alternance de strates argileuses et gréseuses très redressées,
- l'ouverture partielle d'un réseau de fracture en fonction de la nature et de l'orientation des accidents.

Anisotropie due à la "faille permienne" : partition du site en deux compartiments

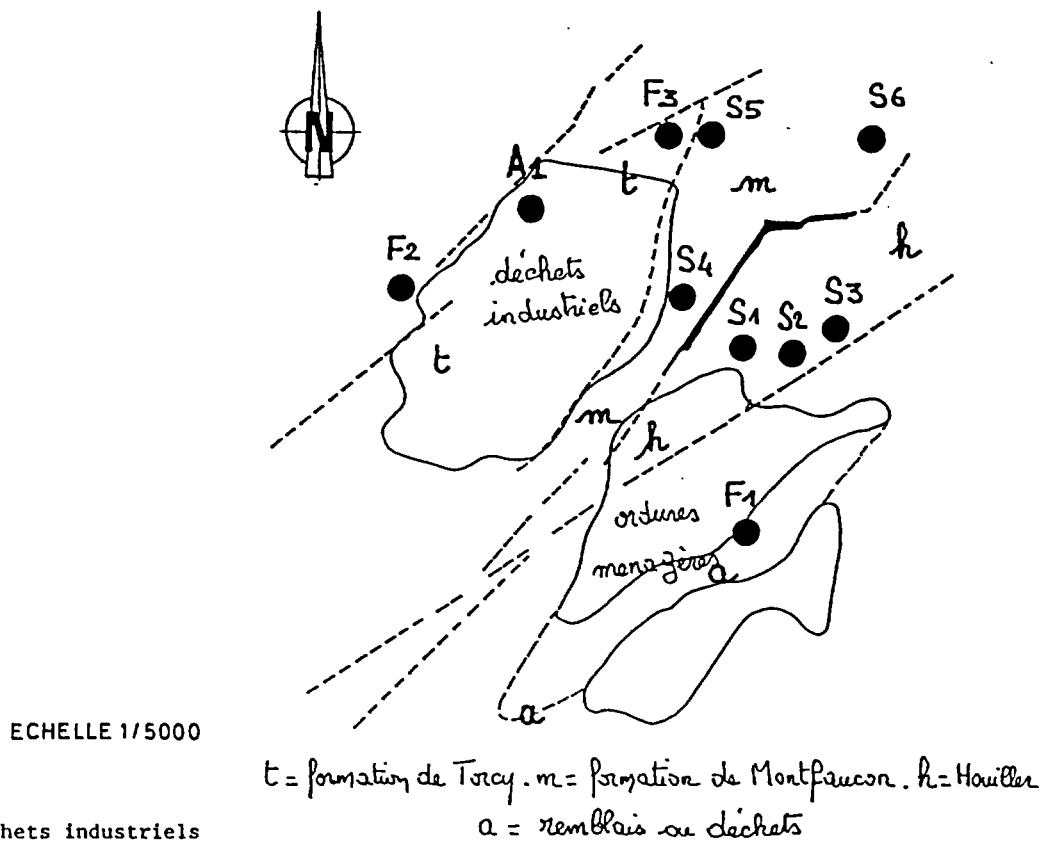
La "faille permienne" ou la zone de failles et de roches plus ou moins broyées qui mettent en contact le Houiller et la formation de Montfaucon, induisent une première discontinuité SW-NE sous la bordure nord-ouest de la décharge d'ordures ménagères ; discontinuité d'autant plus marquée que, de part et d'autre, la stratification est différente.

Cet accident médian peut-être un axe :

- de plus grande perméabilité, par suite de la fracturation et du broyage des roches, d'une altération plus prononcée à ce niveau et/ou d'une ouverture préférentielle due aux contraintes tectoniques,
- de moins grande perméabilité, si ces contraintes tendent au contraire à fermer le réseau ou si ce dernier a été obstrué par des colmatages argileux dus à l'altération.

Fig. 14 - MESURES DE LA PERMEABILITE DU SUBSTRATUM SCHISTO-GRESEUX DES DECHARGES

TESTS EFFECTUES DANS LES SONDAGES DU C.E.T.E. ET DE LA C.P.G.F. ENTRE 1977 ET 1988
CLASSEMENT PAR ZONES TECHNIQUES ET GEOLOGIQUES



* DI = décharge de déchets industriels
OM = décharge d'ordures ménagères

Zone testée			Profondeur (m)	Faciès	Résultat m/s	Désignation	Méthode de foration	Méthode du test
Technique	Géologique	Niveau						
Terrain de bordure NW DI *	Formation de Torcy	A + partie de B	10/27	Argilites et grès	2.10^{-7}	F2	Marteau fond de trou	Lefranc, niveau constant
Fond DI et prolongement NE		A	1,2/3,4	Argilites	5.10^{-8}	A1	Tarître	
		3 m remblais sur A	0/19	Argilites et grès	2.10^{-8}	F3	Marteau fond de trou	
Entre DI et OM, * au NE	Formation de Montfaucon	A	15/20	Grès	4.10^{-8}	S4	VPRH (semi-carottage)	Impulsionnelle
			6,9/10,3	Grès	5.10^{-8}	S5		
			14/20	Grès	6.10^{-7}	S6		
Bordure NE OM	Houiller	A	8/10	Argilites/grès	1.10^{-7}	S1	VPRH (semi-carottage)	Impulsionnelle
		B	8/10	Grès sableux/argile	1.10^{-6}	S2		
		A	27/29	Argilites	3.10^{-9}	S3		

Anisotropie due aux bancs subverticaux d'argilite : cloisonnement profond entre les deux décharges.

Les argilites, de très faible perméabilité intersticielle, sont peu développées mais présentes en interstratification dans les formations de Montfaucon et les fissures sont souvent le siège de colmatages argileux par altération même des argilites ("autocolmatage"). Or, les couches sont subverticales entre les deux décharges et jusque sous la décharge de déchets industriels. Les argilites de la zone A profonde, et les argilites tendres de la zone B d'altération forment donc une série d'écrans orientés N-S à NE-SW favorisant l'isolement hydrogéologique des deux décharges, au moins au niveau de la partie inférieure des fosses d'enfouissement.

Anisotropie due à l'ouverture des plans de stratification subverticaux : écoulement préférentiel dans l'axe N-S à NE-SW

Par contre, le dispositif peut favoriser des circulations dans ce même axe, car l'interface argile/grès est une zone d'ouverture potentielle privilégiée par :

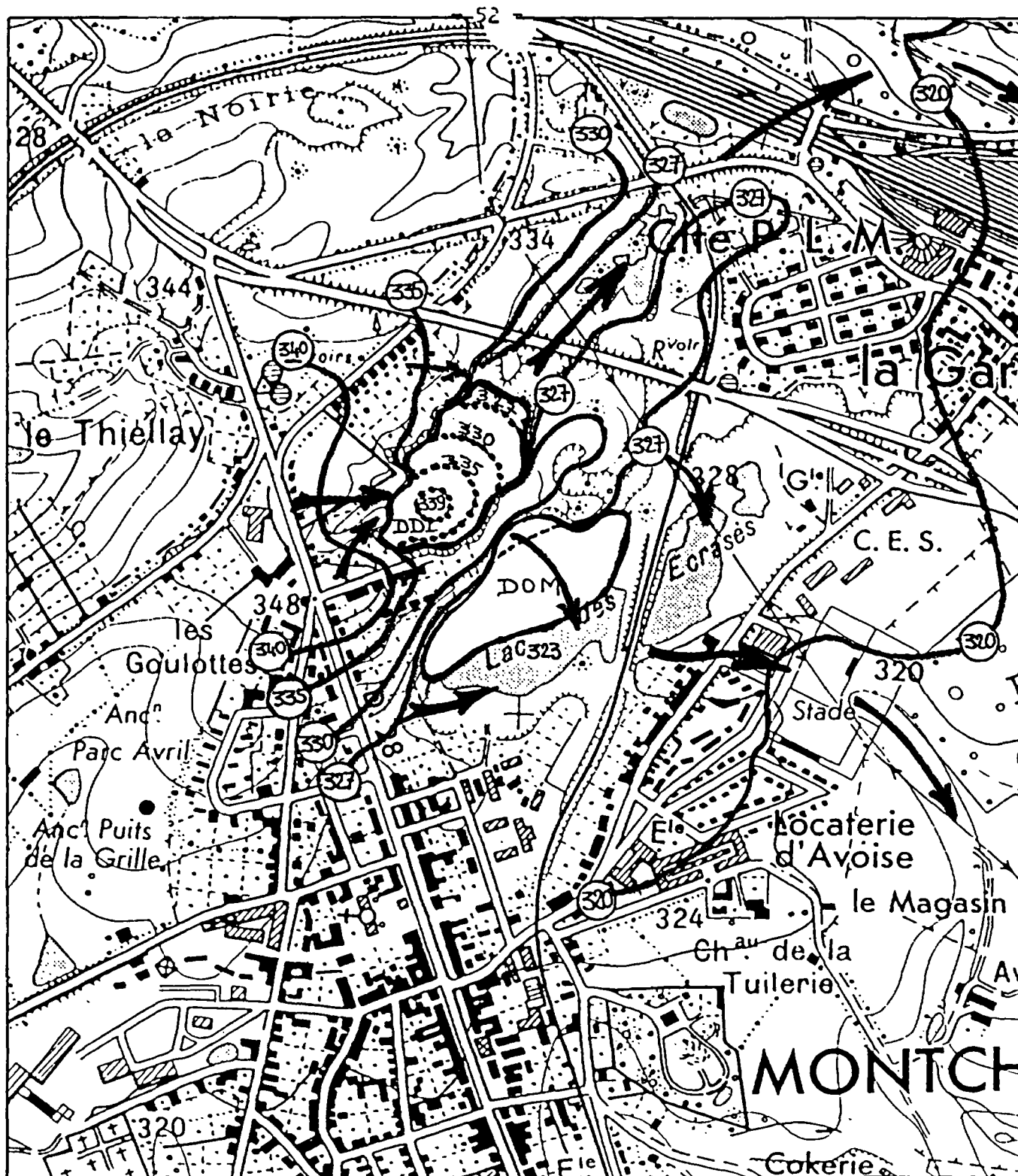
- l'altération qui se développe plus profondément le long de ces plans,
- les phénomènes de décompression des roches,
- les phénomènes tectoniques qui ont provoqué des mouvements banc sur banc (traces de friction observées sur des plans de stratification),
- l'accentuation du phénomène précédent au niveau de failles de même direction (le long de la bordure nord-est de la décharge de déchets industriels, par exemple).

5.4.5 - ECOULEMENT DES EAUX (figure 15)

De par sa position sommitale (325/350 m), le site ne reçoit que l'eau des précipitations météoriques et des apports anthropiques. Elle alimente le "système aquifère" décrit plus haut, lequel est drainé par le réseau de la Dheune et de la Bourbince (300 m). Les mesures piézométriques dont on dispose semblent confirmer la présence de cette nappe superficielle, dont le sens général d'écoulement se fait vers le SE, c'est-à-dire essentiellement vers le stade et la ferme d'Avoise.

Par rapport aux décharges, les relations hydrauliques se feraient donc dans le sens suivant :

Nappe superficielle du château d'eau ——— décharge de déchets industriels ——— décharge d'ordures ménagères ——— étang des Ecrasés ——— Bourbince.



ISOPIEZES

Fig. 15 - Esquisse de la piézométrie et des sens d'écoulement sur le site du centre d'enfouissement technique de Montchanin

D'après les mesures faites par la CPGF en Août 1988 sur 10 sondages du centre et 10 puits environnants (cf. figures 28 et 29 du volume B).

6 - RISQUE DE POLLUTION DES EAUX SUPERFICIELLES SOUTERRAINES LIE A L'EXISTENCE DE DECHARGES

6.1 - Le site de la décharge d'ordures ménagères

La situation de la décharge de déchets industriels est très différente de celle de la décharge d'ordures ménagères : la première est en majeure partie encaissée dans un terrain globalement peu perméable et ne dispose en surface que d'un exutoire localisé contrôlable (fond de carrière, étang Beaubernard) ; la seconde est "ouverte" (à la fois en déblai et en remblai) sur des ouvrages et remblais de carrières, recouvre deux puits miniers (les puits Ségur dont on ignore l'état d'obstruction), s'étend dans la zone de fissuration due aux affaissements miniers et s'avance sur l'étang des Ecrasés. Les échanges hydrochimiques sont donc possibles entre le lac, les mines et le réseau hydrographique.

La décharge d'ordures ménagères représente donc une source potentielle de pollution des eaux superficielles et souterraines du versant sud-est de Montchanin. La pollution du lac des Ecrasés a d'ailleurs bien été constatée (étude de la DDASS - 1988).

6.2 - Bilan provisoire du confinement du site de la décharge de déchets industriels

Par contre, si l'on peut faire le bilan du confinement géologique du site de la décharge de déchets industriels, les données quantitatives manquent encore pour en évaluer l'impact réel. Il est difficile, autrement dit, de mesurer le risque de pollution des eaux à partir de la décharge de déchets industriels.

Il est donc nécessaire de faire le point, de manière à mieux établir le programme de sondages complémentaires.

6.2.1 - ZONE DE TRANSFERT HYDRAULIQUE ET HYDROCHIMIQUE : L'INTERFACE DECHARGE/TERRAIN ENCAISSANT

Un risque existe à l'interface décharge/terrain encaissant. Cette zone de plus grande perméabilité, constituée par les parois gréseuses plus ou moins altérées et fissurées, les éboulis et blocages de soutènement ou les dépôts latéraux divers, est propice au drainage et au mélange des eaux.

Un effort de confinement des déchets par malaxage et constitution d'alvéoles avec des matériaux argileux a été réalisé mais le matériau que l'on observe sur les couvertures des deux décharges, dans la grande fosse d'emprunt située au NE du site ou au fond de l'ancienne carrière, possède une phase sableuse importante. Le site n'avait d'ailleurs pas la capacité de fournir de l'argile "pure" en quantité suffisante. De ce fait, les eaux de pluie peuvent percoler à travers les déchets et les eaux chargées en polluants peuvent sourdre à la périphérie de la décharge.

6.2.2 - LE TERRAIN ENCAISSANT

Dans le terrain encaissant, quatre zones sont susceptibles d'avoir une perméabilité suffisante pour permettre un transfert de pollution de l'interface au milieu aquifère du versant de Montchanin et à son réseau hydrographique, il s'agit :

- des formations superficielles de fond de carrière de la décharge de déchets industriels aux étangs Beaubernard ;
- des formations superficielles de la "cloison résiduelle" entre les deux décharges ;
- du réseau de fissures longitudinales de la bordure gréseuse orientale ;
- du réseau de fissures transverses de la "cloison résiduelle".

a) Formations de fond de carrière nord-est : risque de percolation en direction des étangs Beaubernard

Les formations de fond de carrière qui prolongent au NE la décharge peuvent constituer un premier exutoire souterrain à la pollution. En y percolant, l'eau du site atteindrait les étangs Beaubernard. Le complexe aquifère du versant sud-est et le réseau hydrographique du vallon de la gare seraient alors atteints par la pollution.

b) Formations superficielles d'altération et de remplacement de la "cloison résiduelle" : risque de percolation vers la décharge d'ordures ménagères

Compte tenu de la topographie, les transferts de pollution vers la décharge d'ordures ménagères dépendent de la perméabilité des terrains séparant les deux sites (cloison résiduelle) et de la hauteur d'eau dans la décharge de déchets industriels.

c) Fissures des grès de la paroi sud-est : risque d'écoulement latéral à la décharge

Le confinement ne serait pas assuré non plus par la paroi gréseuse sud-est si le réseau de fissures qui a tendance à s'y développer parallèlement à la décharge était atteint par les lixiviats. Le risque d'une augmentation de la perméabilité de fissure à l'intersection de ce réseau et de la faille supposée du vallon de la Cité PIM est à prendre en compte. A partir de là, comme à partir des étangs Beaubernard, la pollution gagnerait le versant SE.

d) Fissures transverses de la cloison résiduelle : risque d'échange entre les deux décharges

Cette éventualité n'est envisagée que sur la base des observations relatives à la tectonique. La réalité d'une fracturation transverse (par rapport à l'axe de la cloison et aux écrans formés par les strates

argileuses subverticales) est établie. Mais nous manquons de données pour mettre en évidence une communication hydraulique effective entre les deux décharges. Dans les conditions actuelles du site, l'échange se ferait dans le sens décharge de déchets industriels vers la décharge d'ordures ménagères. Si le niveau piézométrique de la première était rabattu à une cote inférieure à 325 m, le mouvement s'inverserait.

e) Fissures du fond de la décharge : faible probabilité d'une migration de la pollution en profondeur et d'une relation directe avec le réseau minier

Les champs de fractures tectoniques dont l'ouverture est possible, affectent l'ensemble du massif drainé par les réseaux de la Dheune et de la Bourbince. Mais nous n'avons pas d'éléments pour évaluer ce risque de pollution en profondeur. Plusieurs observations tendent au contraire à le minimiser : présence de nappes superficielles et des étangs à niveau constant, 25 m au-dessus de la Dheune et de la Bourbince, possibilités de colmatages argileux des fissures, surtout dans la formation de Torcy, colmatages de fonds de décharges dus aux complexations et précipitations physico-chimiques (constatées sous la décharge de Torcy par exemple), etc.

D'autre part, la possibilité d'une pollution du réseau minier de Montchanin par cette voie n'est pas établie :

- la décharge de déchets industriels échappe à la zone de fissuration due aux affaissements miniers ;
- les galeries en relation avec le réseau indiquées sur les plans sont rares (2) et profondes (145 et 500 m) ;

III

CONCLUSION

1 - DONNEES ET INTERROGATIONS INITIALES

L'objectif de cette première phase était l'évaluation du confinement géologique du site des décharges de Montchanin, à partir des avis, études et prospections techniques réalisés entre 1977 et 1989.

Cependant, ces observations géologiques et mesures hydrogéologiques restaient relativement ponctuelles et centrées sur le site de la décharge de déchets industriels. Des craintes et des interrogations subsistaient, qui s'étendaient à l'ensemble du Centre d'enfouissement, aux étangs et aux cours d'eau de Montchanin. Elles portaient essentiellement sur les relations souterraines possibles :

- entre la décharge d'ordures ménagères, le lac des Ecrasés et le domaine minier,
- entre la décharge de déchets industriels, les étangs Beaubernard et l'étang de Longpendu,
- entre les deux décharges.

En outre, l'Association de défense de l'environnement de Montchanin (ADEM) insistait pour que soient prises en considération les possibilités de liaisons suivantes :

- décharge de déchets industriels/mines,
- décharge de déchets industriels/réseau de fissures profondes.

2 - APPROCHE DU SYSTEME AQUIFERE DE MONTCHANIN

Relation entre les eaux de surface, les formations superficielles aquifères, le substratum fissuré et les mines abandonnées

Nous avons donc élargi le champ d'observation et globalisé l'étude en considérant les décharges, les fosses d'enfouissement, les anciennes carrières, tranchées, fondations et leur comblement, les autres décharges et remblais de Montchanin proches du centre, les formations superficielles, le substratum, les étangs, sources et cours d'eau de la Dheune à la Bourbince, comme les composantes éventuelles d'un même système hydrogéologique.

L'expérience régionale montre, en effet, que si le substratum argilo-gréseux, permo-carbonifère, est, dans l'ensemble, très peu perméable :

- il est tectoniquement très fracturé et il peut donc comporter des fissures ouvertes, susceptibles de favoriser des écoulements d'eau localisés ;
- il est altéré, parfois très profondément et sa perméabilité d'interstice négligeable en profondeur, augmente vers la surface,
- il est généralement couvert par des formations argilo-sableuses également plus ou moins perméables,
- l'ensemble constitue un système aquifère qui permet le développement de petites nappes superficielles et d'éventuelles circulations fissurales,
- le réseau hydrographique draine cet ensemble.

Certaines données du dossier étaient particulièrement intéressantes :

- les venues d'eau autour de la décharge de déchets industriels ou dans les sondages,
- les résultats des tests de perméabilité compris entre $K = 1.10^{-6}$ m/s et $K = 3.10^{-9}$ m/s dans les sondages,
- la concordance des niveaux d'eau des puits du quartier du château d'eau ou des niveaux d'eau du lac, des puits sud-est et des fosses creusées dans la décharge d'ordures ménagères, qui témoigne de la présence d'une nappe superficielle.

Par des observations de terrain complémentaires dans le centre et à la périphérie du site, une enquête et une analyse bibliographique, nous avons pu préciser la lithologie et la structure du fond et des parois des décharges. La carte géologique du site a pu être dessinée avec une bonne précision et les principales fractures ont été identifiées et localisées. Par ailleurs tous les anciens travaux miniers, galeries ou puits ont été inventoriés et reportés sur le plan du site des décharges. De plus, la limite théorique de la zone influencée par les effondrements miniers, a été définie par les Houillères du Bassin de Blanzky sur la base du plan que nous leur avons fourni.

Ces informations constituent une part des données de base importantes pour l'évaluation de la sûreté du confinement et pour orienter la suite du programme.

En effet, l'analyse des données existantes met en relief un certain nombre d'incertitudes ou d'imprécisions qui n'ont pas été levées par l'étude géologique de terrain.

Les données complémentaires à acquérir, nécessaires pour formuler un avis fiable et objectif sur le site sont présentées dans le "programme d'acquisition d'informations complémentaires" du chapitre IV.

IV

PROGRAMME D'ACQUISITION D'INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

1 - OBJECTIFS GENERAUX

L'évaluation du confinement géologique du Centre d'enfouissement technique de Montchanin nécessite un complément d'informations sur les paramètres hydrodynamiques du système aquifère : perméabilités, sens d'écoulements, vitesses de transferts, débits... La relation étant établie entre la décharge d'ordures ménagères et le milieu extérieur, l'investigation supplémentaire doit porter essentiellement sur le terrain encaissant de la décharge de déchets industriels, en particulier à hauteur de la cloison résiduelle, de la bordure gréseuse sud-est et du fond de la dépression nord.

Mais pour confirmer la localisation des zones "sensibles" et interpréter les observations et mesures hydrogéologiques, il faut, préalablement, lever certaines incertitudes géologiques concernant notamment la constitution des parois de la décharge de déchets industriels dans la moitié sud et celle du terrain situé sous le "col" en bordure de la décharge d'ordures ménagères.

2 - INFORMATIONS PARTICULIERES A ACQUERIR

2.1 - Paramètres hydrodynamiques

- a - Perméabilité des formations superficielles et du substratum profond à l'aplomb des bords de la décharge de déchets industriels, en particulier sur :
 - la "cloison résiduelle", dans sa zone faillée ("faille permienne"),
 - la bordure gréseuse nord-ouest,
 - le fond de la dépression au Nord,
 - la formation de Torcy au SW.
- b - Sens d'écoulement sur l'ensemble du site et du secteur de Montchanin.
- c - "débits de fuite" sur le site de la décharge de déchets industriels.
- d - Caractéristiques hydrodynamiques de l'ancienne zone d'exploitation minière à proximité de la décharge d'ordures ménagères.

2.2 - Informations géologiques

- a - Nature et épaisseur des formations superficielles de la bordure nord-ouest et sud-ouest de la décharge de déchets industriels (précision).
- b - Nature et épaisseur de la zone remaniée sous le sol du "col" (confirmation).
- c - Etat et profondeur de la zone d'altération du substratum, à la périphérie de la décharge (précision).
- d - Etat de fissuration du substratum au niveau du fond de la décharge (objectif cote 300).
- e - Nature et structure particulières de la base des parois nord-ouest et sud-ouest de la décharge (confirmation de la dominante argileuse, information sur le pendage et la fracturation).
- f - Formations du fond de l'ancienne carrière au nord de la décharge.
- g - Identification du terrain minier dans la zone du lac des Ecrasés (objectif : terrain entre les étages d'exploitation - 22 et - 44).
- h - Caractérisation des formations du Houiller en zone faillée.

2.3 - Informations hydrochimiques

Impact sur la qualité des eaux souterraines autour du site.
Identification d'éventuelles pollutions.

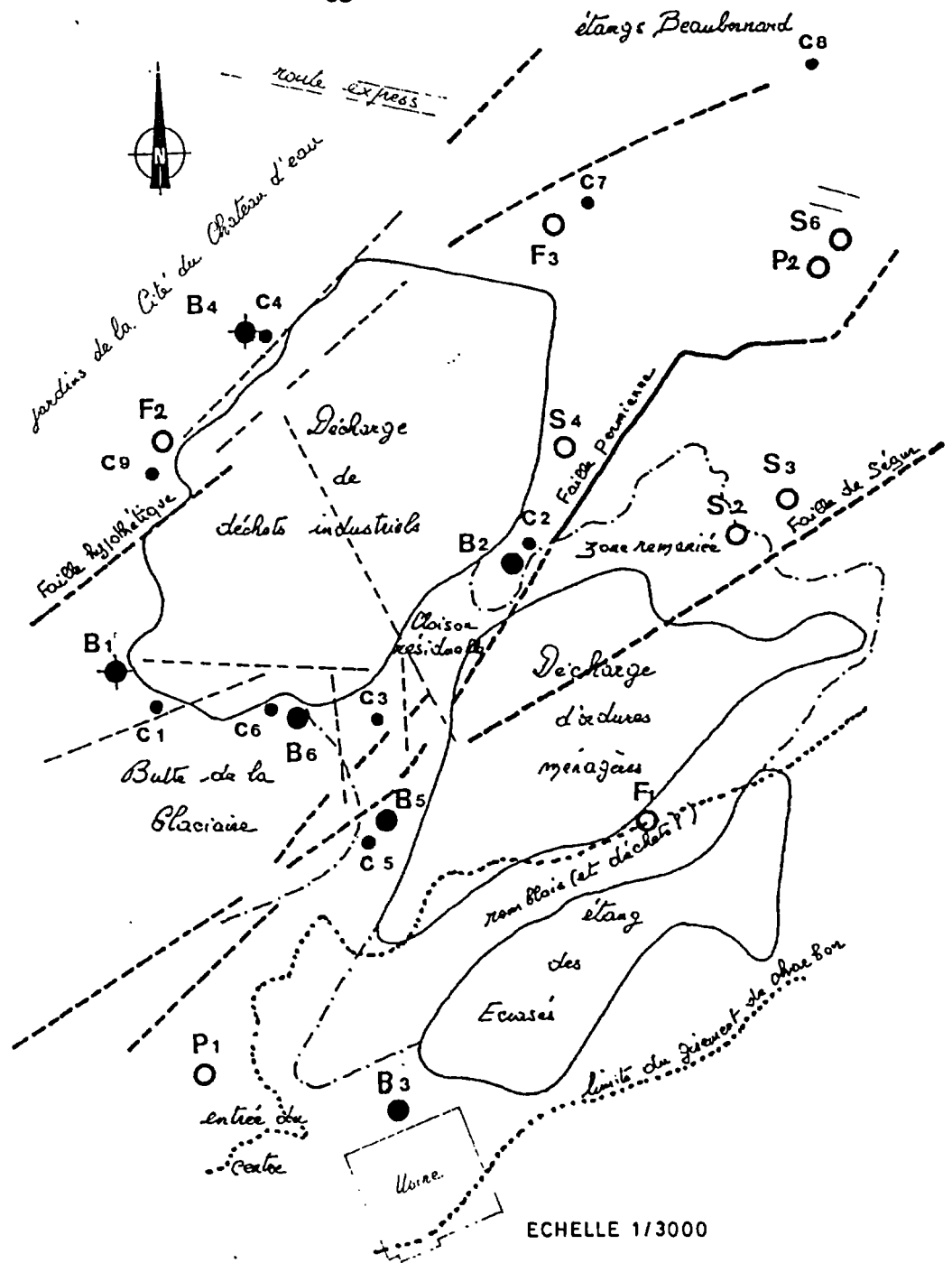
3 - MOYENS ENVISAGES

Les paramètres hydrodynamiques, les informations géologiques complémentaires, ainsi que les informations hydrochimiques, seront acquis par la réalisation d'une campagne de forages qui viendra compléter les sondages existants (cf. figure 16). L'objectif de ces travaux de sondages et les résultats sont l'objet d'un deuxième rapport (Volume II), intitulé "Résultats des travaux de sondages". Les indications suivantes ne sont qu'un résumé des postes essentiels de ce programme de forages et de leurs objectifs (références correspondant aux numéros des paragraphes précédents).

Opérations	Désignation des sondages	Objectifs
1 - Sondages		
1.1 - Sondage du substratum jusqu'à la cote 300 :		
1.1.1 - Sondage carotté oblique..	B4	2.2 a, c, d, e
1.1.2 - Sondage carotté.....	B1	2.2 a, c, d, e
1.1.3 - Sondages destructifs.....	B2	2.2 b, c, d
	B6	2.2 a, c, d, e
	B5	2.2 h
1.2 - Sondage destructif dans le terrain minier jusque vers la cote 280.....	B3	2.2 g
1.3 - Sondages destructifs dans la zone des formations superficielles et d'altération.....	C1, C4, C6, C9	2.2 a, c
	C5	2.2 h
	C2, C3	2.2 b, c
	C7	2.2 f
	C8	2.2 c, e
2 - Diagraphies des sondages profonds.....	Série B	2.2 a, b, c, e, g, h
3 - Mesures de perméabilité en sondages..	B1, B4, B6	2.1 a, c
	B2	2.1 a, c
	B5	2.1 a
	B3	2.1 a, d

4 - Tests hydrauliques dans les sondages...	Séries B, C	2.1 a, b, c, d
5 - Piézométrie dans les sondages récents et anciens du site et dans les puits de Montchanin.....	-	2.1 b
6 - Prélèvements et analyses d'eau.....	Séries B, C et ouvrages préexistants	2.3
7 - Bilan hydrique.....	-	

Ce programme tient compte des ouvrages de contrôle déjà en place sur le site (piézomètres) et dont l'exploitation est prévue.



B	sondage carotté	à équiper en piézomètre
B	sondage destructif	
C	sondage court destructif	
- S.F.P sondage préexistant, déjà équipé en piézomètre

Fig. -16- Plan de prospection par sondages du centre d'enfouissement de Montchanin

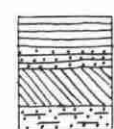
COUPE GEOLOGIQUE du centre d'enfouissement technique de déchets de MONTCHANIN (71)



Echelle 1/1000

LEGENDE

NATURE DES TERRAINS



plus récent
remblais
plus ancien

x x x décharge de déchets industriels

x x x décharge d'ordures ménagères

formation superficielle argilo-sableuse
résiduelle ou colluviale

alternance argilites/grès ou conglomérats
du Houiller et du Permien

charbon

substratum altéré
substratum peu altéré

STRUCTURE

faille "permienne"
avec zone de broyage

faille principale et sens de rejet
localisation approximative

faille secondaire hypothétique

fissuration due aux affaissements miniers

GISEMENT DE CHARBON ET MINES

(A) gisement principal : "Amas Quetel"

étage 30
galerie d'exploitation ou d'exploration
(cote calculée à partir de l'orifice
du puits)

(B) position de la galerie du puits de la Glacière
au puits de la Grille, selon l'ADEM
(profondeur non déterminée)

(C) autre galerie, selon l'ADEM
(profondeur non déterminée)

EVOLUTION DU PROFIL ET DE L'ACTIVITE DU SITE

① profil naturel initial

② exploitation et remblais miniers

③ abandon des mines, effondrement,
formation du lac des Ecrasés

④ carrière d'argile

⑤ remblais et décharges

⑥ décapage de la "cloison résiduelle"

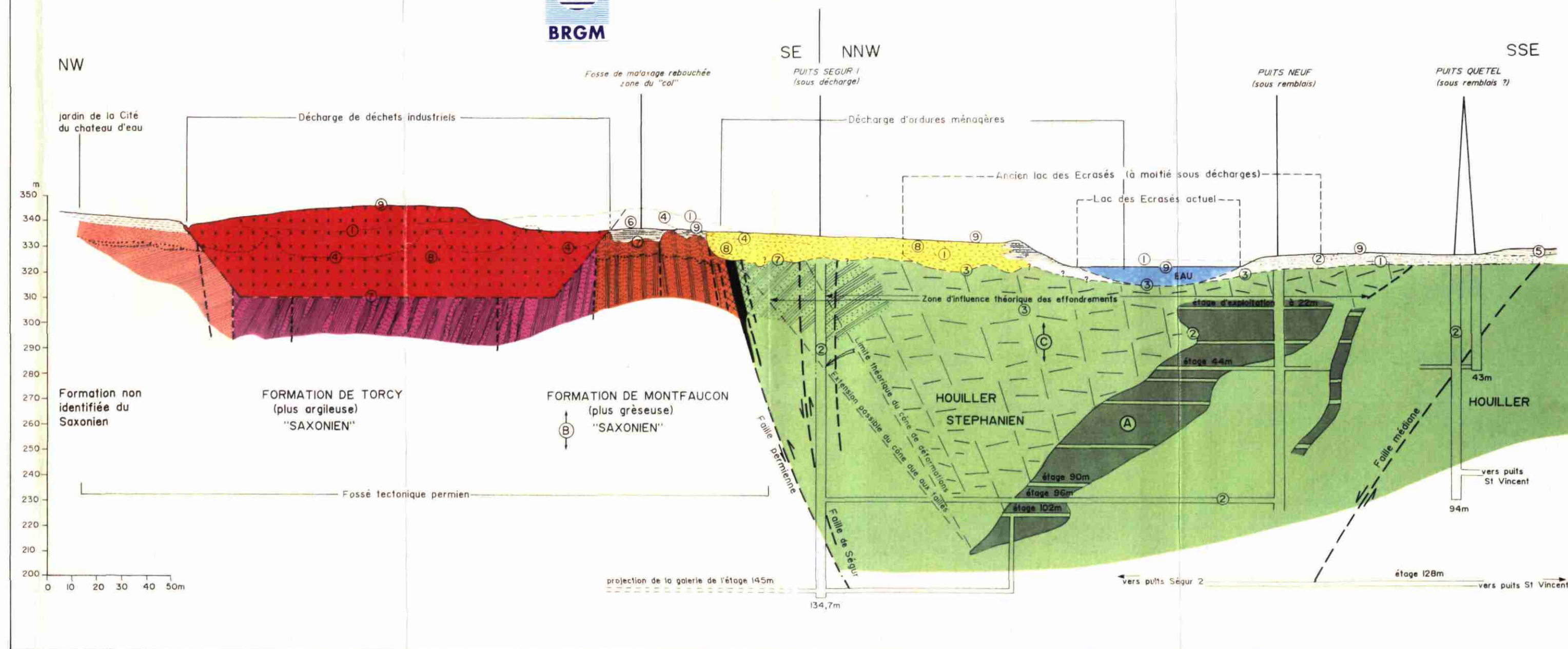
⑦ creusement d'alvéoles

⑧ décharges

⑨ profil actuel



Fig. 17 COUPE GEOLOGIQUE DE SYNTHESE





ANNEXES

ANNEXE 1

NATURE ET PROVENANCE DES INFORMATIONS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES

Au départ de l'étude, la Direction régionale de l'industrie et de la recherche (DRIR) de Bourgogne, a remis au BRGM un dossier comportant des informations géologiques, hydrogéologiques, chimiques (gaz), hydrochimiques et géotechniques sur les décharges et le site du Centre d'enfouissement technique de Montchanin. Il s'agit d'avis, d'études et de travaux demandés entre 1977 et 1989 par l'Autorité administrative et par les deux exploitants successifs :

- DS ENVIRONNEMENT (1977-1988),
- ELIPOL (1988-1990).

Ces documents proviennent de bureaux d'études (CETE, ECOPOL, CPGF), de sondeurs (Société CLAUSSE et Cie), des services techniques de l'Administration (DDASS, DRIR), de l'ANRED et d'un hydrogéologue agréé en matière d'eau et d'hygiène publique (M.AMIOT).
(cf. liste ci jointe).

Notre étude s'appuie donc sur une importante somme de données, dont les principales sont les suivantes :

- historique partiel du site, évolution des aménagements qui seront recouverts par les décharges ; existence de décharges et remblais anciens ;
- évolution régressive du lac des Ecrasés par avance de la décharge d'ordures ménagères ;
- creusement de fosses sous le niveau du fond des anciennes carrières et des étangs ; percement du relief encore en place entre les deux sites de carrières et de futures décharges ;
- état morphologique, géologique et hydrogéologique partiel du site de 1977 (lacunes d'observations dues à la végétation et au éboulis) ;
- nature et structure des couches affleurantes à la périphérie nord-est de la décharge de déchets industriels en 1988 ;
- nature du terrain profond traversé par sondages jusqu'à une cote voisine de celle du fond des décharges, essentiellement au NE entre les deux sites ;

- valeur de la perméabilité mesurée en plusieurs points :
 - . dans les argiles et les grès des formations de Torcy et de Montfaucon, près de la surface et la profondeur, hors décharges, dans la moitié nord du site (pas de mesures sur les parois et en fond de fosses),
 - . à la base de la décharge d'ordures ménagères en bordure du lac des Ecrasés ;
- observations sur les suintements et venues d'eau constatés sur le site récent, dans les carrières anciennes et dans certains sondages ;
- piézométrie sur le site et dans les puits voisins.

DOCUMENTS CONSULTÉS

1 - DOSSIER COMMUNIQUE PAR L'ADMINISTRATION

Pièces utilisées pour cette étude :

- AMIOT M. (1977) : rapport d'expertise géologique sur l'implantation d'une décharge contrôlée de première classe à Montchanin (Saône-et-Loire). Avis de géologue agréé.
- AMIOT M. (1978) : rapport d'expertise géologique sur le site des "carrières" à Montchanin, destiné à l'implantation d'une décharge contrôlée de première classe. Etude d'impact. Avis de géologue agréé pour une étude d'impact, DEBLAIS-SERVICE.
- CETE, Laboratoire régional d'Autun (1978) : sondages au lieu-dit "les Carrières" à Montchanin. Note technique 71/8513/1.
- PEC ENGINEERING (1979) : bilan hydrique (pour mémoire, document consulté incomplet).
- Société Française de Recherche et de Captages d'Eau CLAUSSE et Cie (1979) : coupe de deux forages d'implantation de piézomètres.
- CETE, Laboratoire régional de Bron (1988) : décharge de Montchanin (71) - reconnaissance des sols. Rapport ENV/19493.
- TILLIER C./DDASS (1988) : la situation sanitaire de la décharge de Montchanin. Rapport.
- DS. ENVIRONNEMENT (1988) : livre blanc. Centre d'enfouissement technique Montchanin (71). Rapport.
- ECOPOL (1988) : diagnostic concernant les problèmes d'odeurs sur la décharge de Montchanin : contribution des plans d'eau à la nuisance olfactive et solutions proposées. Rapport 88/21/8234.
- CPGF (1988) : site d'enfouissement technique de Montchanin : étude géologique et hydrogéologique. Rapport 3319.
- ANRED (1989) : proposition de réhabilitation du site de décharge de déchets industriels et d'ordures ménagères de Montchanin (71). Rapport C. MILITON/VC.
- ELIPOL/CETE, Laboratoire régional de Bron (1989) : Centre d'enfouissement technique de Montchanin (71). Projet d'aménagement final. Rapport ENV/20488-3.

2 - BIBLIOGRAPHIE

Principaux documents utilisés ; autres documents cités dans la bibliographie de ces ouvrages :

- DELAFOND F. (1902) : bassin houiller et permien de Blanzky et du Creusot. Fasc. 1, stratigraphie. Serv. Carte Géol. Fr.
- FEYS R. et GREBER Ch. (1958) : le bassin houiller de Blanzky et du Creusot. Public. BRGM n° 21.
- REMOND C. (1981) : synthèse géologique sur les ressources charbonnières de la Bourgogne. Rapport BRGM 81 SGN 422 BOU.
- VALLE B. (1984) : structuration du bassin de Blanzky (71). Thèse Univ. DIJON.
- Table ronde du CNRS sur le gisement stéphanien de Montceau.

3 - DOCUMENTS GEOLOGIQUES DIVERS

- Archives du BRGM : rapports PETITJEAN (1912), JULLIOTTE (1914) et DELAFOND (1916).
- Banque des données du sous-sol du BRGM : sondages divers.
- Documents des Houillères du Bassin de Blanzky : coupes réinterprétées des sondages Savigny 2 et CGM 17, coupes géologiques réinterprétées de F.DELAFOND, levés photogéologiques.
- Documents de l'ANRED : photographies et enregistrements vidéo du Centre d'enfouissement en cours d'exploitation ; analyse de dépôts par photo-interprétation, site de Montchanin par l'IGN.
- Documents de l'Université de Bourgogne : levé de coupes géologiques entre les deux décharges en cours d'exploitation.

4 - CARTES

- Carte topographique de l'IGN à 1/25 000, feuille Montceau-les-Mines, n° 1-2.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Montceau-les-Mines.
- Plan de Montchanin à 1/20 000, de GEOMETRA (état avant 1977).
- Même plan avec indications de galeries de mines par l'ADEM.
- Plan du Centre d'enfouissement à 1/1 000 d'ELIPOL (état actuel).
- Plan du Centre d'enfouissement à 1/2 000 de DS ENVIRONNEMENT (plan d'exploitation du 24 mars 1988).

- Report du plan minier sur le plan du 24 mars 1988, document DRIR.
- Plan d'ensemble des Houillères de Montchanin et Longpendu à 1/1 000, archives de Montchanin.
- Même plan avec informations de M.RAOUL (Montchanin).

5 - PHOTOGRAPHIES AERIENNES

Missions IGN de 1954, 1963, 1977, 1985 et 1986.

ANNEXE 2

EXPERTISE STRUCTURALE

1 - INTRODUCTION

A la demande du département 4S/Environnement et Risques du BRGM, une expertise structurale a été commandée sur le site de stockage de produits industriels de Montchanin (Saône-et-Loire).

Les objectifs fixés pour cette intervention étaient :

- la précision du contexte structural du site ;
- la description du réseau de fractures affectant les terrains en présence, en termes de critères utilisables pour les études hydrogéologiques.

Cette note présente les observations réalisées au cours d'une visite sur le site les 4 et 5 mai 1990.

Pour la description géologique du site et de son environnement proche, on se reportera au rapport de C.REMOND.

2 - CADRE STRUCTURAL DE LA DECHARGE DE MONTCHANIN

La décharge de Montchanin est constituée de deux aires de dépôts juxtaposées :

- l'une est composée de déchets ménagers ;
- l'autre de déchets industriels.

Ces deux unités sont installées sur des formations géologiques distinctes :

- les séries gréso-argileuses permienes pour les déchets industriels ;
- les séries à charbon stéphanienes pour les dépôts ménagers.

Ces formations sont mises en contact par l'intermédiaire d'une faille dite "faille permienne". Cette faille est l'un des traits structuraux majeurs affectant le territoire français.

De direction NE-SW, cet accident, apparu au Carbonifère (déformation ductile à fragile lors des épisodes tectoniques tardi-hercyniens ; CASTAING, 1983), va rejouer constamment durant les temps géologiques. Cet accident :

- contrôle le dépôt et l'évolution des séries houillères dans des bassins syn-tectoniques ;
- contrôle les dépôts d'âge permien ;
- est fortement réactivée à l'Eocène supérieur (phase pyrénéenne) où cet accident s'individualise en temps que grand décrochement intra-continental. Il s'intègre dans un réseau de grandes failles intra-crustales qui, par leur jeu combiné, permet l'individualisation des fossés rhénan, bressan et de la Limagne ; fossés à remplissage d'âge éocène supérieur à oligocène (BERGERAT, 1985 ; BLES et al., 1989). Cette faille est plus connue sous le nom de transformante Rhin-Saône. A l'Oligocène, son extrémité NE constitue la limite paléogéographique du fossé de Bresse (Seuil de Barges) ;
- est réactivée au Plio-quaternaire (PHILIP, 1983) ;
- montre une activité plio-pléistocène faible et localisée à ses extrémités SW (Clermont-Ferrand) et NE (Besançon). Les calculs des mécanismes au foyer démontrent la persistance d'une activité en décrochement de cet accident (décrochement sénestre). On signale la présence d'un séisme historique localisé sur la faille de Montchanin (localisation douteuse) et d'intensité V.M.S.K. (carte néotectonique de la France à 1/1 000 000).

On notera de plus, que la zone d'accidents dans laquelle cette faille s'inscrit est marquée, au niveau de la croûte profonde, par une remontée du Moho de 4 km reliant les anomalies mantelliques du fossé rhénan et de l'Auvergne.

Bien que l'on ne puisse certifier l'activité sismique du tronçon de faille passant par Montchanin, il est évident que cette structure majeure marquant toute l'histoire géologique de la région dans laquelle elle s'inscrit, ne peut qu'être instable à l'échelle des temps géologiques.

2.1 - Structures cartographiques sur le site

1) Structures dans le Permien

Sur le site de Montchanin, la faille décrite ci-dessus est observable à l'extrémité du talus séparant les deux décharges et dans une carrière au nord des citernes de fuel. Cet accident est évidemment très complexe.

Au sud de la zone d'étude (F10, zone 1, carte h.t.), cette faille N 45°E présente un pendage NW de 50° à 90° (alors que les plans miniers indiquent un pendage SE). La limite avec le Houiller est sub-v verticale, celle avec le Permien est peu inclinée. Cette faille est caractérisée par une zone argileuse de 3 à 4 m de puissance composée d'argiles fortement déformées à éléments bréchiques de grès altérés. On reconnaît

par les éléments constitutifs de cette brèche argileuse, l'origine des matériaux carbonifères à l'Est sur 3 m (quelques filets charbonneux sont présents dans les argiles) et permien à l'Ouest sur 1 m (argiles rougeâtres).

Son tracé est intéressant car il montre, vers le NE, une virgation brutale vers l'Est avant de reprendre son orientation initiale (carte h.t.). Cette virgation brutale peut avoir deux origines :

- il s'agit d'une virgation résultant d'une déformation du plan de failles lui-même sous l'effet d'un décrochement dextre très intense ;
- cette anomalie résulte d'un décalage de l'accident principal par une série de failles E-W (N 70 à 90°E).

Les conditions d'affleurement ne permettent pas de trancher bien qu'il semble que la deuxième solution soit la plus logique. En effet, on observe dans la carrière (zone 4, carte h.t.) des accidents N 70 à N 80 décalant les bancs de grès et d'argile sub-verticaux du Permien. Dans le prolongement de ces failles vers l'Ouest et sur le talus, une absence de continuité des bancs gréseux permet de supposer le passage de ces failles (F4, carte h.t.).

Le décalage de la "faille permienne" par des accidents transverses ne peut être certifié complètement dans l'état actuel des conditions d'affleurement, mais la probabilité d'un tel événement est élevée.

On soulignera que, suivant cette hypothèse, cet accident se poursuivrait alors vers l'Ouest sous la décharge de déchets industriels.

D'autre part, dans le compartiment ouest de la faille de Montchanin ("faille permienne"), d'autres occurrences de failles transverses sont relevées, elles décalent systématiquement les bancs constituant la série permienne. Ces failles, sans remplissage argileux ou quartzeux, peuvent constituer des drains dans la série permienne (F8, F9, F6, F5, F7).

A l'inverse, les décalages successifs des bancs de la série permienne limitent les circulations de fluide dans les bancs gréseux verticalisés et découpés. Tout dépendra, en fait, des ordres de grandeur attribuables à la perméabilité de fractures par rapport à la perméabilité de matrice des grès.

D'autres structures affectent le site. Ces structures sont soit observées sur affleurement, soit sont déduites des données lithologiques.

Au nord de la décharge, des affleurements permettent d'entrevoir la structure de la série permienne à partir desquels on déduit les failles NNW-SSE (F1, carte h.t.) et ENE-WSW (F2, carte h.t.). L'accident F3 est rendu indispensable de par la structure des grès permien N-S à l'est de cette faille et NE-SW à l'ouest.

2) Structures dans le Houiller

Le trop faible nombre de points d'affleurement ne permet pas de produire une image cartographique de la structure du Stéphien.

Malgré cela, les quelques affleurements permettent de supposer l'existence d'une structure relativement simple dans le Houiller : monoclinale à faible pendage Nord (20 à 40°), déformé à l'approche de la faille permienne", en un synclinal à axe N-S et dont le flanc Est, est probablement soit très fortement laminé et étiré, soit faillé par F11 (figure 1), cet ensemble étant compatible avec un jeu dextre de la faille (jeu tardi-hercynien ?).

2.2 - Analyse quantitative de la fracturation

La fracturation est essentiellement représentée par des diaclases et des failles.

Les principales familles de diaclases sont orientées (figure 1) :

(* : directions majeures) : * N 160° E (75° W, 90, 45° E)
* N 140° E (90)
N 110° E (90 - 75° S)
* N 85° E (90)
N 60° E (85° N, 80° S)
N 30° E (90)
* N 20° E (50° E)
N 10° E (90)

Les principales familles de failles sont orientées (figure 2) :

N 40-50° E (à pendage E ou W) direction
"faille permienne")
N 75° E (90 et 50° S) failles
transverses)
N 155° E
N 170° E
N 120° E

La petite fracturation est essentiellement limitée aux bancs de grès compétents qu'il s'agisse des séries houillères ou permienes. Ce sont, pour l'essentiel, des diaclases "sèches" sans remplissage argileux ou quartzeux.

Le réseau principal, présent dans les grès du Permien, est constitué de fracture NW-SE et ENE-WSW sub-verticales. On remarquera la présence de diaclases très peu inclinées N 20° E. Ces diaclases sont probablement précoces et antérieures à la verticalisation des séries permienes.

Le nombre de fractures relevées dans le Stéphien n'est pas assez important pour être interprété de façon significative (figure A2, Annexe 1).

Les argilites sont peu à pas fracturés. La densité de fracturation croît avec la fraction détritique (sils, sables).

Les grès sont les plus fracturés, mais la densité de fracturation est apparemment faible (en moyenne de l'ordre de 1 à 2 fractures au mètre linéaire), sauf à proximité des accidents où leur densité augmente ($e = 0.5$ m). La taille des fractures est souvent égale à l'épaisseur des bancs. Elles doivent contribuer à l'augmentation de la perméabilité des grès.

On fournit, pour mémoire, le diagramme d'isodensité des stratifications (figure 3).

3 - CONCLUSIONS

Le site de stockage de déchets industriels et ménagers de Montchanin se situe sur une des failles majeures du territoire français. Cette discontinuité sépare les séries houillères des séries permienues. Cette faille, apparue au cours de la déformation tardi-hercynienne (ARTHAUD et MATTE, 1975), montre une activité constante depuis son apparition (il y a 300 millions d'années environ) jusqu'au Plio-quaternaire.

Bien que l'on ne puisse certifier l'activité sismique du tronçon présent sur le site, cette structure doit être considérée comme instable à l'échelle des temps géologiques.

Sur le site de la décharge, cette faille NE-SW, appelée "faille permienne", présente un tracé complexe.

Elle est déformée et décalée par des accidents transverses E-W à ENE-WSW. un niveau d'argiles fortement déformé et d'une épaisseur de 3 à 5 m longe le plan de cette faille et doit assurer, s'il est continu en profondeur, l'étanchéité entre les deux compartiments.

Si la structure de la série houillère n'a pu être définie par manque d'affleurements, celle de la série permienne a pu être étudiée au moins dans la zone médiane.

Il apparaît que la série permienne possède une structure complexe. Elle est verticalisée aux abords de la faille suivant une direction N-S, puis s'oriente suivant une direction NE-SW à l'ouest d'une faille probable à la limite orientale de la décharge industrielle. La série est délimitée en panneaux par des failles E-W à ENE-WSW, N-S et NE-SW. Le rôle hydraulique de ces accidents reste à démontrer.

Il faut souligner que la structure de la série servant de soubassement aux déchets industriels est très mal connue par manque d'affleurements et qu'aucune extrapolation fiable ne peut être tentée sur la base des données mises à disposition.

La série permienne, constituée d'alternances de grès, grès conglomératiques, d'argile, présente une fracturation essentiellement localisée dans les bancs compétents (grès). Cette fracturation doit

contribuer à l'augmentation de la perméabilité au sein des bancs, la communication hydraulique entre les bancs de grès pouvant être assurée par les failles délimitant les panneaux cités plus haut (à démontrer).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ARTHAUD F., MATTE P. (1975) : les décrochements tardi-hercyniens du Sud-Ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. Tectonophysics, 25, pp. 139-171.
- BERGERAT F. (1985) : déformations cassantes et champs de contraintes tertiaires dans la plate-forme européenne. Thèse doc. Sc., Mém. Sc. Terre, Univ. P & M. Curie, Paris, 85-07, 315 p.
- BLES J.L., BONIJOLY D., CASTAING C., GROS Y. (1989) : succession post Variscan stress fields in the French Massif Central and its borders (W European plate). Comparison with geodynamic data. Tectonophysics, 169. pp. 79-111.
- CASTAING C. (1983) : inventaire des ressources nationales de charbon. Gîtologie prévisionnelle des charbons. Recherche de bassins houillers sous la couverture sédimentaire du Massif Central septentrional. Rapport BRGM n° 83 SGN 085 GEO.
- PHILIP H. (1983) : la tectonique actuelle et récente dans le domaine méditerranéen et ses bordures, ses relations avec la sismicité. Thèse doc. Sc., USTL Montpellier, 147 p.

B.R.G.M

DIACLASES - DECHARGE DE MONTCHANIN

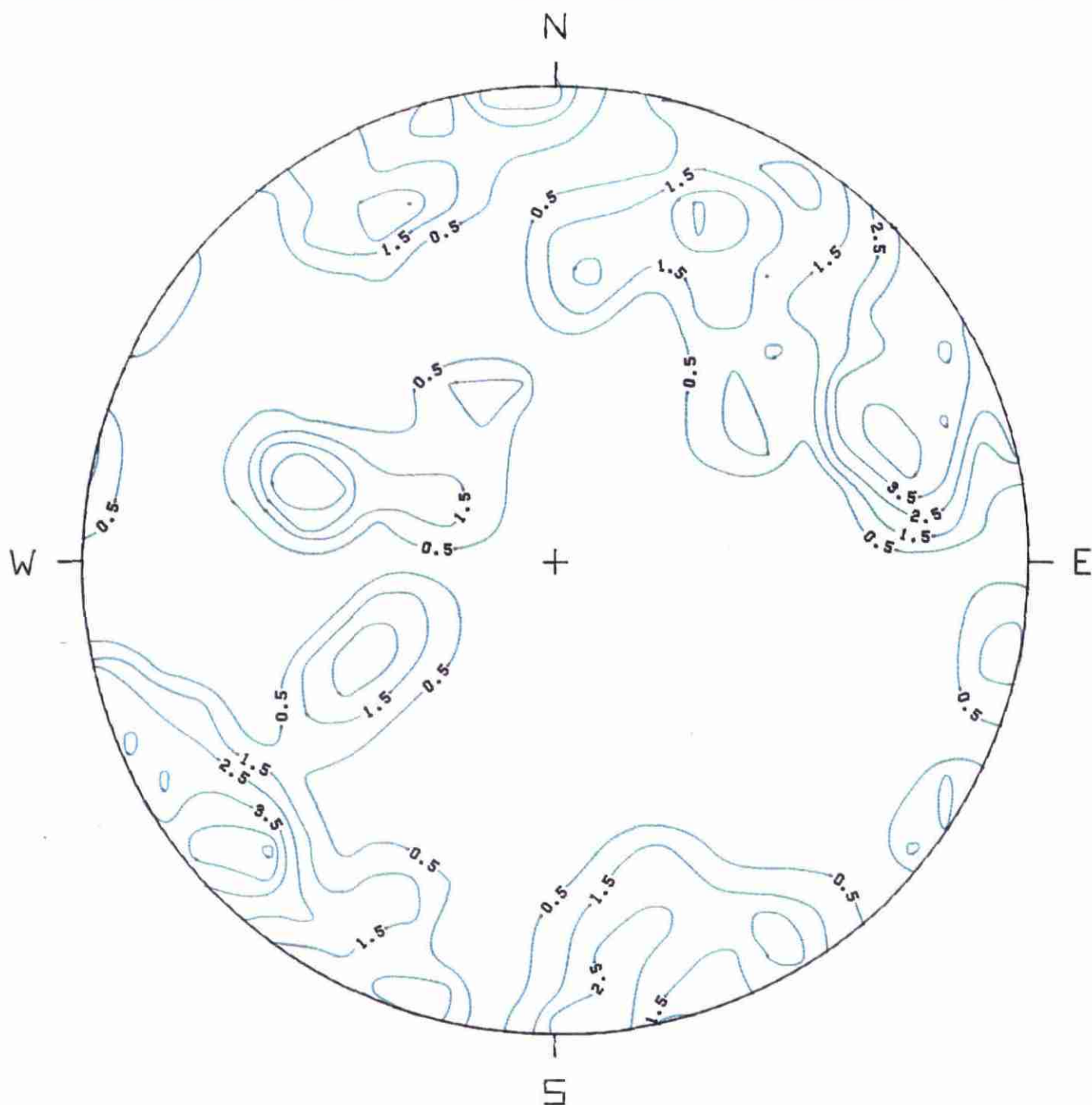


Fig. 1 - Diagramme d'isodensité des diclases
Comptage relatif

B.R.G.M

FAILLES - DECHARGE DE MONTCHANIN

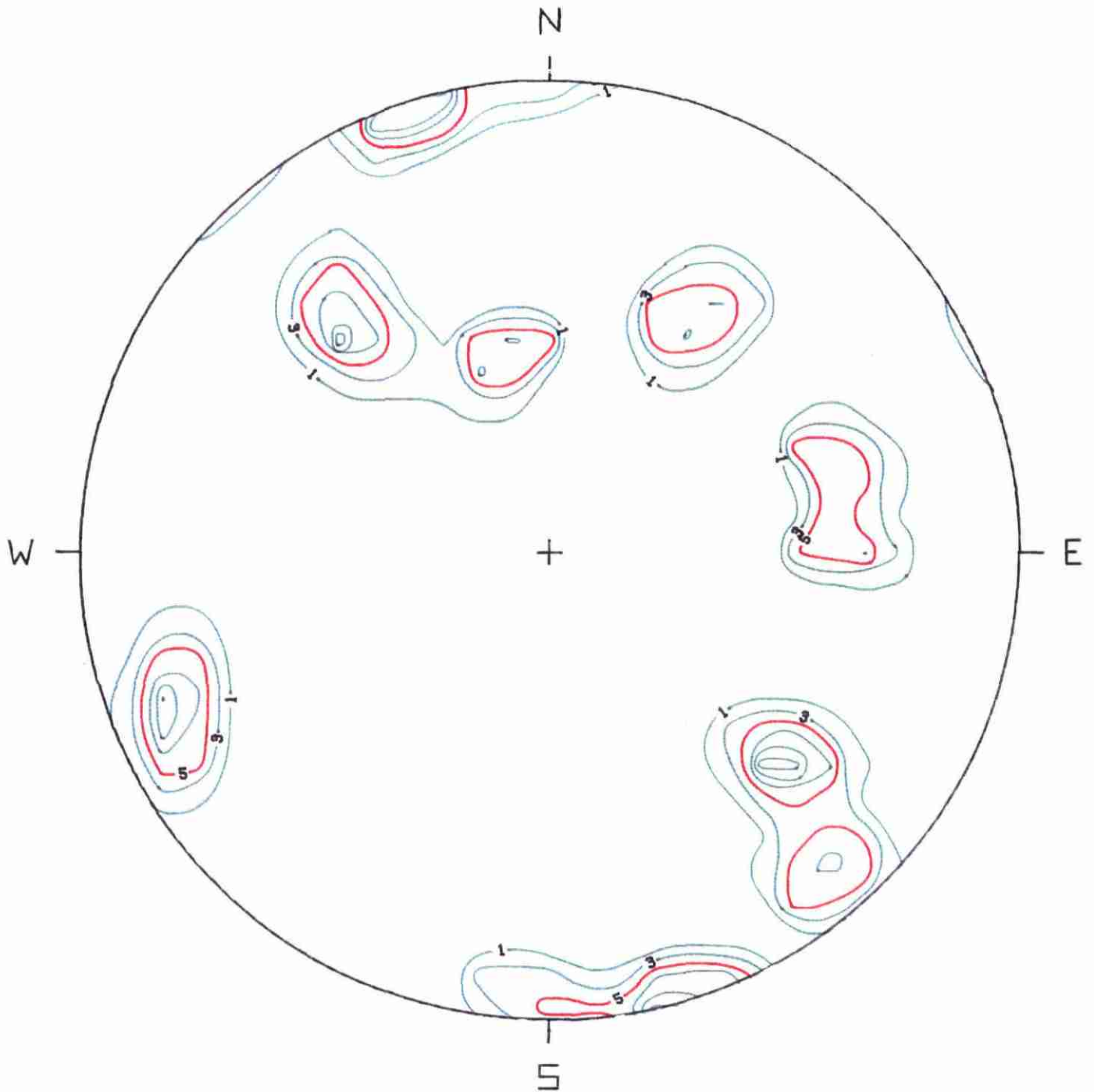


Fig. 2 - Diagramme d'isodensité des failles
Comptage relatif

B.R.G.M

STRATIFICATIONS - DECHARGE DE MONTCHANIN

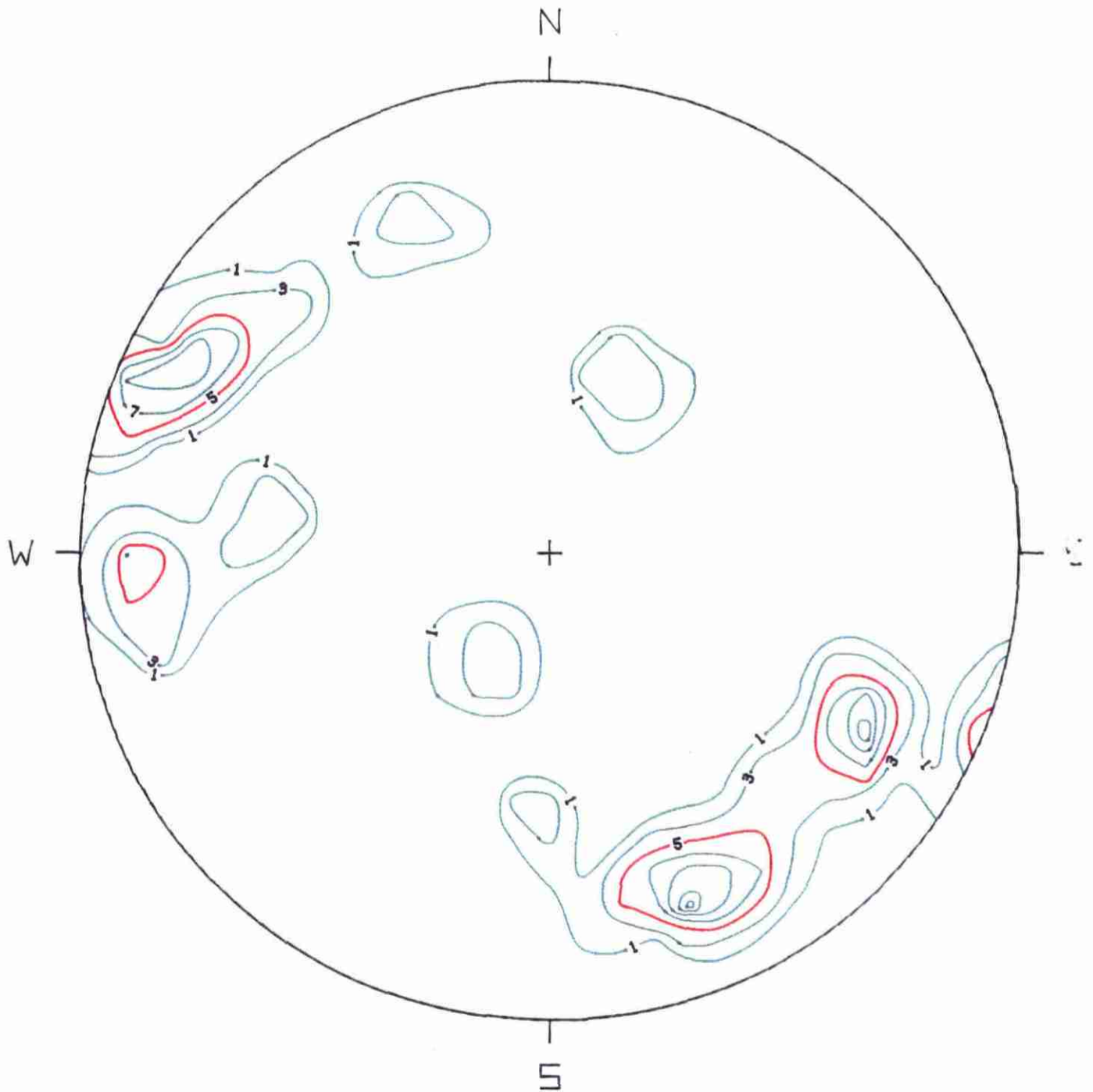
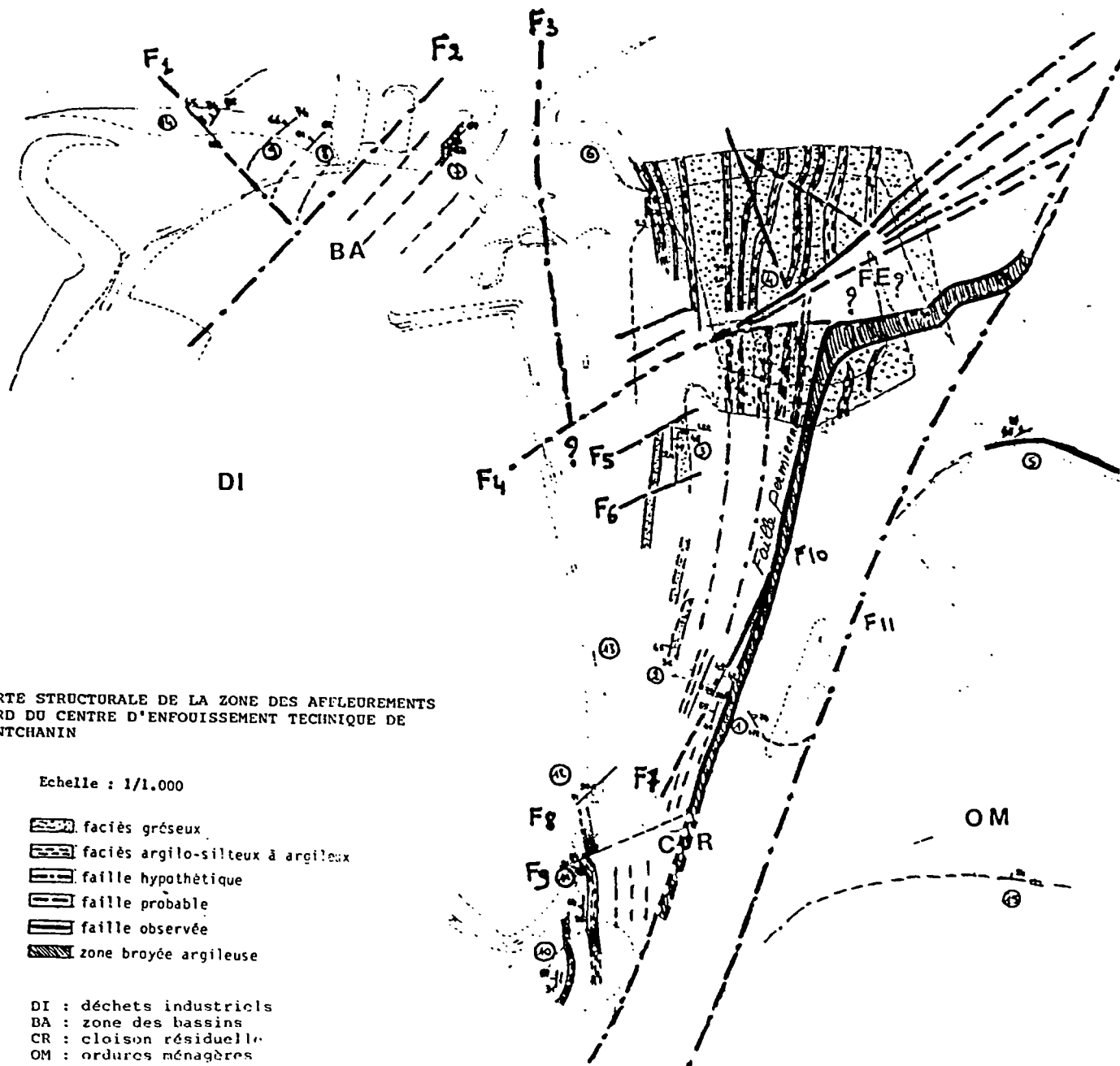


Fig. 3 - Diagramme d'isodensité des stratifications
Comptage relatif



CARTE STRUCTURALE DE LA ZONE DES AFFLEUREMENTS
NORD DU CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DE
MONTCHANIN

Echelle : 1/1.000

- faciès gréseux
- faciès argilo-silteux à argileux
- faille hypothétique
- faille probable
- faille observée
- zone broyée argileuse

ANNEXE III

- fig. A1 - Stéréogramme de la fracturation totale
- fig. A2 - Stéréogramme de la fracturation dans le Permien
- fig. A3 - Stéréogramme de la fracturation dans le Houiller
- fig. A4 - Distribution de la fracturation - Zone 1
- fig. A5 - Distribution de la fracturation - Zone 3
- fig. A6 - Distribution de la fracturation - Zone 6
- fig. A7 - Distribution de la fracturation - Zone 7
- fig. A8 - Distribution de la fracturation - Zone 10
- fig. A9 - Distribution de la fracturation - Zone 14

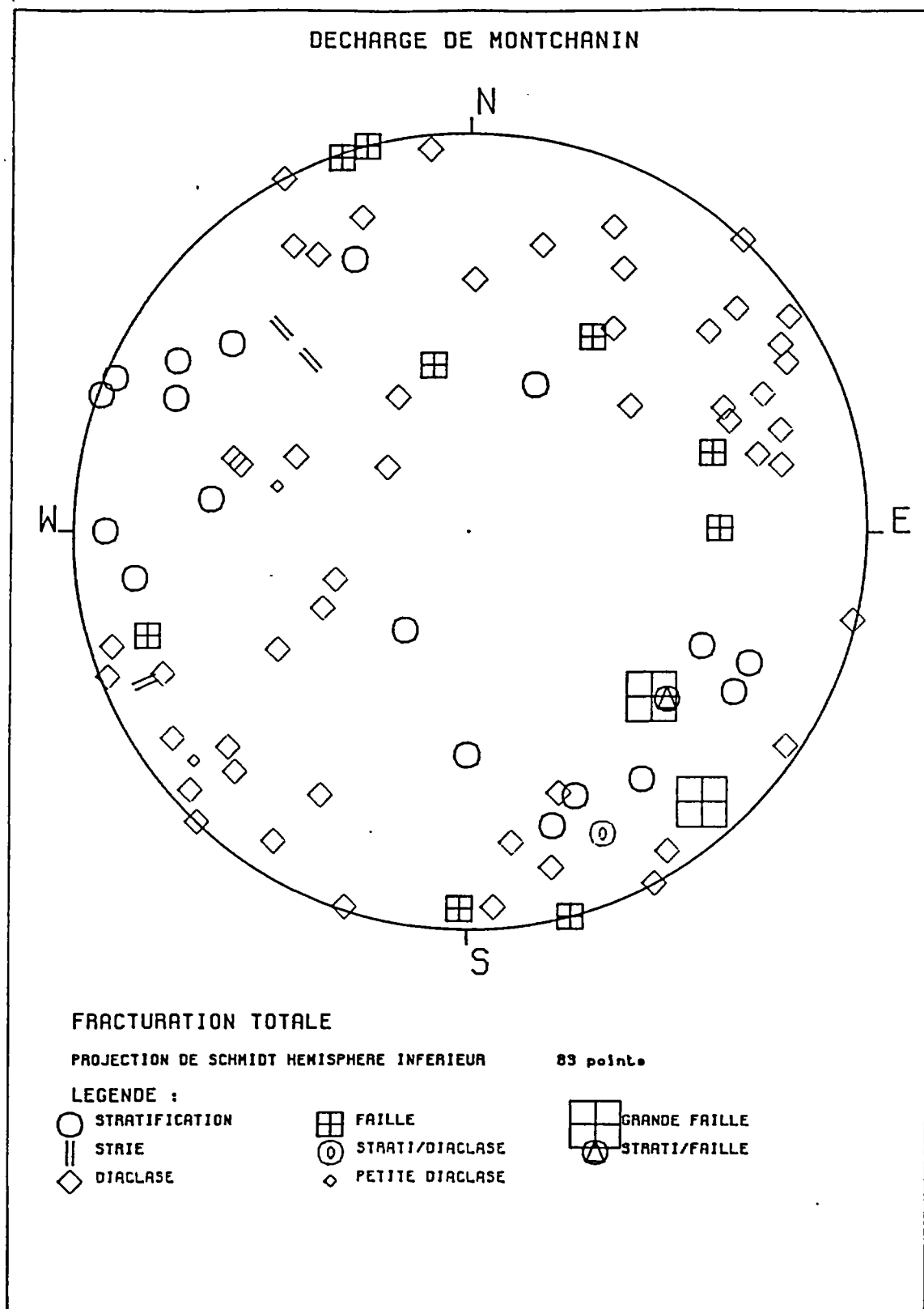


Fig. A1 - Stéréogramme de la fracturation totale

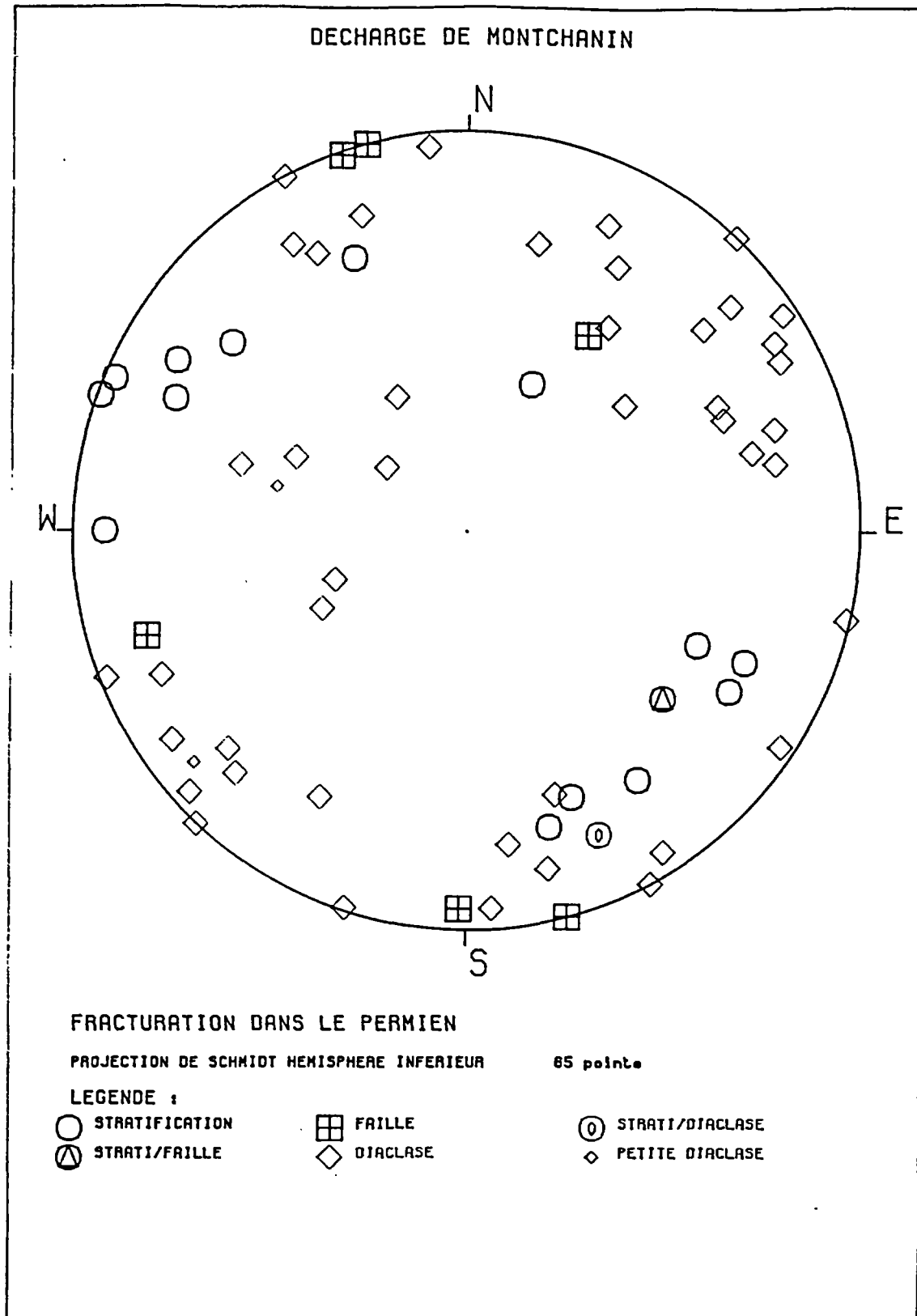


Fig. A2 - Stéréogramme de la fracturation dans le Permien

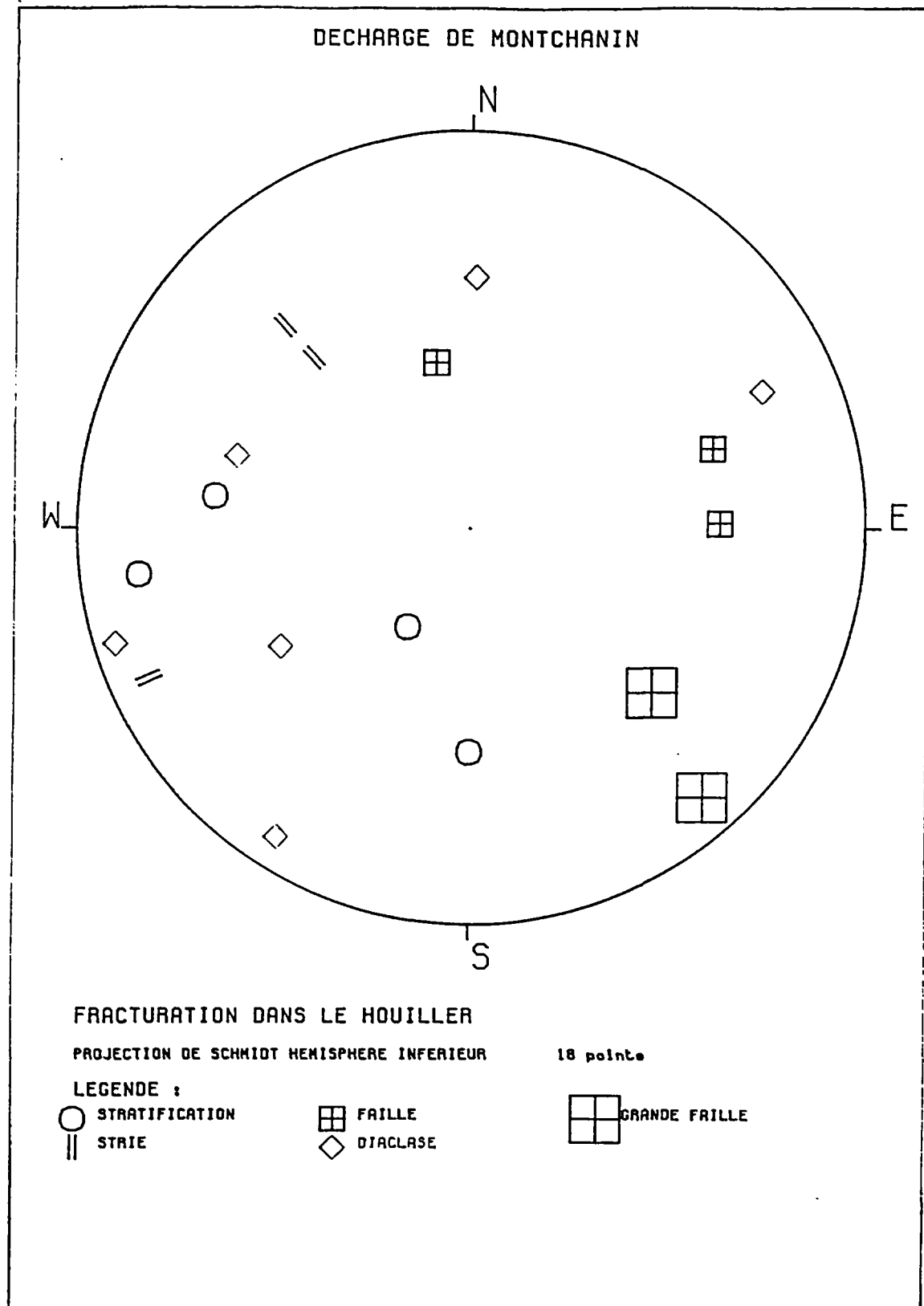
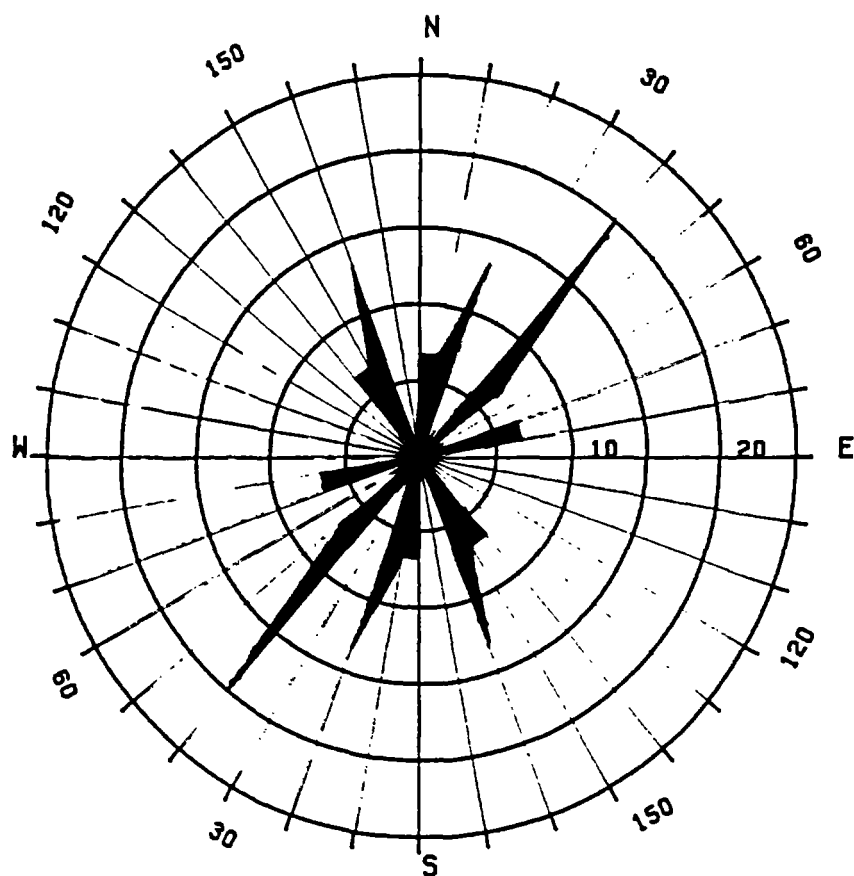


Fig. A3 - Stéréogramme de la fracturation dans le Houiller

DECHARGE DE MONTCHANIN



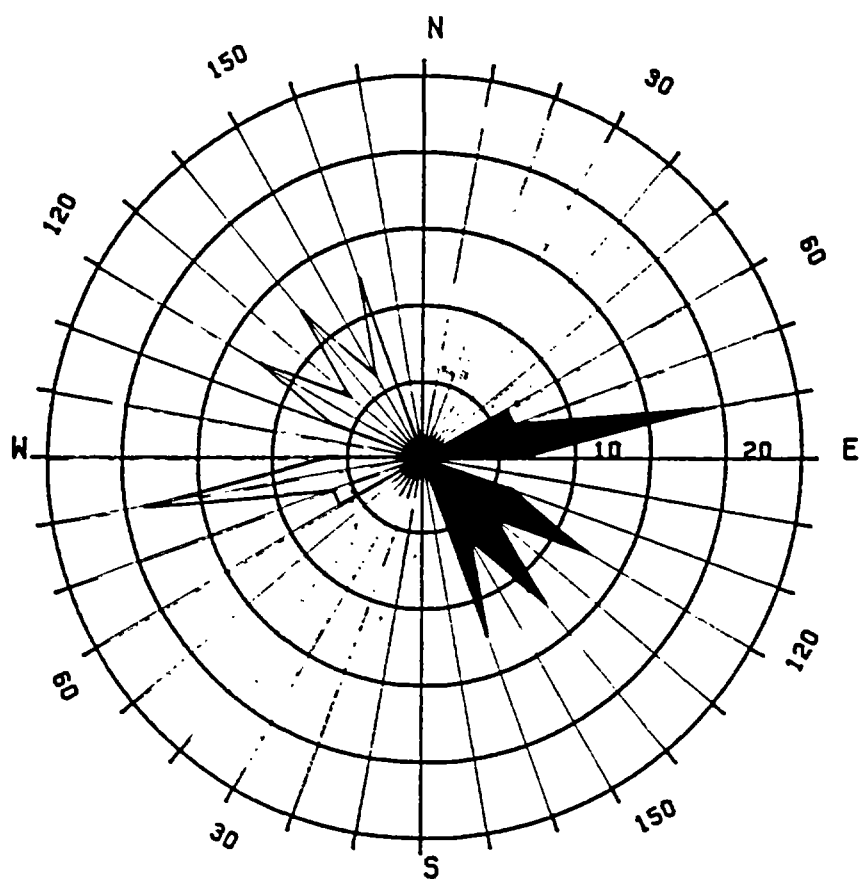
FRACTURES - ZONE 1

NOMBRE DE STRUCTURES : 15

MAXIMU : 20.00 %

Fig. A4 - Distribution de la fracturation - Zone 1

DECHARGE DE MONTCHANIN



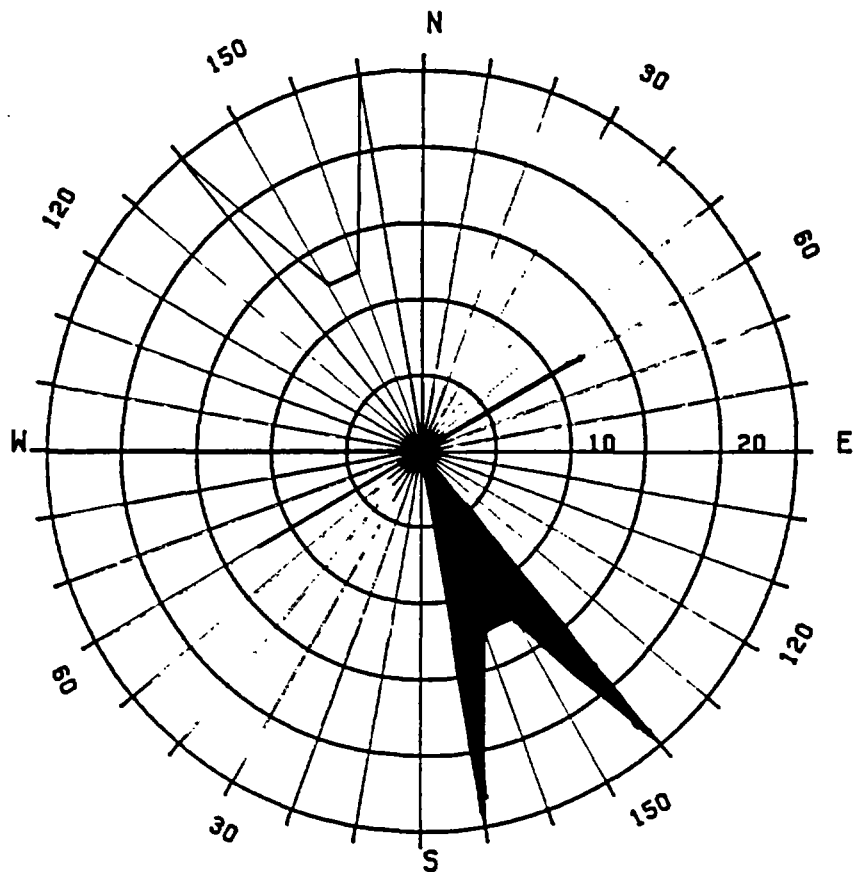
FRACTURES - ZONE 3

NOMBRE DE STRUCTURES : 16

MAXIMU : 18.75 %

Fig. A5 - Distribution de la fracturation - Zone 3

DECHARGE DE MONTCHANIN



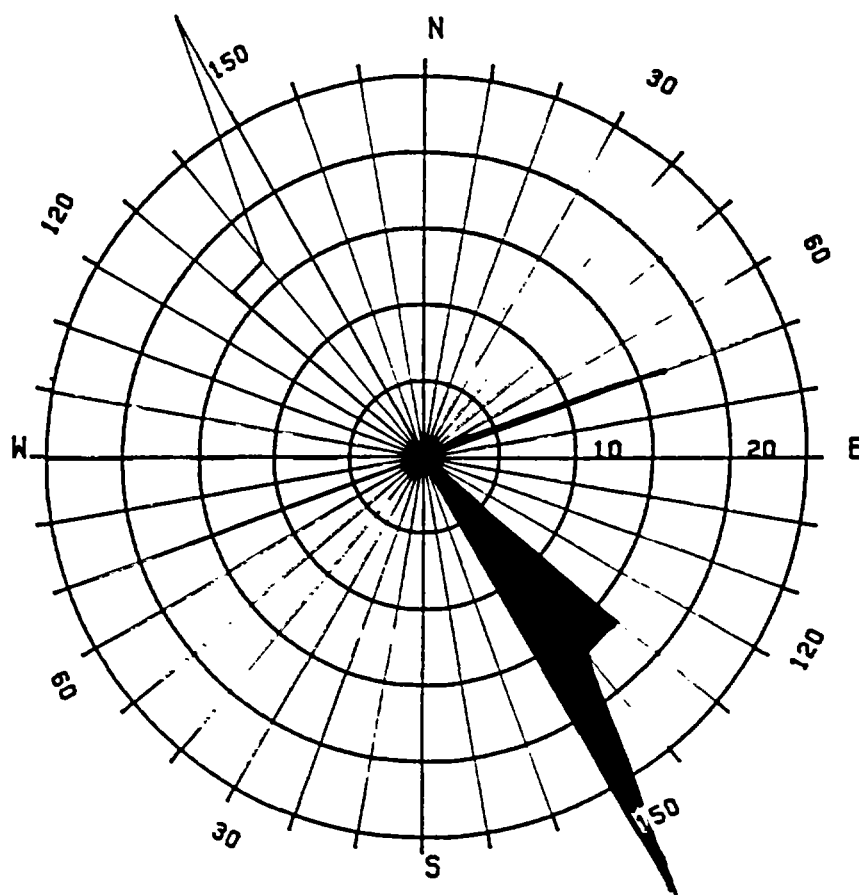
FRACTURES - ZONE 6

NOMBRE DE STRUCTURES : 8

MAXIMU : 25.00 %

Fig. A6 - Distribution de la fracturation - Zone 6

DECHARGE DE MONTCHANIN



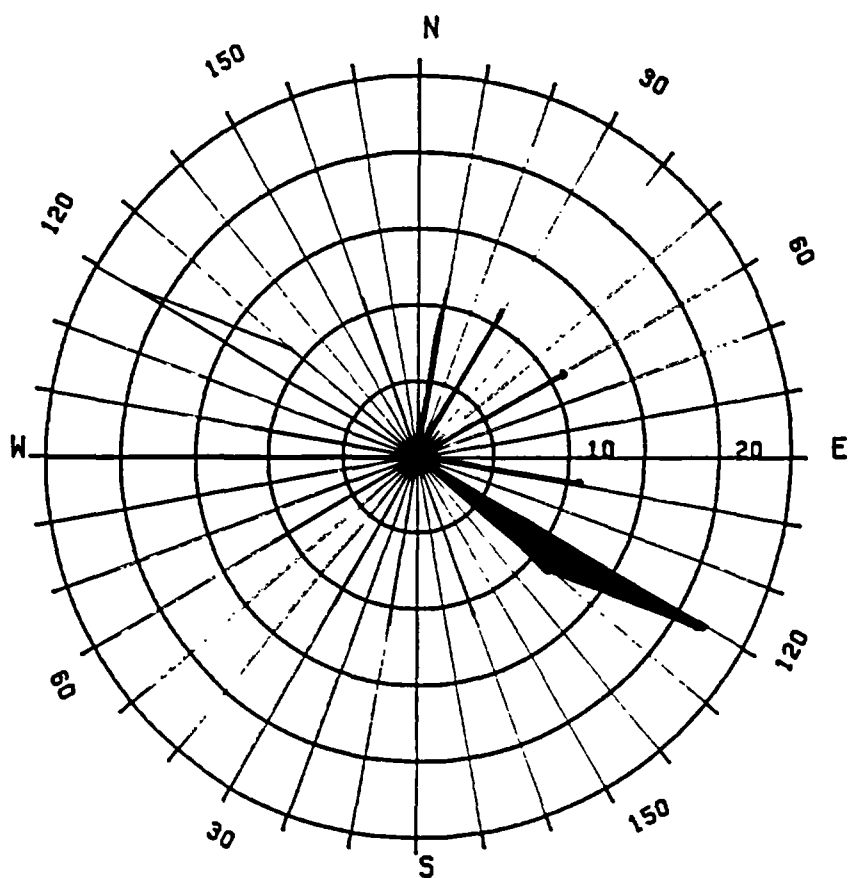
FRACTURES - ZONE 7

NOMBRE DE STRUCTURES : 6

MAXIMU : 33.33 %

Fig. A7 - Distribution de la fracturation - Zone 7

DECHARGE DE MONTCHANIN



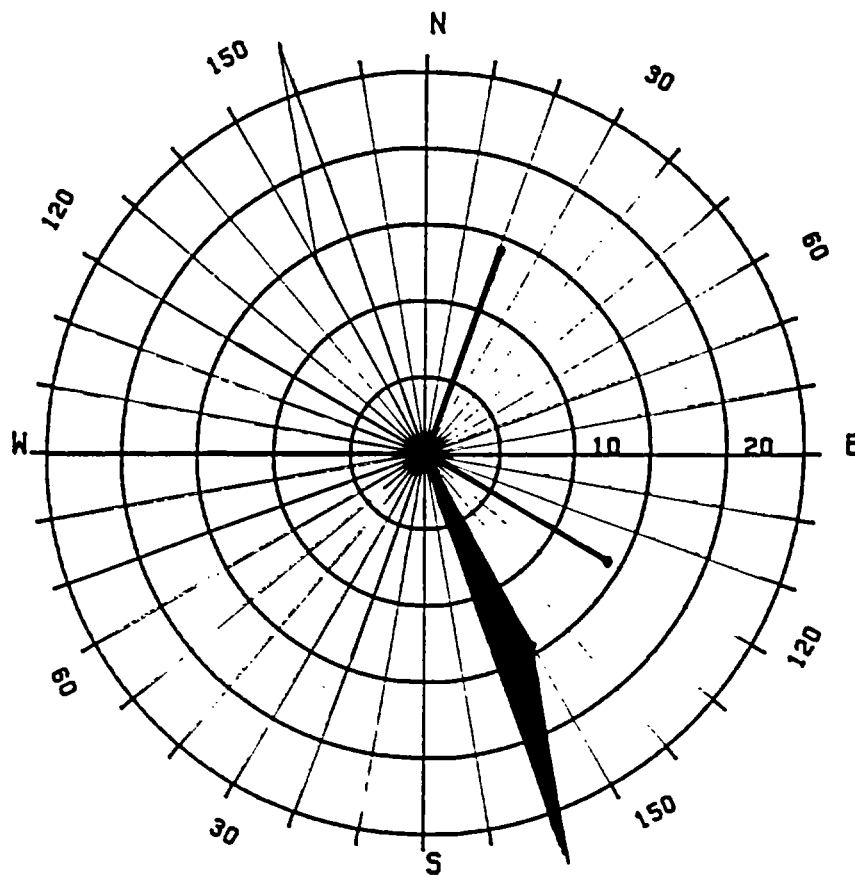
FRACTURES - ZONE 10

NOMBRE DE STRUCTURES : 9

MAXIMU : 22.22 %

Fig. A8 - Distribution de la fracturation - Zone 10

DECHARGE DE MONTCHANIN



FRACTURES - ZONE 14

NOMBRE DE STRUCTURES : 7

MAXIMU : 28.57 %

Fig. A9 - Distribution de la fracturation - Zone 14



**AGENCE NATIONALE POUR LA RÉCUPÉRATION
ET L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS**

document public

**centre d'enfouissement technique
de Montchanin (71)
étude de sûreté du confinement
géologique du site**

Volume II - "Résultats des travaux de sondages"

**juin 1990
R 31 031**

**BRGM
SERVICES SOL ET SOUS-SOL
Département Environnement et Risques
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél. : (33) 38.64.34.34
AGENCE RÉGIONALE BOURGOGNE
32 Boulevard Maréchal Joffre - 21000 DIJON**

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
I - INTRODUCTION	1
1.1 - OBJECTIF	1
1.2 - DEROULEMENT DES TRAVAUX ET MOYENS	1
II - RESULTATS DES TRAVAUX DE SONDAGES	3
2.1 - GEOLOGIE DES TERRAINS TRAVERSEES	3
2.1.1 - Analyse des sondages	3
2.1.2 - Synthèse des observations géologiques	44
2.1.3 - Conclusions	46
2.2 - ESSAIS DE PERMEABILITE	50
2.2.1 - Moyens mis en oeuvre	50
2.2.2 - Résultats des essais de perméabilité sur les sondages profonds	51
2.2.3 - Résultats des essais de perméabilité sur les sondages courts	54
2.2.4 - Conclusions	56

FIGURES

- Figure 1 :** Situation des sondages de reconnaissance sur le site du Centre d'enfouissement technique de Montchanin (71)
- Figure 2 :** Coupes géologiques et techniques du sondage B1 -
(1 bis) : diagraphies
- Figure 3 :** Coupes géologiques et techniques du sondage B2 -
(2 bis) : diagraphies
- Figure 4 :** Coupes géologiques et techniques du sondage B3 -
(3 bis) : diagraphies
- Figure 5 :** Coupes géologiques et techniques du sondage B4 -
(4 bis) : diagraphies
- Figure 6 :** Coupes géologiques et techniques du sondage B5 -
(5 bis) : diagraphies
- Figure 7 :** Coupes géologiques et techniques du sondage B6 -
(6 bis) : diagraphies
- Figure 8 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C1
- Figure 9 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C2
- Figure 10 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C3
- Figure 11 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C4
- Figure 12 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C5
- Figure 13 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C6
- Figure 14 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C7
- Figure 15 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C8
- Figure 16 :** Coupes géologiques et techniques du sondage C9
- Figure 17 :** Légende des coupes géologiques
- Figure 18 :** Schéma corrélatif des diverses formations superficielles.

TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats des essais de perméabilité sur les sondages profonds

Tableau 2 : Résultats des essais de perméabilité sur les sondages courts

ANNEXES

- Annexe 1 :** Caractéristiques générales des sondages
- Annexe 2 :** Présentation des méthodes utilisées pour la mesure des perméabilités in situ - Interprétation avec le logiciel IMPULSE
- Annexe 3 :** Logiciel ISAPE
- Annexe 4 :** Résultats des interprétations des tests hydrauliques sur les sondages profonds
- Annexe 5 :** Résultats des interprétations des tests hydrauliques sur les sondages courts
- Annexe 6 :** Inclinométrie sur B4

I - INTRODUCTION

1.1 - OBJECTIF

Ce rapport constitue la deuxième phase de l'étude de sûreté du confinement géologique du Centre d'enfouissement technique de Montchanin (71) que le Secrétariat d'état chargé de l'environnement et de la prévention des risques majeurs a confié au BRGM.

La première phase de l'étude concernait l'analyse des documents existants, une enquête complémentaire auprès des organismes intéressés, et surtout une étude géologique de terrain ; celle-ci avait d'ailleurs été complétée, compte tenu du contexte, par une expertise structurale complémentaire.

Les résultats de ces premières investigations ont fait l'objet d'un premier rapport (vol. I - Synthèse des données bibliographiques et de l'étude géologique de surface).

Cette première phase avait permis de mieux connaître le site et de mettre en évidence les points restant à éclaircir et les données manquantes restant à acquérir (informations géologiques, paramètres hydrodynamiques, qualité des eaux souterraines, etc.) ; un programme de travail avait donc été établi en conséquence et avait abouti à la planification d'une campagne de forages : (cf. chapitre IV du vol. I - "Programme d'acquisition d'informations complémentaires").

1.2 - MOYENS

Quinze sondages avaient donc été programmés :

- 6 forages profonds, dont 2 en carottage continu, et
- 9 sondages courts ;

Ces travaux de sondages ont été sous-traités à la SARG (Service Auxiliaire de Recherches Géotechniques).

Deux ateliers de forage ont été mis en oeuvre simultanément sur le site avec le matériel suivant :

- un Mobil Drill B 61 (forages destructifs superficiels et profonds),
- une Terramec 500 sur chenille (sondages carottés).

Les techniques de foration ont été différentes selon les conditions et l'objectif visé :

- foration à la tarière dans les formations superficielles meubles,
- foration au rotary à l'eau dans le substratum sain ou légèrement altéré,
- carottage au câble ou en conventionnel, pour les sondages demandant une reconnaissance plus approfondie.

Ces sondages ont fait l'objet d'investigations complémentaires successives, conduites et réalisées par le BRGM : diagraphies, tests hydrauliques, prélèvements d'eau pour analyse, etc.

Les travaux de forages se sont déroulés sur 2 mois (avril et mai 1990) sans incident particulier malgré l'hétérogénéité du site (hétérogénéité lithologique, fractures, travaux miniers). Par ailleurs, toutes les précautions avaient été prises pour assurer la sécurité du chantier (sécurité du personnel, sauvegarde des échantillons prélevés et protection des ouvrages réalisés).

II - RESULTATS DES TRAVAUX DE SONDAGES

2.1 - GEOLOGIE DES TERRAINS TRAVERSES

2.1.1. - Analyse des sondages

Les sondages nouvellement réalisés lors de cette campagne sont situés sur la figure 1, et plus précisément sur la carte au 1/1 000 en Annexe 6. Les caractéristiques principales de ces sondages sont résumées en Annexe 1.

2.1.1.1. *Sondages profonds (B1 à B6)*

Pour chaque sondage, nous présentons dans les pages qui suivent :

- a) Un commentaire sur la géologie (lithologie, pendage, fracturation et micro-fracturation, oxydation diverse, etc.), ainsi que sur les résultats des diagraphies (neutron et gamma-ray).
- b) La coupe lithologique des sondages (la légende figure en dernière page et peut être dépliée afin de faciliter la lecture des coupes).
- c) Les courbes de diagraphies neutron et gamma-ray.
- d) Un log synthétique et interprétatif des terrains recoupés par les sondages, avec représentation :
 - . des distinctions "terrain meuble ou de faible cohésion et terrain consolidé",
 - . de la granulométrie de chaque couche (plus ou moins liée à la perméabilité intrinsèque de la roche.
- e) Pour les sondages carottés, les densités de micro-fracturation ainsi que les passages avec macro-fractures.

Sondage B1 (figure 2)

Carotté vertical 45 m

Implanté dans l'axe de la décharge des déchets industriels, au SW.

Il confirme :

- le caractère essentiellement argilo-silteux du terrain (formation rouge de Torcy) dans l'axe de la décharge et du vallon sud ; cependant, il n'est pas exempt de petits bancs gréseux grossiers à matrice argileuse, pluri-décimétriques ; par exemple, une zone gréso-argileuse se trouve entre 12,2 et 17,50 m ;
- le fort pendage : 40 à 50°, vraisemblablement vers le NW, ce qui rend favorable un compartimentage par failles entre la décharge de déchets industriels et sa bordure sud ;
- la présence de formations superficielles avec 2 m de remblais argilo-sableux et 1,8 m de terrain argilo-sableux tendre ;
- l'altération du substratum qui se traduit ici par un certain ameublissement des argiles.

A noter également :

- l'augmentation progressive de la compacité des argiles marquée par la diagraphie neutron-porosité ;
- la présence d'un accident tectonique de 37,5 à 37,7 m avec changement de faciès argileux marqué par l'apparition de la couleur gris-vert et d'un fin litage souligné par des microparticules charbonneuses (faciès Autunien) sur les carottes et par une rupture de courbe gamma ray : ici la formation de Torcy ne reposerait pas sur la formation gréseuse de Montfaucon mais serait en contact par faille avec l'Autunien ;
- une fracturation assez généralisée des argilites (plans de friction striés, lustrés, etc.) ;
- des traces d'oxydation dans ce réseau de fractures jusqu'à 16 m de profondeur.

Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -2-

N° classement : 0578-2X-0123
Désignation : B.1

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

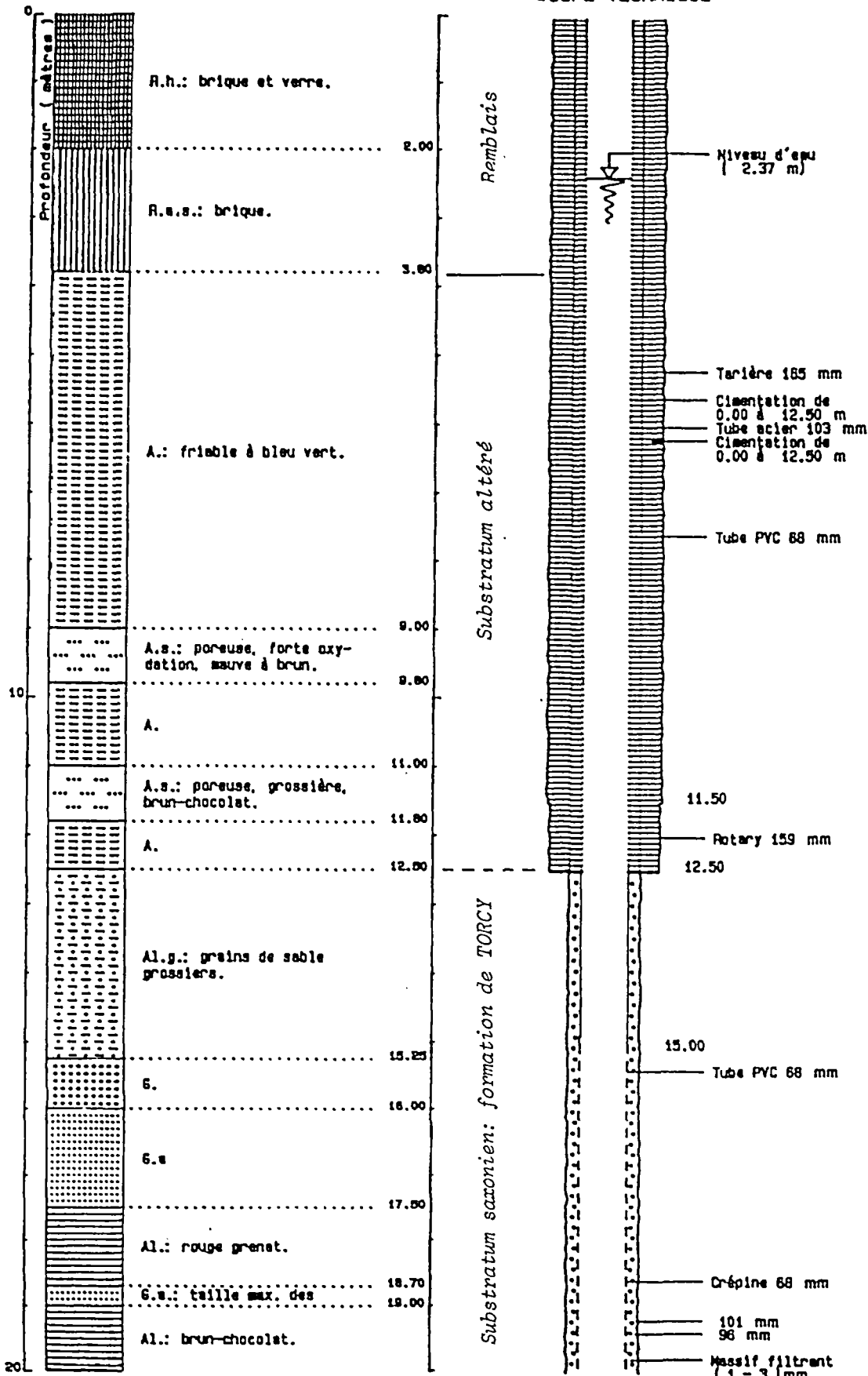
DATE(S) D'EXECUTION
Début : 11/04/90

LOCALISATION

X : 762.775 km
Y : 197.260 km

PIEZOMETRIE

NS/sol : 2.37 m
Rep/sol : 0.00 m
Z rep. : 0.00 m
Cote : -2.37 m
piézo



Département : SAONE ET LOIRE

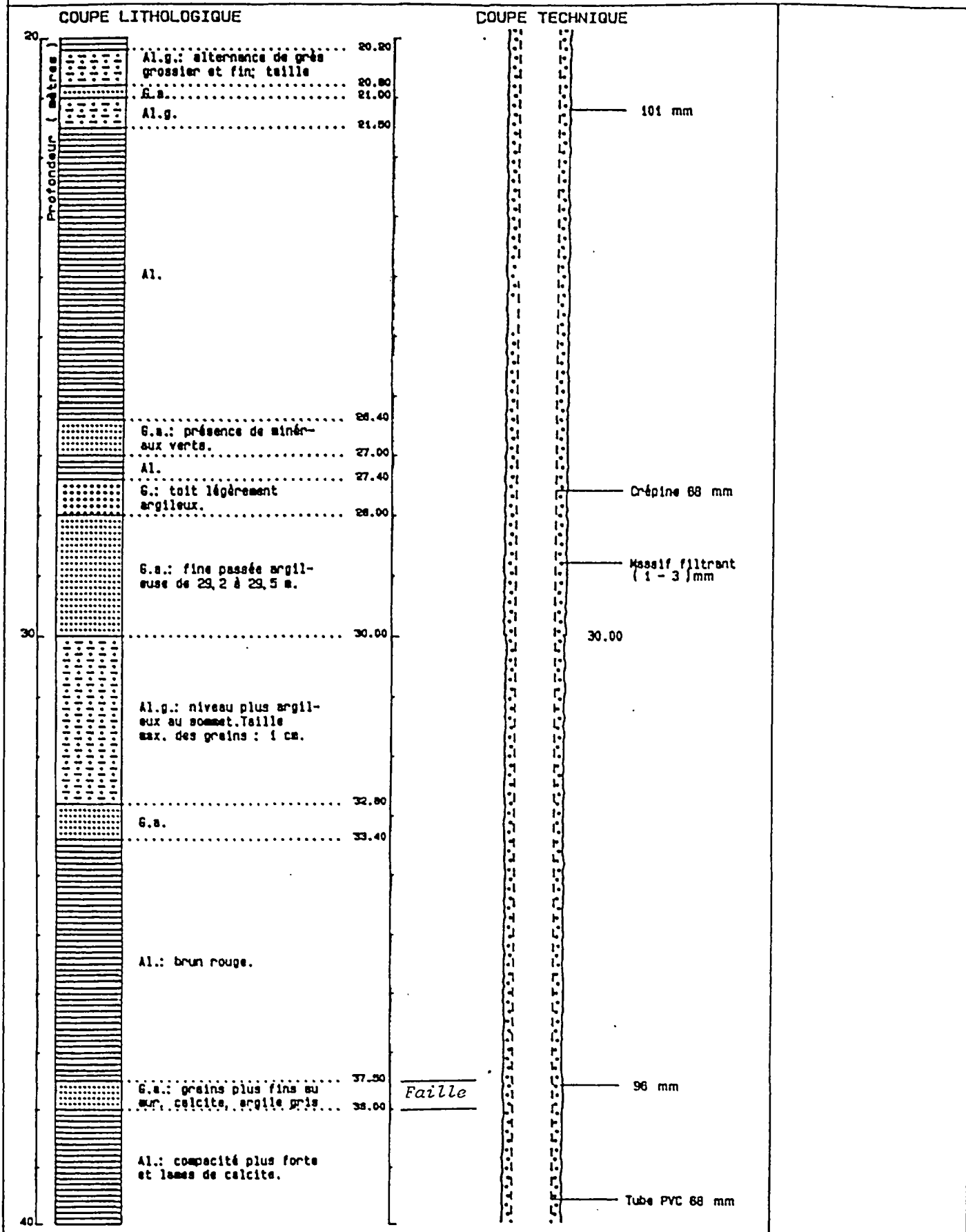
FIG. -2-

N° classement : 0578-2X-0123

Commune : MONTCHANIN

Désignation : B.1

Bureau de Recherches Géologiques et Minières

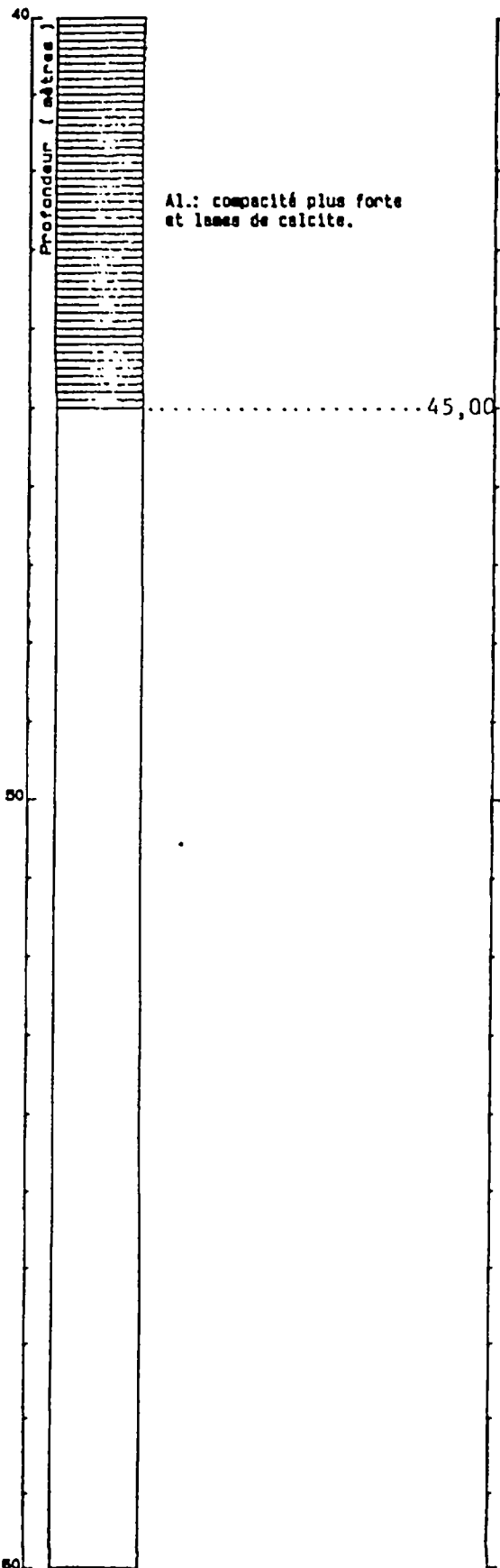


Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -2-

N° classement : 0578-2X-0123
Désignation : B.1

COUPE LITHOLOGIQUE



Autunien ?

COUPE TECHNIQUE

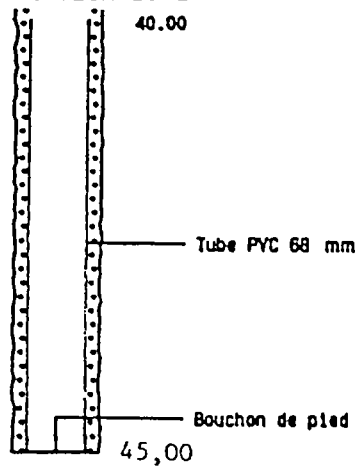
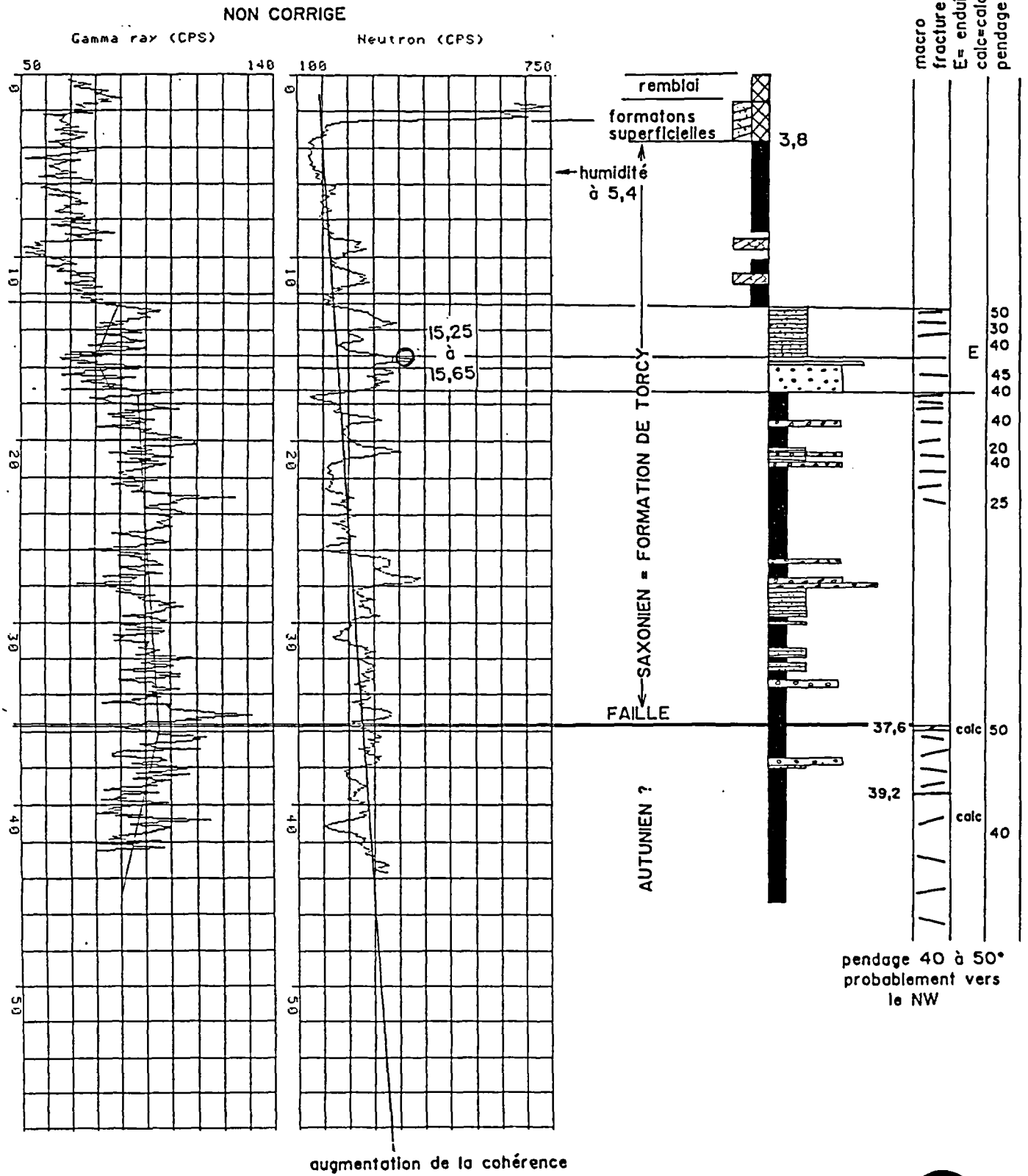


FIG. -2bis-

B I



Sondage B2 (figure 3)

Destructif vertical de 32 m.

Implanté sur la "cloison résiduelle" (panneau entre les deux décharges), à côté de la butte témoin, sur une zone d'affleurement de la formation de Montfaucon, à bancs de grès et d'argile interstratifiés, subverticaux.

Il confirme :

- le caractère très gréseux de ce terrain : deux passées d'argile silteuse seulement vers 20 et 25 m et près de la surface entre 2 et 4 m ;
- le caractère remanié ou déconsolidé des 5 premiers mètres, à perméabilité intersticielle plus forte ;

A noter également :

- une augmentation progressive et importante de la compacité des grès vers la profondeur ;
- un certain lissage des diagraphies probablement dû à la structure subverticale (terrain progressivement plus argileux ou plus gréseux au NW et au SE du trou).

Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -3-

N° classement : 0578-2X-0124
Désignation : B.2

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

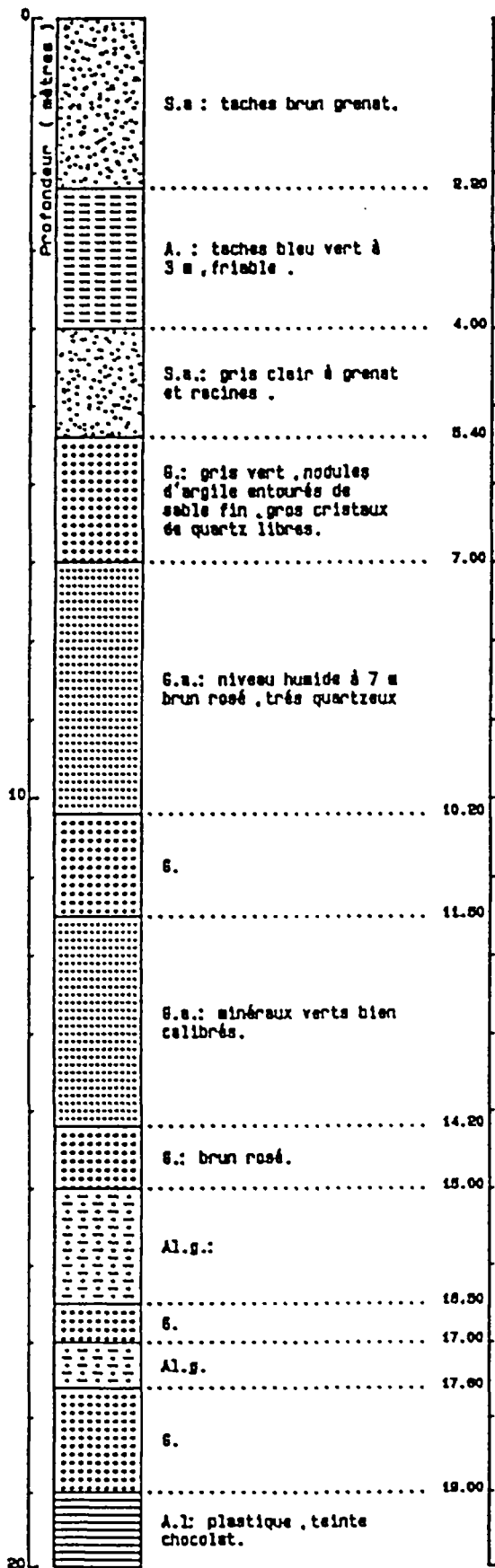
DATE(S) D'EXECUTION
Début : 05/04/90

LOCALISATION

X : 763.007 km
Y : 197.319 km

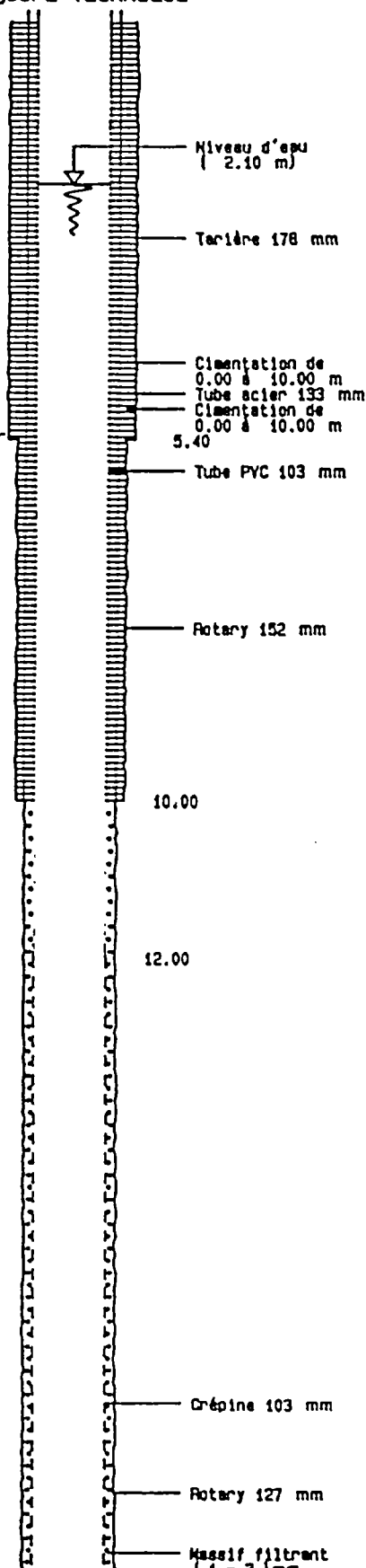
PIEZOMETRIE

NS/sol : 2.10 m
Rep/sol : 0.45 m
Z rep. : 0.45 m
Cote : -2.10 m
piézo



Substratum altéré

Substratum saxonien : formation de Montfaucon



Département : SAONE ET LOIRE

FIG. -3-

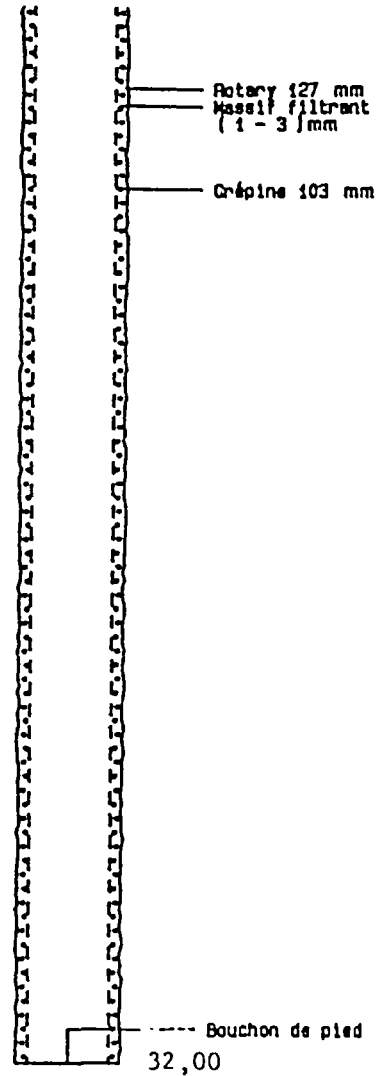
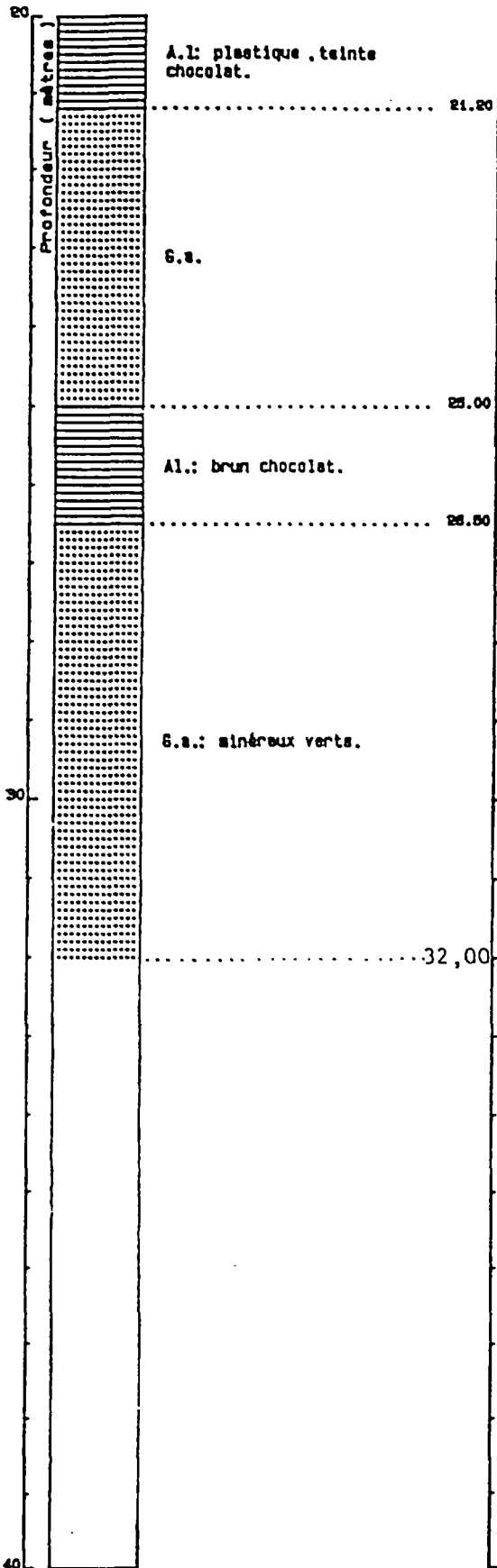
N° classement : 0578-2X-0124

Commune : MONTCHANIN

Désignation : 8.2

COUPE LITHOLOGIQUE

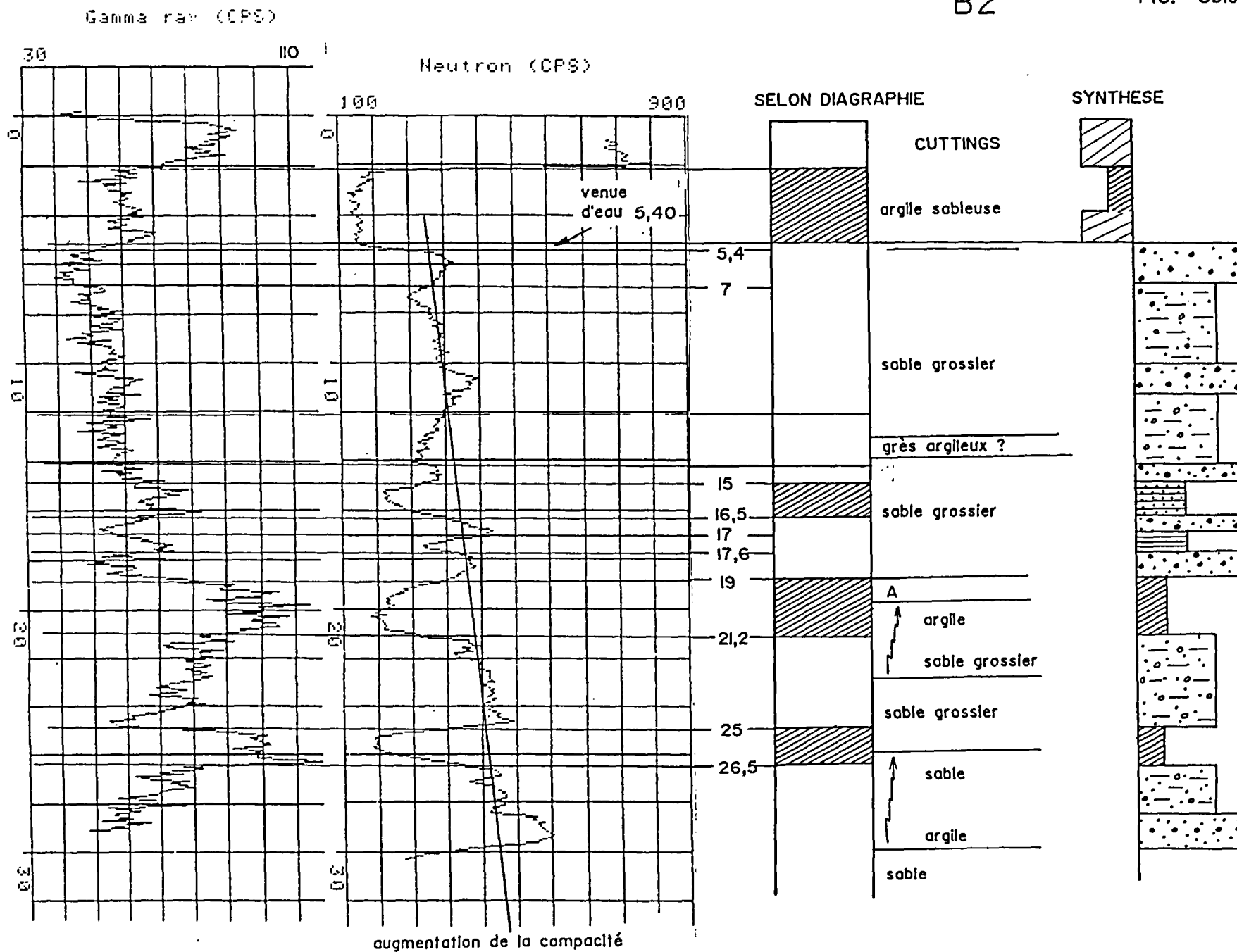
COUPE TECHNIQUE



NON CORRIGE

B2

FIG. -3bis-



Sondage B3 (figure 4)

Destructif vertical de 42 m.

Implanté au SE du lac des Ecrasés, sur une zone présumée d'anciens travaux miniers.

Il confirme :

- la présence dans ces formations du Houiller et à cet endroit, d'anciens travaux miniers qui ont profondément perturbé la disposition des terrains ;
- la grande épaisseur des remblais : au moins 19 m de remblais très hétérogènes avec 5 m de déchets type ordures ménagères, 9 m de remblais argilo-caillouteux et 5 m de remblais miniers avec déblais charbonneux, argileux, caillouteux, à briques, etc. ;

Il indique également que :

- le terrain en-dessous des 19 mètres possède une phase sableuse ou gréseuse, mais également une phase argileuse observable aussi bien sur les cuttings que sur la diagraphie gamma-ray ; il s'agit :
 - . soit d'une alternance argilite/grès charbonneux (argilite silteuse à gréseuse et grès plus ou moins argileux) ;
 - . soit d'une alternance de remblais plus ou moins sableux et argileux ;
- une zone de galeries a probablement été atteinte vers 42 m, le cutting comportant des morceaux de bois ;
- une zone de cavités minières remblayées a probablement été traversée entre 33,5 et 35,5 m car la descente du tricône a été très rapide, à cette cote.

Departement : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -4-

N° classement : 0578-2X-0125
Désignation : B.3

Bureau de Recherches Géologiques et Minières

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

DATE (S) D'EXECUTION

Début : 09/04/90

LOCALISATION

X : 762.930 km

Y : 197.008 km

PIEZOMETRIE

NS/sol : 4.03 m

Rep/sol : 0.50 m

Z rep. : 0.50 m

Cote : -4.03 m
piézo

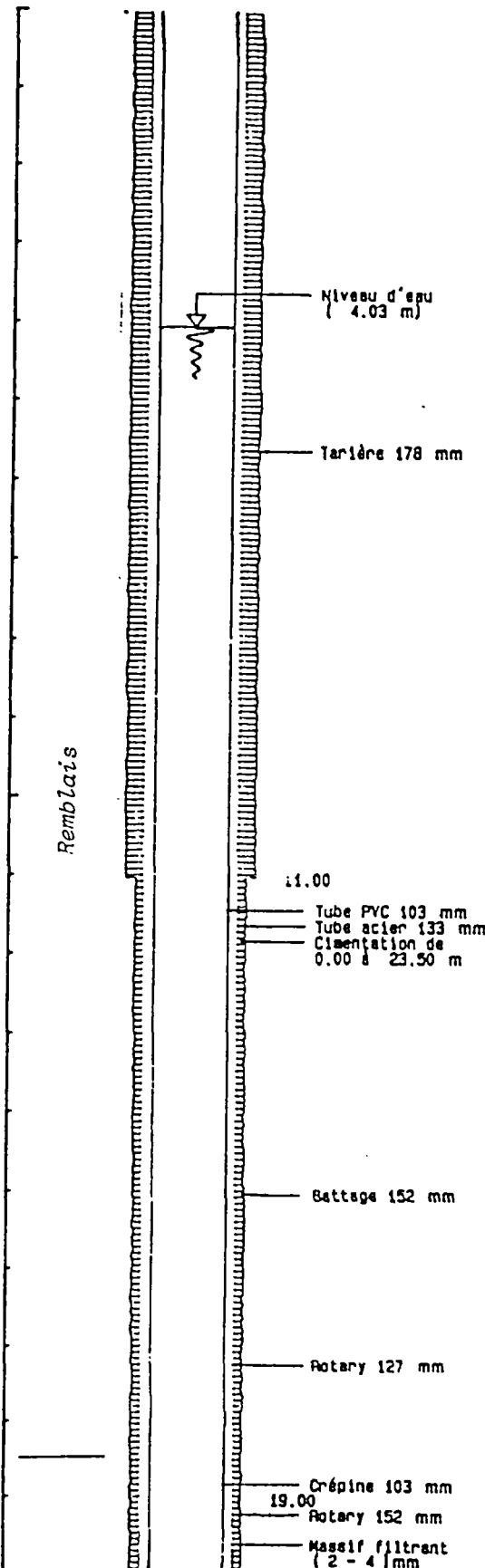
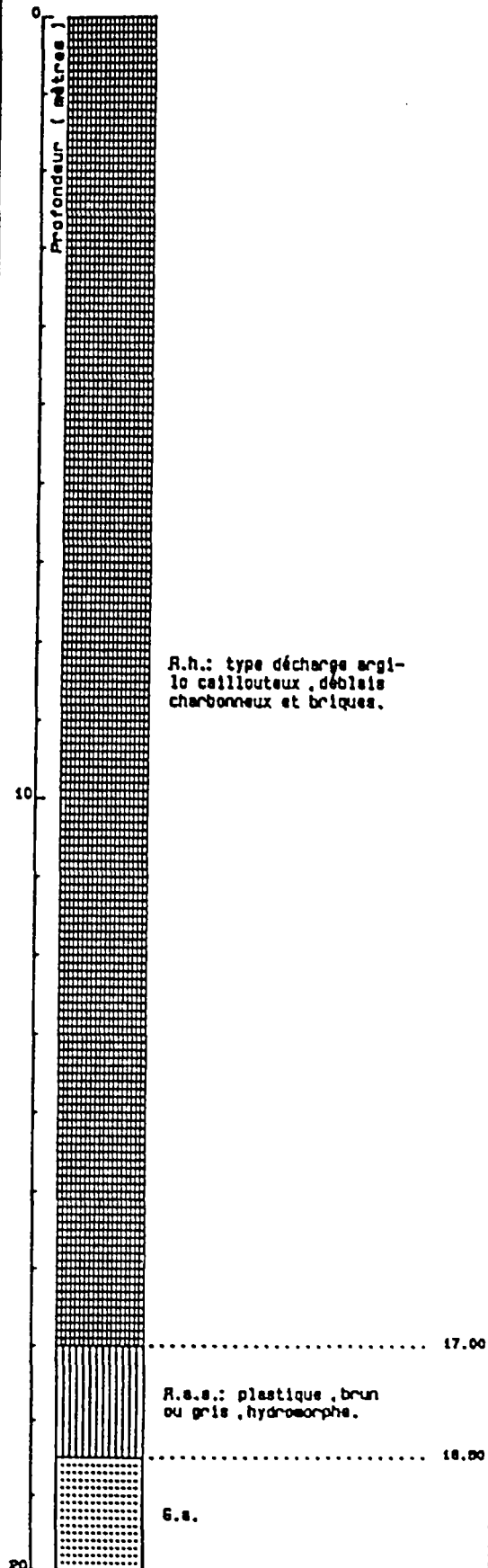
POMPAGE D'ESSAI

Date : 17/05/90

Durée : 2.0 h

Débit : 4.2 m³/h

Rabat. : 4.15 m

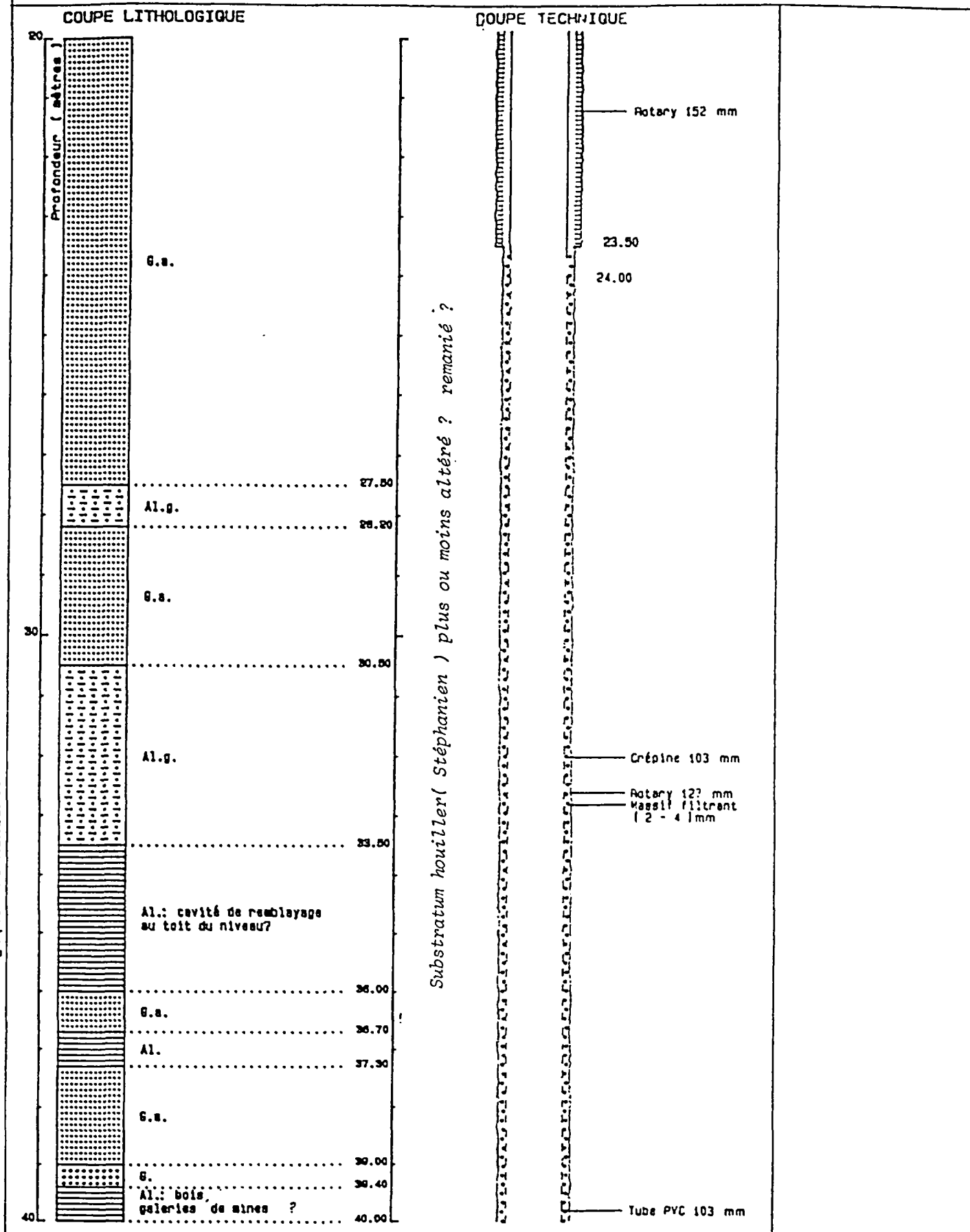


Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -4-

N° classement : 0578-2X-0125
Désignation : B.3

Bureau de Recherches Géologiques et Minières



Département : SAONE ET LOIRE

Commune : MONTCHANIN

FIG. -4-

N° classement : 0578-2Y-0125

Désignation : B.3

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

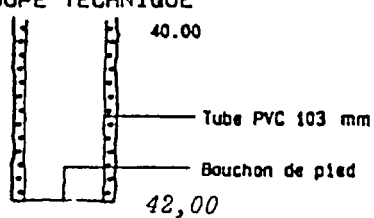
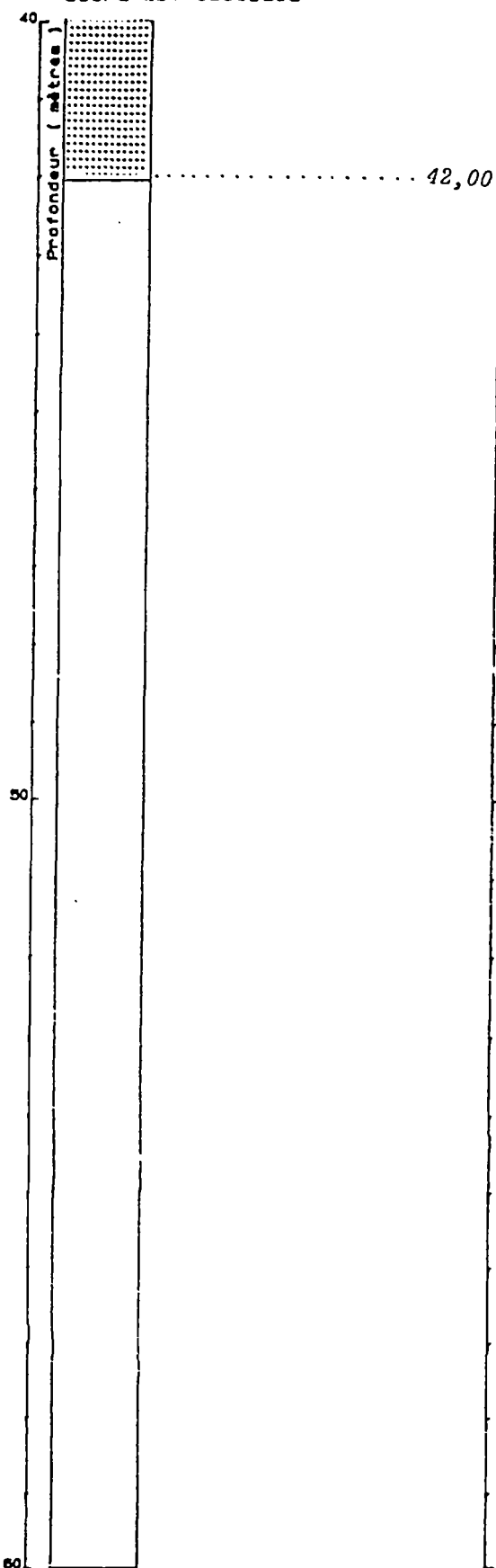
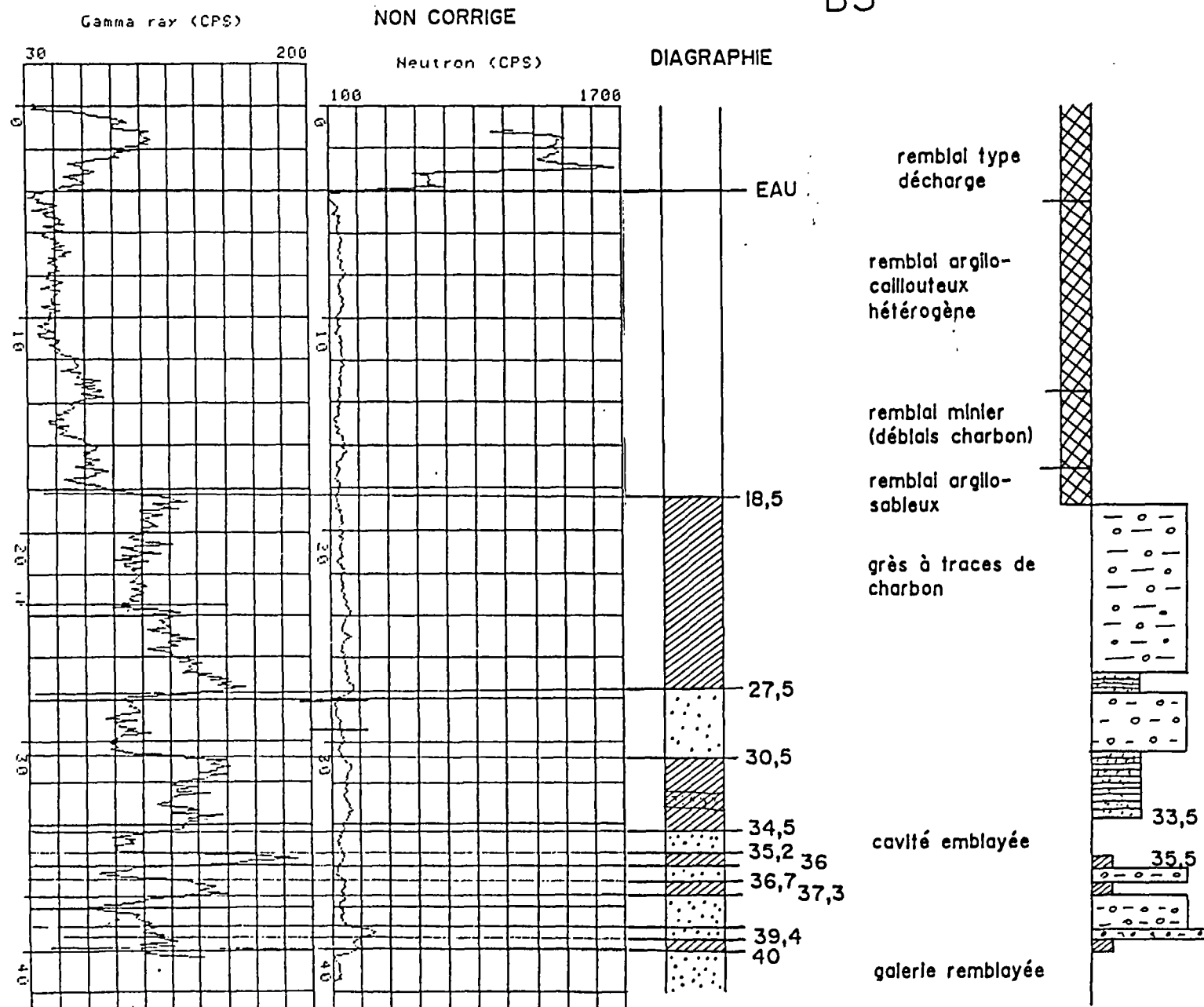


FIG. -4bis-

B3



Sondage B4 (figure 5)

Carotté incliné à 60°

Longueur : 60 m (profondeur : 51 m)

Calcul de récupération des carottes : 95 %

Implanté en bordure NW de la décharge de déchets industriels.

Il confirme :

- le changement de terrain au NW de la décharge : alternance d'argile silteuse, de grès grossiers riches en matrice argileuse et de grès sans matrice, les deux premiers faciès en bancs métriques à plurimétriques, le troisième en petits bancs décimétriques isolés ou alternant avec les grès argileux ;
- la très dense fracturation de cette zone avec :
 - . une faille verticale, dans le plan axial apparaissant à 22, 49 et 58 m ;
 - . deux failles obliques à 16 et 19 m ;
 - . une vitesse de fracturation des argilites ;
- la présence d'une zone superficielle à beaucoup plus grande perméabilité d'interstices constituée par :
 - . des bancs de grès à matrice argileuse rouge, grossiers, très altérés, kaolinisés, sans cohésion ni stratification (de 2 à 12,5 m) ;
 - . 2 m de sables argileux superficiels.

A noter également :

- un pendage apparent (par rapport à l'axe du carottage) de 20 à 40°, sans évolution distincte de haut en bas, correspondant, pour une inclinaison de 60° du sondage, à un pendage réel subvertical ;
- l'augmentation progressive de la compacité de l'ensemble vers le bas, encore plus indiquée qu'en B1 par la diagraphie neutron-porosité ;
- un ameublissement progressif des argilites dès 20 m de profondeur ;
- l'intense fracturation des argilites mais avec rareté des fractures ouvertes : lèvres non altérées, lustrées ou striées, sèches ou à calcite ancienne, exceptionnellement à enduits ferromagnésiens.

Département : SAONE ET LOIRE

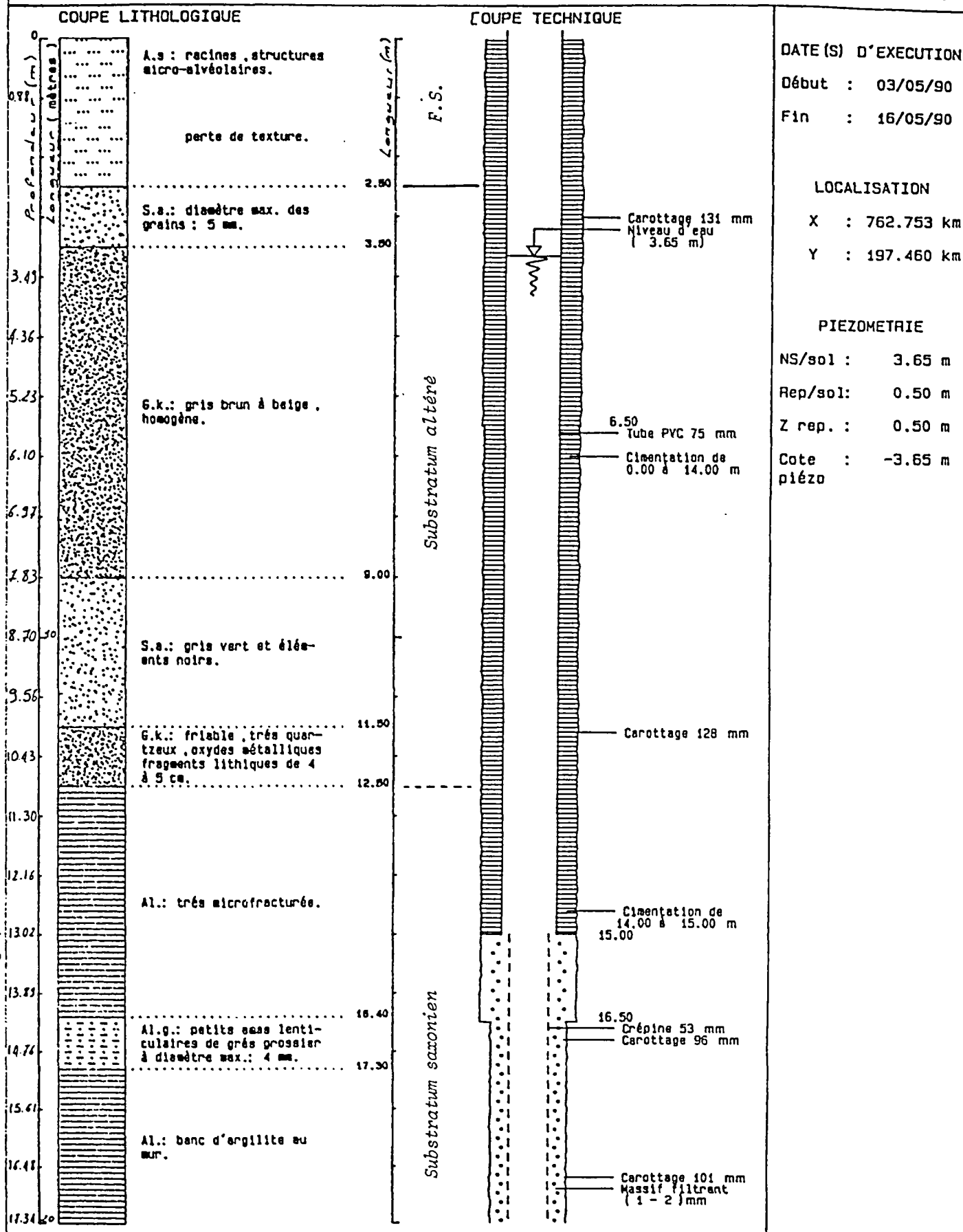
FIG. -5-

N° classement : 0578-2X-0126

Commune : MONTCHANIN

Désignation : B.4

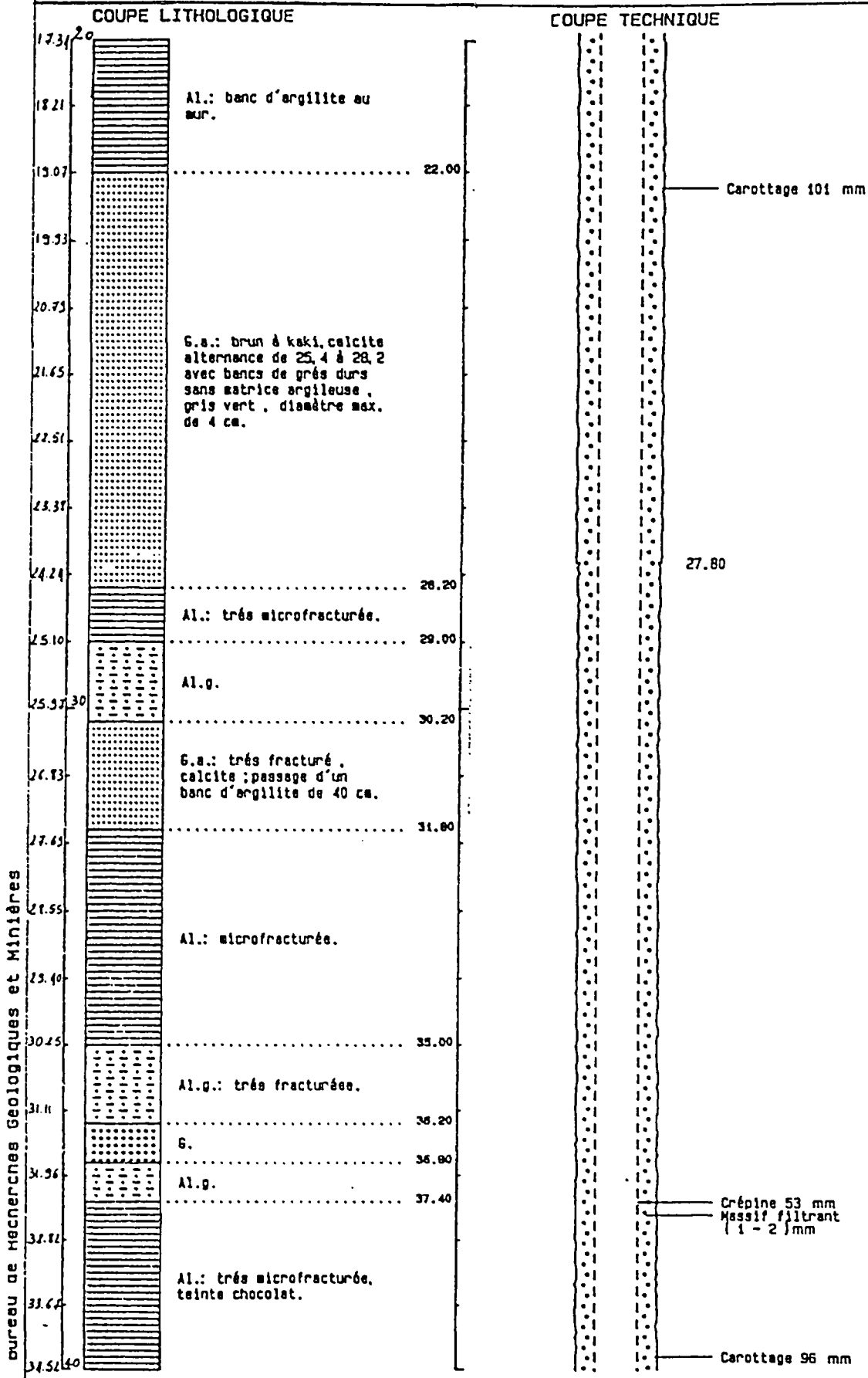
Bureau de Recherches Géologiques et Minières



Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. - 5 -

N° classement : 0578-2X-0126
Désignation : B.4



Département : SAONE ET LOIRE

FIG. -5-

N° classement : 0578-2X-0126

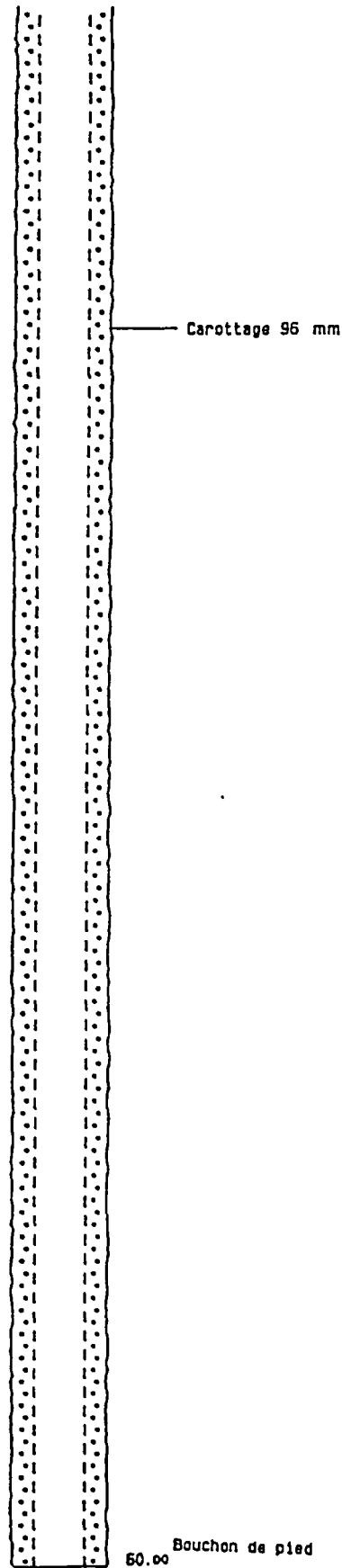
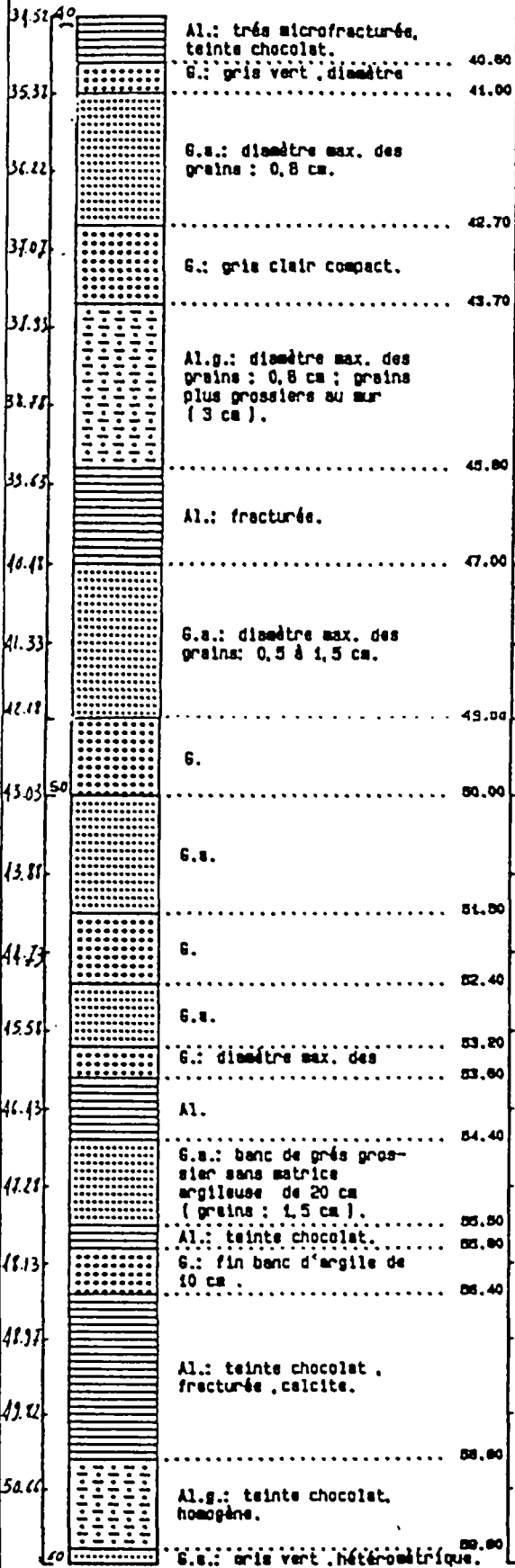
Commune : MONTCHANIN

Désignation : B.4

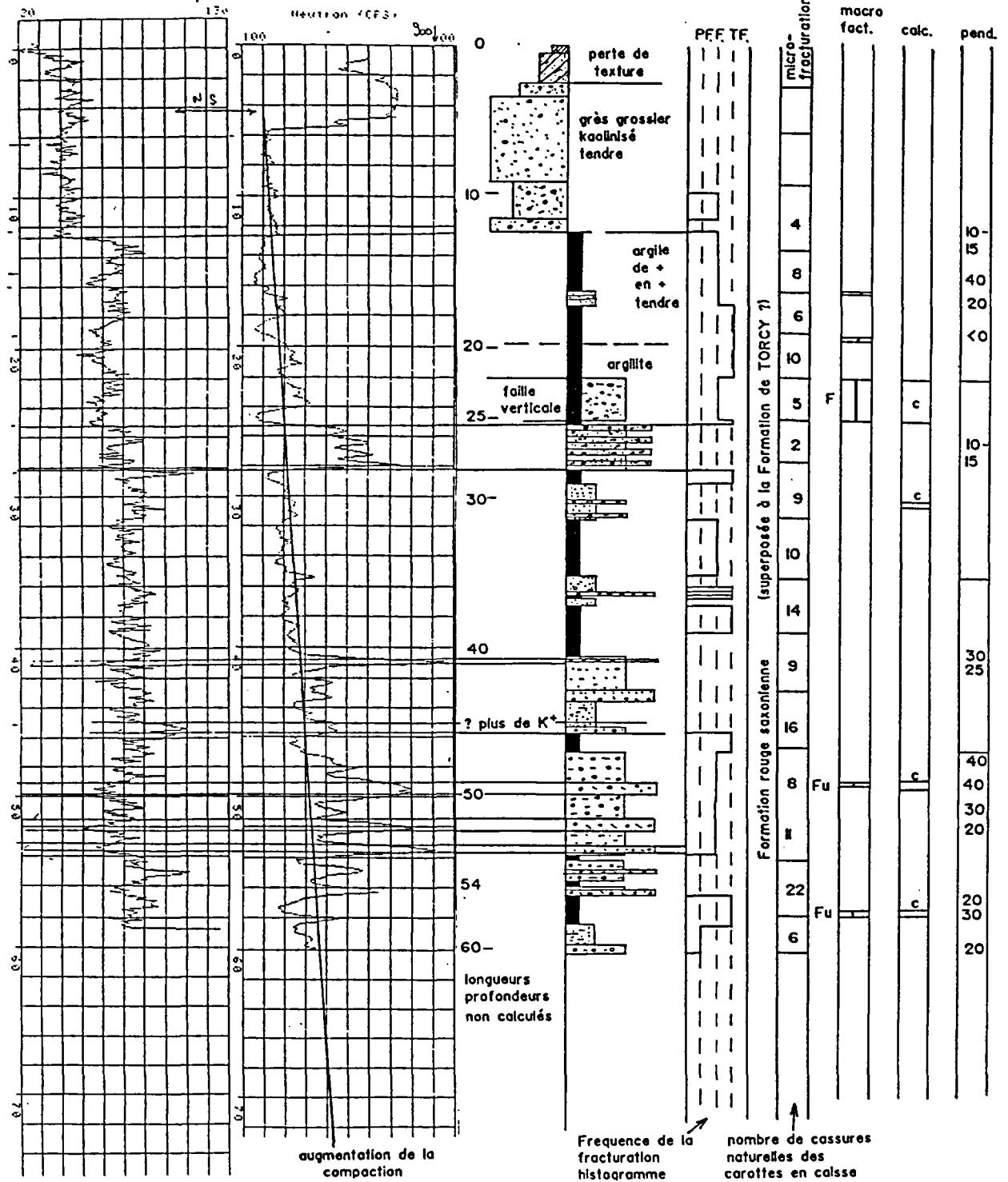
Bureau de Recherches Géologiques et Minières

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



F.S.: Formations superficielles



Sondage B5 (figure 6)

Destructif vertical de 42 m.

Implanté sur la bordure ouest de la décharge d'ordures ménagères, à proximité de la faille permienne.

Il confirme :

- l'implantation sur le Houiller (Stéphanien à feldspaths roses), constitué par une alternance de bancs de grès grossiers, de grès à matrice argileuse, d'argilites gréseuses et d'argilites ou schistes charbonneux ; la moitié supérieure du sondage étant à dominante gréseuse, la moitié inférieure plus riche en passées argileuses, avec charbon ;
- le grand développement des formations de faible cohésion (perméabilité plus grande) :
 - . remblais argilo-caillouteux sur 5,7 m ;
 - . remblais sablo-argileux à blocs de grès ou substratum houiller altéré avec grès sableux et argiles sableuses de 5,7 à 10 m ;

Ces observations valident en partie la cartographie d'une zone de remblais divers autour de la décharge d'ordures ménagères.

Département : SAONE ET LOIRE

Commune : MONTCHANIN

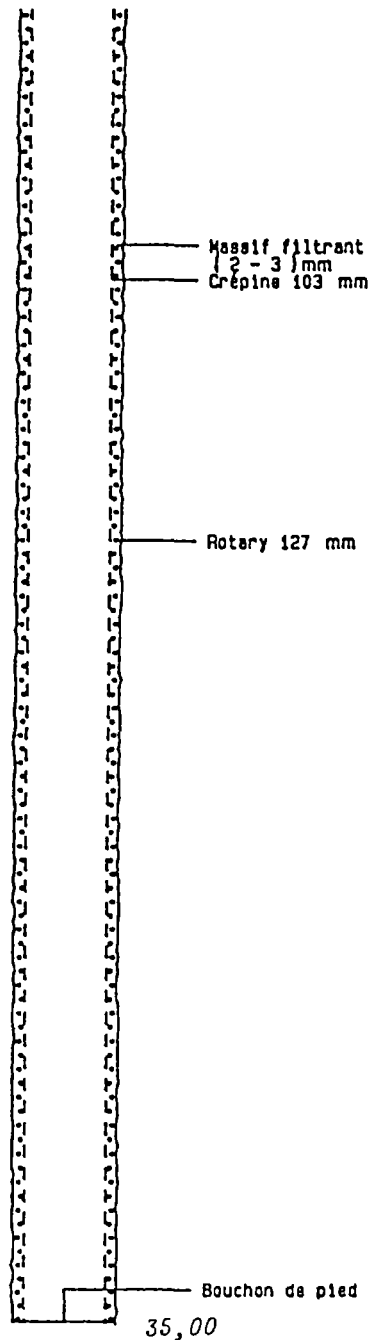
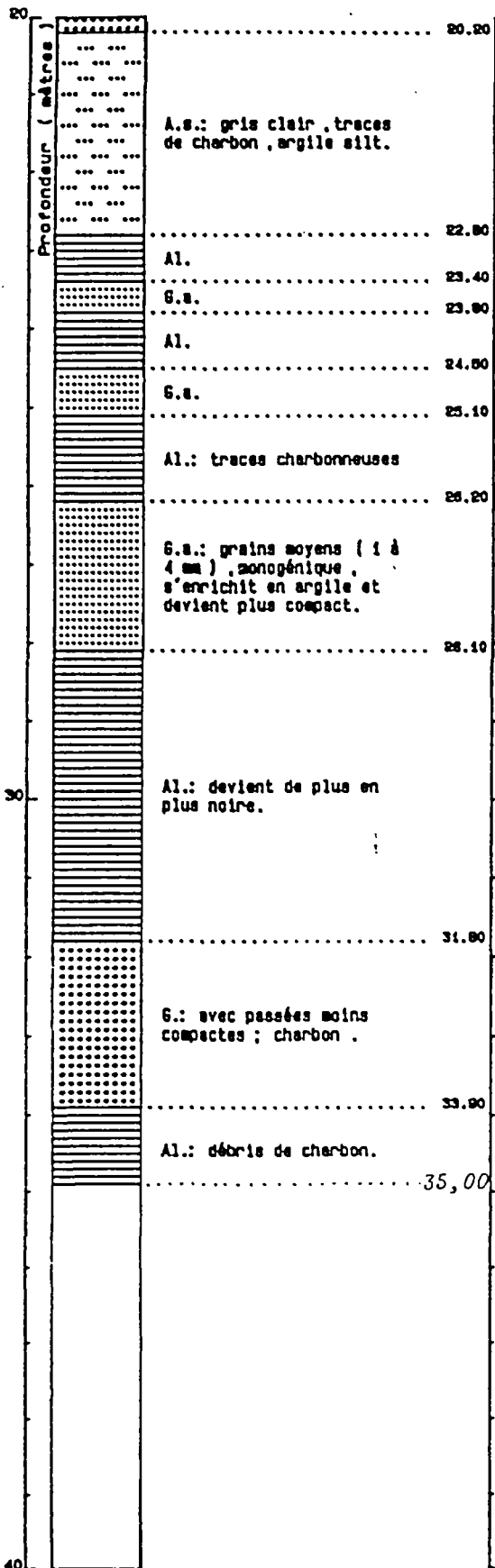
FIG. -6-

N° classement : 0578-2X-0127

Désignation : B 5

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

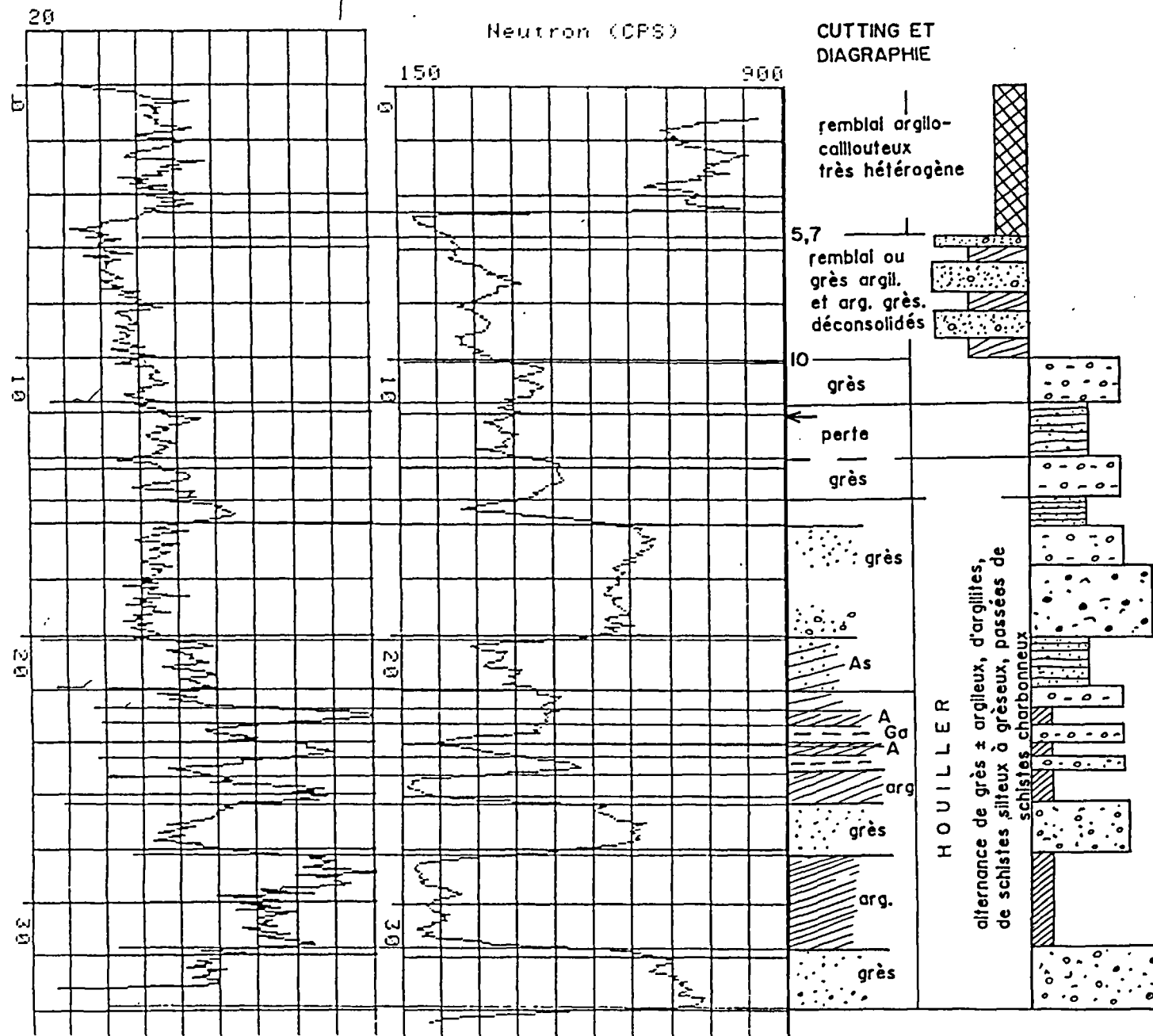


Gamma ray (CPS)

NON CORRIGE

B5

FIG. -6bis-



Sondage B6 (figure 7)

Destructif vertical de 47 m.

Implanté sur la butte de la Glacière au sud de la décharge de déchets industriels.

Il confirme :

- la présence de formations superficielles :

- . 3,7 m de formations superficielles résiduelles et/ou de remblais ;
- . un banc de grès kaolinisés de 3,7 à 4,7 m.

A noter également :

- à partir de 14 m de profondeur, le sondage a recoupé une formation très homogène, uniforme, d'argilite silteuse gris-vert et brun-grenat, finement litée, à particules microcharbonneuses (faciès rappelant l'Autunien).

Département : SAONE ET LOIRE

Commune : MONTCHANIN

FIG. -7-

N° classement : 0578-2X-0128

Désignation : B.6

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

LOCALISATION

X : 762.876 km

Y : 197.238 km

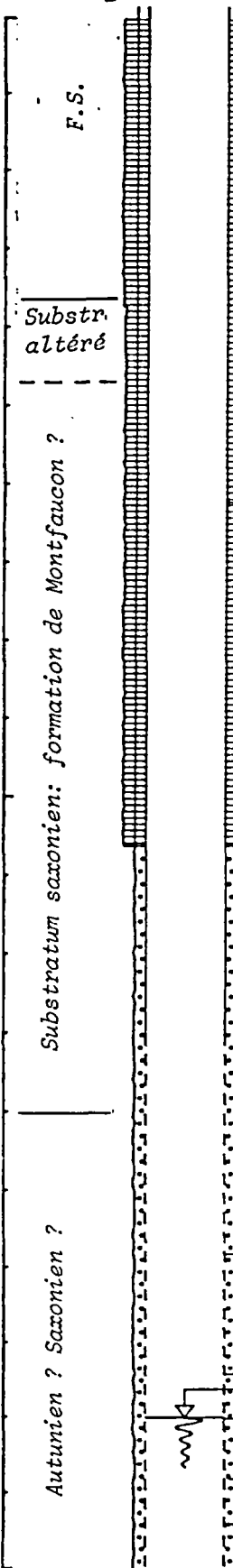
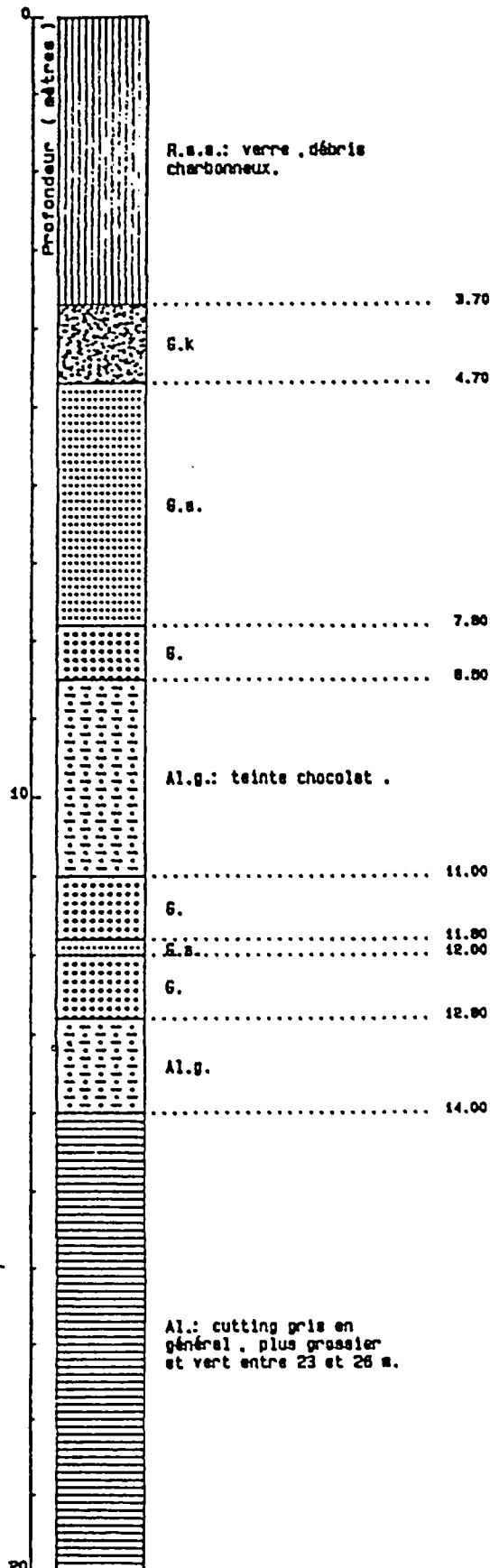
PIEZOMETRIE

NS/sol : 17.98 m

Rep/sol : 0.55 m

Z rep. : 0.55 m

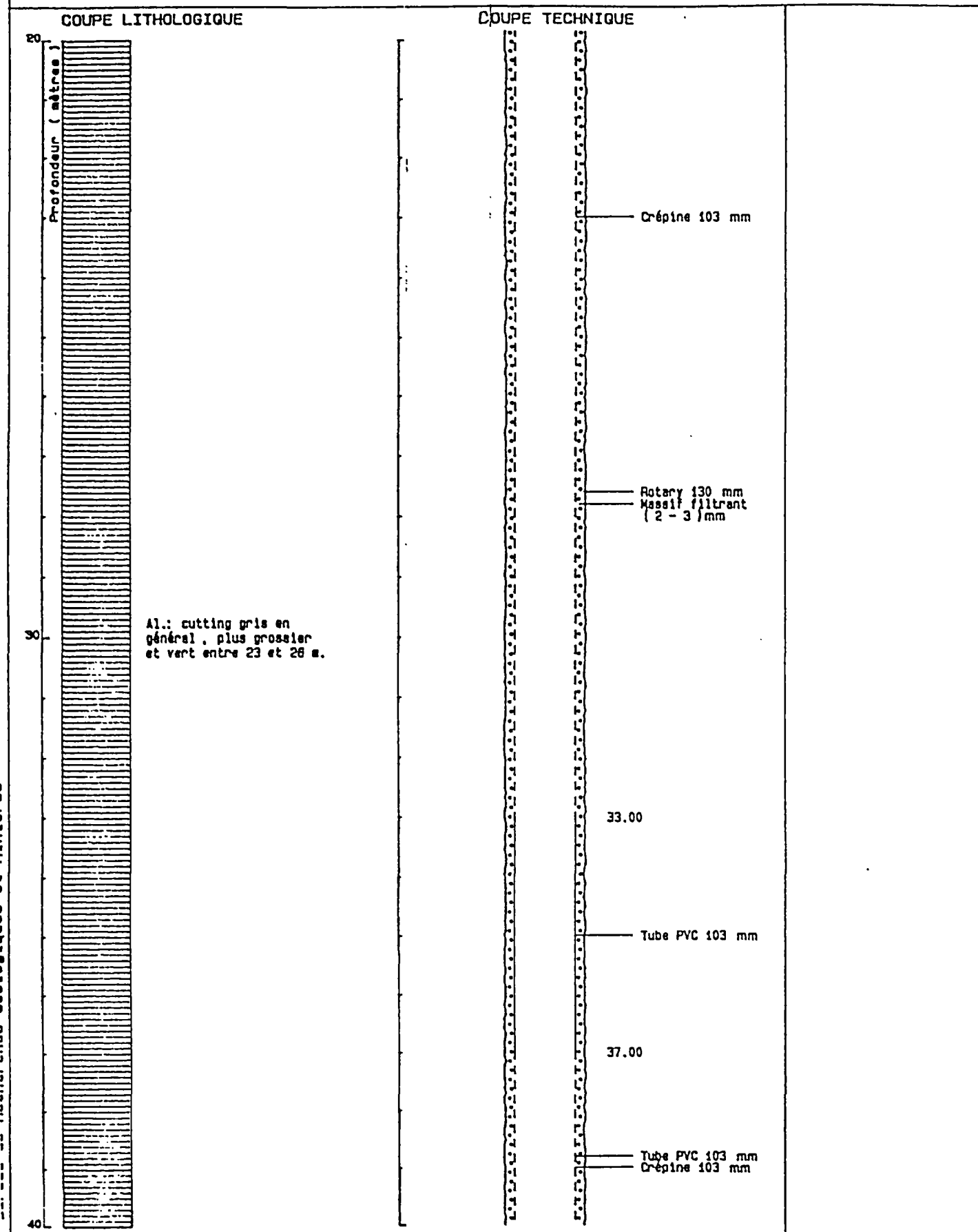
Cote : -17.98 m
piézo



Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -7-

N° classement : 0578-2X-0128
Désignation : B.6



Département : SAONE ET LOIRE

FIG. -7-

N° classement : 0578-2X-0128

Commune : MONTCHANIN

Désignation : B.6

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

Profondeur (mètres)

A1.: cutting gris en général, plus grossier et vert entre 23 et 26 m.

41.00

Tube PVC 103 mm

Bouchon de pied

45.00

47.00

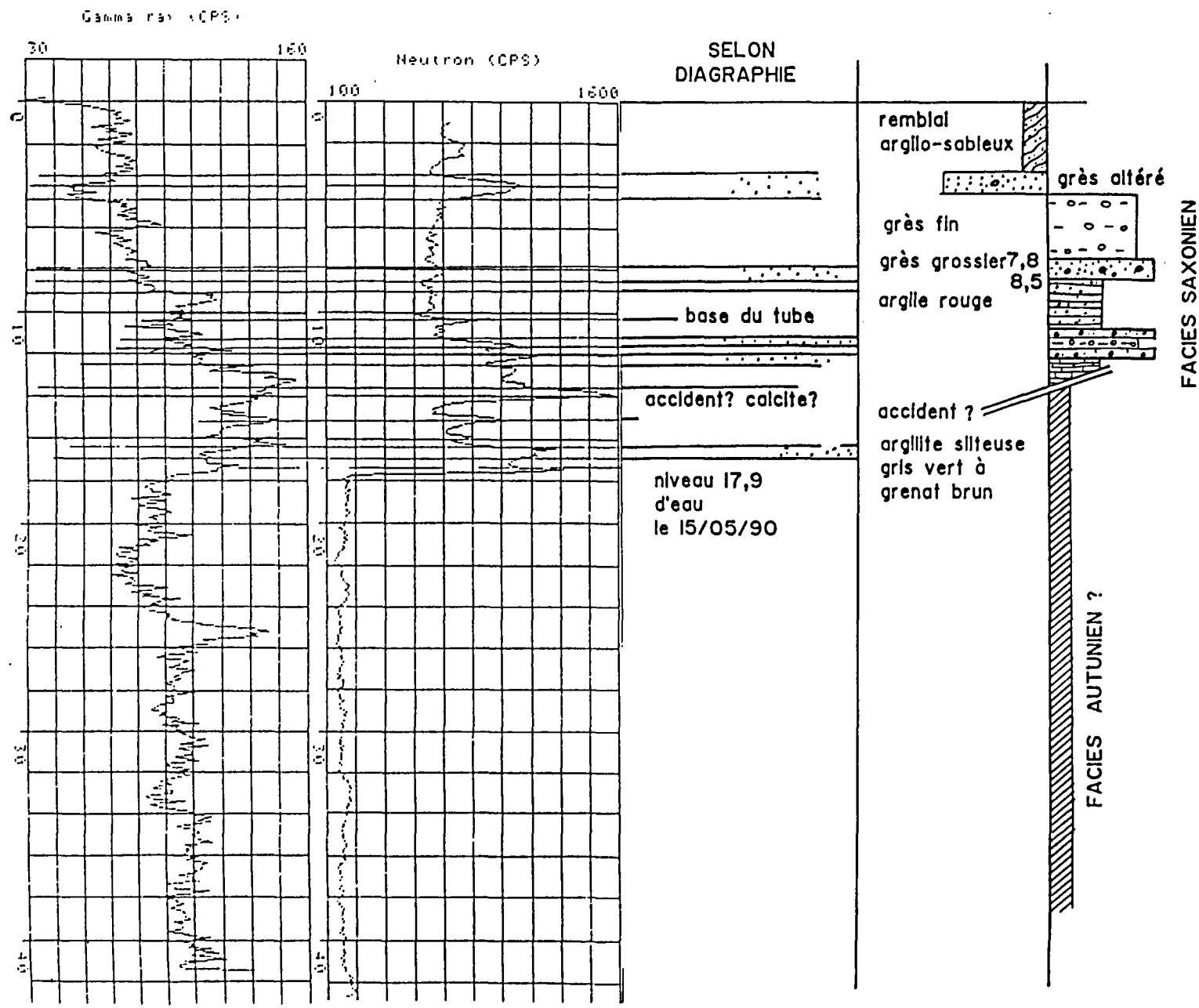
50

60

F.S.: Formations superficielles

B6

NON CORRIGE



2.1.1.2. Sondages courts (C1 à C9)

Les terrains superficiels recoupés par ces sondages sont extrêmement hétérogènes et comportent les formations suivantes :

- remblais hétérogènes,
- remblais argileux à sable argileux,
- argile,
- terre végétale et argile sableuse,
- argile sableuse et sable argileux,
- grès fin à matrice argileuse,
- grès kaolinisé.

Ces sondages ne font l'objet d'aucun commentaire particulier.

Seules les coupes géologiques et techniques sont données ci-après.

La légende figure également en dernière page et peut être dépliée pour faciliter la lecture des coupes.

Département : SAONE ET LOIRE

Commune : MONTCHANIN

FIG. -8-

N° classement : 0578-2X-0129

Désignation : C.1

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

DATE (S) D'EXECUTION

Début : 12/04/90

Fin : 13/04/90

LOCALISATION

X : 762.797 km

Y : 197.245 km

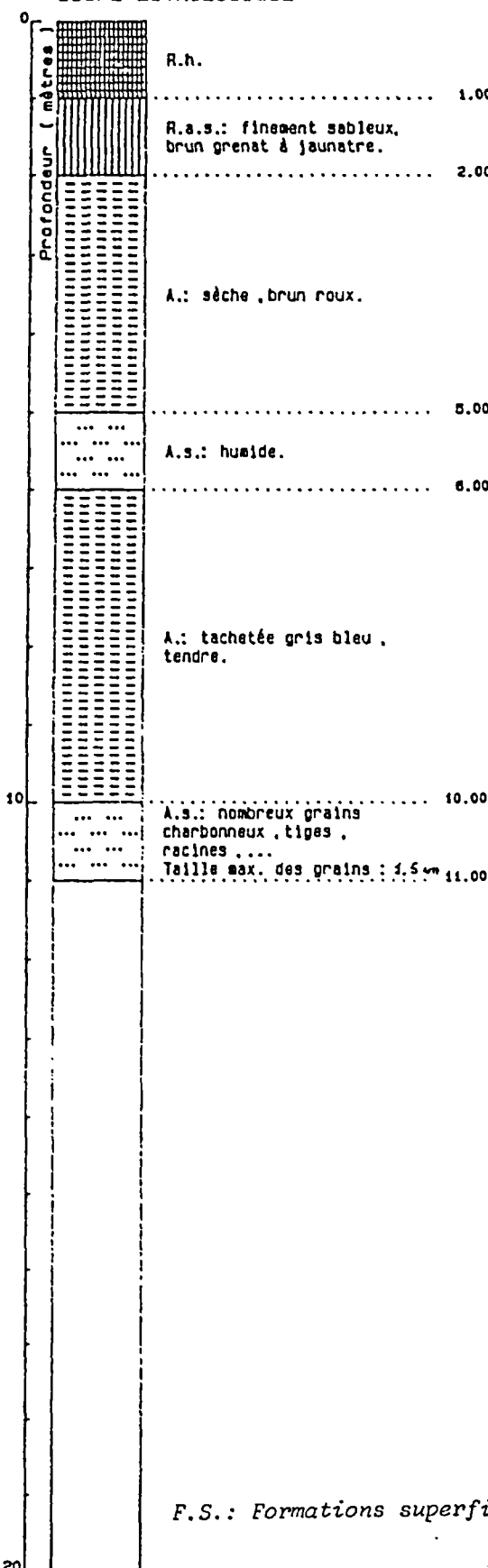
PIEZOMETRIE

NS/sol : 2.14 m

Rep/sol : 0.40 m

Z rep. : 0.40 m

Cote : -2.14 m
piézo



F.S.: Formations superficielles

Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -9-

N° classement : 0578-2X-0130
Désignation : C.2

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

DATE (S) D'EXECUTION

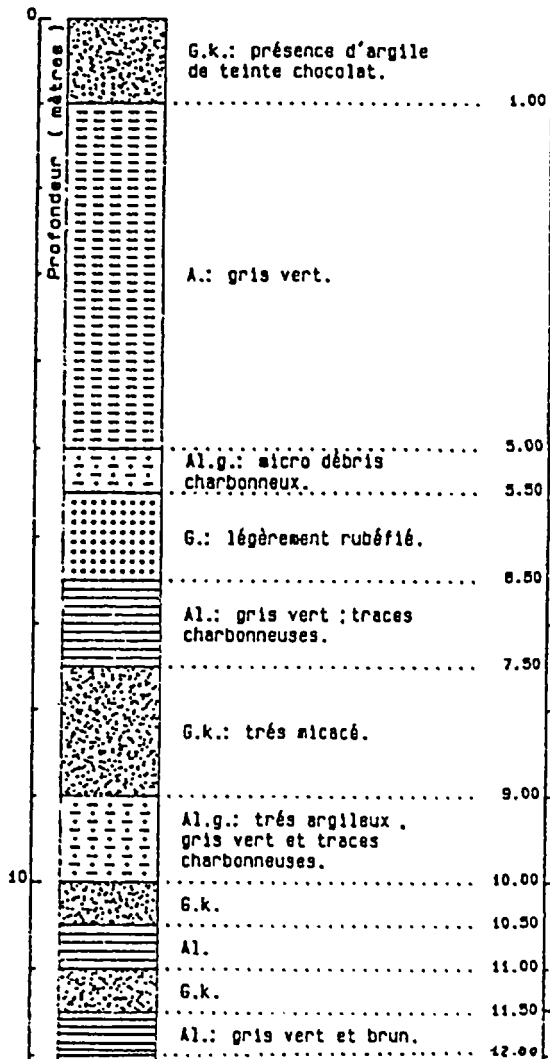
Début : 10/04/90

Fin : 10/04/90

LOCALISATION

X : 763.030 km

Y : 197.320 km



Substratum altéré (saronien indifférencié)

Substratum saronien : formation de Montfaucon

Cimentation de 0.00 à 12.00 m
Tarière 178 mm
Cimentation de 0.00 à 12.00 m

12.00

Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -10-

N° classement : 0578-2X-0131
Désignation : C.3

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

DATE(S) D'EXECUTION

Début : 10/04/90

Fin : 11/04/90

LOCALISATION

X : 762.925 km

Y : 197.232 km

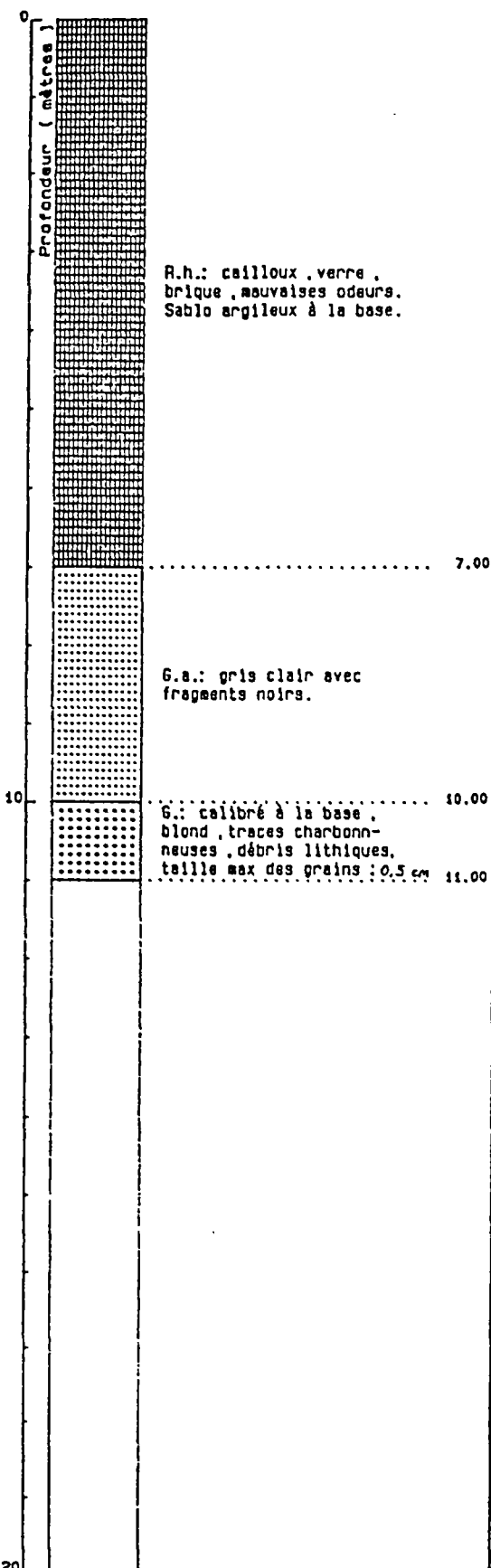
PIEZOMETRIE

NS/sol : 3.56 m

Rep/sol : 0.30 m

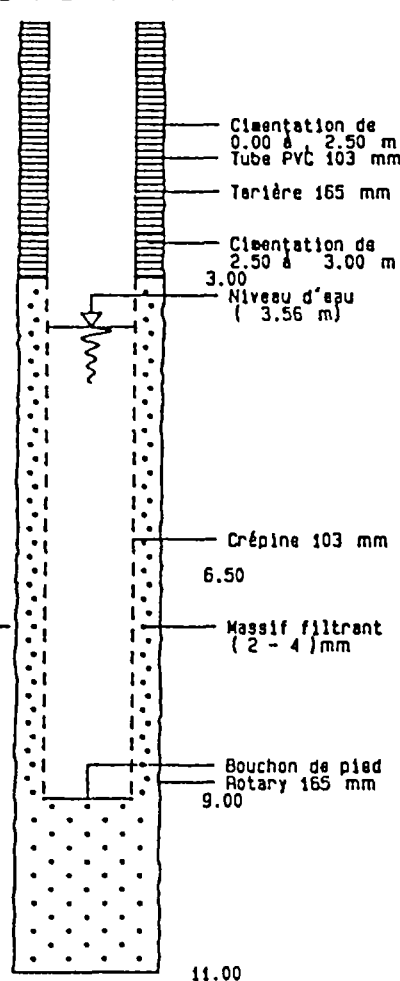
Z rep. : 0.30 m

Cote : -3.56 m
piézo



Formations superficielles

Substratum saxonien : formation de Montfaucon ?



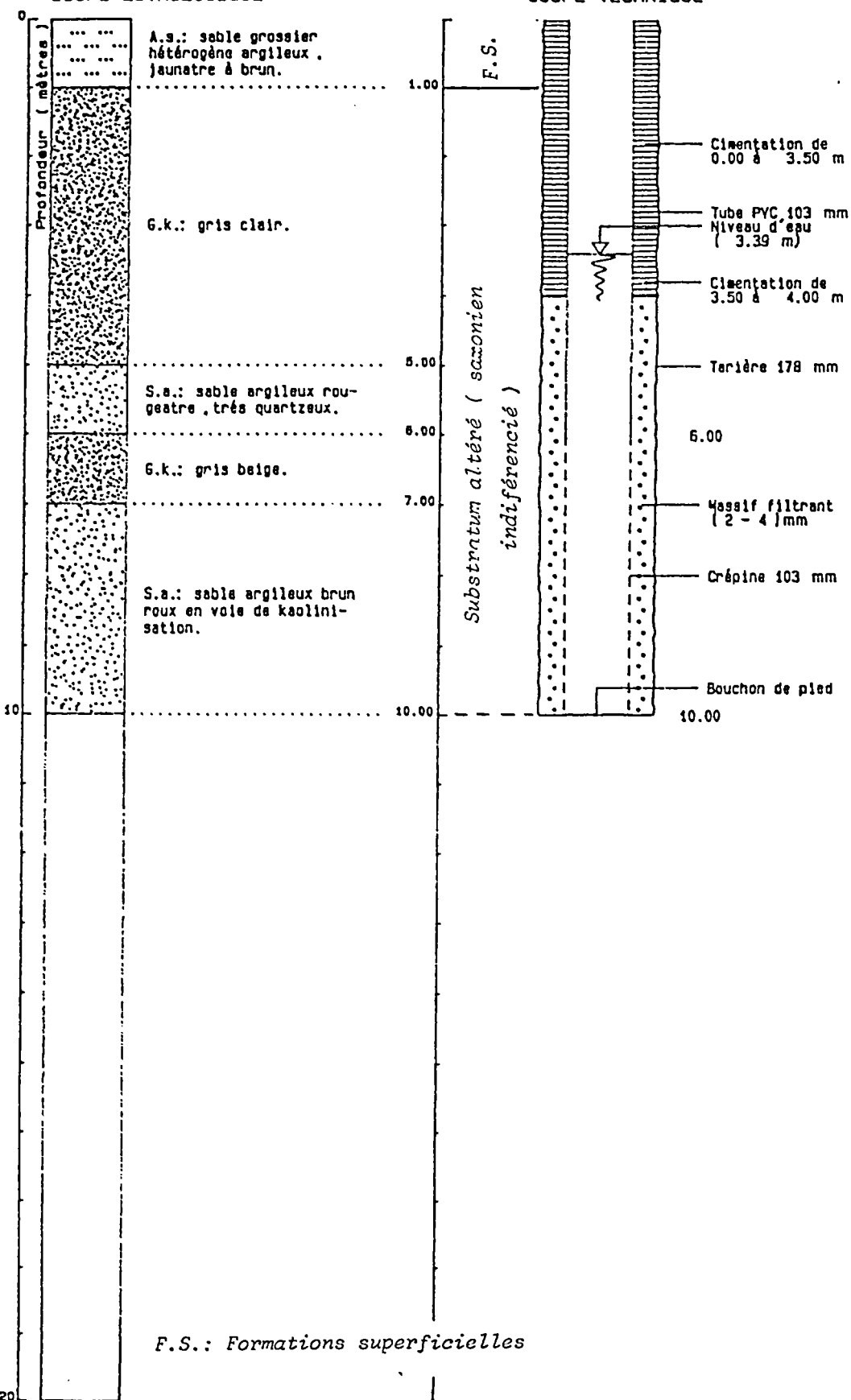
Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -II-

N° classement : 0578-2X-0132
Désignation : C.4

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 12/04/90

Fin : 12/04/90

LOCALISATION

X : 762.860 km

Y : 197.457 km

PIEZOMETRIE

NS/sol : 3.39 m

Rep/sol: 0.23 m

Z rep. : 0.23 m

Cote : -3.39 m
piézo

F.S.: Formations superficielles

Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -12-

N° classement : 0578-2X-0133
Désignation : C 5

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

DATE(S) D'EXECUTION

Début : 04/04/90

Fin : 04/04/90

LOCALISATION

X : 762.918 km

Y : 197.160 km

PIEZOMETRIE

NS/sol : 3.39 m

Rep/sol : 0.30 m

Z rep. : 0.30 m

Cote : -3.39 m
piézo

Profondeur (mètres)

R.h.: sablonneux, brun
roux à kaki, cailloutis,
taille des grains de 5 à
10 cm.

R.a.s.: graviers, débris
charbonneux brun foncé.
Au mur : charbon pulvéru-
lent et argile grise.

Formations superficielles

Cimentation de
0.00 à 1.00 m
Cimentation de
1.00 à 1.50 m
Tube PVC 103 mm

Niveau d'eau
(3.39 m)
3.50

Tarière 178 mm

Massif filtrant
(2 - 4) mm

Crépine 103 mm

Bouchon de pied
10.50

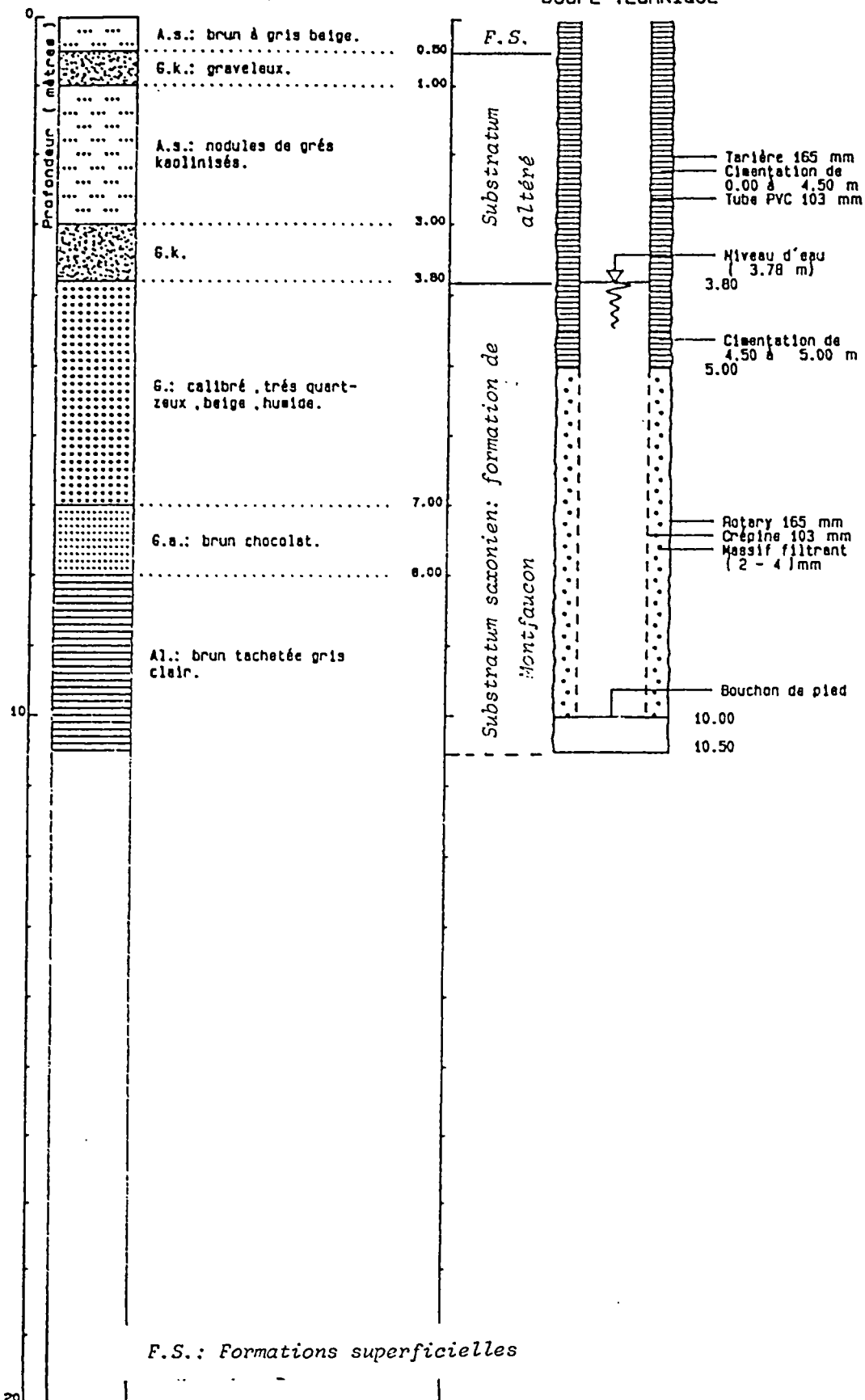
Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -13-

N° classement : 0578-2X-0134
Désignation : C.6

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 09/04/90

Fin : 09/04/90

LOCALISATION

X : 762.863 km

Y : 197.235 km

PIEZOMETRIE

NS/sol : 3.78 m

Rep/sol: 0.40 m

Z rep. : 0.40 m

Cote : -3.78 m
piézo

Département : SAONE ET LOIRE

Commune : MONTCHANIN

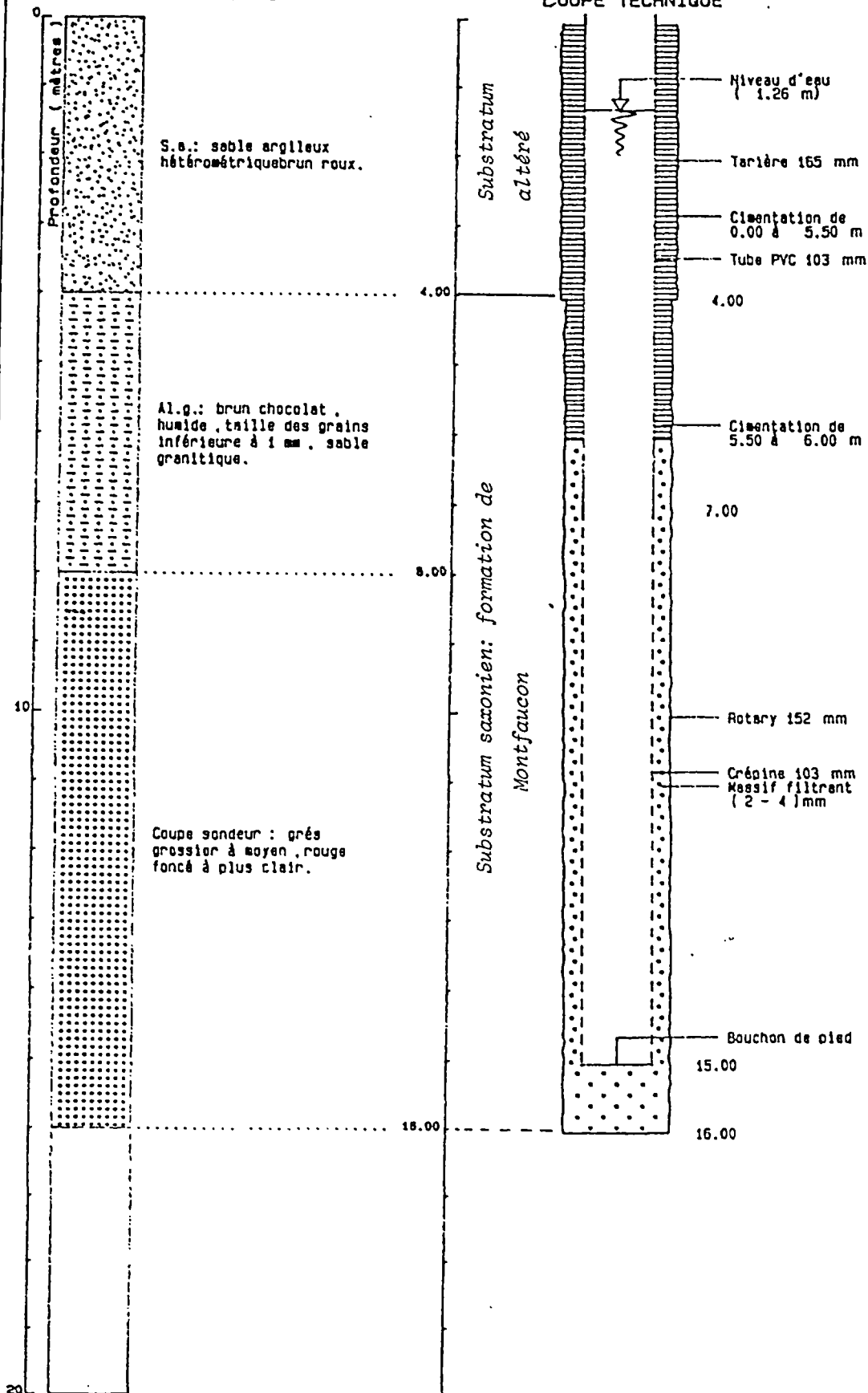
FIG. -14-

N° classement : 0578-2X-0135

Désignation : C.7

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE(S) D'EXECUTION

Début : 17/04/90

Fin : 17/04/90

LOCALISATION

X : 763.047 km

Y : 197.523 km

PIEZOMETRIE

NS/sol : 1.26 m

Rep/sol : 0.30 m

Z rep. : 0.30 m

Cote : -1.26 m
piézo

Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -15-

N° classement : 0578-2X-0136
Désignation : C.8

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

DATE (S) D'EXECUTION

Début : 11/04/90

Fin : 12/04/90

LOCALISATION

X : 763.180 km

Y : 197.600 km

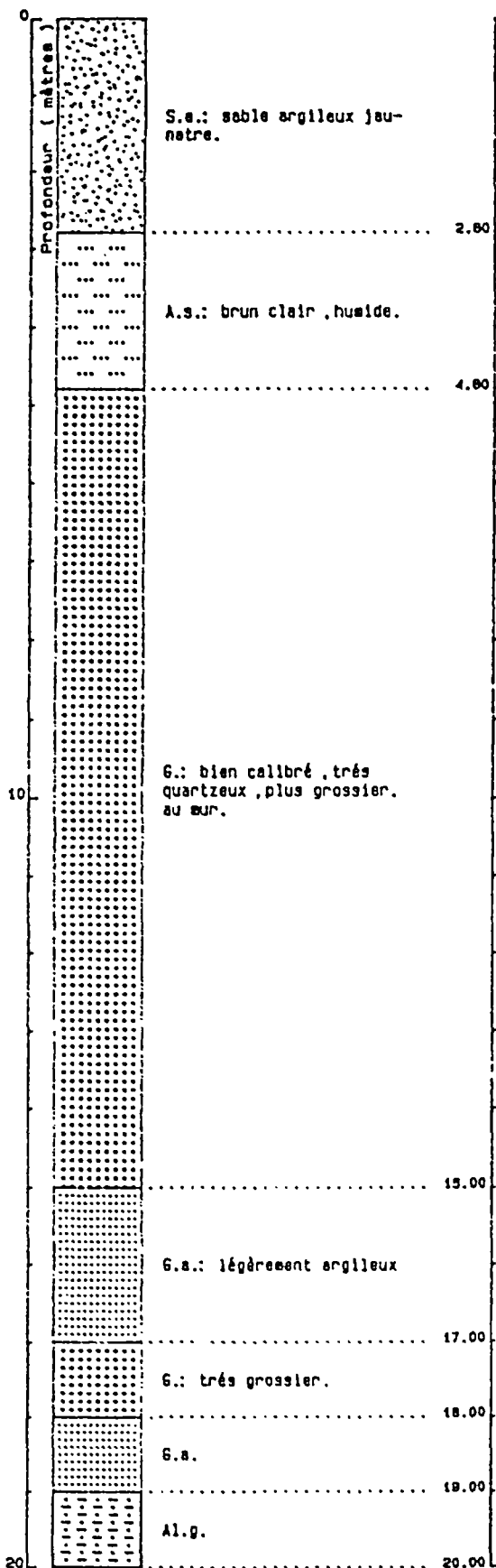
PIEZOMETRIE

NS/sol : 1.38 m

Rep/sol : 0.60 m

Z rep. : 0.60 m

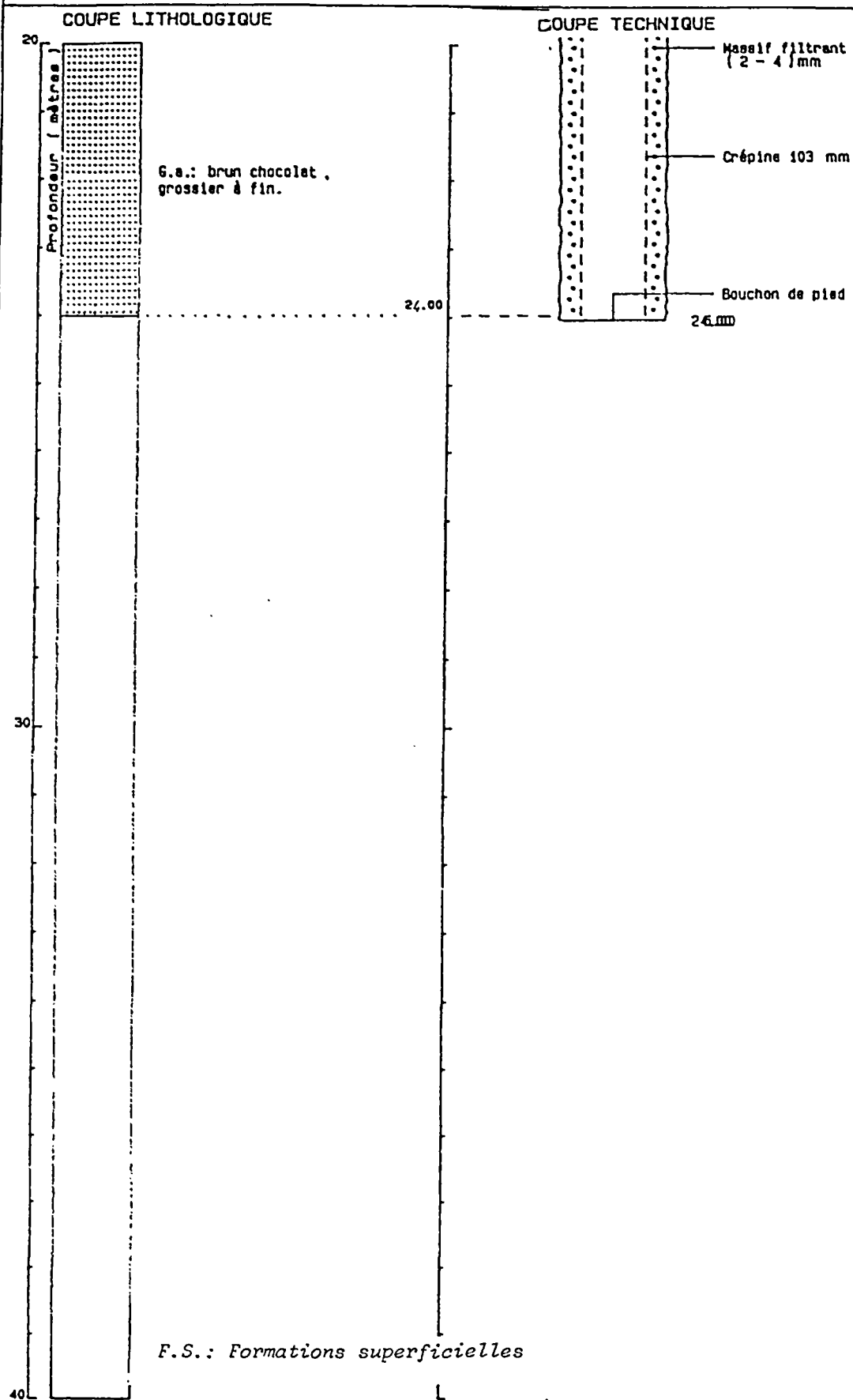
Cote : -1.38 m
piézo



Département : SAONE ET LOIRE
Commune : MONTCHANIN

FIG. -15-

N° classement : 0578-2X-0136
Désignation : C.8



Département : SAONE ET LOIRE

FIG. -16-

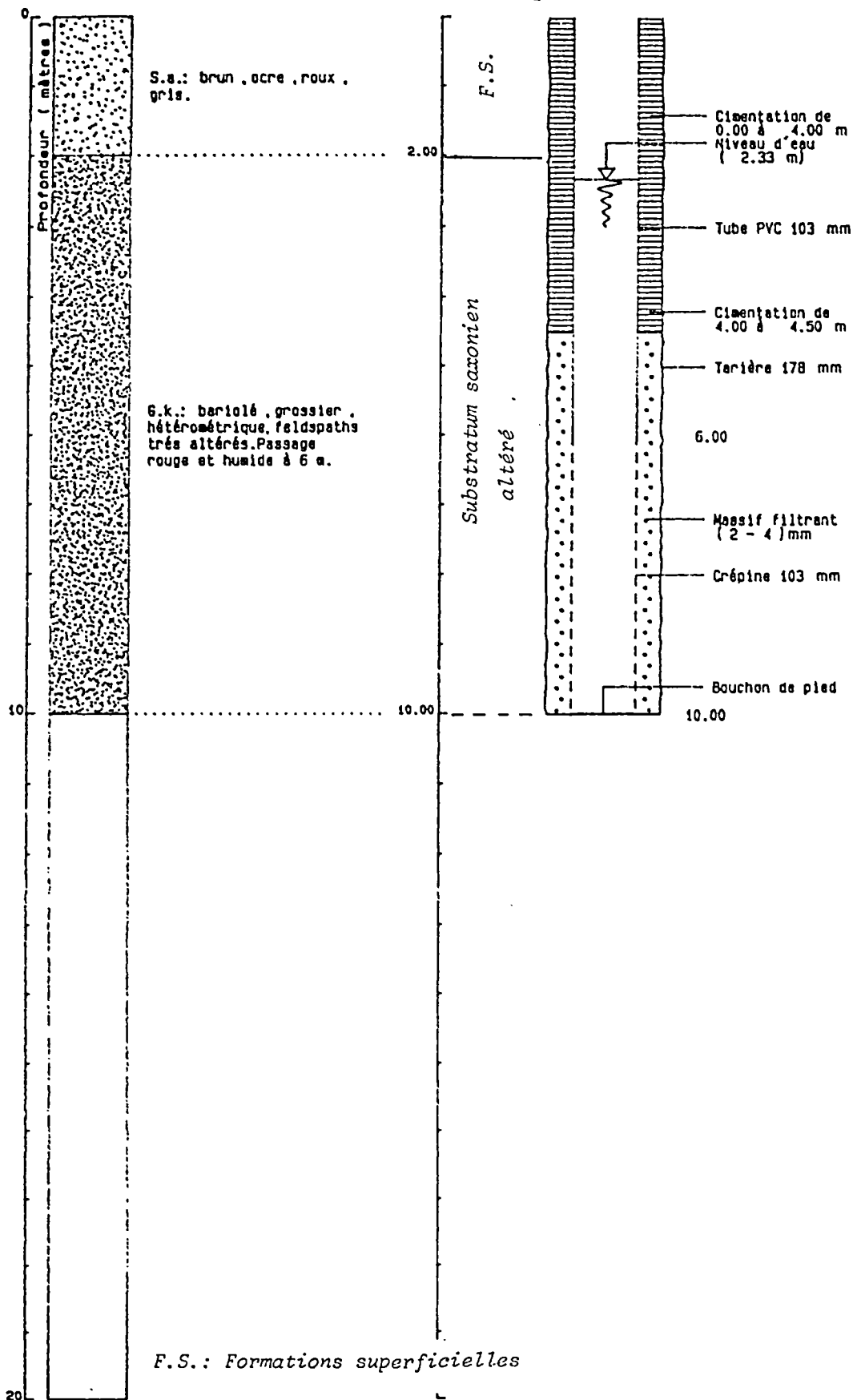
N° classement : 0578-2X-0137

Commune : MONTCHANIN

Désignation : C.9

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 17/04/90

Fin : 18/04/90

LOCALISATION

X : 762.790 km

Y : 197.387 km

PIEZOMETRIE

NS/sol : 2.33 m

Rep/sol: 0.30 m

Z rep. : 0.30 m

Cote : -2.33 m
piézo

2.1.2. - Synthèse des observations géologiques

2.1.2.1. Formations superficielles

Les formations superficielles naturelles, colluviales ou résiduelles, traversées par les sondages sont réduites ou absentes : 2 à 3 m d'argile sableuse en B1 et en B4, peut-être 5 m en C8 (formations superficielles ou substratum altéré) ; en B4, l'argile sableuse ou le sable argileux des "jardins" n'est d'ailleurs apparemment qu'une formation résiduelle des grès sous-jacents en voie de kaolinisation. Par contre, les formations anthropiques sont localement bien développées : 2 m de remblais en C1 et B1, 10 m en B5 et 9 m en C5, 3.7 m en B6, 7m en C3 et 19 m au moins en B3. Ce dernier sondage confirme l'existence d'une zone fortement perturbée au niveau et dans les environs de l'étang des Ecrasés (remblais, affaissement minier, galeries).

2.1.2.2. Formation d'altération du substratum

Là où le substratum affleure et où il est gréseux, le phénomène de kaolinisation des feldspaths est très accentué. En B4 et C4, de 2 à 10 m, le grès est presque transformé en sable argileux. En B2, les grès sont très altérés dans les cinq premiers mètres et C2 traverse sur 12 m des intercalations de grès également kaolinisés et tendres. Grès et argilites gréseuses ont également perdu leur cohésion sur 4 et 10 m de profondeur en C7 et C9.

L'altération profonde affecte également les argilites et les transforme en argile friable, tendre ou plastique : le phénomène apparaît progressivement au-dessus de 20 m sur les carottes du sondage B4 et se manifeste nettement dans les treize premiers mètres en B1. C1 et C2 semblent ainsi traverser des argiles ameublies jusqu'à 10 et 5 m de profondeur.

2.1.2.3. Nature du substratum

Terrain gréso-argileux saxoniens de la bordure ouest de la décharge des déchets industriels (B4, C4, C9)

Nous supposons que le terrain changeait à l'ouest de la décharge de déchets industriels : il est effectivement beaucoup plus gréseux que la formation de Torcy (saxonienne) affleurant dans l'ancienne carrière et sous la décharge. Dans le sondage incliné B4, sous 12 m de sable argileux et de grès kaolinisés, des couches d'argilite rouge de 1 à quelques mètres alternent avec des bancs de grès argileux. La série s'enrichit ensuite en grès, de 40 à 60 m (profondeur réelle : 34 à 51 m). S'agit-il de la superposition de la formation de Torcy et de la formation de Montfaucon, l'ensemble étant réhaussé par faille par rapport au compartiment de la décharge ? La question reste posée. Pour leur part, C4 et C9 (10 m) restent dans les grès kaolinisés.

Terrain à dominante argileuse de la bordure sud de la décharge de déchets industriels (formation de Torcy ; B1-C1) et terrain argilo-gréseux de la bordure sud (B6-C6)

Situés dans l'axe SW-NE de la décharge de déchets industriels, en bordure du vallon qui prolongeait la carrière vers Montchanin-ville, B1 et C1 sont essentiellement argileux mais l'argile n'a le faciès de la formation de Torcy que jusqu'à 37 m. Plus bas, le faciès rappelle celui de l'Autunien. De même, le sondage B6 traverse entre 14 et 47 m une argilite faciès Autunien ou intermédiaire entre ceux de l'Autunien et du Saxonien. Mais les quatorze premiers mètres et le terrain traversé sur 10 m par C6 ont l'aspect de la formation saxonnienne de Montfaucon.

Terrain grés-argileux de la "cloison résiduelle" entre les deux décharges (B2, C2, C3)

Les sondages implantés entre les deux décharges mettent en évidence la constitution grés-argileuse de la "cloison résiduelle". En B2, les grès dominent nettement mais la couche explorée est très réduite puisqu'il s'agit de bancs subverticaux.

Terrain grés-argileux houiller et minier des bordures ouest et sud de la décharge d'ordures ménagères (B5 et B3)

B5 est dans le Houiller. Il est à dominante gréseuse jusqu'à 21 m de profondeur, puis les argilites, plus ou moins charbonneuses, alternent avec les grès.

Implanté sur la zone présumée des anciens travaux miniers de surface, B3 ne pénètre qu'à 19 m dans le substratum houiller, soit altéré, soit plus ou moins remanié : il s'agit d'une alternance de couches sablo ou grés-argileuses et de couches argilo-sableuses ou gréseuses sans grande cohésion, si l'on en juge par la diagraphie neutron-porosité. En outre, il semble que le sondage ait traversé deux cavités remblayées, l'une à 34 m et l'autre à 40 m.

2.1.2.4. Structure du substratum

Faillle(s) de la bordure nord-ouest de la décharge de déchets industriels

Le sondage B4 confirme la nature faillée du Permien en bordure de la décharge (accident 5, SW-NE, tracé sur les figures 6 et 9 du rapport géologique, Volume I) : du haut en bas du sondage, les argilites sont très densément fracturées. Les plans de frictions, striés ou lustrés sont très nombreux.

Accidents de l'extrémité sud-ouest de la décharge de déchets industriels

Les sondages B1 et B6 confirment la complexité structurale de cette zone. Dans l'étude géologique était formulée l'hypothèse du compartimentage par failles NE-SW et E-W de la zone de la butte de la Glaciaire (figure 3 du rapport Vol. I). Celle-ci serait isolée structuralement du compartiment même de la décharge. Or, non seulement une faille met en contact la formation rouge argileuse de Torcy avec des argilites vertes de type Autunien à 37 m de profondeur en B1, mais une autre faille pourrait passer à 14 m en B6 (grès type Montfaucon sur argilites type Autunien), les deux sondages étant séparés au moins par une troisième faille. Leur cartographie n'est guère possible avec les données disponibles.

Position de la faille permienne (B5/C3)

B5 recoupe le Houiller. C3 comme B6 recoupent les formations du Permien. La faille permienne passerait entre ces deux sondages.

Faille(s) majeure(s) entre le site de la décharge d'ordures ménagères et celui de l'usine sud (B3)

Tous les sondages et affleurements du compartiment houiller sur le Centre d'enfouissement technique comportent des grès à feldspaths roses. B3 comporte des grès à feldspaths blancs. Or, ce caractère est utilisé, entre autres, pour différencier le Stéphaniens BC ("assise de Montceau") des assises supérieures ("assise des carrières", "assise de Ponsard"). Un accident important pourrait donc passer entre B3 et la faille de Ségur (faille 3 sur la figure 6 du rapport - Vol. I).

2.1.3. - Conclusion

Les résultats des sondages B1 à B6 vont dans le sens d'une confirmation des grandes structures faillées du site appréhendées dans l'étude géologique. Ils ne permettent pas d'en donner une cartographie exhaustive.

Ils confirment d'autre part :

- le changement de terrain au Nord-Ouest, en bordure de la décharge de déchets industriels (substratum saxonien plus gréseux) ;
- l'importance et la position des remaniements d'origine minière au Sud-Est (remblais très épais et cavités remblayées profondes en bordure de l'étang des Ecrasés).

D'autre part, ces sondages profonds et les sondages C précisent que le substratum argilo-gréseux "sain" ou peu altéré, à faible perméabilité intersticielle, se trouve en général à une profondeur de l'ordre de 5 à 15 m, selon la nature de la roche.

Entre surface et substratum sain, l'effet de l'altération est surtout sensible sur les grès dont les feldspaths se décomposent : la cohésion de la roche décroît, la porosité augmente, les grès se transforment en sables argileux.

Enfin les sondages mettent en évidence la présence (3 à 10 m au moins) de remblais au niveau du panneau entre les deux décharges, et en bordure de la décharge d'ordures ménagères.

Un schéma corrélatif des diverses formations superficielles (remblais, colluvions, formations altérées) est donné figure 18. Ce schéma donne une idée de l'importance des travaux à réaliser dans le cadre d'une éventuelle amélioration du confinement avec parois latérales étanches, recoupant les formations superficielles sur tout le pourtour de la décharge.

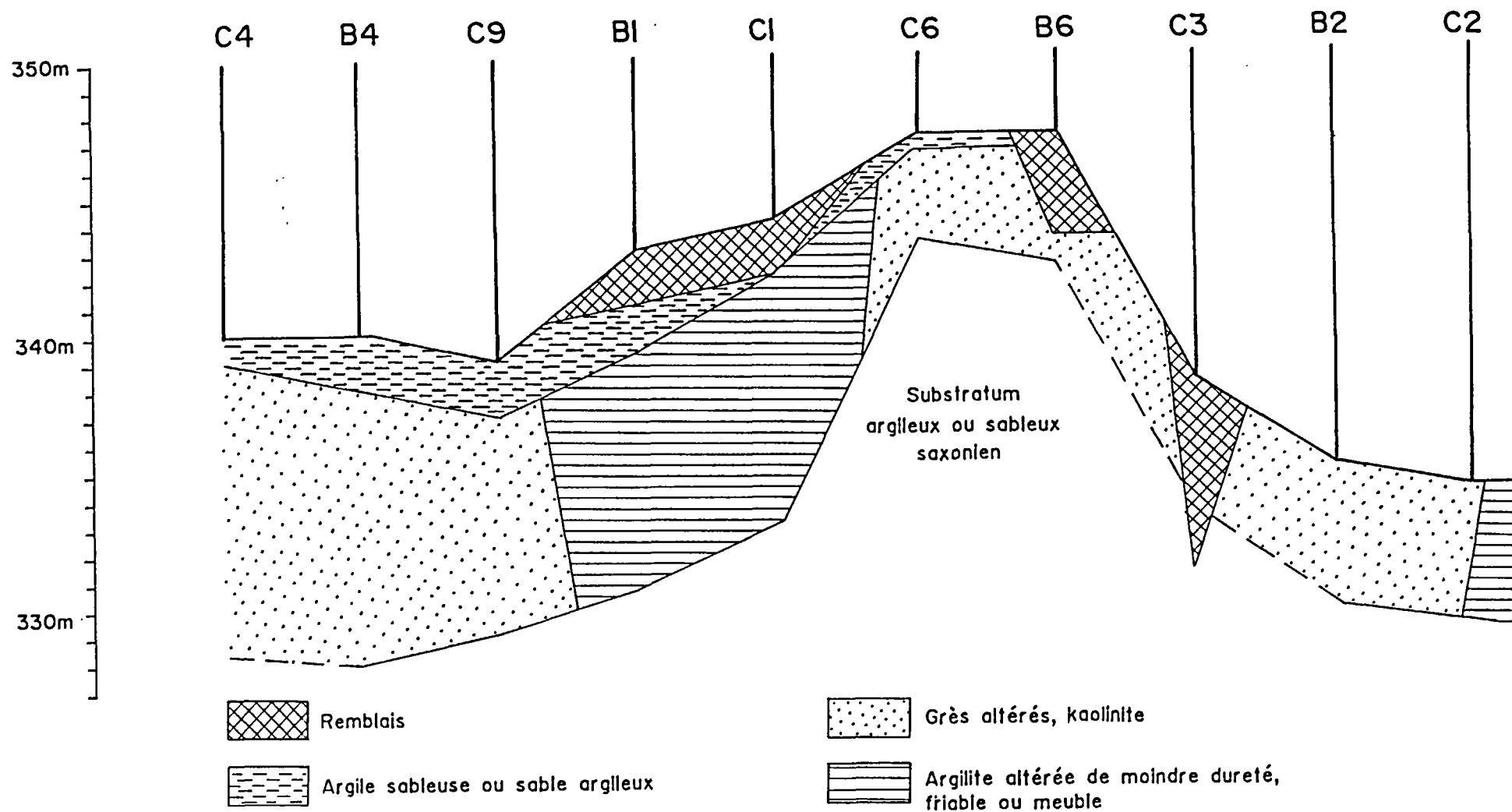


Fig. -18- Formations superficielles et zone d'altération du substratum autour de la décharge de déchets industriels
D'après le résultat des sondages de Mai 1990

SCHEMA CORRELATIF DES EPAISSEURS (sans échelle horizontale)

2.2 - ESSAIS DE PERMEABILITE

2.2.1. - Moyens mis en oeuvre

L'étude géologique a permis de préciser la lithologie des terrains encaissants, ainsi que la structure tectonique du site.

Nous avons montré précédemment que l'encaissant de la décharge de déchets industriels n'est pas constitué uniquement par les formations argileuses de Torcy. Ce n'est donc pas une seule formation qu'il a fallu caractériser, mais plusieurs :

- le Permien :

- . les formations de Montfaucon à dominante gréseuse ;
- . les formations de Torcy à dominante argileuse ;
- . les formations superficielles ;

- le Houiller :

- . les formations schisto-gréseuses ;
- . les formations schisto-gréseuses dans la zone d'affaissement des anciennes exploitations minières ;
- . les formations superficielles.

Ces formations, très différentes les unes des autres, ont des caractéristiques hydrauliques spécifiques à chacune d'elle.

Pour cette raison, la mesure des perméabilités doit faire appel à des techniques adaptées en fonction de chaque cas et de chaque gamme de perméabilité attendue.

Cette diversité lithologique et la complexité structurale, nous a donc conduit à mettre en oeuvre les techniques suivantes :

- le pulse test entre packers dans les argiles homogènes ;
- le slug test entre packers pour les formations argilo-gréseuses ;
- le slug test simple (à niveau libre) pour les formations superficielles ;
- l'essai Lugeon "amélioré" entre packers pour les formations gréseuses fracturées ;
- le pompage d'essai classique pour les formations très fracturées et aquifères, correspondant essentiellement à la zone d'affaissement minier.

Ces essais de perméabilité constituent un des points clé de l'étude de sûreté du confinement géologique. Pour cette raison, la plupart des techniques employées ici sont très adaptées à la mesure fine des

perméabilités. Les moyens ainsi déployés par le BRGM sont ceux développés et utilisés aujourd'hui spécifiquement pour l'étude des sites de stockage de déchets radioactifs (pour le compte de l'ANDRA). Certaines de ces techniques ont fait l'objet de publications récentes ; celles-ci, accompagnées d'une documentation complémentaire, sont données en Annexe 2.

Ces techniques sont caractérisées par une acquisition automatique des données sur ordinateur, laquelle permet une première interprétation de l'essai sur le terrain par l'opérateur.

Une deuxième interprétation a été réalisée en fin de mission par l'ingénieur responsable de l'opération au centre scientifique et technique d'Orléans. Cette façon de procéder est gage de fiabilité et de qualité.

Ces interprétations ont été réalisées à l'aide de logiciels spécifiques également développés par le BRGM et présentés en Annexe 3 (logiciels IMPULSE et ISAPE).

Quinze essais ont été réalisés dans les forages profonds entre packers (chambre de mesure d'environ 10 m minimum). Deux slug-tests simples sans packer ont également été mis en oeuvre sur 2 forages profonds (après équipement et nettoyage du forage). Par ailleurs, 2 slugs simples ont permis de tester les forages superficiels réalisés pendant cette campagne, mais aussi les forages préexistants (CETE et CPGF). Il faut encore ajouter un pompage d'essai sur le forage profond B3.

C'est donc au total 29 essais hydrauliques qui ont été réalisés.

2.2.2. - Résultats des essais de perméabilité sur les sondages profonds

Précisons que les essais entre packers ont été faits à différents stades de la foration, au fur et à mesure de l'approfondissement du forage. Ceux-ci ont donc été réalisés dans un forage nu non équipé de son tubage. Le forage a toutefois été nettoyé avant chaque essai par injection d'eau claire.

Par contre, les 2 slugs simples (N° 4 sur B1 et n° 1 sur B4) et le pompage d'essai sur B3, ont été réalisés :

- après équipement du forage (tubage et massif filtrant) ;
- après nettoyage et développement du forage à l'air lift.

Ces tests par air lift ont été réalisés sur tous les forages et permettent de vérifier la productivité de l'ouvrage. Les résultats de ces airs lift se sont révélés compatibles avec les perméabilités mesurées entre packers, sauf pour le forage B3 ; en effet, pour ce forage, le débit air lift a été de 8 m³/h, non compatible avec les perméabilités mesurées entre packers ; la réalisation d'un test complémentaire par pompage s'est donc imposée.

TABEAU 1 - RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE SUR LES SONDAGES PROFONDS

N° forage	N° essai	Type de l'essai	Cotes (m)	Formation	P) H(*)	Perméabilités (m/s)	Remarques
B1	1	Slug	12,3 - 20	grès/argile	P	4 10-5	faille 37/38 m
	2	Slug	20 - 30	grès/argile	P	4 10-7 à 7 10-8	
	3	Pulse	30,2 - 41	argile	P	1.5 10-10	
	4	Slug(**) simple	12,3 - 41	grès/argile	P	7.0 10-7	
B2	1	Lugeon	10 - 20	grès/argile	P	1.4 à 3.7 10-7	contournement de l'obturateur en cours essai
	2	Lugeon	20 - 32	grès	P	non interprétable	
	3	Lugeon	10 - 32	grès/argile	P	8.4 10-8 à 1.0 10-7	
B3	1	Lugeon	23,5 - 33,5	grès	H	5.0 10-8 à 5 10-7	cavité à 33 m
	2	Lugeon	33,5 - 42	grès/argile	H	1.0 10-7 à 4.2 10-7	
	3	Lugeon	23,0 - 42	grès/argile	H	9.0 10-8 à 2.4 10-7	
	4	Pompage (**)	23,0 - 42	grès/argile	H	1.8 10-5	
B4	1	Slug(**) simple	15 - 60	grès/argile	P	1.1 10-7	
B5	1	Lugeon	25 - 35	grès/argile	H	3.1 10-8 à 1.8 10-7	fracturation de terrain à 2,1 bars
	2	Lugeon	20 - 35	grès/argile	H	3.3 10-8 à 6.9 10-8	
	3	Lugeon	10,0 - 35	grès/argile	H	3.3 10-7 à 5.2 10-6	
B6	1	Lugeon	10 - 20	grès/argile	P	5.7 10-9	fracturation de terrain à 4bars
	2	Lugeon	10 - 30	grès/argile	P	3.6 10-10 à 2.5 10-9	fracturation de terrain à 2,6bars
	3	Lugeon	10 - 47	grès/argile	P	2.8 10-10 à 1.1 10-9	fracturation de terrain à 2,4bars

(*) P = Permien H = Houiller (**) Essai réalisé après équipement du forage et après nettoyage à l'air lift

Il faut noter également l'absence d'essai entre packers sur le sondage B4, dont l'inclinaison (60 °) ne permet pas la mise en oeuvre d'une telle technique. Seul un slug simple a été réalisé après équipement.

Les résultats de ces divers tests sont présentés dans le tableau 1.

Ces essais permettent de caractériser chaque formation et chaque zone structurale :

- les formations du Permien : (encaissant de la décharge de déchets industriels).

Les perméabilités s'échelonnent de $4 \cdot 10^{-5}$ à $1,5 \cdot 10^{-10}$ m/s, selon l'importance relative des grès ou des argiles :

- . formation de Montfaucon (dominante gréseuse) : $4 \cdot 10^{-5}$ à $8 \cdot 10^{-8}$ m/s (3 mesures) ;
- . formation de Torcy (dominante argileuse) : $5 \cdot 10^{-9}$ à $1,5 \cdot 10^{-10}$ m/s (4 mesures).

- les formations du Houiller (encaissant de la décharge d'ordures ménagères).

- . les perméabilités du substratum sain s'échelonnent de $5 \cdot 10^{-6}$ à $3 \cdot 10^{-8}$ m/s sur le forage B5. Il faut toutefois signaler que ce forage est situé à proximité de la faille permienne ;
- . la zone affectée par les affaissements miniers, à proximité du lac des Ecrasés, a été reconnue par le forage B3. Les essais Lugeon réalisés sur ce forage ont donné des perméabilités ($5 \cdot 10^{-8}$ à $5 \cdot 10^{-7}$ m/s), du même ordre de grandeur que les perméabilités obtenues sur le forage B5 ;
- . par contre le pompage d'essai (4 m³/h), réalisé sur B3, après nettoyage à l'air lift et équipement, donne une perméabilité bien supérieure ($K = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s).

Cette différence de perméabilité mesurée sur B3 s'explique ainsi :

- . il existe un décalage systématique d'une puissance de 10 entre essais Lugeon (réalisés en injection d'eau et donc en surpression) et entre pompages d'essai (réalisés en dépression) ;
- . la zone du B3 est fortement perturbée par les travaux miniers. Les formations y sont peu consolidées. Le nettoyage à l'air lift a donc contribué à l'ouverture de fissures ou de chenaux plus ou moins colmatés.

L'interprétation de ces tests hydrauliques est donnée à l'Annexe 4.

2.2.3. - Résultats des essais de perméabilité sur les sondages courts

Ces essais ont pour objectif de caractériser les formations superficielles. Cette caractérisation est importante, puisque les déchets de ces deux décharges sont en contact direct avec ces formations.

Les coupes géologiques des sondages courts montrent que les formations superficielles sont extrêmement hétérogènes et d'origines diverses :

- sables argileux résiduels colluviaux ;
- argiles et grès du substratum altéré ;
- remblais divers.

Cette diversité se retrouve aussi dans les résultats des 11 tests hydrauliques réalisés dans ces forages courts (C1 à C9), mais aussi dans quelques anciens forages réalisés lors des expertises précédentes (P1, P2, S4).

Les résultats sont donnés dans le tableau 2 et sont complétés par les mesures obtenues précédemment par CPGF et le CETE.

Notons qu'un essai a de nouveau été réalisé par le BRGM dans le S4 : le CETE indique en effet, dans son rapport de Juin 1988, une perméabilité de $4 \cdot 10^{-8}$ m/s dans ce sondage, en mentionnant des formations argileuses. Or, la coupe géologique de ce sondage (CETE - 1988) ne comporte pas d'argile mais des grès parfois friables avec une légère venue d'eau à 14,50 m. La perméabilité de 10^{-6} m/s obtenue lors de l'essai nouvellement réalisé, correspond donc mieux à de telles informations.

Les perméabilités mesurées par le BRGM dans ces formations superficielles s'échelonnent de $1,4 \cdot 10^{-4}$ à $4,5 \cdot 10^{-7}$ m/s (10^{-5} à 10^{-6} en général).

Il n'y a pas de différence significative entre les perméabilités des diverses formations superficielles en fonction de leur nature ou de leur origine, ni même entre les formations superficielles des deux entités géologiques (Permien et Houiller).

L'interprétation de ces essais est donnée en Annexe 5.

Notons que les perméabilités obtenues précisément par le CETE et CPGF sont encore plus dispersées.

La diversité des méthodes et des opérateurs y est peut-être pour quelque chose. La forte perméabilité obtenue sur le sondage F1 s'explique par la position de ce forage qui recoupe des remblais ayant comblé partiellement l'étang des Ecrasés.

TABLERAU 2 - RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE SUR LES SONDAGES COURTS

N° sondage	Formation dominante	Perméabilités (m/s) Tests BRGM	Perméabilités (m/s) Tests CPGF-CETE	Méthode
C1	Grès altérés + argiles/Permien	1.4 10-4		)
C2	Argiles	sec		(
C3	Remblai	1.0 10-6		)
C4	Grès altérés - Permien	8.0 10-6		(
C5	Remblai	2.7 10-5		) Slug
C6	Grès altérés - Permien	6.5 10-6		(
C7	Grès altérés - Permien	4.5 10-7		)
C8	Grès altérés - Permien	2.0 10-6		(
C9	Grès altérés - Permien	1.0 10-5		)
F1	Remblais argileux		8 10-3	Pompage
F2	Argilite et grès - Permien		2.2 10-7	)
F3	Argilites et grès - Permien		2.0 10-8	(
S1	Argilites, grès - Houiller		1 10-7	)
S2	Grès sableux, argile - Houiller		1.5 10-6	(
S3	Argilites - Houiller		3 10-9	) impulsionnelle
S4	Grès - Permien	2.5 10-6	(4 10-8)	(
S5	Grès - Permien		5.5 10-8	)
S6	Grès - Permien		6.10-7	(
P1	Marnes - Houiller	1.0 10-6		Slug
P2	Grès	(1.2 10-5)		Slug
A1	Argilites - Permien		5 10-8	Lefranc

Les deux perméabilités indiquées entre parenthèses sont issues d'essais peu fiables.

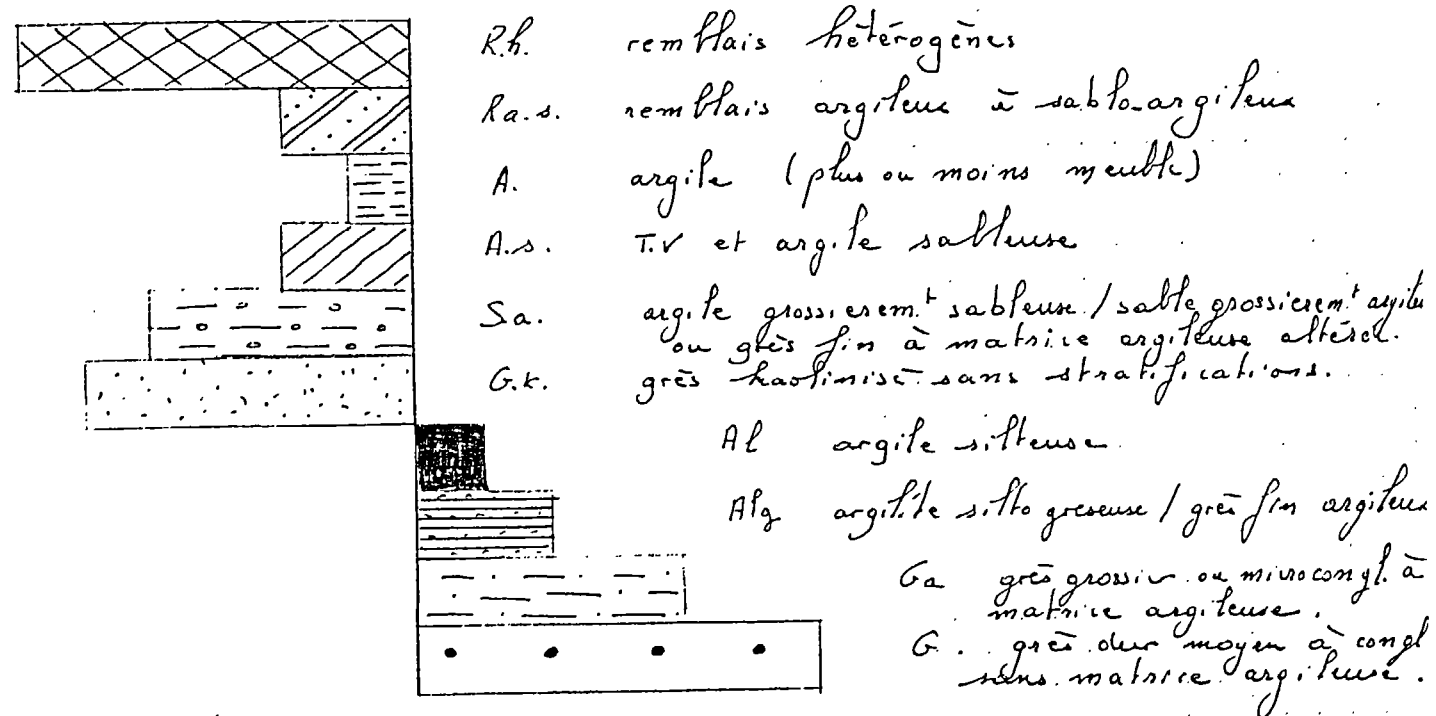
2.2.4. - Conclusions

Les techniques de mesure des perméabilités mises en oeuvre sur le Centre d'enfouissement technique de Montchanin pour la caractérisation du site, ont été particulièrement diversifiées et adaptées à chaque zone. En effet, le site étant particulièrement hétérogène, les gammes de perméabilité à mesurer ont varié de 10^{-5} à 10^{-10} m/s. Par ailleurs, les tests employés ont permis (quand cela s'imposait) la mesure de perméabilité dans des conditions très différentes, soit avant développement et équipement du forage, soit après.

Les techniques suivantes ont été mises en oeuvre : pulse test entre packers, slug test entre packers, essais Lugeon, slug test simple et pompage d'essai. Chaque formation géologique a été ainsi caractérisée. Les résultats obtenus montrent que certaines formations impliquées dans le confinement géologique n'ont pas la perméabilité requise pour assurer un tel rôle. C'est le cas, pour la décharge de déchets industriels, des formations gréseuses de Montfaucon, des formations gréseuses du NW du site et des formations superficielles, dont les perméabilités sont supérieures à 10^{-9} m/s (valeur minimale actuellement requise pour la qualification des sites de classe 1). C'est aussi le cas, pour la décharge d'ordures ménagères, des formations superficielles et de la zone du substratum du Houiller affecté par les affaissements miniers dont les perméabilités sont supérieures à 10^{-6} m/s (valeur minimale actuellement requise pour la qualification des centres d'enfouissement technique de classe 2).

Légende des sondages

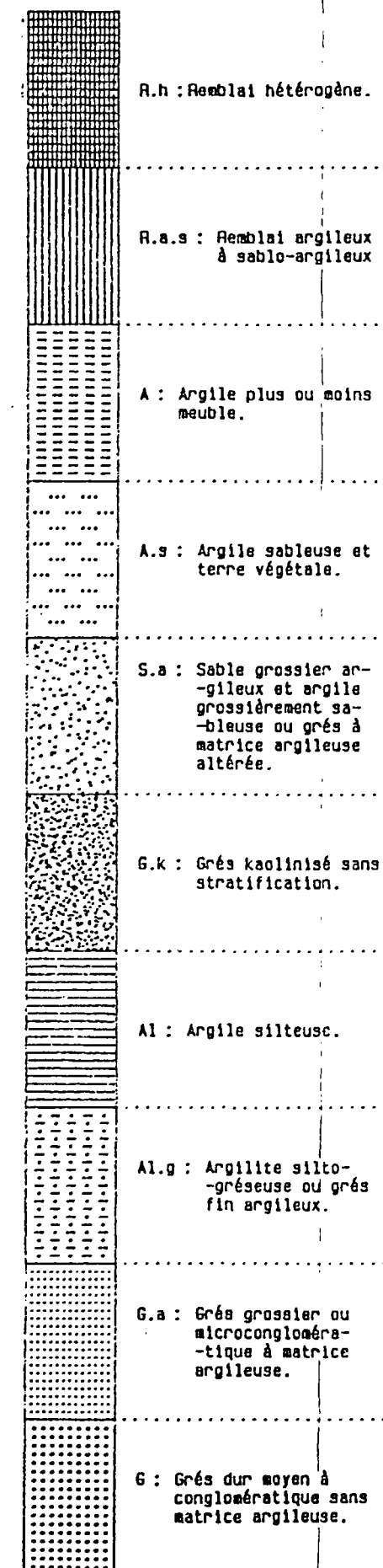
FIG. -17- LEGENDE DES COUPES GEOLOGIQUES



N.B. :

Les argiles ou argilites sont le plus souvent silteuses et micacées, les grès sont quartzo-feldspathiques et micacés à grains anguleux ou émoussés, et les grès grossiers comportent des éléments de socle granitique ou gneissique. Les feldspaths sont roses (orthose) et blancs dans tous les sondages sauf dans le B3 (feldspaths blancs)

COUPE LITHOLOGIQUE



N.B. :

Les argiles ou argilites sont le plus souvent silteuses et micacées, les grès sont quartzo-feldspathiques à grains anguleux ou émoussés et les grès grossiers comportent des éléments de socle granitiques ou gneissiques. Les feldspaths sont roses (orthose) et blancs dans tous les sondages sauf dans le B3 (feldspaths blancs)

ANNEXES

ANNEXE 1 - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES SONDAGES

N°	X	Y	Sommet tubage	Sol	Méthode foration	Prof. (m)	NS le 15/5/90	Diamètre tubage (mm)	Formation
B1	89,18	308,36	343,51	343,51	Carotté	45	2.37	68	Torcy
B2	288,08	437,31	335,75	335,28	Destructif	32	2.55	103	Houiller
B3	320,76	121,62	328,16	327,63	Destructif	42	4.53	103	Houiller
B4	99,84	515,69		340,82	Carotté Incliné	(60)* 52	-	53	Permien
B5	260,36	269,20	333,86	333,41	Destructif	35	5.07	103	Houiller
B6	196,71	318,00	347,36	346,82	Destructif	45	18.53	103	Torcy
C1	116,69	297,70	344,25	343,86	"	11	2.54	103	F.superfic.
C2	forage sec - rebouché				"	12	sec	103	"
C3	242,25	329,20	336,94	336,61	"	9	3.86	103	"
C4	106,89	515,70	340,53	340,36	"	10	3.62	103	"
C5	257,55	259,58	333,22	332,94	"	10,5	3.69	103	"
C6	184,36	309,87	347,92	347,52	"	10	4.18	103	"
C7	260,22	637,16	326,88	326,52	"	15	1.56	103	"
C8	347,01	735,29	329,88	329,48	"	24	1.98	103	"
C9	64,25	425,81	340,52	340,22	"	10	2.63	103	"

(*) longueur totale du forage incliné à 60°.

ANNEXE 2

2.1. Présentation des méthodes utilisées pour la mesure
des perméabilités in situ.

Interprétation avec le logiciel IMPULSE.

2.2. Essai Lugeon ("amélioré BRGM").

Le logiciel IMPULSE et son environnement
Un outil pour la caractérisation des milieux géologiques
de très faibles perméabilités

*IMPULSE software and data-acquisition system
for determining the hydraulic characteristics
of very low-permeability media*

Guy Aubertin, Lucien Bertrand, Philippe Leblanc

BRGM - B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France

Résumé: L'aménagement des sites de stockage destinés à recevoir et à isoler les dépôts de déchets industriels ou radioactifs rend nécessaire la mesure des paramètres hydrodynamiques de faible perméabilité. Le BRGM propose un système intégré pour l'étude de ces milieux. Le logiciel IMPULSE, la chaîne d'acquisition et les équipements de fond de puits, qui peuvent lui être associés, permettent l'interprétation en temps réel des essais hydrauliques de type Pulse test, Slug test ou DST.

IMPULSE fonctionne sur micro-ordinateur de type IBM-PC.

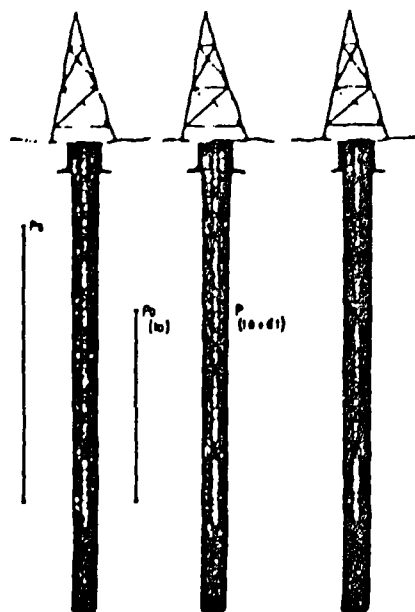
Abstract: The development of repositories for the storage and isolation of industrial and radioactive waste, requires the measurement of hydrodynamic parameters in terrains of low permeability. BRGM can offer an integrated system for the investigations of these environments. Real-time interpretation of hydraulic tests, such as pulse tests, slug tests and DST, can be made using the IMPULSE software, and the data-acquisition system and downhole devices that can be used with it.

IMPULSE operates on IBM-PC-Type microcomputers.

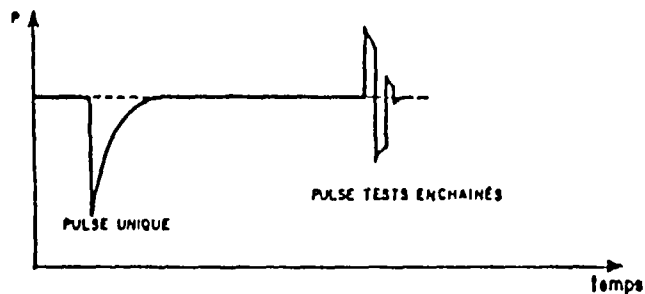
Colloque international
"Hydrogéologie et sûreté des dépôts de déchets
radioactifs ou toxiques"

7-10 JUIN 1988 - ORLEANS

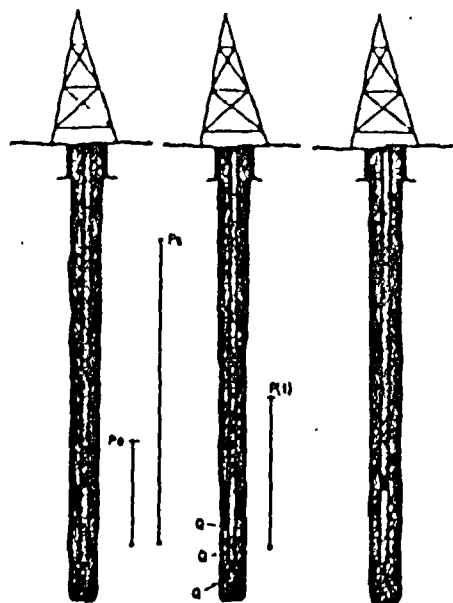
PULSE - TEST



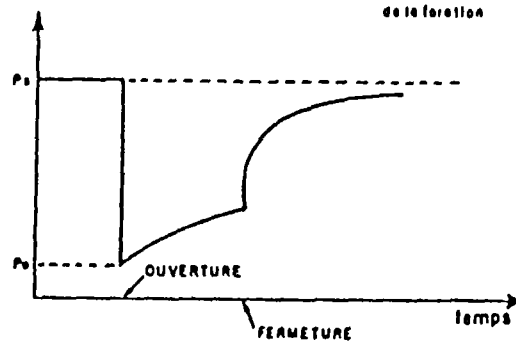
- 1- Avant l'essai
- 2- Ouverture à t_0
- 3- fermeture à $t_0 + \Delta t$
- 4- Suivi de la pression au niveau de l'intervalle testé



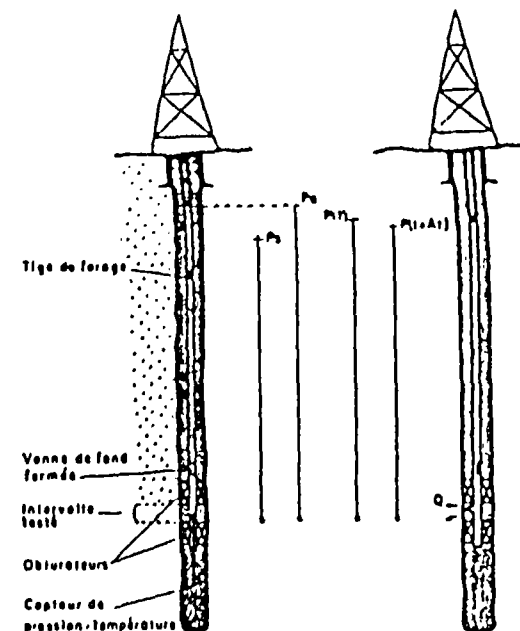
DRILL STEM TEST (DST)



- 1- Avant ouverture
- 2- Ouverture à période de débit
- 3- Fermeture absolue et remontée de pression au niveau de la formation



SLUG TEST



- P_0 : niveau d'eau dans les tiges à $t=0$
 P_0 : pression statique au niveau de la zone testée.
 $P(t)$: pression

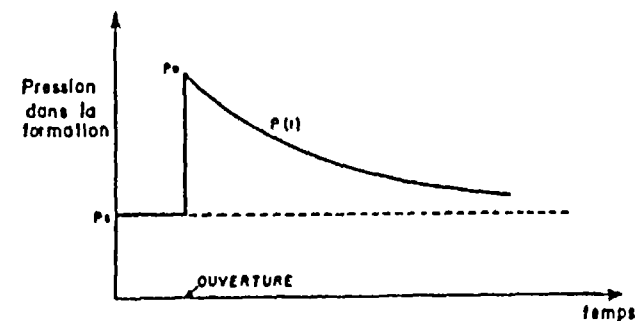


FIGURE 1 - IMPULSE, Schémas de principe des tests hydrauliques proposés et des réponses en pression correspondantes

1. IMPULSE ET LES MILIEUX GEOLOGIQUES DE FAIBLES PERMEABILITES

Certains milieux géologiques sont recherchés pour leur qualité d'imperméabilité. Cette propriété leur confère notamment une capacité à contribuer au confinement de matières premières énergétiques (hydrocarbures) ou au stockage de divers déchets produits par nos sociétés industrielles (déchets chimiques, radioactifs, ménagers.)

Pour la détermination des propriétés hydrogéologiques de ces milieux de faibles perméabilités, il convient de mettre en oeuvre des essais spécifiques. Dans ce but, le BRGM a développé un logiciel dénommé IMPULSE ainsi qu'une chaîne d'acquisition de mesure de fond de puits. Les divers éléments de ce dispositif sont explicités après quelques considérations sur la spécificité des milieux de faibles perméabilités et sur les essais hydrogéologiques qui permettent de les caractériser.

2. SE PREOCCUPER DE L'HYDROGEOLOGIE DES ROCHES IMPERMEABLES, UNE NECESSITE DANS LES PROBLEMES DE STOCKAGES

La toxicité et les dangers que présentent les déchets industriels à stocker ou la valeur marchande des produits stockés (cas des hydrocarbures) dans le sous-sol rendent nécessaire une parfaite connaissance du milieu géologique. On est ainsi paradoxalement conduit à se préoccuper de l'hydrogéologie des roches imperméables.

Pour garantir sur une période de temps de donnée, la capacité d'étanchéité d'un stockage d'hydrocarbures ou la qualité du confinement d'un site de stockage de déchets, il convient de caractériser les circulations souvent très lentes susceptibles de se produire au travers des formations géologiques. La connaissance des paramètres hydrogéologiques de ses formations (géométrie des réseaux d'écoulement, distribution des charges hydrauliques, des perméabilités, des coefficients d'emmagasinement, des porosités cinématiques) permet d'accéder aux directions, sens, débits, et vitesses d'écoulement. La mesure des paramètres hydrogéologiques des milieux de faibles perméabilités se fait classiquement en forage et est beaucoup plus délicate qu'elle ne peut l'être pour les milieux classiquement étudiés en hydrogéologie :

- ♦ les réponses des terrains aux sollicitations hydrodynamiques sont lentes, ce qui conduit à accroître les coûts des reconnaissances.
- ♦ les faibles valeurs des perméabilités rencontrées dans ces milieux géologiques limitent de façon significative les débits auxquels il est possible d'injecter ou pomper lors des essais.

Pour ces raisons, (limitation du coût des essais, difficulté de travailler en régime permanent avec des déchets d'injection ou de pompage très faibles), on a recours à des essais en régime transitoire de type pulse test - slug test ou D.S.T.. Les schémas de principe et les réponses en pression correspondantes sont rappelées à la figure 1.

3. UN DISPOSITIF INTEGRE PERMET L'ACQUISITION ET L'INTERPRETATION DES MESURES EN TEMPS REEL SUR SITE

La réponse des terrains aux sollicitations hydrodynamiques provoquées lors des essais dépend en particulier de la perméabilité des terrains. La valeur de la perméabilité n'est généralement pas connue au moment où l'on réalise les essais. Aussi est-il préférable d'interpréter en temps réel les essais hydrauliques de façon à optimiser les procédures d'essais (type et durée des essais). Pour cette raison il nous est paru nécessaire de développer un système intégré comprenant la mesure en fonds de puits, l'acquisition de la mesure en surface sous forme numérique et le stockage de l'information et l'interprétation de la mesure en temps réel.

Les divers composants du système peuvent être décrits sommairement :

1. Les équipements de puits

Ceux-ci dépendent des essais à réaliser. Les trains de test sont généralement constitués :

- d'un obturateur simple (essai en fond de forage) ou d'un système de double obturateur,
- d'un ensemble de capteurs de mesure de pression et température généralement situés de part et d'autre des obturateurs.
- d'un dispositif permettant de gonfler les obturateurs et créer les sollicitations en pression correspondant aux divers types d'essais,
- éventuellement d'un dispositif de prélèvement de fluide,
- d'un système de transmission (câble de diagraphies monoconducteur) des informations (signaux en fréquence et signaux multiplexés) du fond de puits vers la surface.

2. La chaîne d'acquisition des mesures en surface

Celle-ci se compose d'une unité qui gère les capteurs de fond de puits et de surface et récupère les signaux émis par ces derniers. Les signaux sont démultipléxés et transformés en mode numérique. Les données sont stockées, éventuellement transférées vers la chaîne d'interprétation. Un contrôle des essais en temps réel peut être effectué au moyen de l'affichage, sur écran ou papier, des mesures.

3. Le module d'interprétation

Un micro-ordinateur compatible PC est relié à la chaîne d'acquisition par une liaison RS232. Les essais peuvent être interprétés en temps réel au moyen du logiciel IMPULSE. Les résultats des interprétations peuvent aussi servir au réajustement en cours d'opération des protocoles d'essai.

4. CONCEPTS DE BASE POUR L'ELABORATION DU LOGICIEL IMPULSE

Lors de l'interprétation des tests hydrauliques en milieu à faible perméabilité, deux problèmes majeurs doivent être pris en compte :

1. Choix du schéma qui se rapproche le mieux du cas réel à traiter, qu'il s'agisse des conditions relatives aux techniques de réalisation de l'essai ou de celles relatives à la géométrie du milieu géologique sollicité.

2. Les solutions analytiques, parfois complexes, font intervenir à la fois paramètres hydrodynamiques et paramètres géométriques et aboutissent à des abaques sur lesquels il se révèle difficile d'effectuer des calages de courbes expérimentales. Les méthodes "manuelles" réclament un temps assez long pour leur mise en oeuvre, elles sont donc coûteuses et fournissent des résultats dont la validité n'est pas certaine.

Les moyens informatiques actuels offrent de nombreux avantages qu'il est apparu intéressant d'utiliser pour développer un nouvel outil d'interprétation :

- ♦ Une fois l'information saisie et sauvegardée, celle-ci peut être restituée sous n'importe quelle forme et à n'importe quel moment. De plus, l'utilisation de systèmes de saisie automatique sur le terrain permet l'interprétation "in situ", au cours ou juste après l'essai.
- ♦ L'interprétation des tests est facilitée par :
 - La rapidité des calculs qui permet la prise en compte de l'ensemble des effets perturbateurs habituellement négligés.
 - L'exploitation des possibilités de l'informatique graphique qui accroît le confort d'utilisation des logiciels.

La création du logiciel IMPULSE répond à quatre objectifs :

- a) interprétation des essais les plus largement utilisés : SLUG TESTS, PULSE TESTS, DRILL STEM TESTS, avec prise en compte des principaux effets perturbateurs : pression, température, salinité compressibilité de l'eau et du matériel de test, variations de débit (DST).
- b) Normalisation :
 - dans la conduite des tests et dans la collecte des données,
 - dans l'interprétation des essais hydrauliques.
- c) Fiabilité de l'interprétation accrue
 - par la suppression de la subjectivité que revêt tout calage manuel d'une courbe expérimentale sur des abaques (les interprétations sont reproductibles d'un utilisateur à l'autre.),
 - par la réunion dans un même logiciel de plusieurs modèles hydrogéologiques correspondant à différents tests hydrauliques,
 - par la prise en compte automatisée des effets perturbateurs (caractéristiques de l'eau de formation, variations de débit dans le cas de tests en pompage - injection) et la possibilité d'interpréter des essais enchaînés,
- d) Facilité d'utilisation
 - Logiciel convivial, avec vérification automatisée des informations saisies et assistance à l'utilisateur (propositions d'une valeur pour chaque paramètre à saisir, procédure d'aide à l'utilisateur accessible à chaque phase du programme),
 - interprétation simple et rapide par comparaison visuelle entre la courbe calculée et la courbe expérimentale.

5. CARACTERISTIQUES DU LOGICIEL D'INTERPRETATION IMPULSE

5.1. Principe de fonctionnement

Le programme IMPULSE reconstitue l'évolution théorique des charges calculées à partir des paramètres hydrogéologiques proposés par l'opérateur en prenant en compte les effets perturbateurs cités précédemment.

Le principe de la conduite de l'interprétation consiste à minimiser graphiquement les écarts entre la courbe expérimentale des charges mesurées lors des tests hydrauliques et la courbe calculée par le programme, tout en veillant à la validité des paramètres de calage. Cette conduite est donc fondamentalement différente des interprétations classiques puisque la courbe théorique n'est plus figée mais modelée. L'opérateur affine par tirs successifs les paramètres hydrodynamiques caractéristiques du milieu étudié. Une correspondance satisfaisante permet de justifier l'appréciation correcte.

5.2. Schémas d'interprétation développés

Les schémas d'interprétation actuellement développés correspondent aux tests hydrauliques suivants :

1. Le slug-test
 - méthode de Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos,
2. Le pulse-test
 - méthode de Bredehoeft-Papadopoulos en milieu poreux,
 - méthode de Wang et al. dans le cas d'une fracture unique,
3. Le drill stem test, dont l'interprétation utilise une solution analytique analogue à celle développée dans les cas des pompages d'essai classiques.

5.3. Principe d'utilisation : IMPULSE, logiciel convivial

L'utilisation du logiciel IMPULSE s'effectue entièrement en mode conversationnel avec possibilité d'accès, à chaque étape, à un système d'aide à l'utilisateur. Ce système évite le recours systématique à la notice d'utilisation une fois celle-ci assimilée. La première phase du travail consiste à créer un fichier contenant les informations d'ordre général sur le forage et la nature du test et les caractéristiques du matériel utilisé ainsi que les données expérimentales présentées sous la forme d'une succession de triplets (temps, charge, débit) pour le drill stem test ou de couples (temps, charge) pour les autres types de test. Deux possibilités sont offertes pour constituer le fichier de données :

- saisie du clavier,
- constitution automatique à partir d'un fichier provenant d'un système d'acquisition.

La partie "interprétation" du logiciel est structurée (fig. 2) en succession de pages-écrans. Chacune d'entre elles correspond à un module de saisie de données concernant :

- les informations générales sur le test,
- les paramètres régissant la lecture des données dans le fichier de données (format, unités de lecture, unités graphiques),
- la géométrie de l'intervalle testé (diamètre du forage, position des packers),
- les paramètres de calcul tenant compte du dispositif de mesure et des caractéristiques de l'eau (charge initiale, volume de la chambre de compression, compressibilité apparente de l'eau),

- les caractéristiques de la fenêtre de tracé à l'écran :
 - . système de coordonnées de chaque axe (arithmétique, logarithmique),
 - . valeurs minimales et maximales des axes de la fenêtre (permettant de réaliser un "zoom" sur une partie de courbe),
 - . nombre de graduations sur chacun des axes.

Pour chaque page, l'utilisateur peut :

- valider directement les paramètres proposés par le logiciel,
- modifier une partie ou l'ensemble des paramètres proposés,
- appeler le système d'aide à l'utilisateur qui fournit des renseignements concernant :
 - . le principe de la saisie et les corrections,
 - . la signification des paramètres saisis.

Après tracé à l'écran de la courbe expérimentale, l'utilisateur propose des valeurs de paramètres hydrodynamiques. La courbe théorique prenant en compte les caractéristiques du modèle d'interprétation précisé dans le fichier de données et les particularités de l'essai, est calculée automatiquement, puis tracée à l'écran, chaque fois d'une couleur différente. L'utilisateur procède alors à un ajustement progressif de la courbe théorique sur la courbe expérimentale en jouant sur les différents paramètres de calage. Diverses options d'un menu accessible en interactif permettent, entre autres, d'aller consulter ou modifier une page précédemment saisie (la courbe expérimentale est instantanément corrigée en fonction des modifications apportées), ou d'effacer les courbes des calages précédents en gardant le dernier résultat. Le graphique résultant de l'interprétation définitive peut être reproduit sur table traçante afin de fournir un document directement insérable dans les rapports. L'utilisateur peut choisir les dimensions du graphique, les symboles de représentation des points expérimentaux et le type de trait de la courbe calculée, ainsi que celui des débits mesurés.

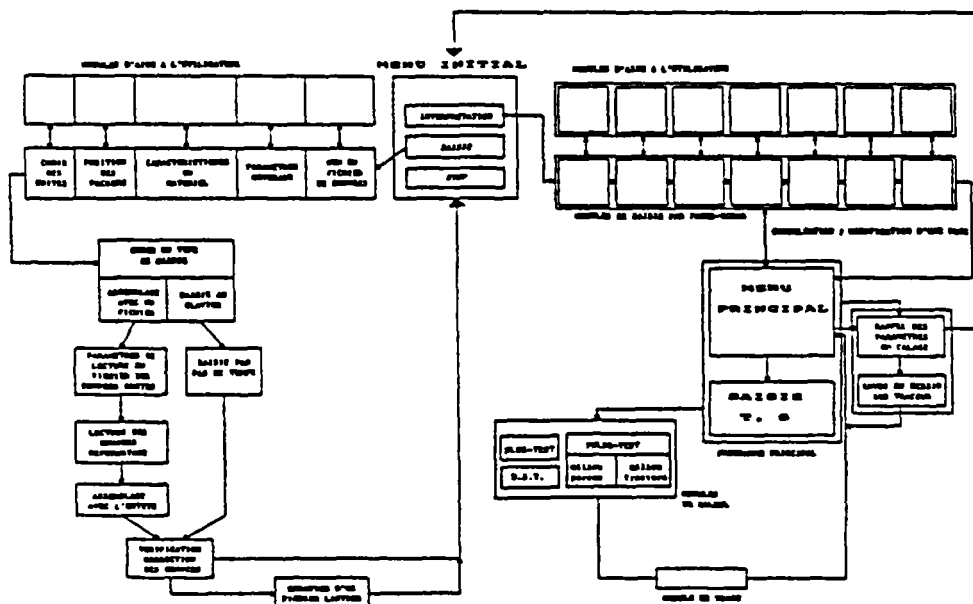


FIGURE 2 - Structure du logiciel IMPULSE

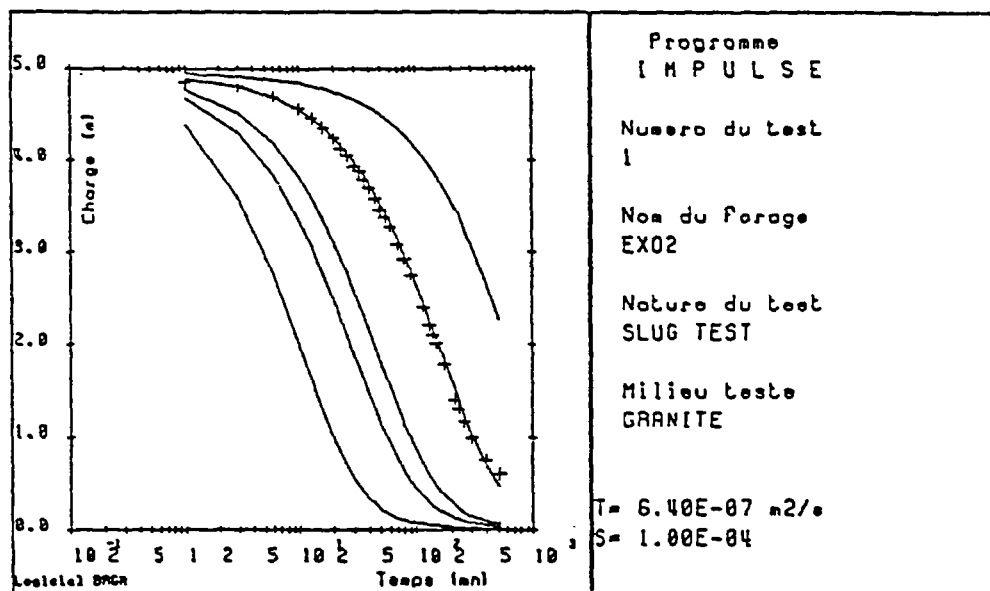


FIGURE 3 - Exemple d'interprétation d'un slug test par le logiciel IMPULSE

++++ charges mesurées
 ----- charges calculées

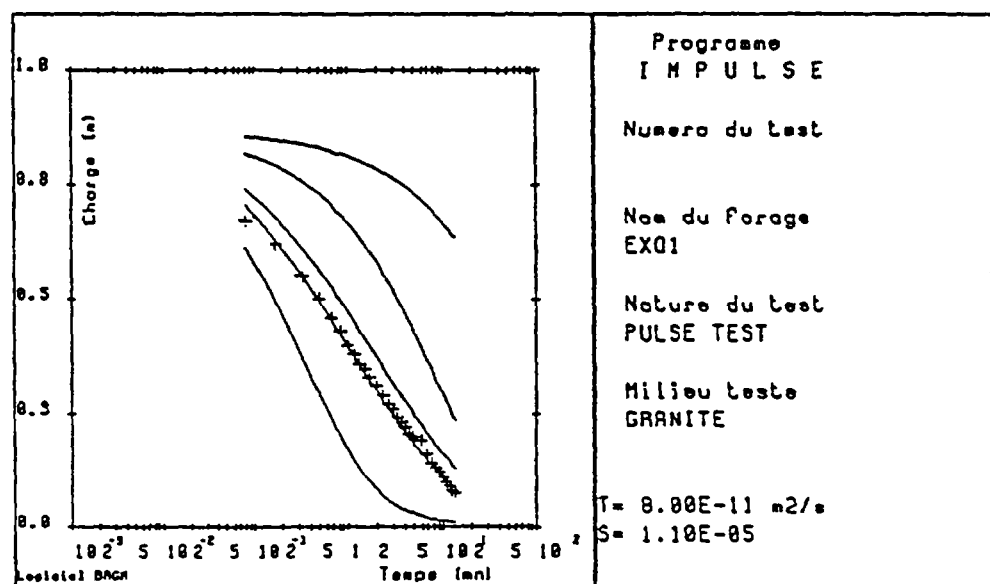


FIGURE 4 - Exemple d'interprétation d'un pulse test par le logiciel IMPULSE

++++ charges mesurées
 ----- charges calculées

5.4. Présentation des résultats

S'il est commode d'utiliser les paramètres de transmissivité et de coefficient d'emménagement pour le calcul de la courbe expérimentale, l'expression des résultats de l'interprétation doit s'affranchir des conditions particulières dans lesquelles a été réalisé le test, et notamment celles relatives aux caractéristiques du fluide.

Les résultats de l'interprétation sont exprimés de la manière suivante :

- ♦ pour une formation d'épaisseur et de compressibilité de matrice données et pour une eau de formation de salinité, température et pression données. Le logiciel calcule :
 - * la masse volumique ρ (ML^{-3})
 - * la perméabilité de DARCY K (L/T) : $K = T/e$
avec e : épaisseur de formation ou de l'intervalle testé (L)
 T : transmissivité (L^2/T)
 - * la perméabilité intrinsèque k (L^2) : $k = K \cdot \mu/\gamma$
avec μ : coefficient de viscosité dynamique ($ML^{-1} T^{-1}$)
 γ : poids volumique (FL^{-3})
 - * la porosité de la formation θ

6. EXEMPLES D'INTERPRETATION

6.1. Interprétation d'un slug-test

L'essai présenté a été réalisé dans un forage expérimental de 100 mm de diamètre recoupant un massif granitique. La figure 3 présente le calage de la courbe des charges calculées sur la courbe expérimentale et correspondant aux paramètres suivants :

$$\begin{aligned} T &= 6,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \\ S &= 1 \cdot 10^{-4} \\ h_{\text{initial}} &= 4,95 \text{ m} \end{aligned}$$

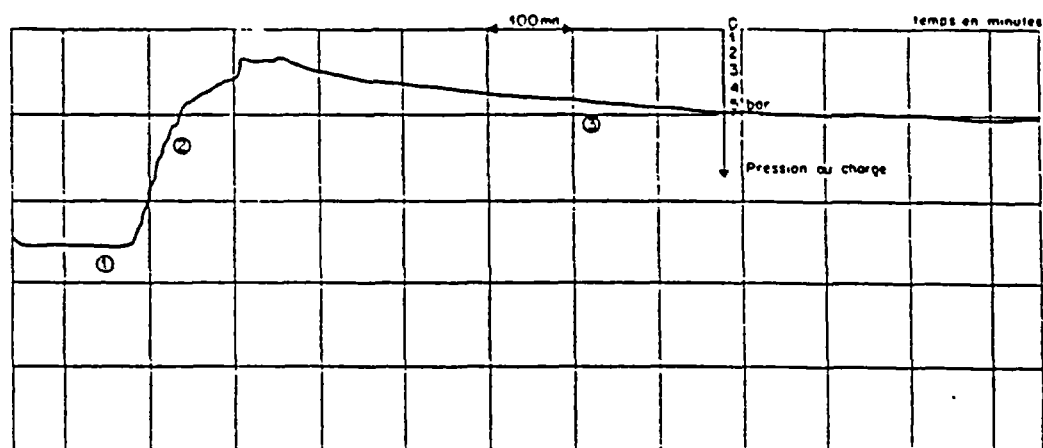
6.2. Interprétation d'un pulse-test

L'essai présenté a été réalisé dans un forage de 96 mm de diamètre recoupant un massif granitique fissuré. Un niveau peu perméable situé entre 43,04 m et 46,05 m a été isolé entre packers. Un pulse test a été réalisé sur cet intervalle avec une variation de charge initiale de 0,87 m. La figure 4 présente le calage de la courbe des charges calculées sur la courbe expérimentale et correspondant aux paramètres suivants :

$$\begin{aligned} T &= 8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s} \\ S &= 1 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

6.3. Interprétation d'un essai de type pulse test réalisé avec le système PIEZOFOR (TELEMAC)

Un forage atteignant 250 m dans un granite du Massif Central français a été équipé avec le système PIEZOFOR dont le dispositif d'acquisition peut également être connecté à la station de travail IMPULSE. Neuf essais ont été réalisés pour des profondeurs comprises entre 0 et 100 m. La figure 4 montre le comportement typique en pression lors d'un essai de 16 heures réalisé à 69 m de profondeur. La figure 5 présente le résultat de l'interprétation de cet essai. Le tableau 1 permet de comparer les résultats obtenus par une interprétation graphique classique et ceux obtenus grâce au logiciel IMPULSE.



- ① Pression dans la chambre après mise en pression des packers
- ② Variation de pression due au retrait du piston
- ③ Remontée en pression

FIGURE 5 - Réponse en pression mesurée au cours d'un test réalisé avec la sonde PIEZOFOR (d'après BARBREAU et al., 1987)

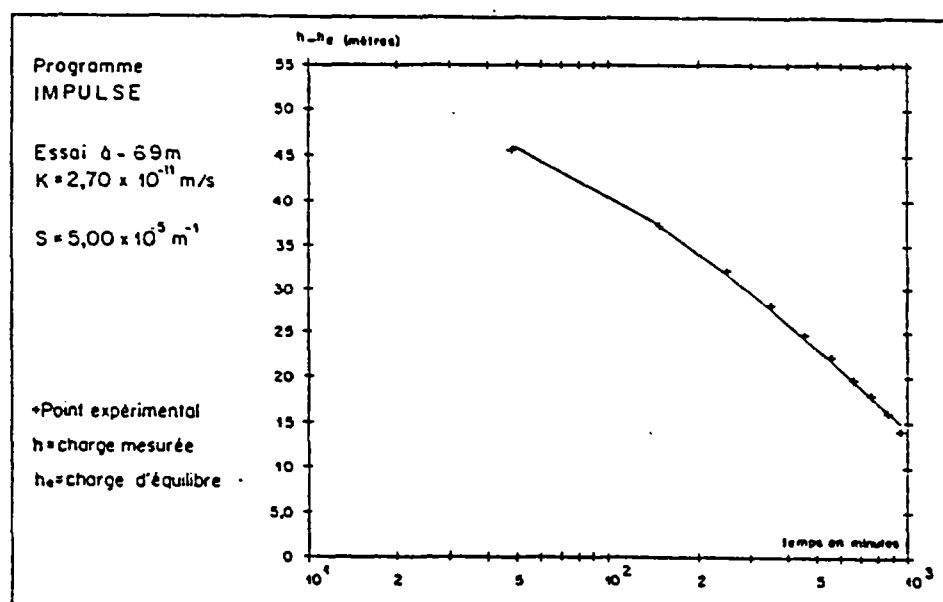


FIGURE 6 - Interprétation de cet essai grâce au logiciel IMPULSE (d'après BARBREAU et al., 1987)

Profondeur de l'essai (m)	Interprétation graphique		Interprétation par logiciel	
	k m/s	he, m	k m/s	he, m
49 mètres	$1,5 \cdot 10^{-11}$	43	$2,4 \cdot 10^{-11}$	42
69 mètres	$7,7 \cdot 10^{-11}$	59	$2,7 \cdot 10^{-11}$	62
89 mètres	$3,5 \cdot 10^{-12}$	69	$3,05 \cdot 10^{-12}$	69

TABLERAU 1 - Comparaison des résultats obtenus par interprétation graphique et par IMPULSE (d'après BARBREAU et al., 1987)

CONCLUSION

Le système intégré composé du logiciel IMPULSE, de la chaîne d'acquisition de données, et des équipements de mesures hydrauliques de fond de forage permettent de réaliser et d'interpréter en temps réel sur site les différents essais hydrauliques généralement mis en oeuvre pour l'étude des milieux géologiques de faible perméabilité. Le logiciel IMPULSE permet en outre, antérieurement à la réalisation de tests, de contribuer à l'élaboration des protocoles d'essai par la simulation du comportement hydrodynamique du milieu étudié.

IMPULSE reprend la philosophie d'utilisation qui caractérise le logiciel ISAPE, logiciel d'interprétation semi-automatique des pompages d'essai permettant l'étude des milieux à forte perméabilité.

- ♦ La convivialité du logiciel (vérification automatisée des données, mode d'emploi intégré, pages - écran, procure une grande facilité d'utilisation tandis que l'interprétation graphique par comparaison entre courbe expérimentale et courbe théorique calculée permet d'améliorer la précision des résultats.
- ♦ L'intégration du logiciel IMPULSE à l'environnement de mesure permet son emploi sur site pour une interprétation en temps réel. Des gains de temps conséquents sont ainsi obtenus.
- ♦ Le logiciel IMPULSE, développé pour fonctionner sur tout compatible PC/AT et pouvant être interfacé avec tout système d'acquisition de données, est dès à présent opérationnel (version 2.1). Une version étendue, offrant notamment une possibilité d'interprétation par un modèle maillé axisymétrique sera diffusée en Septembre 1988.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMEN (K.E.), ANDERSSON (J.E.), CARLSSON (L.), HANSSON (K.), LARSSON (N.A.), 1986 .- Hydraulic testing in crystalline rocks. A comparative study of single-hole test methods .- SKB Technical report 86-27
- BARBREAUX (P.), LEBLANC (Ph.), BORDES (J.L.), 1987 .- Seepage pressure and permeability measurement in granite by PIEZOFOR System .- 6th International Rock Mechanics Congress Montreal 30 August - 3 rd September 1987
- BREDEHOEFT (J.D.), PAPADOPULOS (I.S.), 1980 .- A method for determining the hydraulic properties of tight formations .- Water resources research, V. 16, n° 1, pp 233-238
- COOPER (H.H.), BREDEHOEFT (J.D.), PAPADOPULOS (I.S.), 1967 .- Response of a finite-diameter well to an instantaneous change of water .- Water resources research, vol. 3, n° 1, pp 263-269
- GOGUEL (J.), 1987 .- Hydrogéologie des roches imperméables .- In : Hydrologie, n° 3, 1987, pp 155-160.
- GRISAK (G.E.), PICKENS (J.F.), BELANGER (D. W.), AVIS (J.D.), 1985 .- Hydrogeologic testing of crystalline rocks during the NAGRA deep drilling program .- NAGRA, Technischer Bericht 85-08

LEBLANC (Ph), 1988 .- Concepts théoriques et manuel d'utilisation du logiciel ISAPE .- rapport BRGM (à paraître)

LEECH (R.E.J.), KENNEDY (K.G.), GEVAERT (D), 1984 .- Sondierbohrung Böttstein. Hydrogeologic testing of crystalline rocks .- NAGRA, Technischer Bericht 85-09, Déc. 1984

MICHAELIDES (E.E.), 1981 .- Thermodynamic properties of geothermal fluids .- G.R.C. Trans., vol.5, oct. 1981

PETIT (V.), VAUBOURG (P.), 1982 .- Détermination des caractéristiques hydrodynamiques des milieux aquifères peu perméables. Slug test et Pulse test .- Rapport BRGM 82 SGN 943 EAU

SCHOELLER (H.), 1962 .- "Les eaux souterraines" .- Masson éd., Paris

VANDENBEUSCH (M.), 1976 .- Essais de mise en production des aquifères profonds. Rapport n° 2 - Corrections de salinité, pression et température sur les mesures piézométriques .- Rapport BRGM 76 SGN 482 AME

WANG (J.S.Y.), NARASIMHAN (T.N.), TSANG (C.F.), WITHERSPOON (P.A.), 1977 .- Transient flow in tight fractures .- Invitational well testing symposium proceedings, University of California, Berkeley, California

* *
*

ANNEXE 2.2. - Essai Lugeon

DESCRIPTIF DU MATERIEL

Le schéma de principe de l'installation est représenté sur la figure 1 :

- Pompe centrifuge Guimard GMVR 2/17, 17 bars maximum. 60 l/min.max.
- Obturateur Petrometalic, diamètre 73, 1.50 m de longueur avec ligne de gonflage et ligne de pression.
- Mesure de débit par débitmètre électromagnétique programmé sur deux gammes de débit : 0-8 l/min. et 0-40 l/min.
- Mesure de pression par capteur à jauges 0-10 bars et 0-20 bars.

INTERPRETATION

De la connaissance des différents débits injectés aux différentes pressions, on en déduit une perméabilité (en supposant l'écoulement permanent suivant une ellipsoïde) :

Écoulement ellipsoïdal (Formule de Mandel)

$$Q = \frac{2 \pi L}{D} \frac{KH}{\ln \left(\frac{L}{D} + \sqrt{\frac{L^2}{D^2} + 1} \right)} \quad KHO$$

Q : débit injecté m³/s

H : surpression m

L : longueur de la chambre m

D : diamètre de forage m

K : perméabilité m/s

Dans les tableaux de résultats sont fournis :

- les surpressions d'injection mesurées au fond,
- les débits unitaires,
- les perméabilités calculées entre deux points consécutifs.

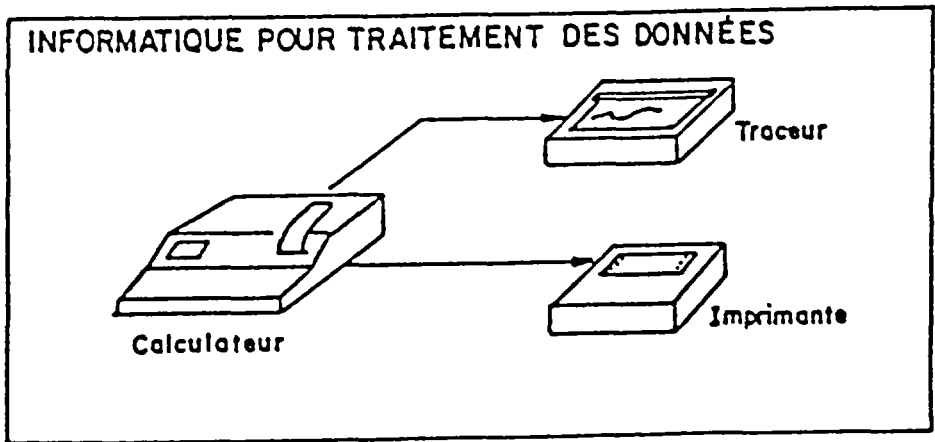
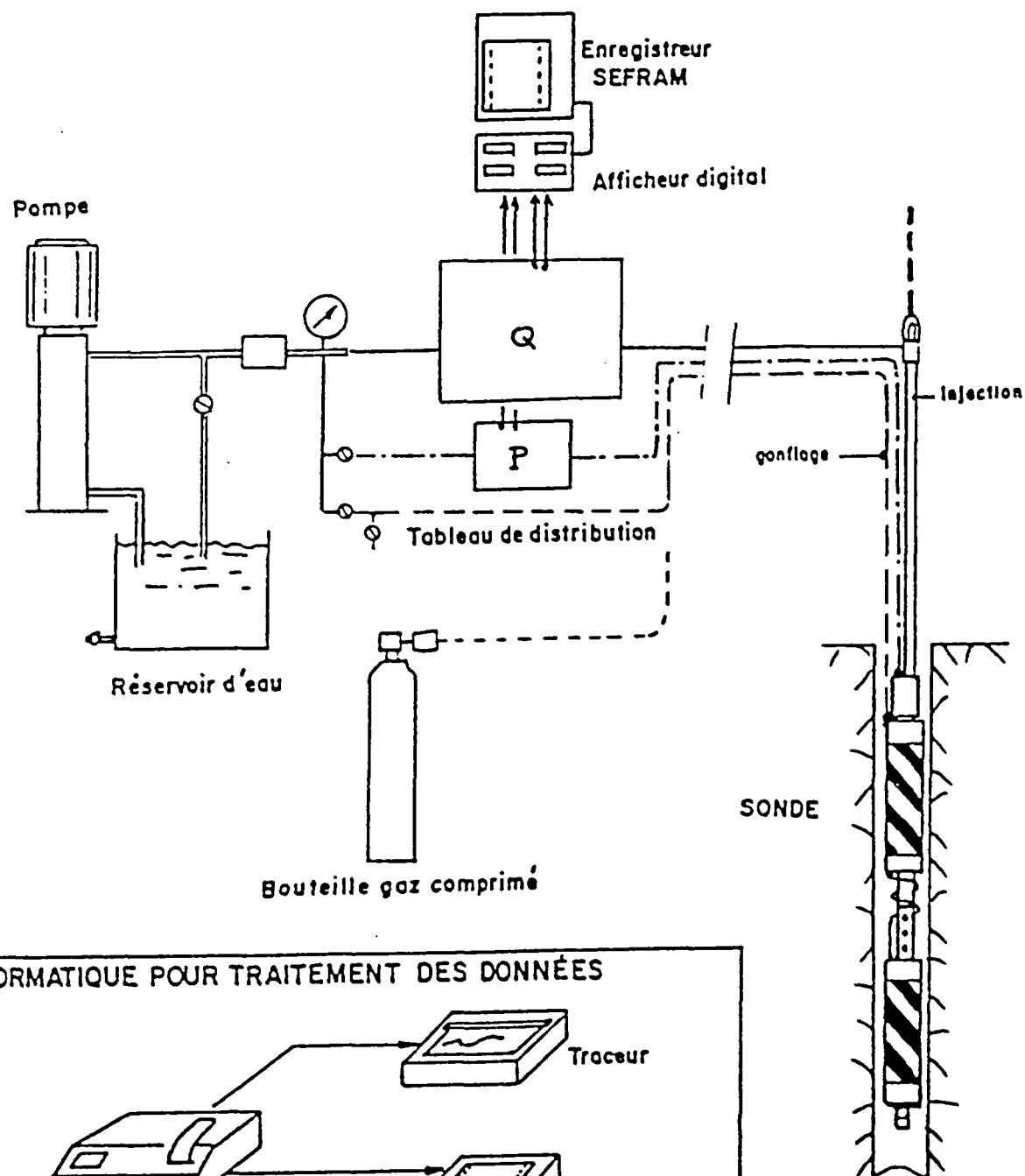


FIGURE 1 - SCHEMA GENERAL DE L'INSTALLATION

ANNEXE 3
LOGICIEL ISAPE

INTERPRETATION SEMI-AUTOMATIQUE DES POMPAGES D'ESSAIS

Ce logiciel impose une démarche de travail nouvelle pour l'hydrogéologue : au lieu de superposer manuellement la courbe expérimentale des rabattements mesurés lors des tests hydrauliques sur une courbe théorique figée, l'opérateur va au contraire s'efforcer de "modeler" la courbe théorique, en modifiant progressivement les paramètres hydrodynamiques et géométriques caractéristiques de l'aquifère étudié, et en ayant la possibilité d'intégrer tous les phénomènes réels ayant pu survenir lors des tests : pertes de charge au puits de production, effet de capacité de celui-ci, variations du débit pendant les tests, influences de limites plus ou moins distantes.

La procédure ISAPE reconstitue, avec les paramètres hydrogéologiques estimés par l'opérateur et la prise en compte des phénomènes perturbateurs ci-dessus, l'évolution théorique des niveaux. L'obtention d'une correspondance satisfaisante avec les évolutions mesurées permet de justifier l'appréciation correcte.

La procédure ISAPE est opérationnelle sur un ordinateur associé à un écran graphique et sur ordinateur compatible IBM/PC. Elle est évolutive, car de nouveaux schémas hydrauliques de comportement de milieux aquifères y sont progressivement intégrés.

Logiciel ISAPE - Exemples d'interprétation

Figure 1 - Exemple de réalisation d'un calage

Interprétation par un schéma "milieu fissuré" (puits sur une fracture verticale)

$T_x/T_y = 7$

$X_f = 1/2$ longueur de la fracture = 20 m

Tirs successifs

a) $T = 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$S = 10^{-3}$
b) $T = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$S = 10^{-3}$
c) $T = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$S = 8 \cdot 10^{-4}$
d) $T = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$S = 4,5 \cdot 10^{-4}$

L'interprétation est menée en modifiant successivement les paramètres T_x/T_y , X_f , T et S : une quarantaine de tirs successifs a été nécessaire (durée de l'interprétation : 30 mn).



Figure 2 - Exemple d'un calage réalisé en prenant en compte un effet de limite d'alimentation

- courbe théorique ne prenant pas en compte une limite d'alimentation
- courbe théorique prenant en compte une limite d'alimentation

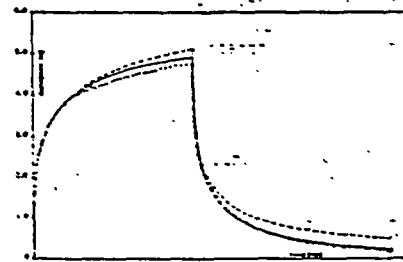
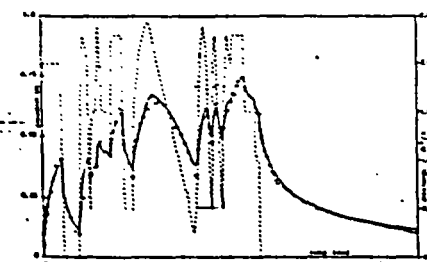


Figure 3 - Exemple d'un calage réalisé pour un essai fortement perturbé par des variations de débit.

- courbe de débits mesurés
- courbe théorique calculée



Principe d'utilisation

L'utilisation du logiciel s'effectue entièrement en mode conversationnel avec possibilité d'accès, à tout moment, à un système d'aide à l'utilisation très détaillée rendant facultative la lecture d'un mode d'emploi. Les données d'un pompage d'essai (temps, rabattement, débit) sont préalablement stockées dans un fichier créé à l'aide d'un préprocesseur SAISIE.

ISAPE est organisé à l'écran en une succession de "pages", correspondant chacune à une saisie de données. Pour chacune d'elles, l'utilisateur peut soit valider directement les valeurs par défaut proposées par le logiciel, soit les modifier. Ces pages concernent :

- les paramètres de lecture du fichier de données (format, unités de lecture, unités graphiques),
- le choix d'un modèle d'interprétation et les paramètres correspondants,
- les éventuels effets de capacité et de perte de charge au puits de pompage,
- les caractéristiques de la fenêtre de tracé à l'écran.

PAGE No 5

DEFINITION DE LA GEOMETRIE
COORDONNEES DU PUIT DE POMPAGE ET DU POINT D'OBSERVATION

PAGE No 5

AIDE A L'UTILISATEUR

LISTE DES OPTIONS DU MENU

1 Consultation d'une page
2 Modification d'une page
3 Cadre - données courtes
4 Idem - dernier essai
5 Graphique - "x" calculé - "x" réel
6 Levée du dessin sur traceur
7 Autre fichier de données
8 Paramètres de l'ajustement
9 Fin

Transmettre
ou
Code menu
Help(RTN)

Le puits est situé au milieu
d'une épaisseur par rapport
à ses piezomètres d'observation.

TAPES (RETURN)

Y

.00

.00

DISTANCE (metres)
pompage (->) limite
0.
0.

section ==> [RTN]:

Schémas hydrauliques proposés :

- le schéma de Theis pour un milieu isotrope d'extension infinie ou présentant une limite ou deux limites parallèles, que celles-ci soient à flux nul -limite(s) étanche(s)- ou à potentiel(s) imposé(s),
- le schéma de milieu anisotrope (contraste de transmissivité variable), affecté d'une fracture verticale unique avec longueur de fracture variable, d'extension infinie ou présentant une limite ou deux limites parallèles à flux nul ou à potentiel imposé.

Pour tous renseignements, s'adresser à

Melle M.L. NOYER ou M. Ph. LEBLANC

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

Département EAU

B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX

Tél. (33) 38.64.34.34

I
S
A
P
E

ANNEXE 4

RESULTATS DES INTERPRETATIONS DES TESTS HYDRAULIQUES SUR LES SONDAGES PROFONDS

- 4.1. Essais Lugeon**
- 4.2. Pulse et slug test**
- 4.3. Pompage d'essai**

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 20.04.90

Heure de debut de l'essai : 11.50.00

Heure de fin de l'essai : 13.30.00

SONDAGE : 82

ESSAI No 1

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 10.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 10.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol :

10.00 - 20.00 m

PRESSION INJECTION m. d'eau	DEBIT 1/mn/m	PRESSION DES PACKERS bar	PRESSION FOND DE FORAGE bar	PERMEABILITE m/s

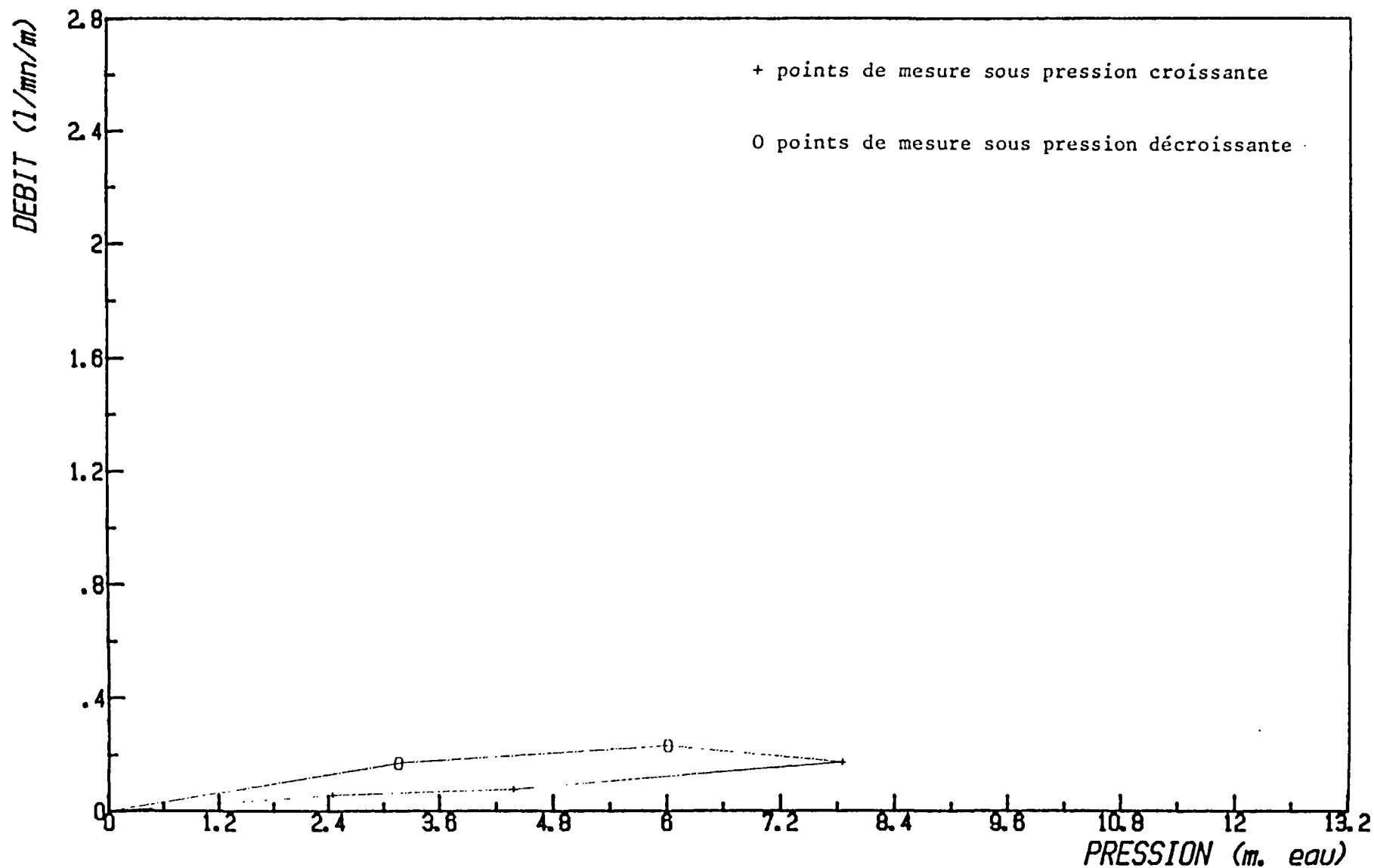
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
2.45	5.80E-002	17.00	.24	3.16E-007
4.38	7.80E-002	17.00	.43	1.38E-007
7.65	1.75E-001	17.00	.77	3.73E-007
6.01	2.32E-001	17.00	.59	
3.16	1.70E-001	17.00	.31	2.90E-007

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : 82
DATE : 20.04.90

TEST : 1
CHAMBRE D'INJECTION 10.00- 20.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 23.04.90

Heure de debut de l'essai : 16.30.00

Heure de fin de l'essai : 18.00.00

SONDAGE : B 2 ESSAI No 3

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAJE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 22.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 10.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol : 10.00 - 32.00 m

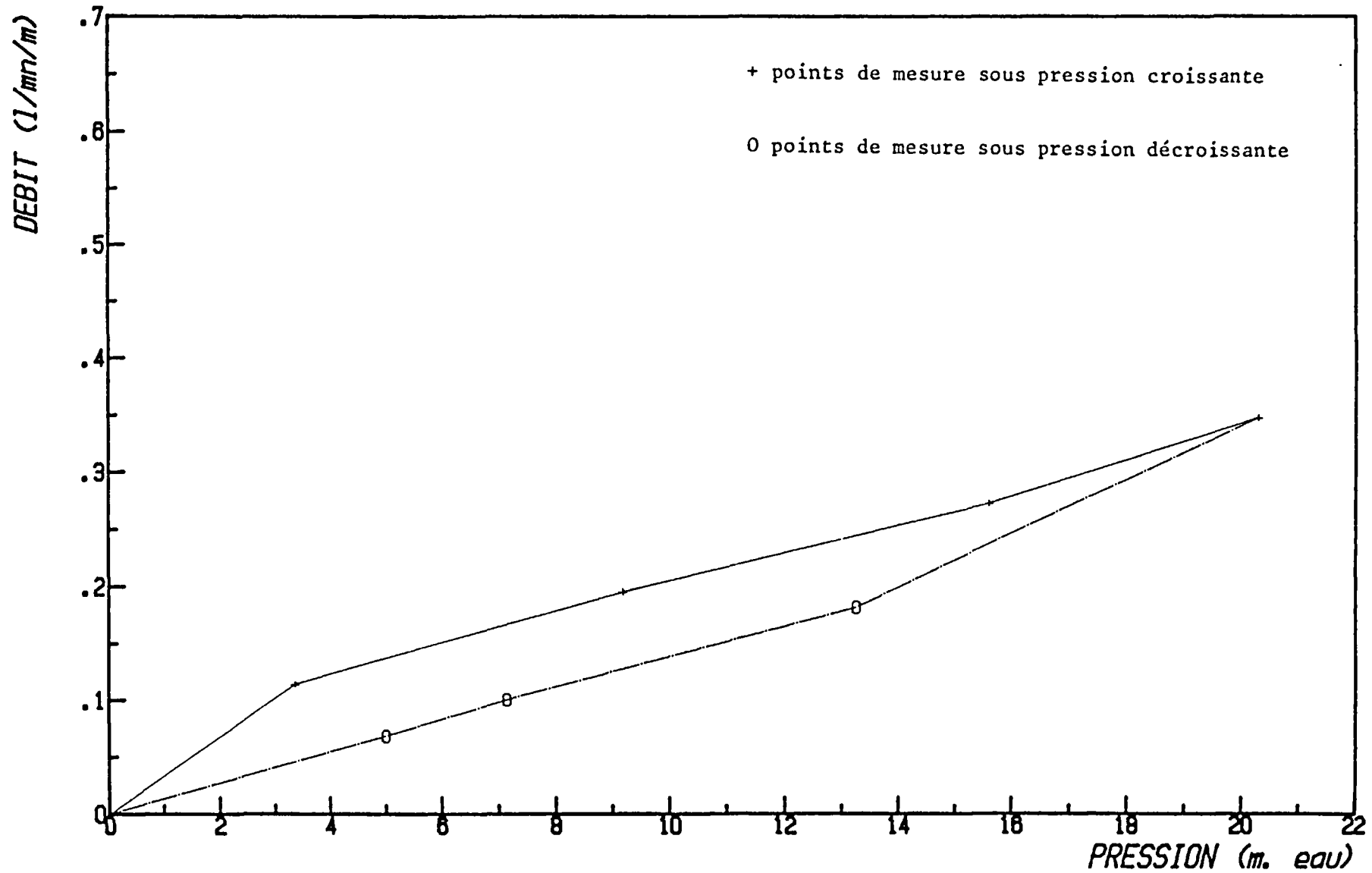
PRESSION INJECTION m. d'eau	DEBIT l/mn/m	PRESSION DES PACKERS bar	PRESSION FOND DE FORAGE bar	PERMEABILITE m/s
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
3.36	1.14E-001	17.00	.33	2.38E-007
9.17	1.95E-001	17.00	.90	9.82E-008
15.59	2.73E-001	17.00	1.53	8.44E-008
20.28	3.46E-001	17.00	1.99	1.13E-007
13.25	1.82E-001	17.00	1.30	1.66E-007
7.13	1.00E-001	17.00	.70	9.39E-008
4.99	6.82E-002	17.00	.49	1.04E-007

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 2
DATE : 23.04.90

TEST : 3
CHAMBRE D'INJECTION 10.00- 32.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 28.04.90

Heure de debut de l'essai : 08.00.00

Heure de fin de l'essai : 10.00.00

SONDAGE : B 3

ESSAI No 1

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 10.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 23.50m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol : 23.50 - 33.50 m

PRESSION INJECTION	DEBIT	PRESSION DES PACKERS	PRESSION FOND DE FORAGE	PERMEABILITE
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s

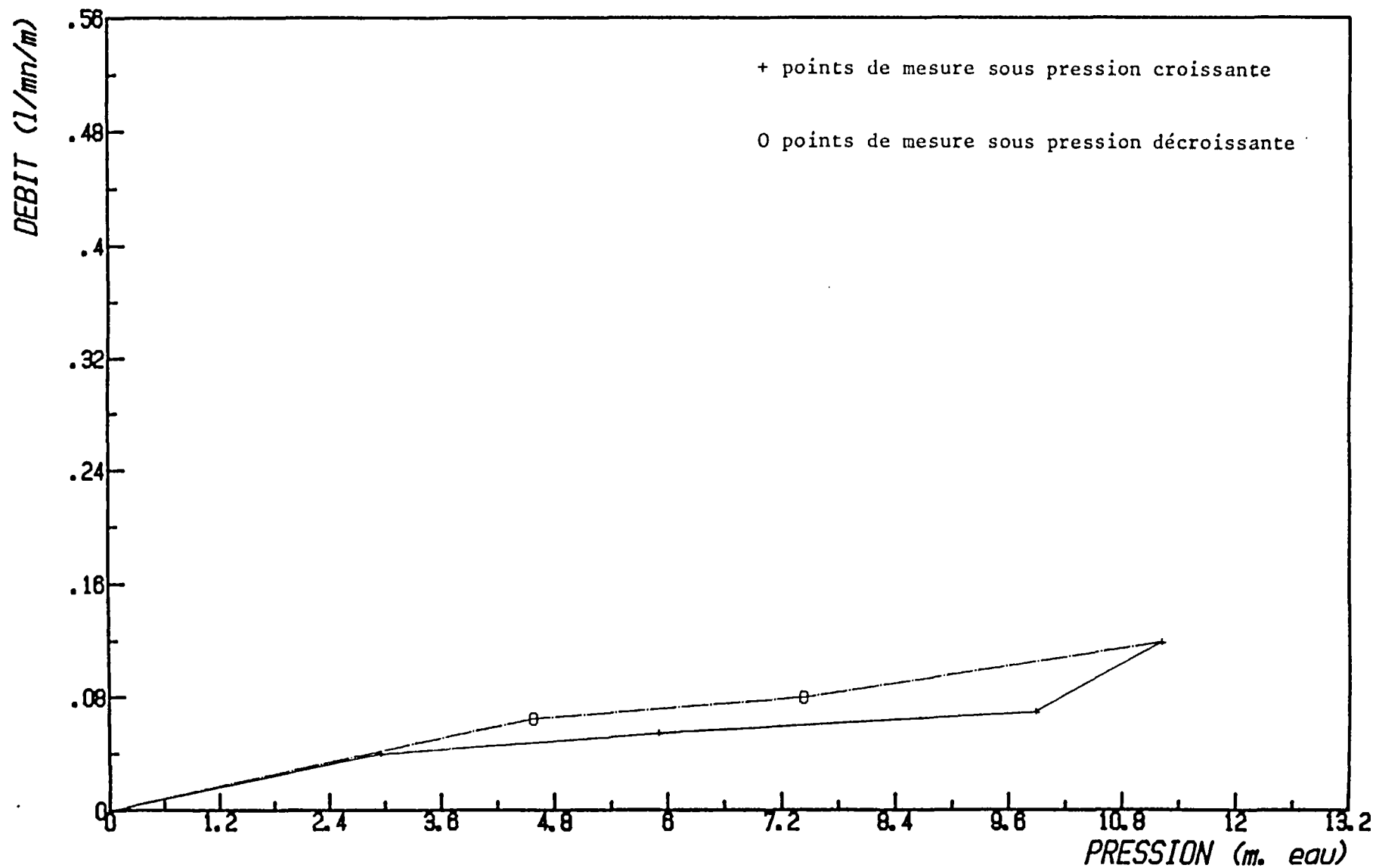
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
2.96	4.00E-002	17.00	.29	1.81E-007
5.91	5.50E-002	17.00	.58	6.77E-008
9.88	7.00E-002	17.00	.97	5.03E-008
11.21	1.20E-001	17.00	1.10	5.03E-007
7.44	8.00E-002	17.00	.73	1.42E-007
4.59	6.50E-002	17.00	.45	7.01E-008

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 3
DATE : 28.04.90

TEST : 1
CHAMBRE D'INJECTION 23.50- 33.50m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 26.04.90

Heure de debut de l'essai : 15.00.00

Heure de fin de l'essai : 16.00.00

SONDAGE : B 3

ESSAI No 2

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 8.50m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 33.50m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol :

33.50 - 42.00 m

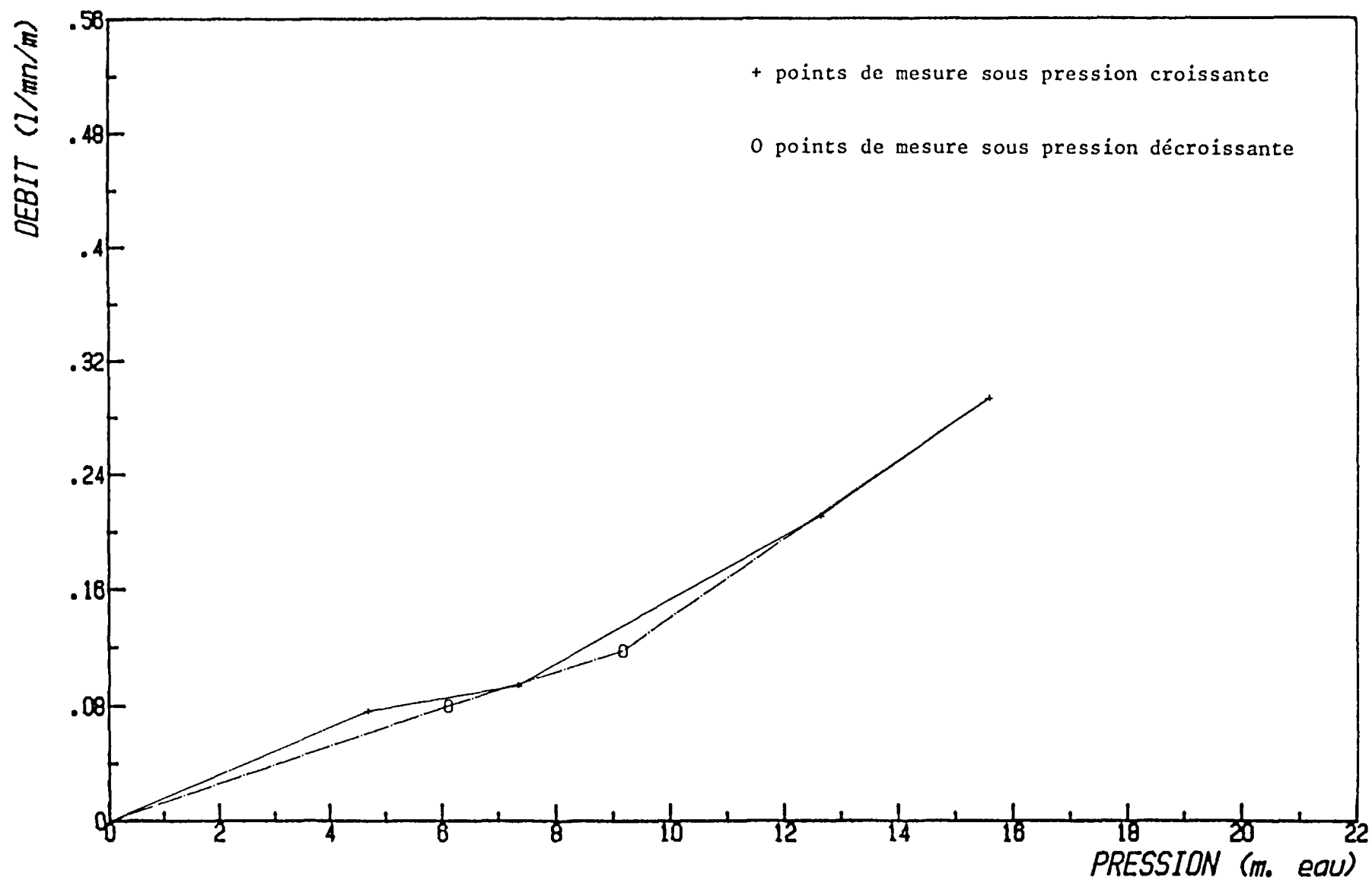
PRESSION INJECTION	DEBIT	PRESSION DES PACKERS	PRESSION FOND DE FORAGE	PERMEABILITE
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
4.69	7.65E-002	12.00	.46	2.48E-007
7.34	9.41E-002	12.00	.72	1.01E-007
12.64	2.12E-001	12.00	1.24	3.37E-007
15.59	2.94E-001	12.00	1.24	4.23E-007
9.17	1.16E-001	12.00	.90	4.17E-007
6.11	8.00E-002	12.00	.60	1.87E-007

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 3
DATE : 28.04.90

TEST : 2
CHAMBRE D'INJECTION 33.50- 42.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 28.04.90

Heure de debut de l'essai : 08.00.00

Heure de fin de l'essai : 10.00.00

SONDAGE : B 3 ESSAI No 3

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 19.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 23.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol : 23.00 - 42.00 m

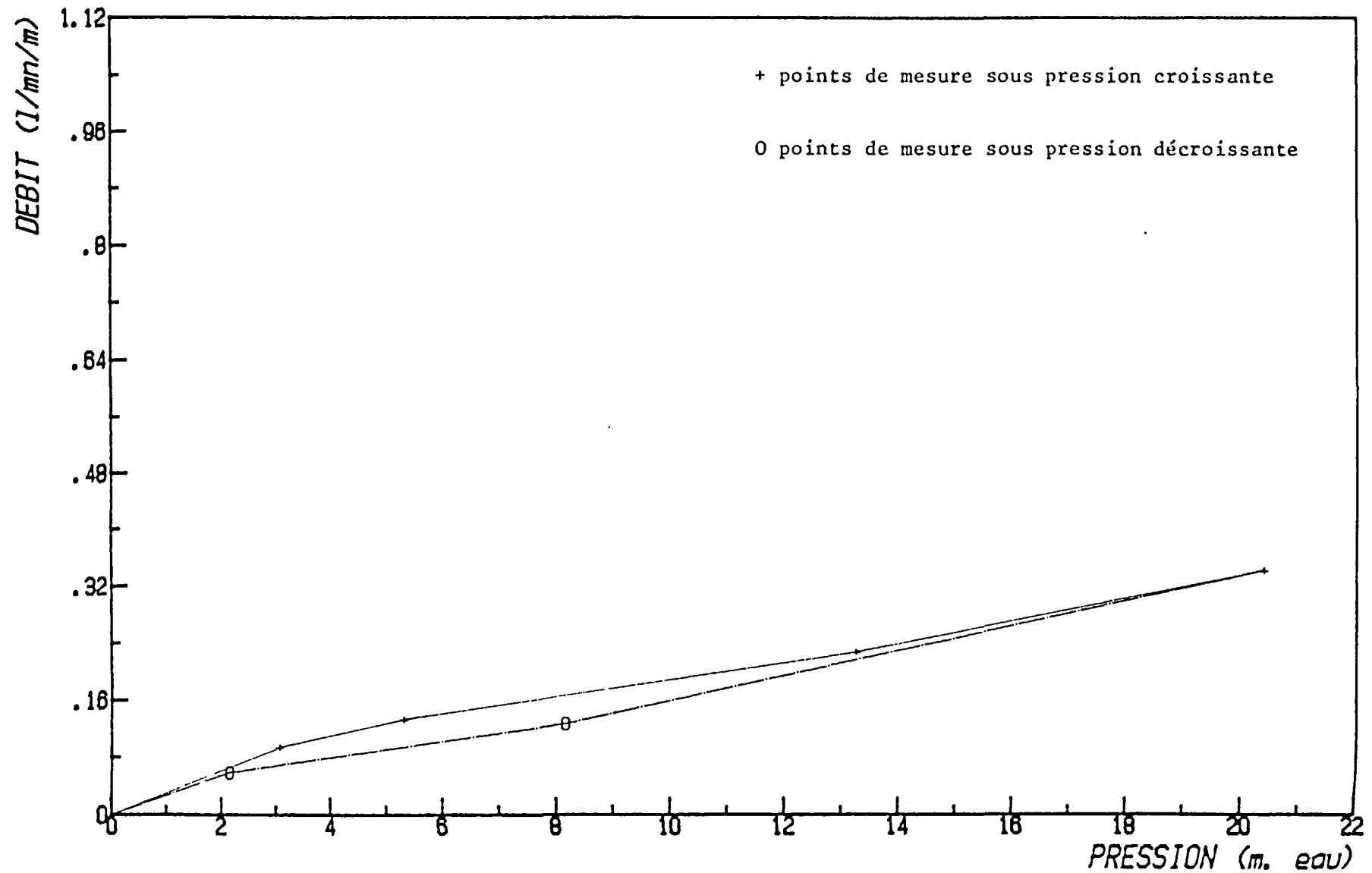
=====					
PRESSION	DEBIT	PRESSION	PRESSION	PERMEABILITE	
INJECTION		DES PACKERS	FOND DE FORAGE		
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s	
=====					
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000	
3.06	9.32E-002	17.00	.30	2.41E-007	
5.30	1.33E-001	17.00	.52	1.41E-007	
13.25	2.28E-001	17.00	1.30	9.44E-008	
20.38	3.43E-001	17.00	2.00	1.27E-007	
8.15	1.27E-001	17.00	.60	1.40E-007	
2.14	5.79E-002	17.00	.21	9.08E-008	
=====					

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 3
DATE : 28.04.90

TEST : 3
CHAMBRE D'INJECTION 23.00- 42.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 29.04.90

Heure de debut de l'essai : 17.10.00

Heure de fin de l'essai : 19.00.00

SONDAGE : B 5 ESSAI No 1

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAJE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 10.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 25.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol : 25.00 - 35.00 m

PRESSION INJECTION	DEBIT	PRESSION DES PACKERS	PRESSION FOND DE FORAGE	PERMEABILITE
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s

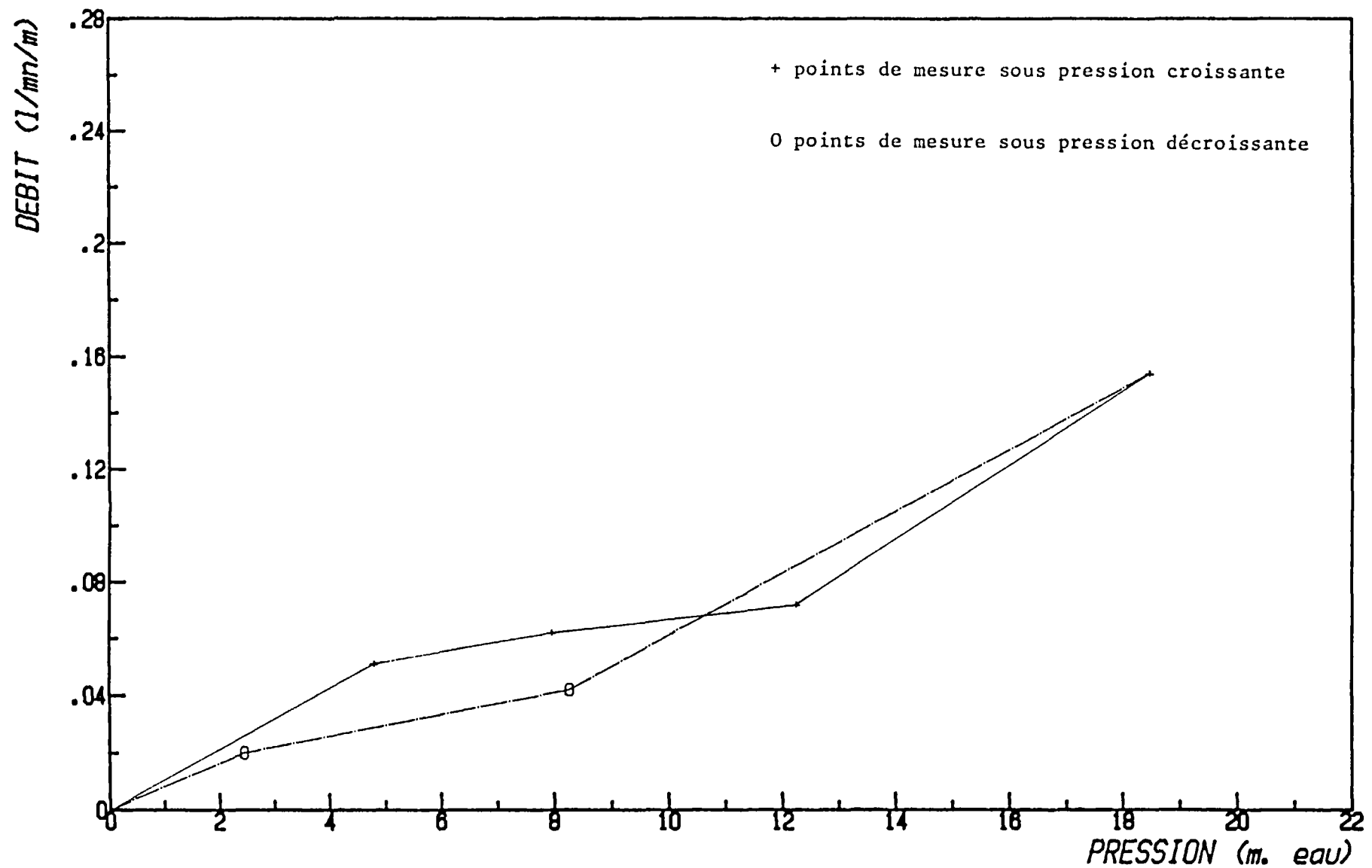
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
4.79	5.10E-002	10.00	.47	1.42E-007
7.95	6.20E-002	10.00	.76	4.64E-008
12.23	7.20E-002	10.00	1.20	3.12E-008
18.44	1.54E-001	10.00	1.81	1.76E-007
8.25	4.20E-002	10.00	.81	1.47E-007
2.45	2.00E-002	10.00	.24	5.05E-008

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 5
DATE : 28.04.90

TEST : 1
CHAMBRE D'INJECTION 25.00- 35.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 23.04.90

Heure de debut de l'essai : 08.00.00

Heure de fin de l'essai : 10.00.00

SONDAGE : B 5

ESSAI No 2

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 15.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 20.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol :

20.00 - 35.00 m

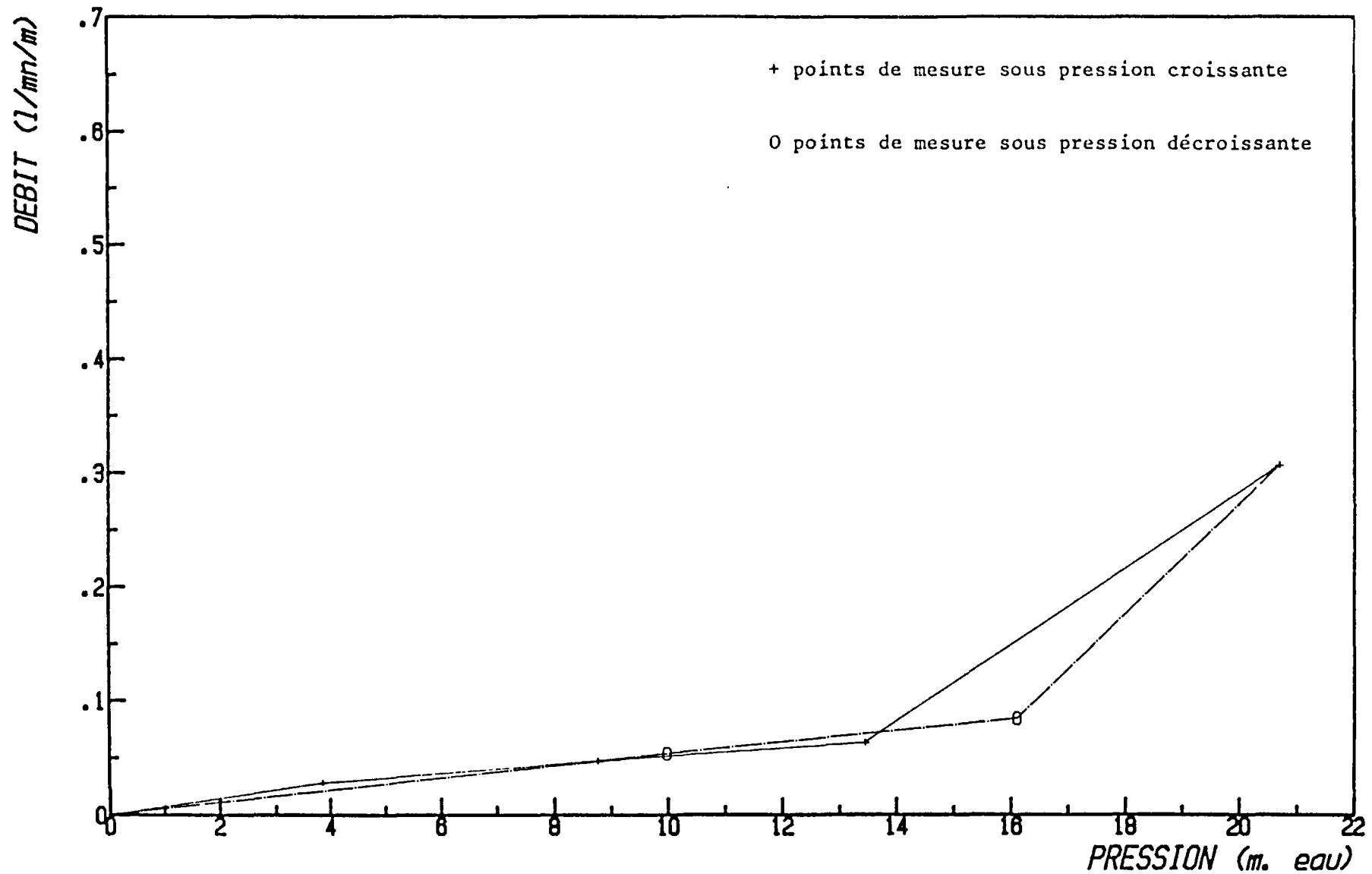
PRESSION INJECTION m. d'eau	DEBIT l/mn/m	PRESSION DES PACKERS bar	PRESSION FOND DE FORAGE bar	PERMEABILITE m/s
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
3.87	2.80E-002	10.00	.38	6.95E-008
8.76	4.73E-002	10.00	.86	3.80E-008
13.45	6.33E-002	10.00	1.32	3.28E-008
20.69	3.07E-001	10.00	2.03	3.23E-007
16.10	8.40E-002	10.00	1.58	4.67E-007
9.99	5.33E-002	10.00	.98	4.82E-008

TEST D'INJECTION D'EAU

BRCM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 5
DATE : 29.04.90

TEST : 2
CHAMBRE D'INJECTION 20.00- 35.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 29.04.90

Heure de debut de l'essai : 14.00.00

Heure de fin de l'essai : 16.00.00

SONDAGE : B 5

ESSAI No 3

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 25.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 10.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol :

10.00 - 35.00 m

PRESSION INJECTION	DEBIT	PRESSION DES PACKERS	PRESSION FOND DE FORAGE	PERMEABILITE
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s

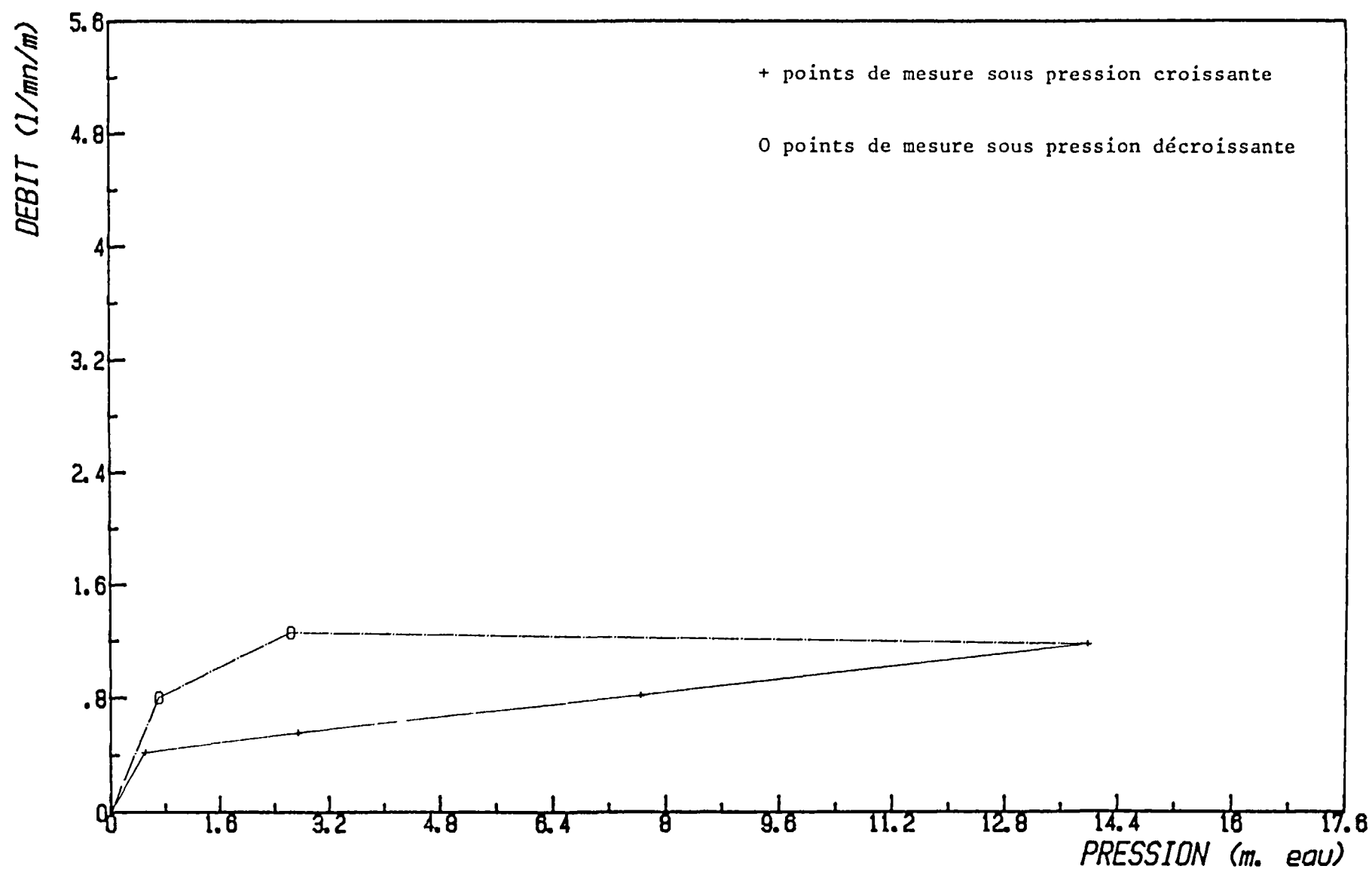
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
.51	4.20E-001	17.00	.05	5.20E-006
2.75	5.60E-001	17.00	.27	3.94E-007
7.64	8.20E-001	17.00	.75	3.35E-007
13.96	1.16E+000	17.00	1.37	3.59E-007
2.65	1.26E+000	17.00	.26	
.71	6.00E-001	17.00	.07	1.50E-006

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 5
DATE : 29.04.90

TEST : 3
CHAMBRE D'INJECTION 10.00- 35.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 19.04.90

Heure de debut de l'essai : 15.00.00

Heure de fin de l'essai : 19.30.00

SONDAGE : B 6 ESSAI No 1

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 10.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 10.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol : 10.00 - 20.00 m

PRESSION INJECTION	DEBIT	PRESSION DES PACKERS	PRESSION FOND DE FORAGE	PERMEABILITE
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s

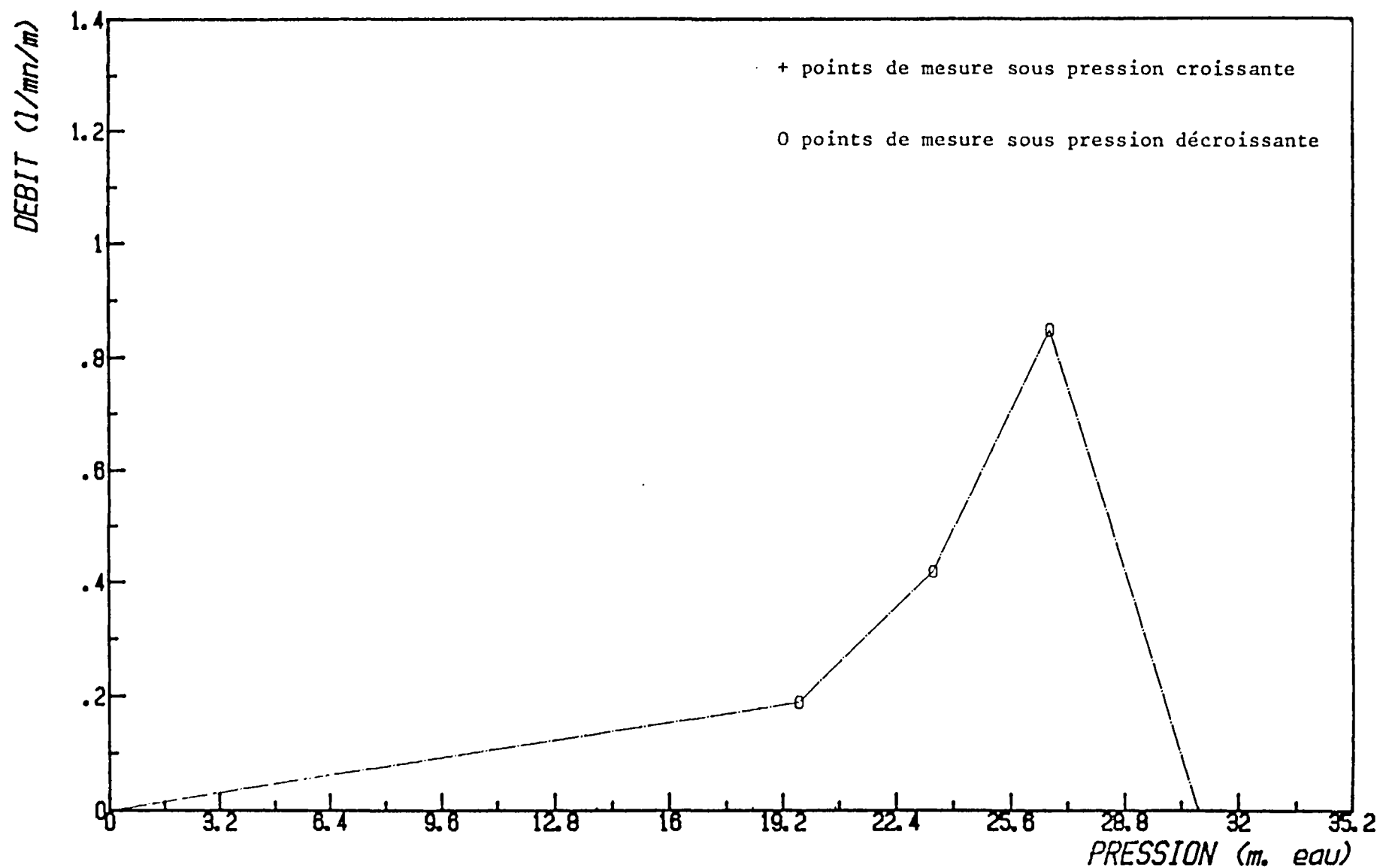
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
11.21	0.00E+000	13.00	1.10	0.00E+000
13.96	0.00E+000	13.00	1.37	0.00E+000
18.34	0.00E+000	13.00	1.80	0.00E+000
20.69	1.00E-003	13.00	2.03	5.69E-009
30.88	1.00E-003	13.00	3.03	0.00E+000
26.70	8.50E-001	14.00	2.62	
23.44	4.20E-001	14.00	2.30	1.76E-006
19.67	1.90E-001	14.00	1.93	8.14E-007

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 8
DATE : 19.04.90

TEST : 1
CHAMBRE D'INJECTION 10.00- 20.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 18.04.90

Heure de debut de l'essai : 13.55.00

Heure de fin de l'essai : 16.00.00

SONDAGE : B 6

ESSAI No 2

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDAGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 20.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 10.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol : 10.00 - 30.00 m

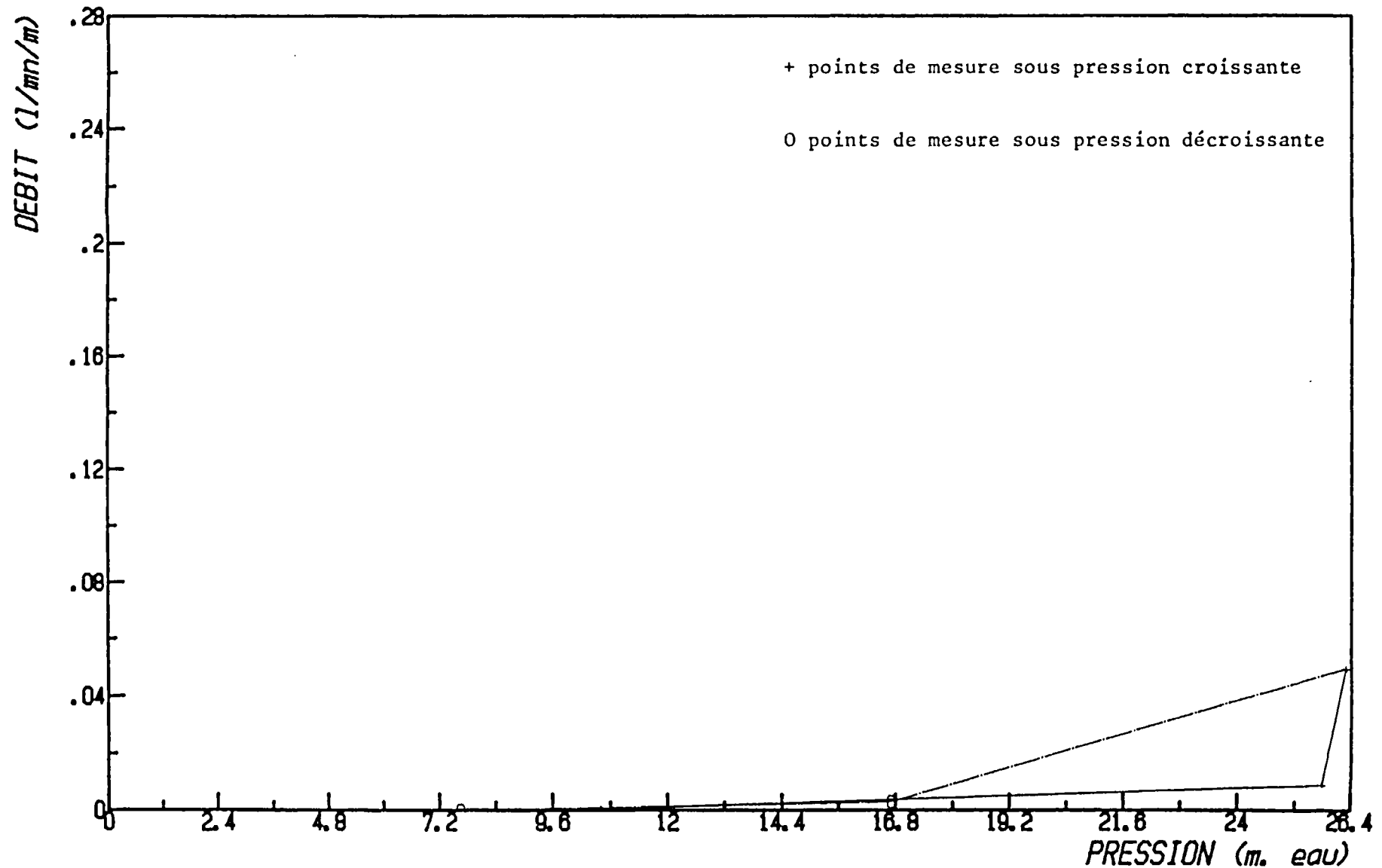
=====					
PRESSION	DEBIT	PRESSION	PRESSION	PERMEABILITE	
INJECTION		DES PACKERS	FOND DE FORAGE		
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s	
=====					
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000	
10.60	5.00E-004	17.00	1.04	3.58E-010	
25.78	9.00E-003	17.00	2.53	4.25E-009	
26.29	5.00E-002	17.00	2.58	6.11E-007	
16.71	3.00E-003	17.00	1.64	3.72E-008	
7.64	0.00E+000	17.00	.75	2.51E-009	
=====					

TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 8
DATE : 18.04.90

TEST : 2
CHAMBRE D'INJECTION 10.00- 30.00m



TEST D'INJECTION D'EAU

BRGM

INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN

DATE : 19.04.90

Heure de debut de l'essai : 15.00.00

Heure de fin de l'essai : 17.00.00

SONDAGE : B 6

ESSAI No 3

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

DIAMETRE DU SONDEGE : 131

LONGUEUR DE LA CHAMBRE D'INJECTION : 37.00m

COTE DE L'ESSAI (sommet de la chambre) : 10.00m

RESULTATS DE L'ESSAI

COTES DE LA CHAMBRE D'INJECTION par rapport au sol : 10.00 - 47.00 m

PRESSION INJECTION	DEBIT	PRESSION DES PACKERS	PRESSION FOND DE FORAGE	PERMEABILITE
m. d'eau	l/mn/m	bar	bar	m/s

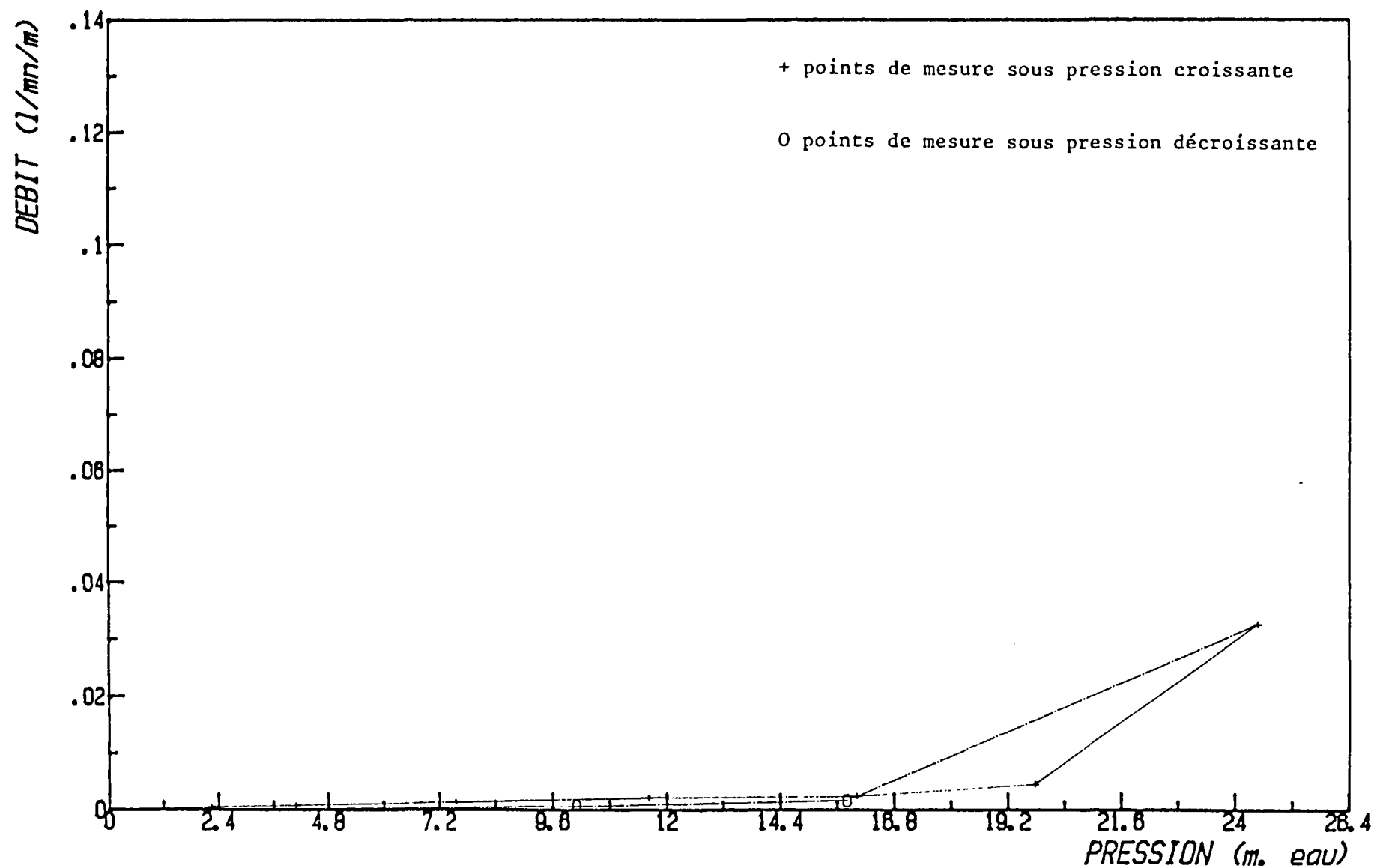
0.00	0.00E+000	0.00	0.00	0.00E+000
2.24	5.41E-004	17.00	.22	1.10E-009
4.08	8.11E-004	17.00	.40	6.69E-010
7.54	1.35E-003	17.00	.74	7.09E-010
11.62	2.16E-003	17.00	1.14	9.04E-010
16.00	2.43E-003	17.00	1.57	2.80E-010
19.77	4.59E-003	17.00	1.94	2.61E-009
24.46	3.27E-002	17.00	2.40	2.72E-008
15.79	1.62E-003	17.00	1.55	1.63E-008
10.09	5.41E-004	17.00	.99	8.61E-010

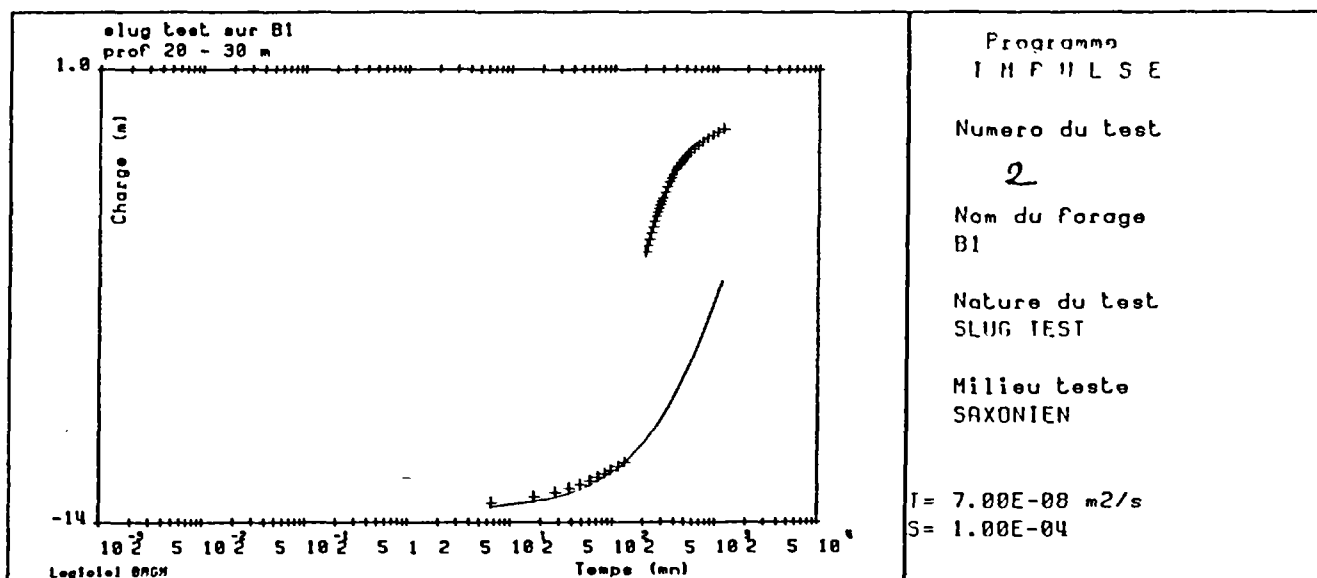
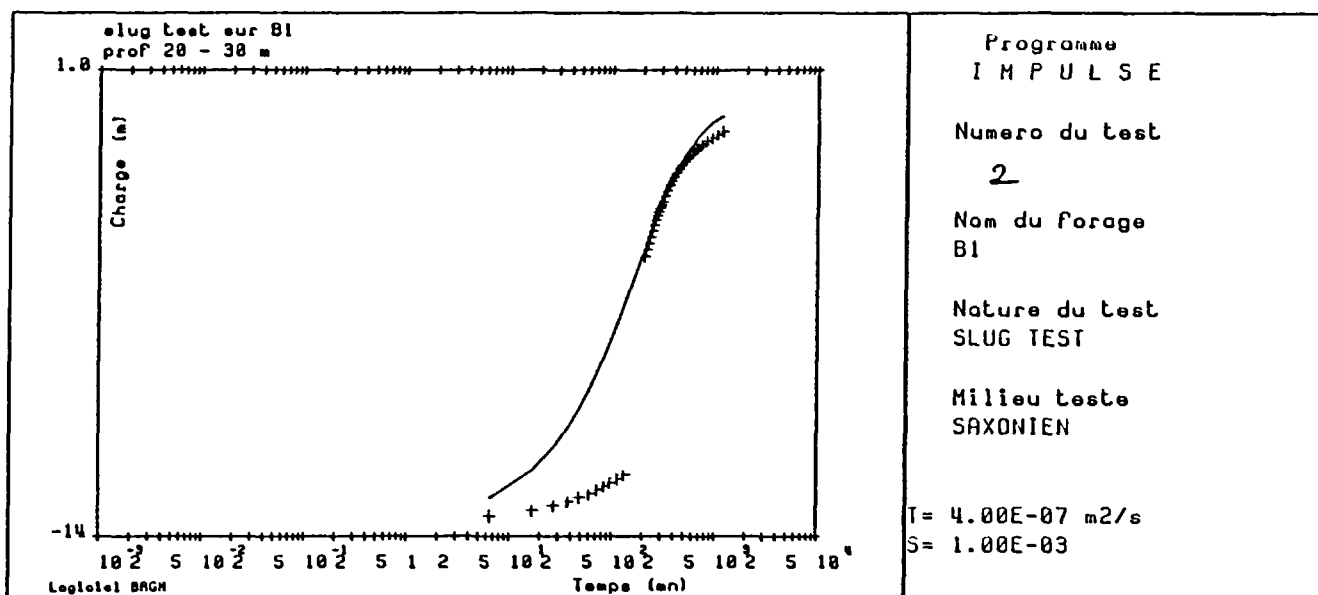
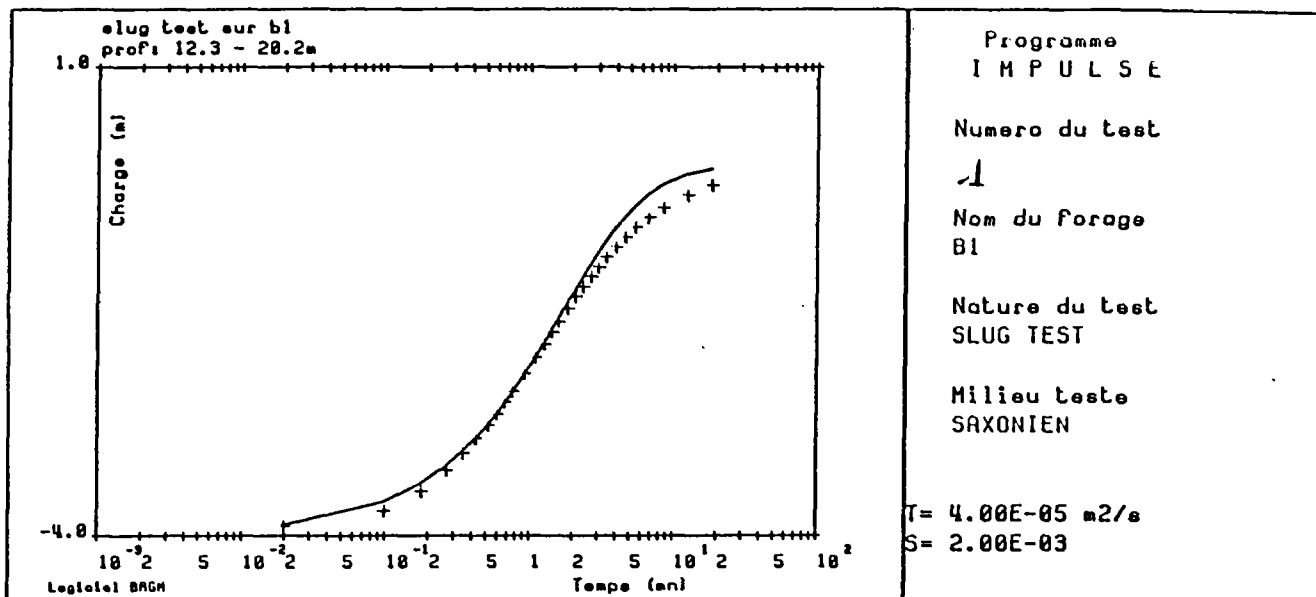
TEST D'INJECTION D'EAU

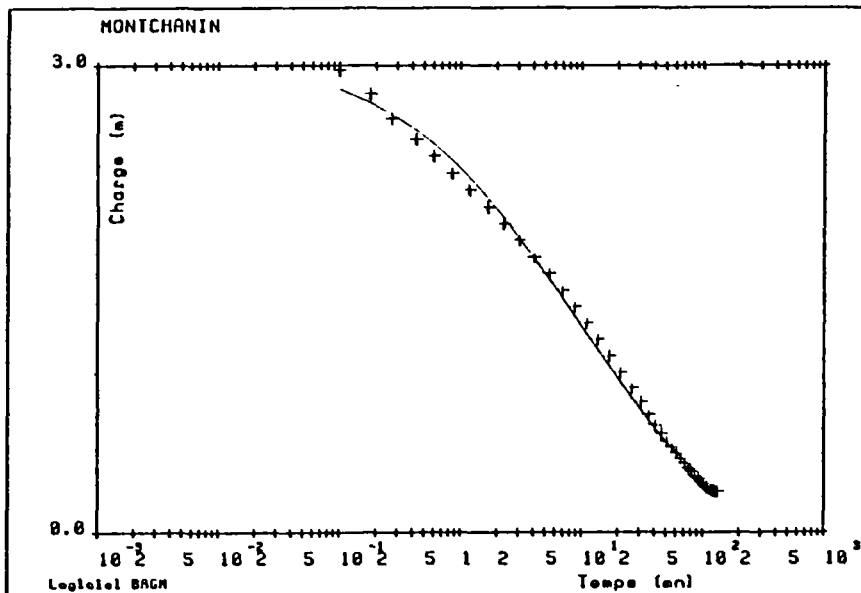
BRGM-INGENIERIE GEOTECHNIQUE

ETUDE : MONTCHANIN
SONDAGE : B 8
DATE : 19.04.90

TEST : 3
CHAMBRE D'INJECTION 10.00- 47.00m







Programme
I M P U L S E

Numero du test

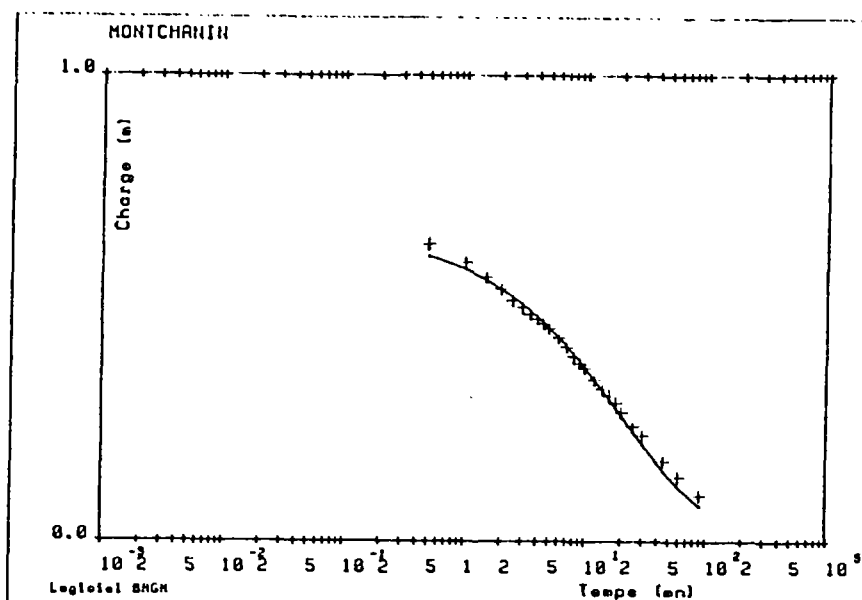
3

Nom du forage
B1

Nature du test
PULSE TEST

Milieu teste
SAXONNIEN

$T = 1.50E-10 \text{ m}^2/\text{s}$
 $S = 2.00E-04$



Programme
I M P U L S E

Numero du test

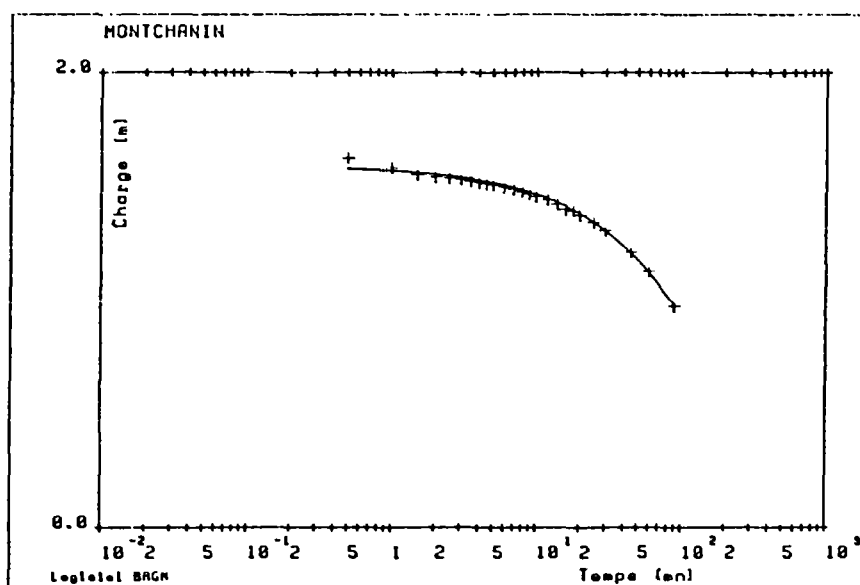
4

Nom du forage
B1

Nature du test
SLUG TEST

Milieu teste
PERMIEN

$T = 7.00E-07 \text{ m}^2/\text{s}$
 $S = 1.00E-01$



Programme
I M P U L S E

Numero du test

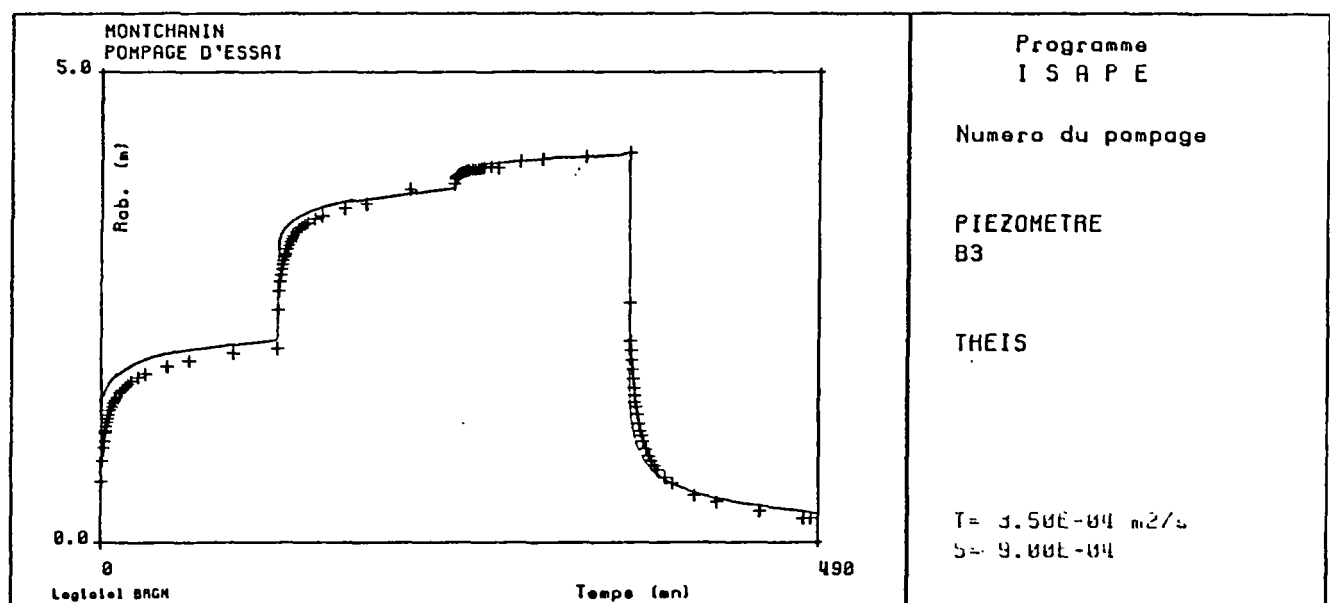
1

Nom du forage
B4

Nature du test
SLUG TEST

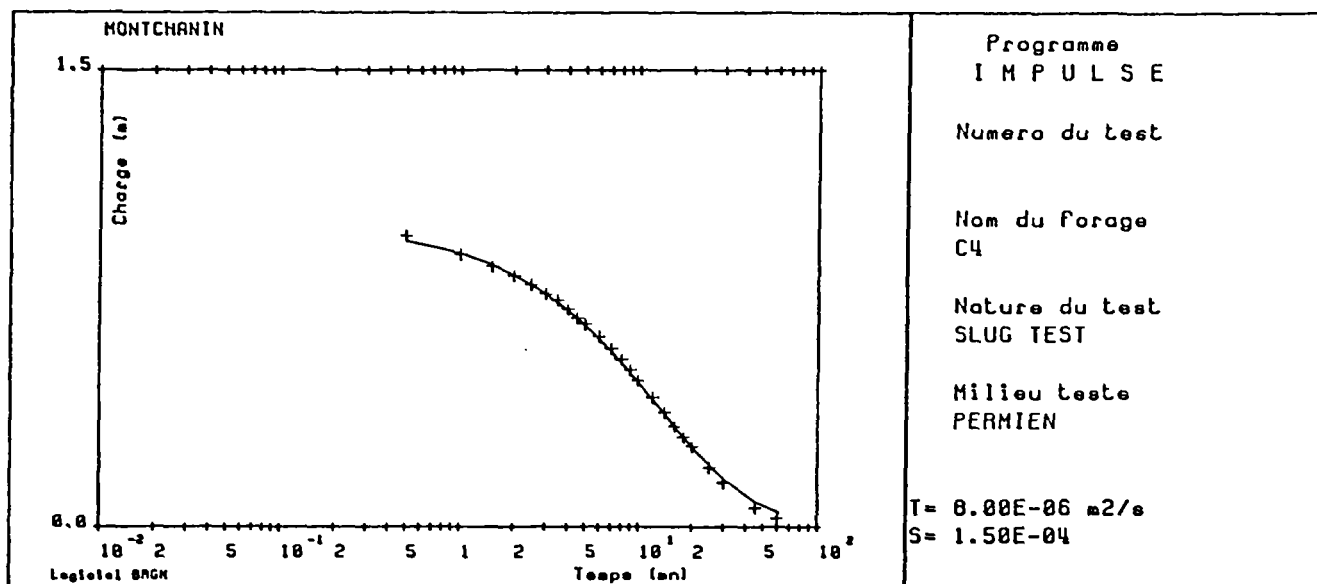
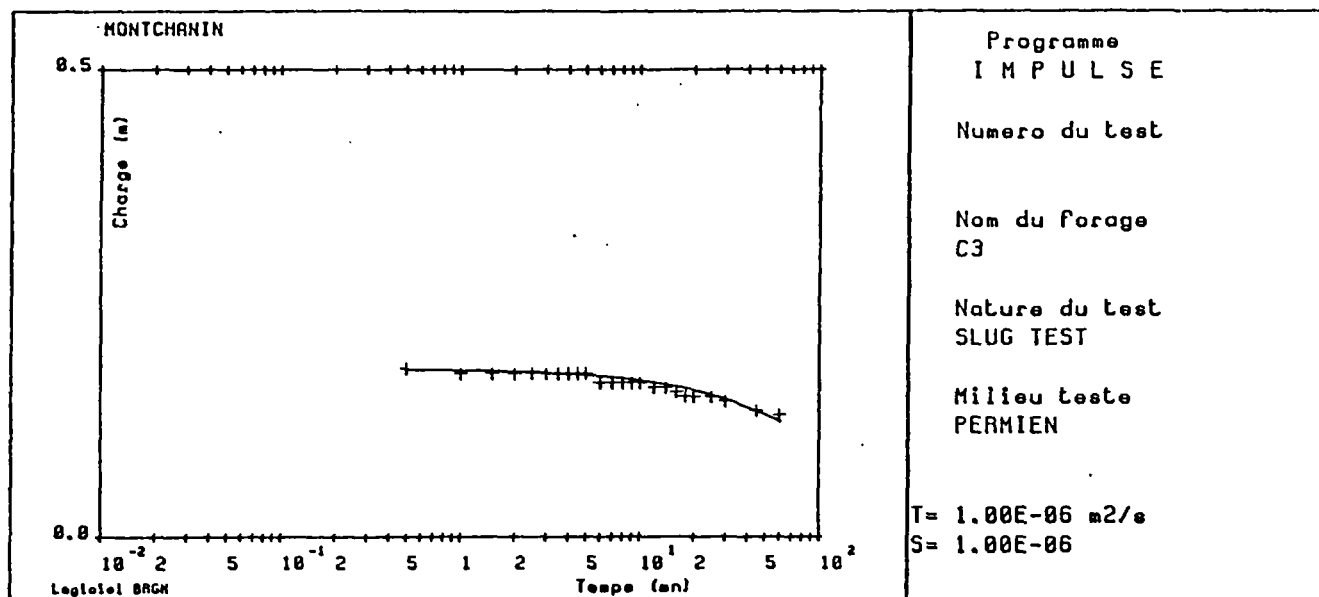
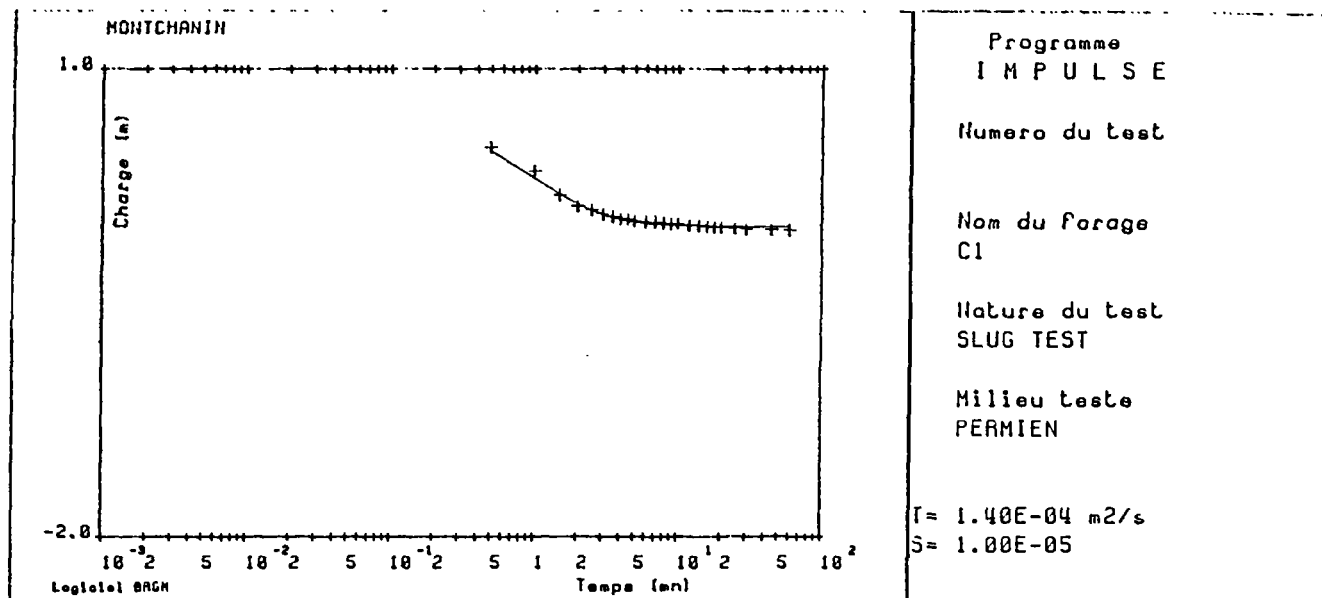
Milieu teste
PERMIEN

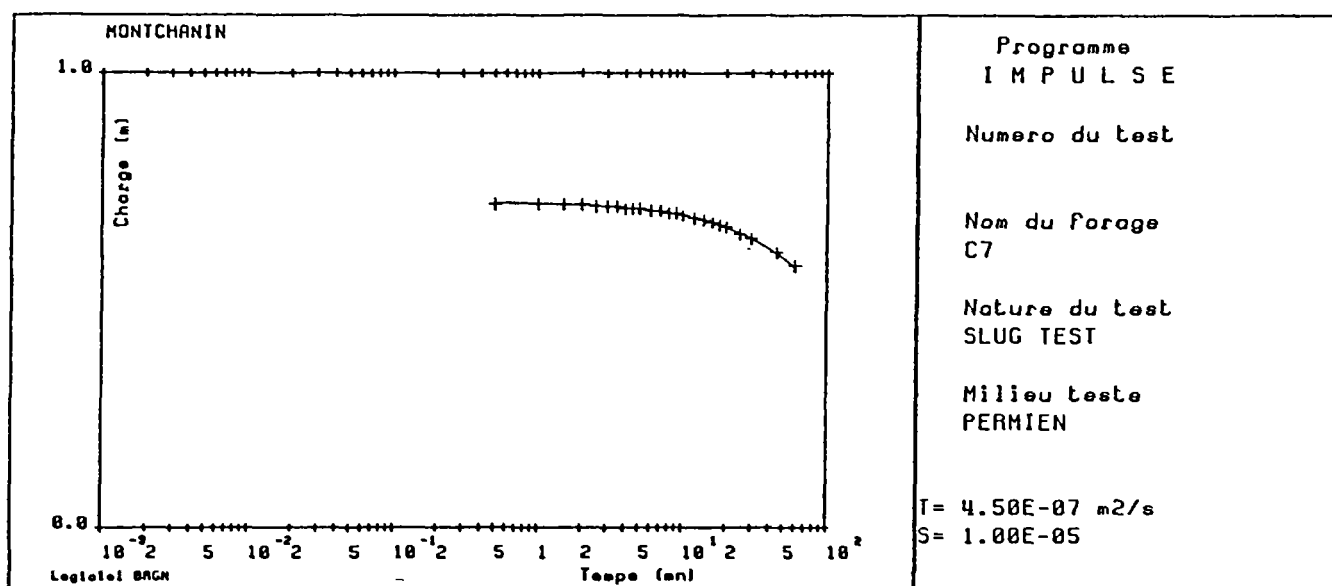
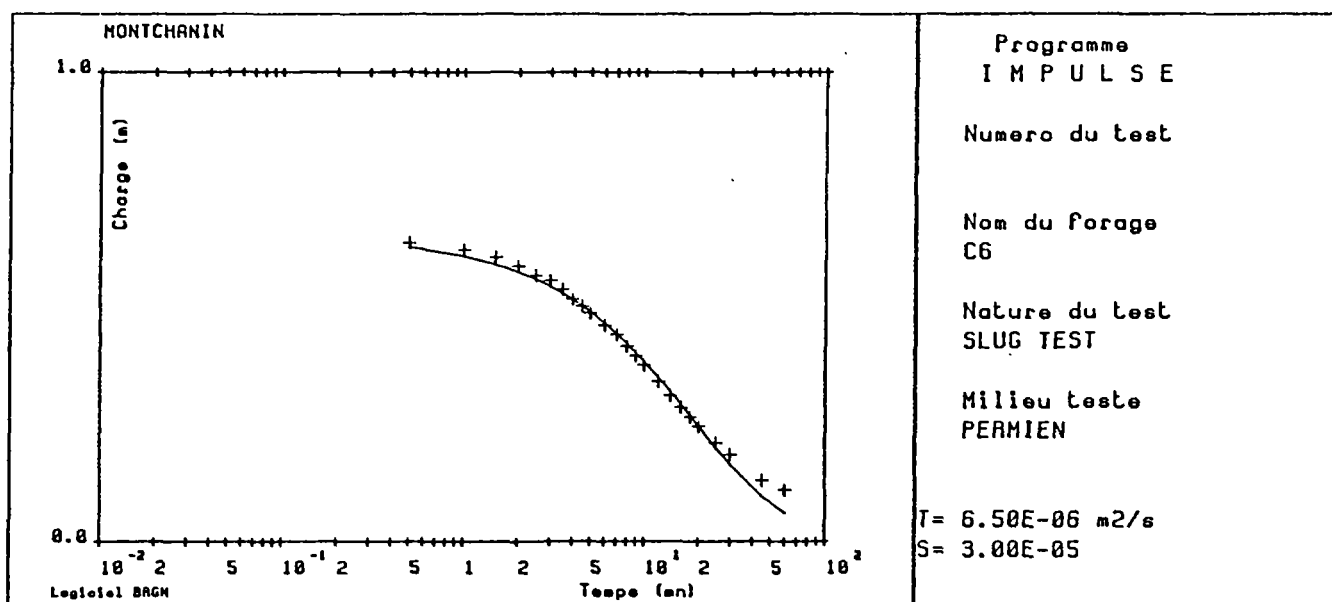
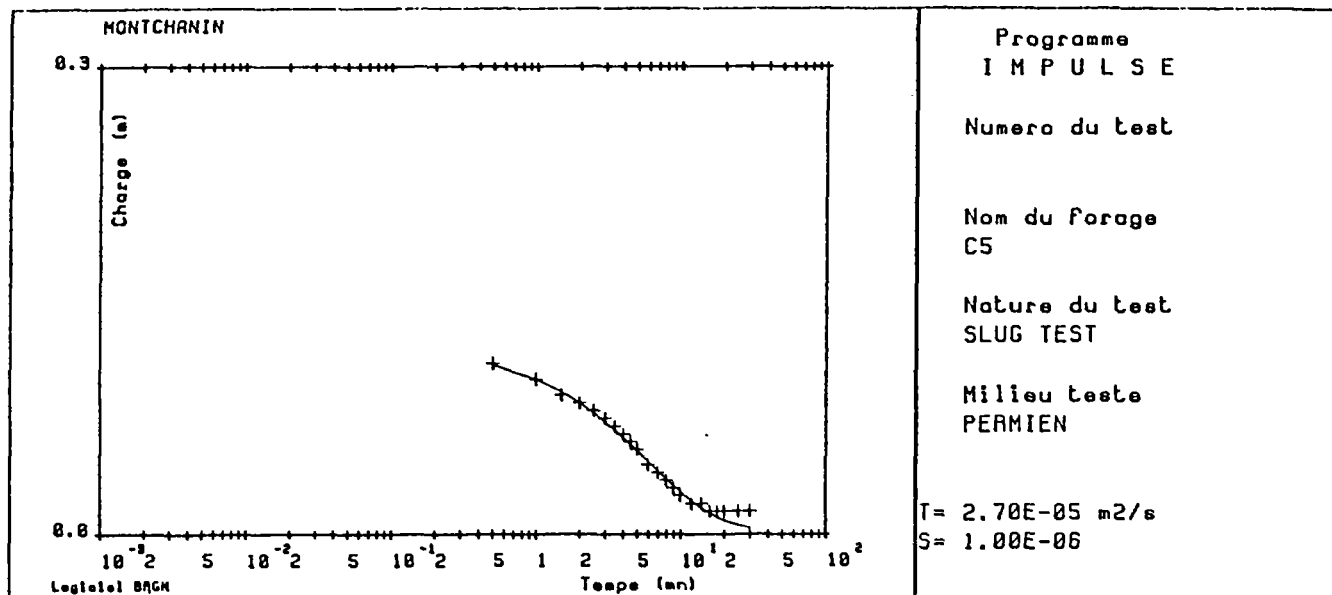
$T = 1.10E-07 \text{ m}^2/\text{s}$
 $S = 8.00E-04$

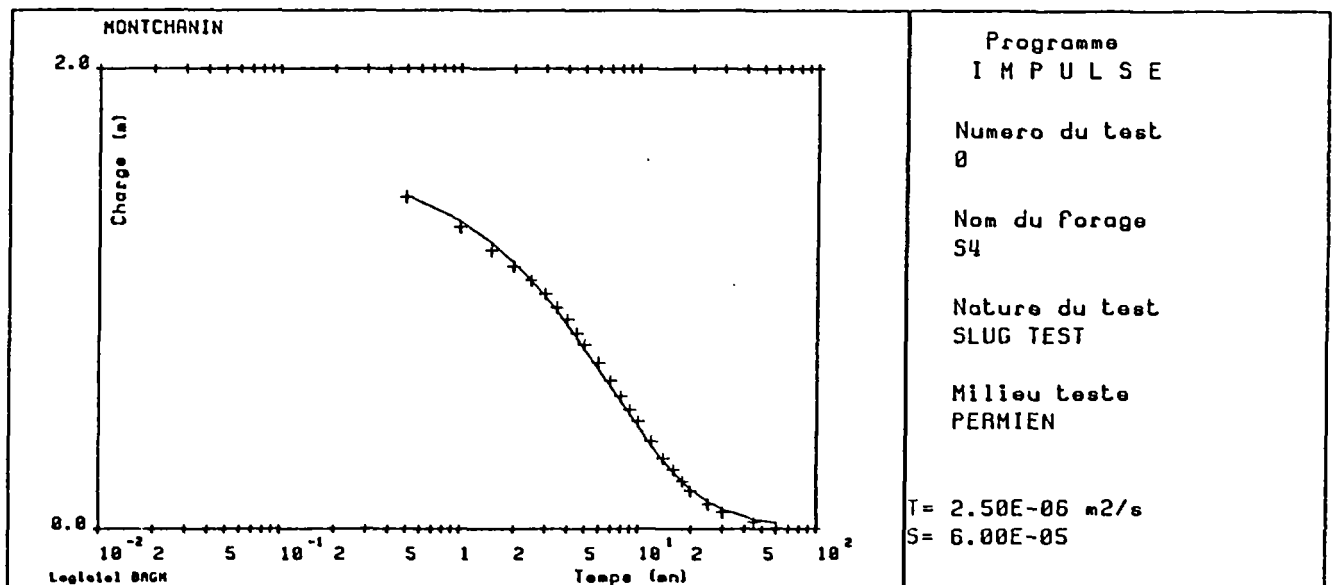
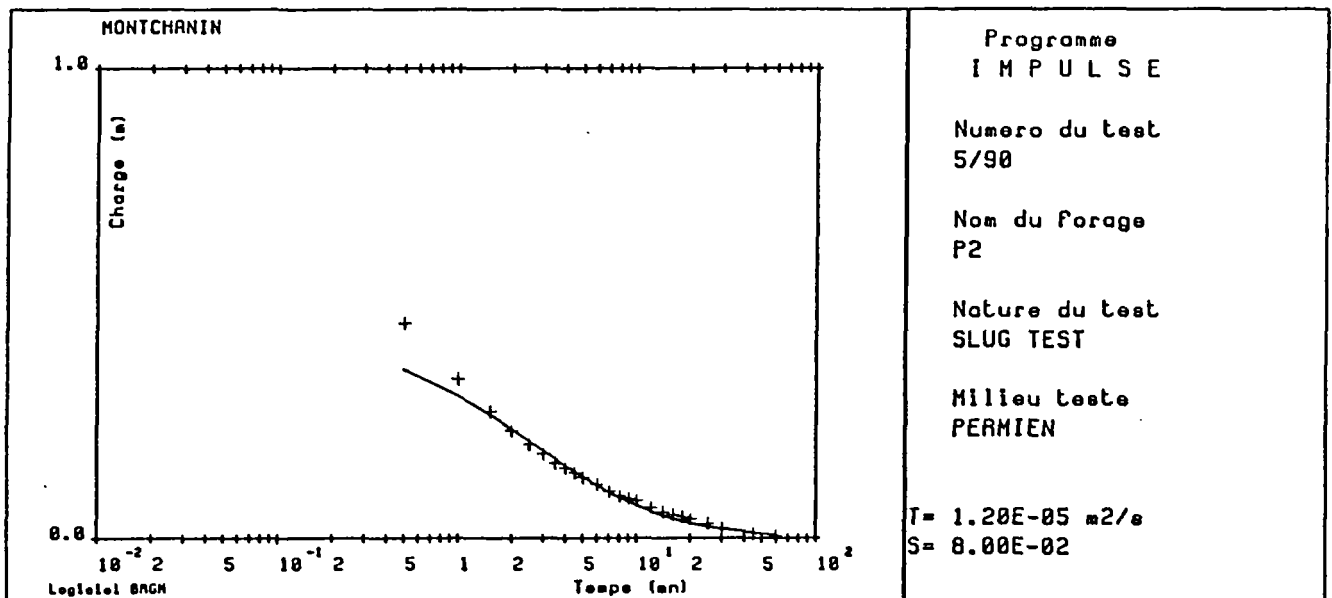
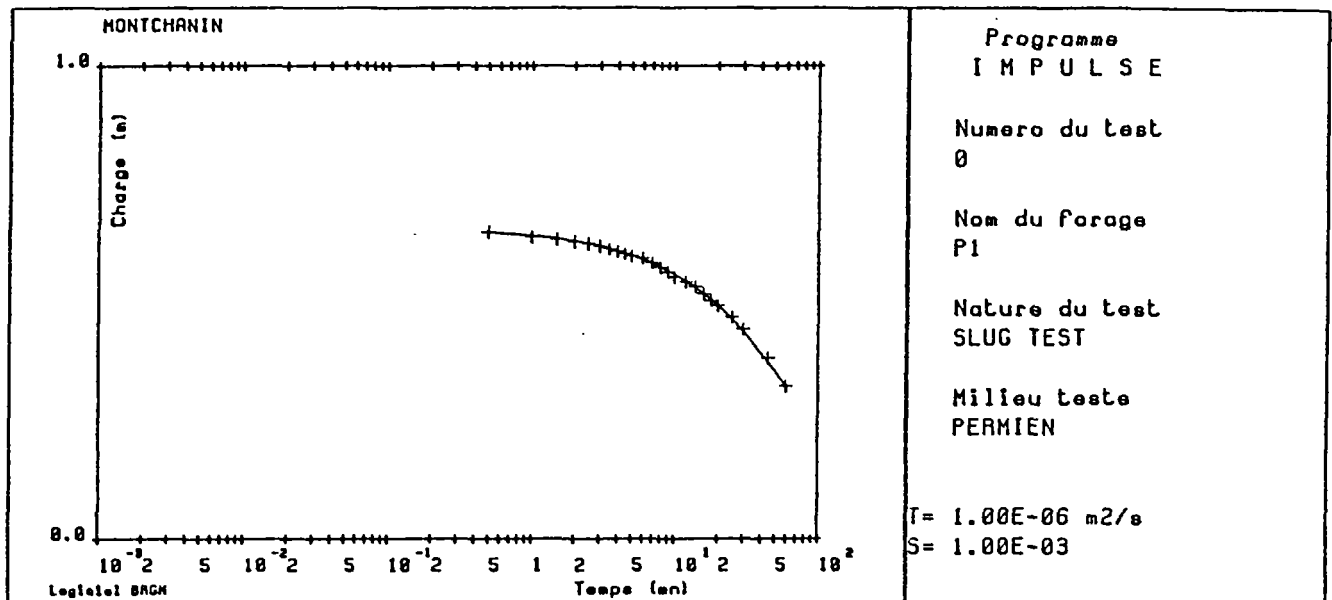


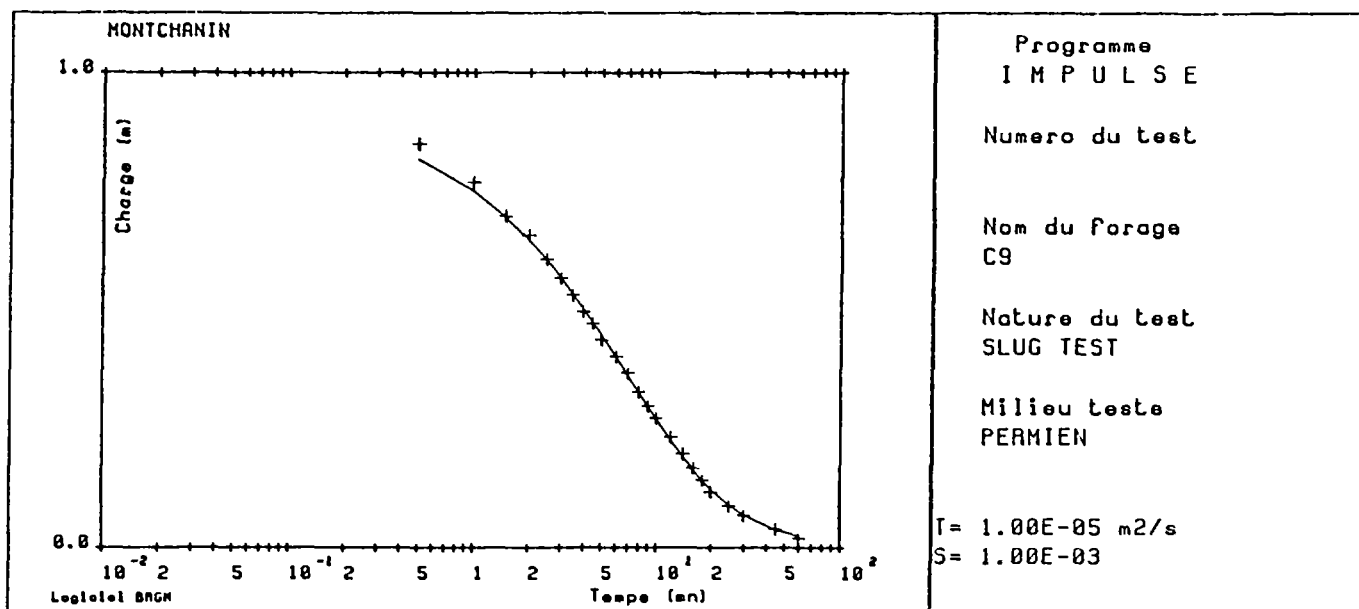
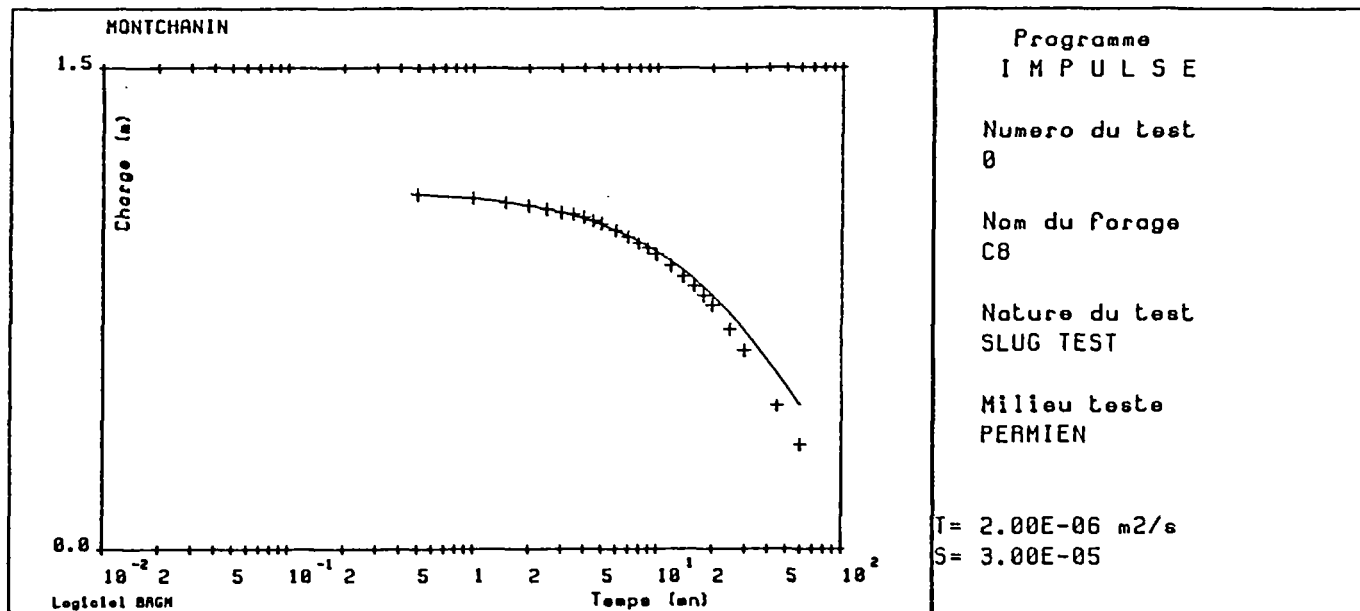
ANNEXE 5

RESULTATS DES INTERPRETATIONS DES TESTS HYDRAULIQUES SUR LES SONDAGES COURTS









ANNEXE 6
INCLINOMETRIE



MONTCHANIN B4

MESURES D'INCLINAISON

confidentiel

TABLEAU DES VALEURS

21/05/90

mesures du 16-05-90

MESURE No	PROF. APPAR (m)	DEV (°)	DIR (°)	X (m)	Y (m)	Z (m)
		$+1.2^\circ \pm .5^\circ$				
1	0.0	28.8	178.8	0.00	0.00	0.00
11	1.0	28.9	26.9	.07	-.37	.88
21	2.0	29.0	350.6	.11	.11	1.75
31	3.0	29.7	191.6	-.16	-.14	2.62
41	4.0	29.3	352.5	-.24	.19	3.49
51	5.0	29.6	329.1	-.39	.66	4.36
61	6.0	29.7	345.3	-.56	1.12	5.23
71	7.0	29.7	250.1	-.91	1.35	6.10
81	8.0	30.0	160.9	-.97	.92	6.97
91	9.0	30.2	119.5	-.79	.46	7.83
101	10.0	30.1	6.2	-.65	.92	8.70
111	11.0	30.2	34.4	-.54	1.40	9.56
121	12.0	30.1	339.0	-.43	1.74	10.43
131	13.0	29.7	322.3	-.71	2.15	11.30
141	14.0	30.2	327.1	-.94	2.59	12.16
151	15.0	30.3	307.6	-1.30	2.94	13.02
161	16.0	30.0	6.4	-1.40	3.41	13.89
171	17.0	30.5	169.9	-1.21	3.67	14.76
181	18.0	30.7	351.0	-1.43	3.75	15.61
191	19.0	30.0	359.3	-1.42	4.25	16.48
201	20.0	30.4	241.5	-1.69	4.47	17.34
211	21.0	30.2	274.1	-2.17	4.36	18.21
221	22.0	30.7	283.7	-2.66	4.48	19.07
231	23.0	30.2	311.7	-3.11	4.68	19.93
241	24.0	30.9	356.0	-3.28	5.15	20.79
251	25.0	30.7	39.2	-3.22	5.22	21.65
261	26.0	30.6	86.7	-2.78	5.44	22.51
271	27.0	30.8	137.3	-2.32	5.29	23.38
281	28.0	30.4	139.9	-2.06	4.86	24.24
291	29.0	30.3	106.9	-1.62	4.62	25.10
301	30.0	29.8	43.0	-1.18	4.77	25.97
311	31.0	30.7	20.8	-.95	5.21	26.83
321	32.0	31.2	27.5	-.74	5.68	27.69
331	33.0	31.3	172.2	-.54	5.97	28.55
341	34.0	31.6	154.8	-.40	5.47	29.40

MESURE No	PROF. APPAR (m)	DEV (°)	DIR (°)	X (m)	Y (m)	Z (m)
351	35.0	31.4	152.5	-.17	5.00	30.25
361	36.0	31.4	354.5	-.23	5.20	31.11
371	37.0	31.2	9.4	-.20	5.72	31.96
381	38.0	30.7	76.9	.13	6.08	32.82
391	39.0	32.1	11.7	.42	6.37	33.67
401	40.0	32.0	16.9	.52	6.89	34.52
411	41.0	32.0	45.2	.78	7.34	35.37
421	42.0	31.8	40.9	1.19	7.67	36.22
431	43.0	30.8	333.2	1.12	8.15	37.07
441	44.0	31.8	.3	.96	8.64	37.93
451	45.0	31.6	5.1	.98	9.17	38.78
461	46.0	31.8	222.9	.66	9.21	39.63
471	47.0	31.9	182.1	.55	8.71	40.48
481	48.0	32.1	10.8	.30	8.61	41.33
491	49.0	31.7	47.0	.66	8.98	42.18
501	50.0	31.7	5.2	.87	9.45	43.03
511	51.0	32.6	7.5	.94	9.97	43.88
521	52.0	31.1	31.9	1.09	10.46	44.73
531	53.0	31.5	97.6	1.52	10.67	45.58
541	54.0	31.7	21.0	1.88	11.02	46.43
551	55.0	32.1	67.8	2.20	11.42	47.28
561	56.0	32.2	99.0	2.72	11.41	48.13
571	57.0	32.4	66.5	3.24	11.49	48.97
581	58.0	32.6	115.2	3.76	11.40	49.82
591	59.0	32.0	152.0	4.17	11.10	50.66



**AGENCE NATIONALE POUR LA RÉCUPÉRATION
ET L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS**

document public

**centre d'enfouissement technique
de Montchanin (71)**

**étude de sûreté du confinement
géologique du site**

Volume III - "Etude hydrogéologique"

**juin 1990
R 31 031**

**BRGM
SERVICES SOL ET SOUS-SOL
Département Environnement et Risques
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél. : (33) 38.64.34.34
AGENCE RÉGIONALE BOURGOGNE
32 Boulevard Maréchal Joffre - 21000 DIJON**

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
2. BILAN HYDRIQUE DE LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS ..	3
2.1. Bilan hydrique et flux polluants : rappels et définitions	3
2.2. Bilan hydrique de la décharge de déchets indus- triels de Montchanin	4
2.3. Flux de pollution	14
3. INVENTAIRE DES POINTS D'EAU	17
3.1. Les points d'eau superficiels	17
3.2. Les sondages profonds	17
3.3. Les captages d'eau souterraine	19
4. QUALITE DES EAUX AUTOUR DU SITE	21
4.1. Qualité des eaux dans les terrains encaissants du site	21
4.2. Qualité des eaux de la nappe superficielle de Montchanin	30
5. BILAN DES DEFAUTS ET EVALUATION GLOBALE DU CONFINEMENT	41
5.1. Bilan des défauts du confinement géologique	41
5.2. Evaluation globale du risque de pollution	43
6. CONCLUSION	45

FIGURES

	<u>Page</u>
Figure 1 : Corrélation : quantité de lixiviats produits Quantité de déchets stockés	5
Figure 2 : Plan de masse de la décharge en 1985	7
Figure 3 : Plan de la décharge en 1989	10
Figure 4 : Données du bilan hydrique	12
Figure 5 : Plan d'échantillonnage	18
Figure 6 : Carte piézométrique du site au 15/05/1990	20
Figure 7 : Carte des teneurs en nitrates dans les eaux de forage du site	24
Figure 8 : Carte des teneurs en manganèse dans les eaux de forage du site	25
Figure 9 : Carte des teneurs en potassium dans les eaux de forage du site	26
Figure 10 : Carte des teneurs en bore dans les eaux de forage du site	27
Figure 11 : Carte des teneurs en lithium dans les eaux de forage du site	28
Figure 12 : Carte des teneurs en carbone organique total (COT) dans les eaux de forage du site	29
Figure 13 : Piézométrie générale de la nappe superficielle de Montchanin	31
Figure 14 : Corrélation conductivité des eaux de puits et zone aval des décharges	31
Figure 15 : Blocs diagrammes de la piézométrie avec cartographie de la conductivité et du potentiel redox	33
Figure 16 : Blocs diagrammes de la piézométrie avec cartographie du carbone organique total et du bore	34
Figure 17 : Blocs diagrammes de la piézométrie avec cartographie du sodium et des nitrates	35
Figure 18 : Blocs diagrammes de la piézométrie avec cartographie du fer	36

	<u>Page</u>
Figure 19 : Diagrammes d'analyses d'eau	38
Figure 20 : Caractérisation des eaux par leur pH et leur potentiel d'oxydo-réduction	39
Figure 21 : Echelle de quotation du risque de Legrand (1964)	44

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 :** Récapitulatif des déchets admis à Montchanin (source DRIR) et données hydrologiques (ELIPOL).
- Annexe 2 :** Inventaire banque de données du sous-sol.
- Annexe 3 :** Liste et caractéristiques principales des ouvrages de recherche d'eau souterraine.
- Annexe 4 :** Résultats d'analyses chimiques des eaux sur les sondages du site.
- Annexe 5 :** Caractéristiques des points d'eau de la nappe superficielle de Montchanin (71).
- Annexe 6 :** Résultats d'analyses chimiques des eaux de la nappe superficielle de Montchanin (71).

1 - INTRODUCTION

Le cadre hydrogéologique du site de la décharge de Montchanin (71), a été présenté dans le volume I, chapitre 5. Les écoulements et la circulation d'eau souterraine sont en effet très dépendants des conditions géologiques.

L'étude de ces conditions géologiques a mis en évidence :

- L'existence généralisée sur toute la zone d'étude de formations superficielles (entre 5 et 15 m d'épaisseur). Ces formations très diverses (altération du substratum, colluvions, remblais) constituent un aquifère superficiel modeste, exploité par plusieurs puits particuliers, dont certains sont utilisés pour l'arrosage des jardins.
- Le substratum aussi bien permien que houiller ne constitue pas, de par sa nature lithologique (argilites, grès, schistes), un véritable aquifère : les perméabilités mesurées y sont généralement relativement faibles (10^{-7} à 10^{-8} m/s). Toutefois, l'existence d'une forte anisotropie, structurale et d'un réseau de fractures bien développé, rend possible l'existence de circulations préférentielles très localisées selon certains plans de fractures ou plans de stratification. Ces circulations préférentielles n'ont toutefois pas été confirmées et semblent modestes, comme en témoignent les perméabilités mesurées sur les forages profonds (B1, B2, B4, B5, B6).
- Une zone fortement perturbée et perméable (confirmée par le forage B3) correspondant à la zone d'affaissement minier. Cette zone est désormais bien reconnue : elle englobe l'étang des Ecrasés, la décharge d'ordures ménagères et l'usine à l'entrée du site de la décharge.

Compte tenu de ces premières informations, l'étude de sûreté du confinement géologique du Centre d'enfouissement technique de Montchanin, passe par l'appréciation du risque à sa source et par l'appréciation de l'impact de cette source de pollution sur les eaux souterraines environnantes.

Pour atteindre cet objectif, notre étude a comporté les aspects suivants :

- l'établissement du bilan hydrique pour quantifier le flux de pollution relargué par la décharge de déchets industriels.
- l'inventaire des points d'eau autour du site ;

- l'analyse de la qualité des eaux souterraines autour du site ;
- le bilan des défauts du confinement et l'évaluation globale du risque.

2. BILAN HYDRIQUE DE LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS

Le bilan hydrique d'un centre d'enfouissement technique de déchets permet de mettre en évidence les anomalies importantes dans le confinement des déchets. Ces anomalies peuvent être un apport d'eau significatif par des sources latérales ou une imperméabilisation de couverture tout à fait inopérante.

La bonne connaissance des différents éléments d'un bilan permet également de pouvoir évaluer le flux de lixiviat qui s'infiltré dans le substratum de la décharge et d'estimer ainsi le flux de pollution qui peut être relargué dans l'environnement.

2.1. Bilans hydriques et flux polluants - rappels et définitions

L'eau provenant du déchet, ou apportée par les précipitations, constitue le vecteur principal des polluants émis par la décharge, d'où l'importance des bilans hydriques des entrées et sorties d'eau de l'exploitation, aussi bien pour les sites à fond imperméable (pour maîtriser les flux de lessivats à collecter et éventuellement à traiter avant rejet), que sur les sites perméables (pour estimer le flux polluant risquant d'atteindre et polluer la nappe souterraine).

Sur une décharge ce bilan hydrique est difficile à estimer avec précision, car d'une part les méthodes d'évaluation sont mal adaptées au milieu hétérogène très particulier des déchets ; les méthodes nécessitent d'autre part, la mesure de nombreux paramètres à recueillir autant que possible sur le site (notamment précipitations, teneur en eau initiale des déchets, évaporation, ruissellement superficiel, variation des stocks d'eau dans la couverture de sol et dans les déchets, etc.). Enfin, le mode d'exploitation dans la décharge aura également une influence non négligeable sur le volume de lessivats.

Les méthodes d'établissement de bilans hydriques sur les décharges sont dérivées de celles mises au point pour les études hydrologiques ou agronomiques. Elles sont basées sur les relations entre la pluie, l'évapotranspiration, le ruissellement et le stock d'eau, relation qui peut s'écrire :

$$I = P - R - ETR - S \pm Ed - E + A,$$

avec :

I = Infiltration
P = Pluie

R = Ruissellement
ETR = Evapotranspiration
S = Variation de stock d'eau libre dans la décharge
A = Apports latéraux
Ed = Eau libérée ou absorbée par le déchet
E = Effluent drainé et collecté à la base de la décharge.

L'eau de pluie sera soit évaporée à partir de la surface du sol ou consommée par les plantes, soit utilisée pour humidifier le sol jusqu'à la capacité au champ, infiltrée ou évacuée du site par ruissellement.

Pour bien appréhender le bilan d'eau dans une décharge, il est donc nécessaire de connaître la variation du stock d'eau des déchets qui dépend de la nature des déchets, de la teneur en eau initiale et du degré de compactage. L'apport d'eau initial apporté par certains déchets doit aussi être pris en compte.

La capacité de rétention qui est le rapport du volume maximal d'eau non mobilisable par gravité au volume total de l'échantillon saturé, se détermine expérimentalement sous une pression fixée et s'exprime en kg d'eau absorbée par kg de matière sèche. Cette capacité de rétention peut varier de 0,18 pour un sable de fonderie à 7,1 pour des boues de traitement de surfaces métalliques.

L'évapotranspiration représente l'eau du sol perdue par évaporation directe à partir d'une surface donnée et par transpiration de la couverture végétale. Elle est maximale quand la teneur en eau du sol est proche de la saturation. Elle diminue au fur et à mesure que l'on se rapproche du point de flétrissement. Elle peut être estimée à partir de formules empiriques (méthodes de Thornwaite, de Turc ou de Penman).

Le ruissellement est fonction de l'intensité et de la durée des précipitations, de la perméabilité du sol, de la pente.

Sur un sol, il peut être calculé en utilisant des coefficients de ruissellement empiriques (formule de Chow - 1964). On calcule le ruissellement moyen en multipliant les coefficients par la pluie mensuelle moyenne.

2.2. Bilan hydrique de la décharge de déchets industriels de Montchanin

Un premier bilan hydrique a déjà été réalisé par le BRGM pour la décharge de déchets industriels de Montchanin, à la demande de l'ANRED (1986), lors d'une recherche à caractère méthodologique.

Cette étude a fait l'objet du rapport BRGM 86 SGN 624 EAU, p. 91-99, dans lequel les données de sept décharges de classe I (dont Montchanin) ont été interprétées dans le but d'établir pour chacune un bilan hydrique.

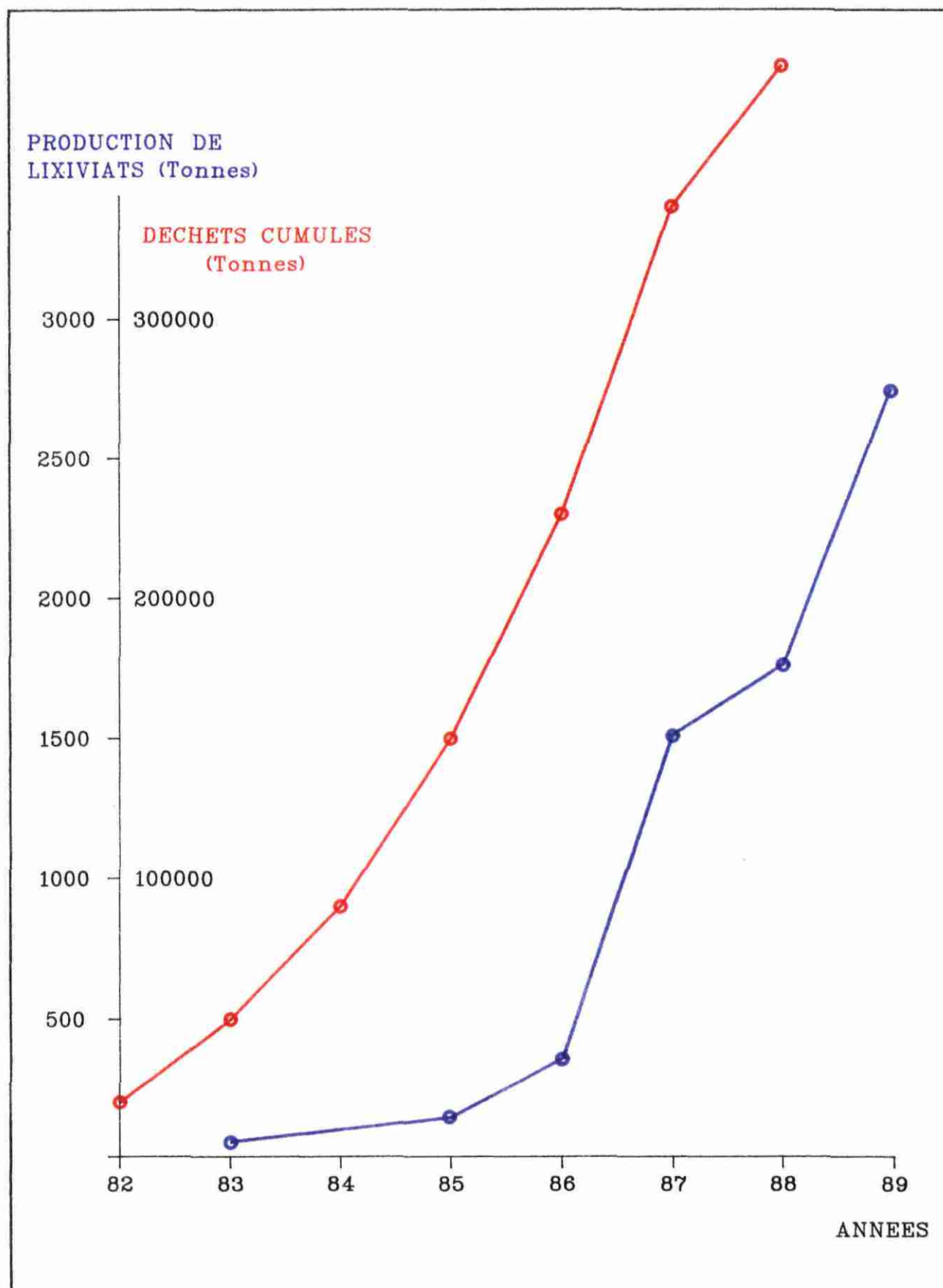


Figure 1 - Corrélation : quantité de lixiviats produits -
Quantité de déchets stockés

Ce bilan a été réalisé pour la période "septembre 1984 - janvier 1986", à partir des données de base fournies par l'ANRED.

Il ne nous a pas été permis de faire un bilan précis sur la période complète d'exploitation de la décharge, c'est-à-dire de 1984 à 1988, à cause de lacunes dans les données (siccité des déchets, épaisseur du stockage, etc.), et du manque de fiabilité de celles-ci (cf. corrélation entre quantité de lixiviats produits et quantité de déchets stockés - figure 1).

Dans la présente étude du bilan hydrique, nous présentons dans un premier temps les résultats principaux de l'étude réalisée en 1986. Cette étude ne dresse pas d'ailleurs véritablement le bilan hydrique du site, mais permet plutôt d'appréhender certains éléments et certains paramètres importants du bilan.

Dans une deuxième étape, un bilan hydrique a été dressé pour l'année 1989, qui fait suite à la fermeture de la décharge (juin 1988).

2.2.1. BILAN HYDRIQUE DE LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS EN COURS D'EXPLOITATION (1985)

a) Rappel des aménagements et modalités d'exploitation

Le bilan hydrique est influencé par la méthode d'exploitation. Or, la mise en décharge des déchets industriels sur ce site a été très particulière. Les déchets étaient réceptionnés dans une fosse et mélangés à de l'argile, puis stockés dans les alvéoles de la décharge et recouverts immédiatement d'argile. Des pompes ont eu lieu mensuellement dans les piézomètres de chaque alvéole. Les effluents recueillis étaient transportés par citerne en station d'épuration. Les eaux de ruissellement internes au site étaient collectées dans un bassin pour contrôler la qualité de ces eaux avant leur rejet dans le milieu naturel.

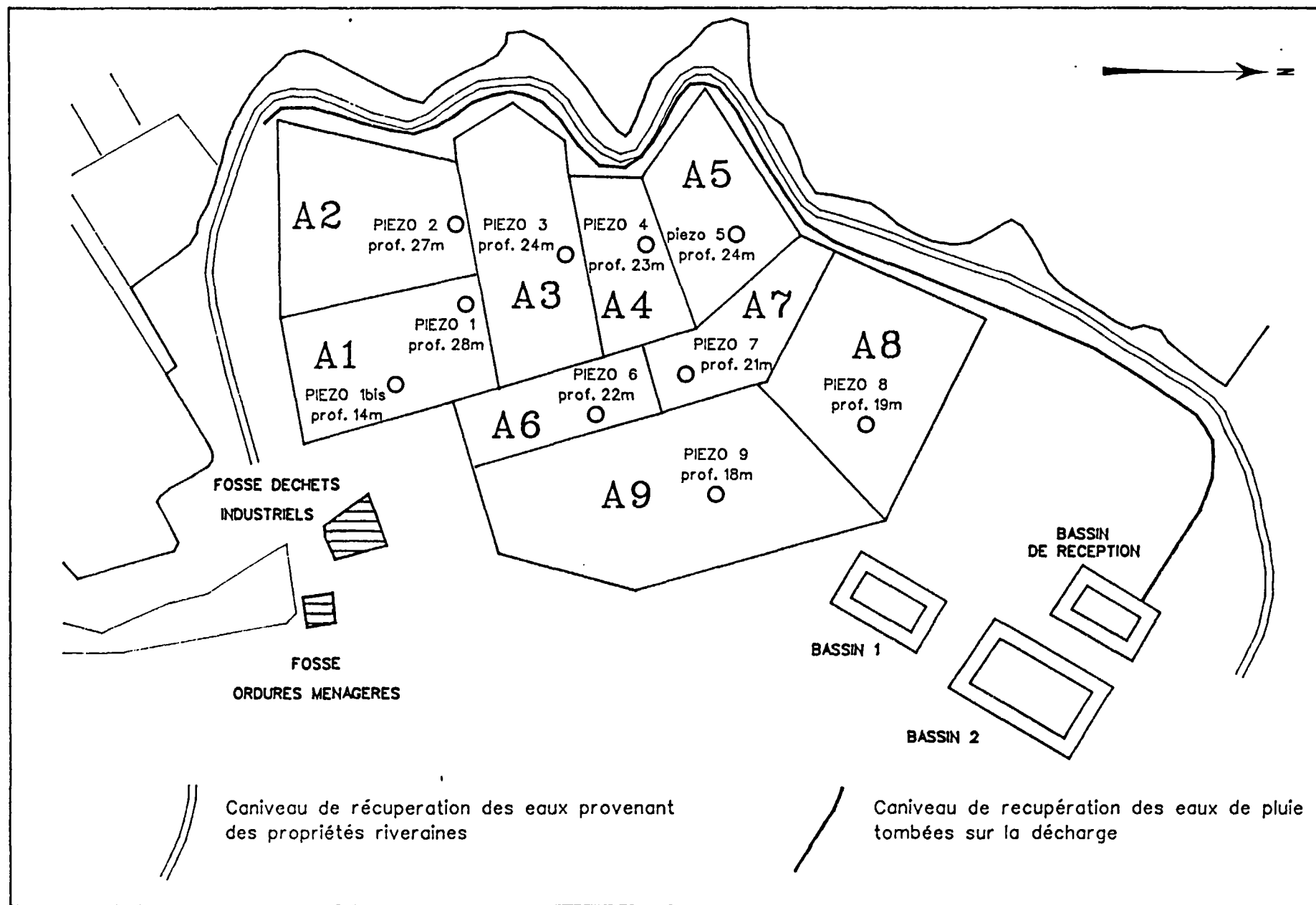
b) Evolution des surfaces

Les alvéoles étaient exploitées en alternance, mais non successivement, c'est-à-dire qu'une alvéole pouvait être exploitée et reprise après un temps plus ou moins long, et dans n'importe quel ordre. C'est pourquoi on a pris en compte pour l'année 1985, la surface de toutes les alvéoles alors existantes de A1 à A9 (figure 2). La surface totale, y compris la zone des bassins, avait été estimée à 25.000 m².

c) Eau apportée par la pluie

Etant donné que les déchets étaient mélangés à de l'argile, puis recouverts d'argile immédiatement après leur mise en alvéole, l'hypothèse d'une réserve d'eau superficielle (RUMAX) de 50 mm avait été adoptée pour le calcul de la pluie efficace.

Figure 2 - Plan de masse de la décharge en 1985



La pluie efficace sur la surface en exploitation était de 3.543 m³. Il faut noter qu'une grande partie de cette eau ruisselle puisque le volume d'eau recueillie dans le bassin était de 3.250 m³ pour l'année 1985.

La surface de collecte de l'eau ruisselée n'était pas connue avec précision. Il a été supposé qu'il s'agissait de la surface totale de la zone de déchets industriels, soit environ 25.000 m². Dans ce cas la proportion de pluie efficace qui ruisselle est de : 68 %

$$\frac{3.250 \text{ m}^3 \times 18.538,5 \text{ m}^2}{3.543 \text{ m}^3 \times 25.000 \text{ m}^2} = 68 \%$$

chiffre qu'il faut considérer comme un ordre de grandeur, compte tenu de la précision respective du calcul de la pluie efficace et de l'évaluation de la surface de ruissellement.

d) Eau apportée par les déchets

Le tonnage de déchets industriels stockés dans les alvéoles 1 à 9 pour l'année 1985 était de 61.379 t. Les siccités moyennes après malaxage à l'argile et conditionnement dans la fosse seraient pour la même année et la même fréquence comprises entre 71 et 77 %, soit des teneurs en eau initiales entre 29 et 23 %.

Le malaxage avec l'argile du site avait pour but d'absorber l'eau libre du déchet de manière à ce que le déchet ainsi stocké, ne libère plus d'eau.

e) Volume d'effluent

Le volume pompé dans chaque alvéole entre septembre 1984 et avril 1986 était connu (57 m³).

Par ailleurs, le volume d'effluent envoyé en station d'épuration pour 1985 était de 167 m³. La différence provient de l'eau pompée d'une part dans les alvéoles lors de leur remplissage, d'autre part dans la fosse de malaxage, ouverte en permanence.

f) Eléments de bilan hydrique

- Interprétation des variations piézométriques :

Les mesures de niveaux dans les piézomètres de chaque alvéole avaient été exploitées pour évaluer la capacité de rétention d'eau au sein du déchet. Les mesures étaient de deux types :

- . d'une part, des niveaux mesurés avant pompage,
- . d'autre part, des niveaux relevés le lendemain avant un éventuel second pompage.

Chaque alvéole constituant un système supposé fermé, le pompage d'un certain volume d'eau provoquait une baisse de niveau, baisse qui était

mesurée après 24 heures, temps suffisant pour rétablir un niveau homogène dans l'alvéole. Dans ces conditions, la variation de teneur en eau $\Delta \theta$ - est donnée par :

$$\Delta \theta = \frac{\text{Volume pompé (m}^3\text{)}}{\text{Surface de l'alvéole (m}^2\text{)}} \times \frac{1}{\Delta H \text{ (m)}}$$

En fait, ΔH était surestimé car le retour à l'équilibre n'était probablement pas atteint après 24 h. Dans ces conditions, $\Delta \theta$ est une valeur par défaut. $\Delta \theta$ a été calculé sur 42 pompages. La médiane était de $2,2 \cdot 10^{-4}$.

Cette valeur était très faible, en moyenne 1.000 fois plus faible que la valeur retenue pour les 6 autres décharges (0,2), ce qui indique que le comportement du dépôt est ici très particulier. Des valeurs de cet ordre sont celles de coefficient d'emménagement de nappes captives, c'est-à-dire confinées entre des horizons étanches.

- Evolution piézométrique et infiltration à travers la couverture

L'évolution des niveaux piézométriques de février 1985 à mars 1986 a montré deux types de comportement. Certains niveaux restent globalement stables, tandis que d'autres présentent une nette remontée à l'automne 1985. Cette remontée est très probablement due à l'influence des pluies d'automne. Sur deux mois, la remontée est de 2 m. Cela a permis d'estimer l'ordre de grandeur de l'infiltration à travers la couverture argileuse, pendant cette période :

$$I_c = \Delta S \text{ (mm)} + (\text{Volume pompé/surface})$$

où $(\text{Volume pompé/surface}) = 9,75/18.538 = 0,5 \text{ mm}$

et $\Delta S = \Delta H \times \Delta \theta = \text{variation de stock d'eau}$

et $I_c = \text{infiltration à travers la couverture}$

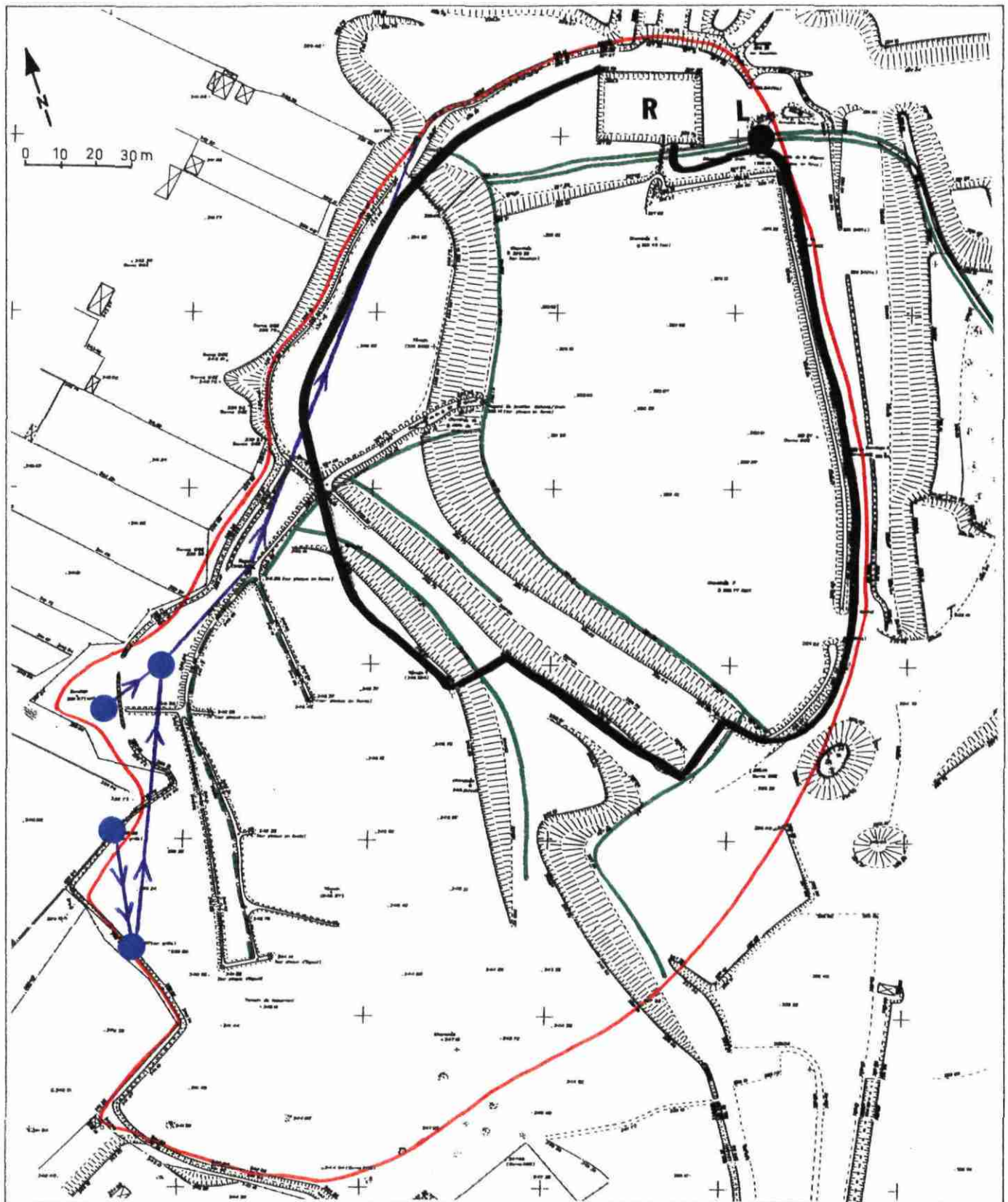
avec $\Delta \theta = 2 \cdot 10^{-4}$, on obtient $\Delta S = 0,4 \text{ mm}$.

Si $\Delta \theta$ est sous-estimé d'un facteur 10, on obtiendrait $\Delta S = 4 \text{ mm}$.

On arriverait donc à une infiltration à travers la couverture pendant les deux mois considérés comprise entre 1 et 5 mm (la pluie efficace pendant le seul mois de décembre 1985 a été de 53 mm !). Cet ordre de grandeur tend à prouver l'efficacité de la couverture sur les alvéoles 1 à 9, une valeur de perméabilité de $1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ correspondant à 5,2 mm en 2 mois.

g) Conclusions

Cette étude avait conclu au bilan hydrique assez favorable avec un volume de lixiviats relativement réduit (167 m³ en 1985) ; ce bilan s'explique par le mode d'exploitation particulier (déchets malaxés à l'argile) et par la bonne étanchéité de la couverture (favorisant le ruissellement). Le seul problème évoqué était l'absence de drainage des alvéoles qui laisse les déchets baigner dans leur jus.



-  Limite de la zone concernée par le ruissellement collecté dans le bassin de réception
-  Limite de la décharge de déchets industriels
-  Captage des sources latérales et trace du collecteur
-  Collecteur des lixiviats

-  Drainage des lixiviats en subsurface
-  Ancien réseau de drainage par "siphonnage"
- R** Bassin collecteur des eaux de ruissellement
- L** Citerne de lixiviats

Figure 3 - Plan de la décharge en 1989

2.2.2. BILAN HYDRIQUE SUR LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS APRES LA FIN DE L'EXPLOITATION (1989)

La décharge ayant cessé son activité en juin 1988, l'établissement du bilan hydrique devient plus aisé pour les raisons suivantes :

- toutes les alvéoles sont fermées et recouvertes d'une couverture provisoire ;
- l'apport ou l'absorption d'eau par les déchets nouvellement arrivés n'intervient plus ;
- le stock d'eau libre dans la décharge se stabilise puisque l'extension du site est arrêtée (plus de nouvelles alvéoles).

Les données utilisées pour l'établissement du bilan hydrique en 1989 ont été fournies directement par l'exploitant (ELIPOL).

Ces données sont les suivantes :

- la pluviométrie journalière mesurée sur le site ;
 - les données de ruissellement (par mois) ;
 - les quantités de lixiviats recueillis (par mois).
- . Le ruissellement n'est collecté que sur une partie de la décharge et concerne une surface de 22.000 m² (figure 3). L'estimation du ruissellement se fait grâce à un bassin collecteur en contrebas du site ; après contrôle de leur qualité chimique, ces eaux sont pompées et rejetées dans le vallon conduisant à l'étang Beaubernard.
- . Les lixiviats sont collectés par un réseau de drainage installé non pas au fond de la décharge, mais en subsurface à 1 ou 2 mètres de profondeur environ (figure 3). Les drains sont installés au pied de chaque talus, et évitent ainsi les suintements de lixiviats à chaque rupture de pente de la couverture (compte tenu des niveaux d'eau élevés dans la décharge). Ces drains collectent donc le "trop plein" de lixiviats. La surface concernée est approximativement celle de la décharge, soit 32.710 m².
- . La pluie efficace sur le site a été calculée par application de la formule de Turc ; les données utilisées pour ce calcul sont la pluviométrie (mesurée sur le site), l'insolation et les températures (station Météo France de Mâcon - 71). La réserve en eau superficielle de la couche de couverture a été fixée à 50 mm. Le calcul ainsi réalisé sous-estime la percolation à travers la couverture, car celle-ci n'est pas engazonnée (Turc prend en compte l'existence d'un couvert végétal).

ANNEE 1989

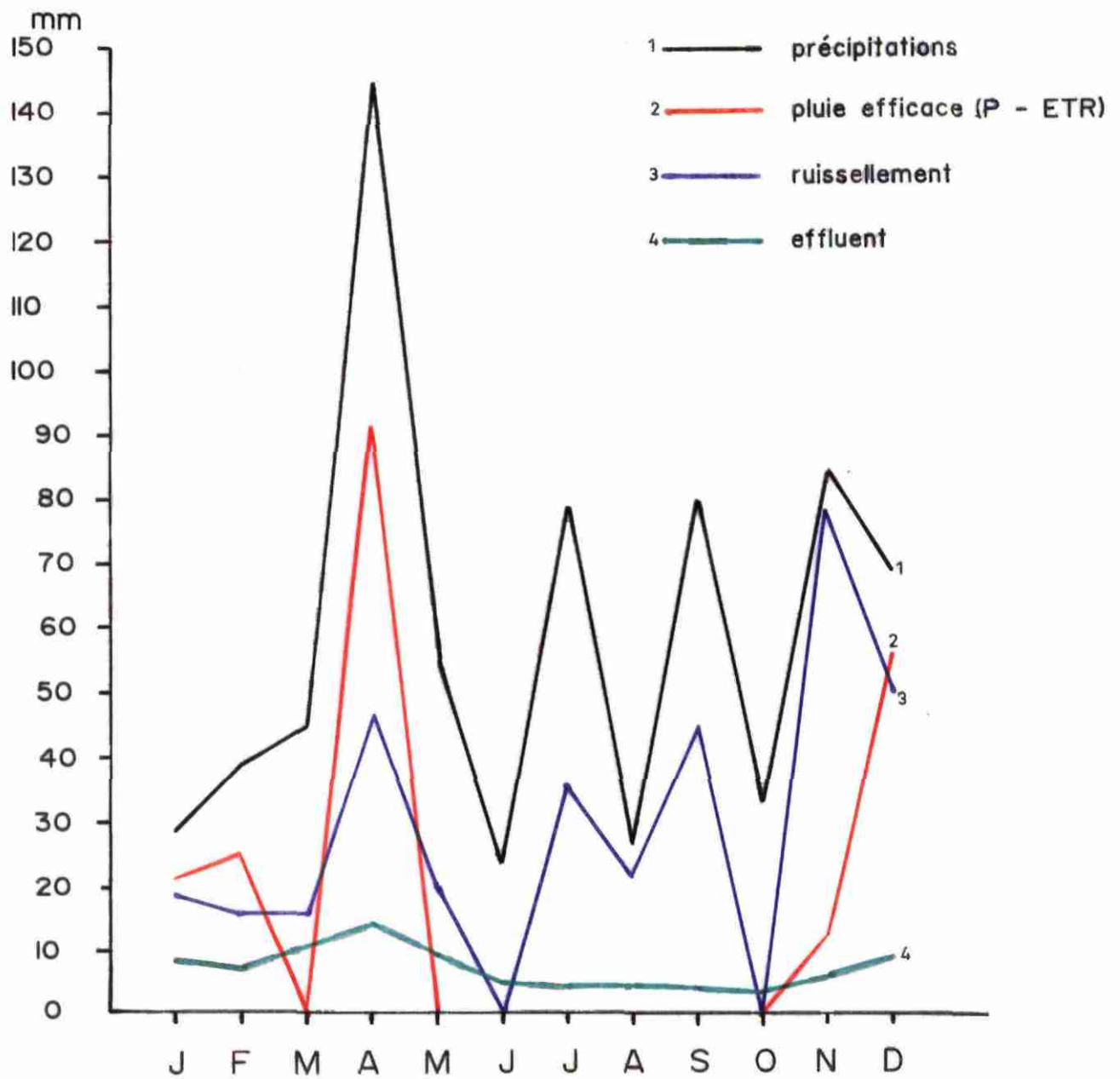


Figure 4 - Données du bilan hydrique

. Les apports d'eau latéraux dans la décharge à partir des nappes superficielles sont en partie drainés et rejoignent le fossé périphérique de la décharge, dont les eaux se déversent directement dans le milieu naturel. Compte tenu des niveaux d'eau très élevés dans la décharge (supérieurs à ceux des nappes superficielles environnantes), ces apports latéraux contribueraient peu à alimenter en eau la décharge. Nous n'en tiendrons donc pas compte dans le bilan.

. L'eau apportée ou absorbée par les déchets ainsi que les variations de stock seront également considérées comme nulles dans le bilan, puisque la décharge n'est plus en exploitation.

Les résultats du calcul du bilan sont exprimés dans le tableau ci-après (se reporter aussi à la figure 4) :

Mois	Pluie mesurée (mm)	Pluie efficace calculée (mm)	Ruisselle- ment mesuré (mm)	Effluent mesuré (mm)	Infiltra- tion déduite (mm)
J	29	21.2	18.2	8.3	0
F	39	25.5	15.5	6.7	3.3
M	45	0	15.5	10.9	0
A	145	91.1	45.5	13.4	24.2
M	55	0	20.5	9.3	0
J	24	0	0	4.8	0
J	78	0	36.4	4.1	0
A	27	0	22.7	4.6	0
S	79	0	45.5	3.9	0
O	33	0	0	3.3	0
N	84	17.2	77.3	6.0	0
D	69	60.7	50	8.0	2.7
Total	707	215.7	347.1	83.3	30.2

Année 1989

L'infiltration de lixiviats dans les diverses formations géologiques est évaluée à 30 mm pour l'année 1989. Cette lame d'eau représente, pour l'ensemble de la décharge de déchets industriels, un volume infiltré de 988 m³, soit environ 1.000 m³.

2.3. Flux de pollution actuel

Le flux de pollution potentiel peut être calculé en faisant le produit du débit infiltré par la concentration en polluant du lixiviat. On retiendra pour le calcul les concentrations moyennes calculées par l'IRH (*) dans son étude sur le bilan physico-chimique des lixiviats de la décharge de Montchanin (1986) :

Paramètre	Minimum mg/l	Maximum mg/l	Moyenne Moy mg/l	Ecart- Type Ect	Flux kg/an
pH	6.35	11.20	7.58	0.472	-
RES	17.00	11.500.00	345.76	1.239.11	-
DCO	40.00	27.500.00	6.600.93	6.848.52	6.600
CL	0.00	6.305.00	1.587.53	1.367.43	1.587
FE	0.00	80.00	4.54	11.28	4.5
MN	0.00	250.00	24.43	42.83	24
PHE	0.00	65.00	9.02	11.21	9

A titre indicatif et en considérant pour les eaux usées domestiques un flux de 75 g/jour/hab., le flux produit par la décharge de déchets industriels et s'infiltrant dans la nappe, correspondrait respectivement au rejet d'une agglomération d'environ **240 habitants**.

Cette estimation ne tient bien sûr pas compte de la toxicité de certains produits spécifiques à une décharge de déchets industriels. La concentration en DCO de 75 g/jour/hab. n'est valable qu'en l'absence de tout rejet autre que domestique.

(*) Institut de Recherches Hydrologiques de Nancy.

En se basant sur les résultats d'une analyse chimique de lixiviat donnés par la DDASS (18 mai 1988), les quantités d'éléments toxiques suivants sont susceptibles d'être relarguées dans les eaux souterraines :

Polluant	Concentration µg/l	Flux g/an	CMA (*) µg/l
Pb	200 µg/l	200 g/an	50
Cd	50 µg/l	50 g/an	5
Cr	40 µg/l	40 g/an	50
Ni	480 µg/l	480 g/an	50
Hg	7,5 µg/l	7,5 g/an	1
As	125 µg/l	125 g/an	50
CN	330 µg/l	330 g/an	50

(*) CMA-CEE : concentration maximale admissible (Norme CEE) pour les eaux potables.

Concernant les polluants ci-dessus, le flux reste assez faible (une dilution d'un facteur 10 dans de l'eau pure suffirait à respecter les normes CEE).

Les polluants organiques dans les lixiviats ont été identifiés mais non quantifiés : les produits suivants ont été trouvés (DDASS - 1988) :

- **Alcools et dérivés** : Ethoxy-propanol - Isobutyl méthyl méthanol - méthoxy butanol - hexanol - hexénol - méthoxy propoxy propanol - allyloxy propanol - diméthyl phényl méthanol - triméthyl cyclo-hexène méthanol.
- **Cétones et dérivés** : Méthyl butylcétone - Méthyl isobotényl cétone Hydroxy méthyl pentanone - Cyclohexanone - Méthyl pyrrolidone - Triméthyl cyclohexanone.
- **Glycols et dérivés** : Ethylène glycol monoéthyl éther - Butylglycol Diéthylène glycol diméthyl éther - Dipropylène glycol butyl éther - Glycol monophénol éther - Tripopylène glycol - Dérivé du tripopylène glycol - Tétrapropylène glycol monoéthyl éther.
- **Alkyls benzènes et dérivés** : Toluène - m-xylène.
- **Phénols et dérivés** : (Diéthyl) méthyl phénol.
- **Acides et dérivés** : Butyl ester d'acide acétique - Méthyl butyl ester d'acide propanoïque.
- **Divers** : Diméthyl fumamide - Atrazine - Dinitrile hexane.

Les pics les plus intenses correspondaient aux produits suivants :

Méthyl butyl cétone - isobutyl méthyl méthanol - allyloxy propanol -
Méthyl butyl ester d'acide propanoïque - Diéthylène glycol butyl éther -
Dinitrile hexane - Hydroxy méthyl pentanone - Ethylène glycol monoéthyl
éther - Hexanol - Cyclohexanone - Butylglycol.

Ces produits correspondent surtout à des solvants industriels (peintures). Certains de ces produits sont connus pour leur effet cancérigène sur l'homme.

Le rapport DBO/DCO confirme que cette charge en produits organiques est assez bien biodégradable (DDASS, 1988).

3. INVENTAIRE DES POINTS D'EAU

Cette partie de l'étude doit plus particulièrement répondre aux objectifs suivants :

- faire l'inventaire des captages d'eau, pour évaluer le risque lié à l'utilisation d'une eau éventuellement polluée ;
- analyser les caractéristiques des différents ouvrages (puits, sources, sondages, etc.) pour évaluer les capacités de l'aquifère capté ;
- pouvoir disposer d'un réseau de mesure pour l'acquisition des données de niveaux d'eau (établissement d'une piézométrie) et pour la cartographie de la qualité de l'eau souterraine.

3.1. Les points d'eau superficiels

La zone d'étude concernée par cette investigation a été délimitée par le réseau de drainage hydrographique (cf. périmètre, figure 5). Cette zone fait environ 10 km².

Sur cette zone ont été entrepris une visite et un examen d'environ 30 points d'eau, dont environ :

- 5 points d'eau de surface (étang des Ecrasés, de Beaubernard, etc.)
- 6 sources
- 18 puits
- 3 puits de mine.

Le but n'était pas ici d'effectuer un inventaire complet des points d'eau, mais d'examiner les plus exposés (cf. étang des Ecrasés et de Beaubernard) et de sélectionner les puits de telle sorte que l'on puisse disposer d'un réseau uniforme pour dresser une piézométrie de la nappe superficielle et une cartographie de sa qualité.

Les caractéristiques principales de ces points d'eau sont rassemblées à l'annexe 5.

3.2. Les sondages profonds

Un inventaire des sondages réalisés dans la même zone (coordonnées : X entre 760 et 765, Y entre 193 et 198), afin de reconnaître les capacités aquifères du substratum, a été réalisé par consultation de la banque de données du sous-sol (BRGM) ; très peu de sondages y sont répertoriés (sondages S118, S122, S123). Les coupes géologiques ne mentionnent aucune arrivée d'eau (cf. annexe 2).

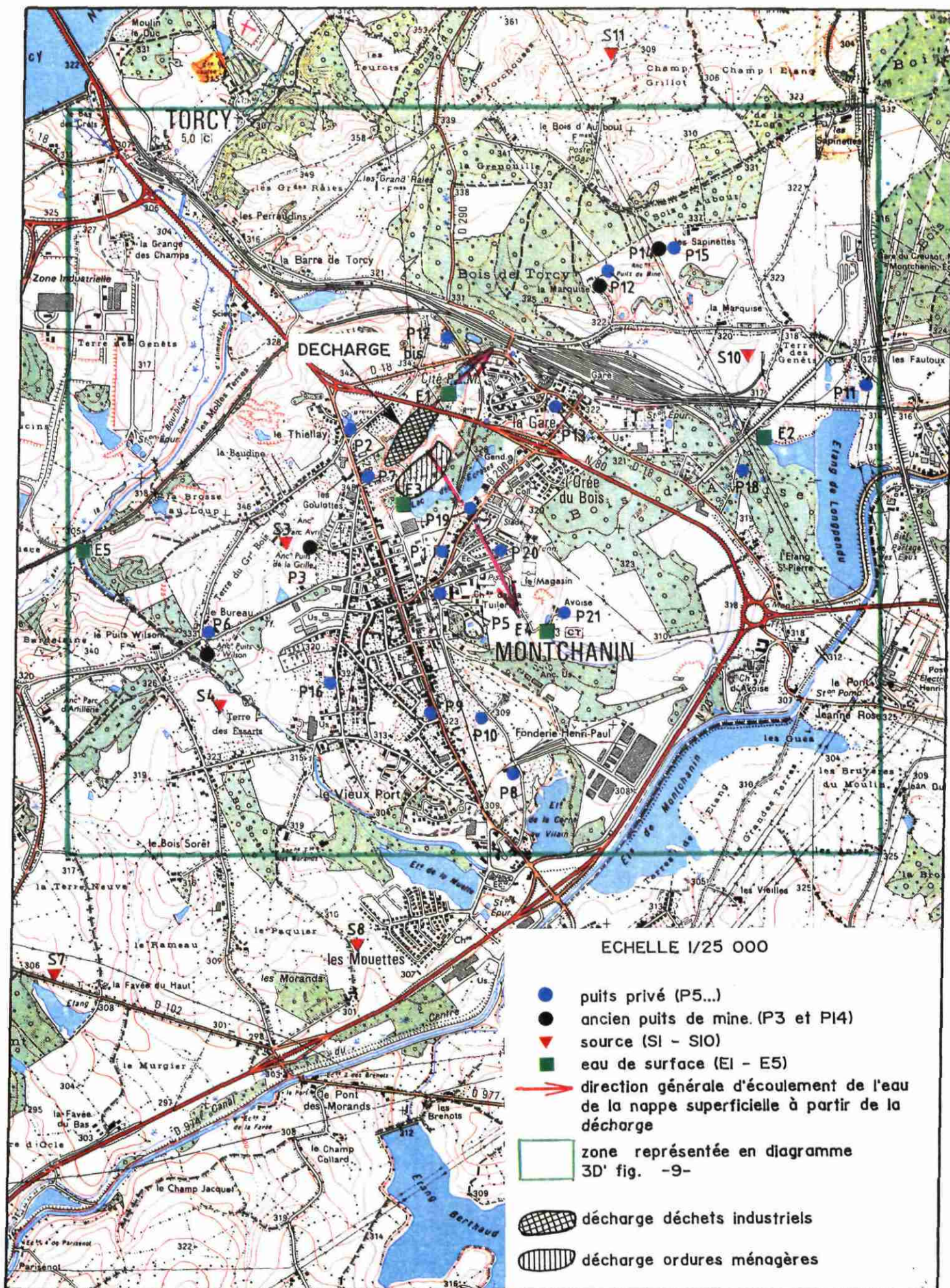


Figure 5 - Plan d'échantillonnage

Il faut simplement noter des pertes à 4,60 m et 7,40 m sur le S123 (donc très près de la surface).

3.3. Les captages d'eau souterraine

Nous avons enfin élargi la zone d'étude à l'ensemble du bassin permo-carbonifère pour inventorier les sondages réalisés dans un objectif de recherche d'eau et donc de captage d'eau souterraine.

Cette recherche a été réalisée par consultation de la banque de données du sous-sol (BRGM). La consultation a porté sur l'ensemble de la feuille de Montceau-les-Mines.

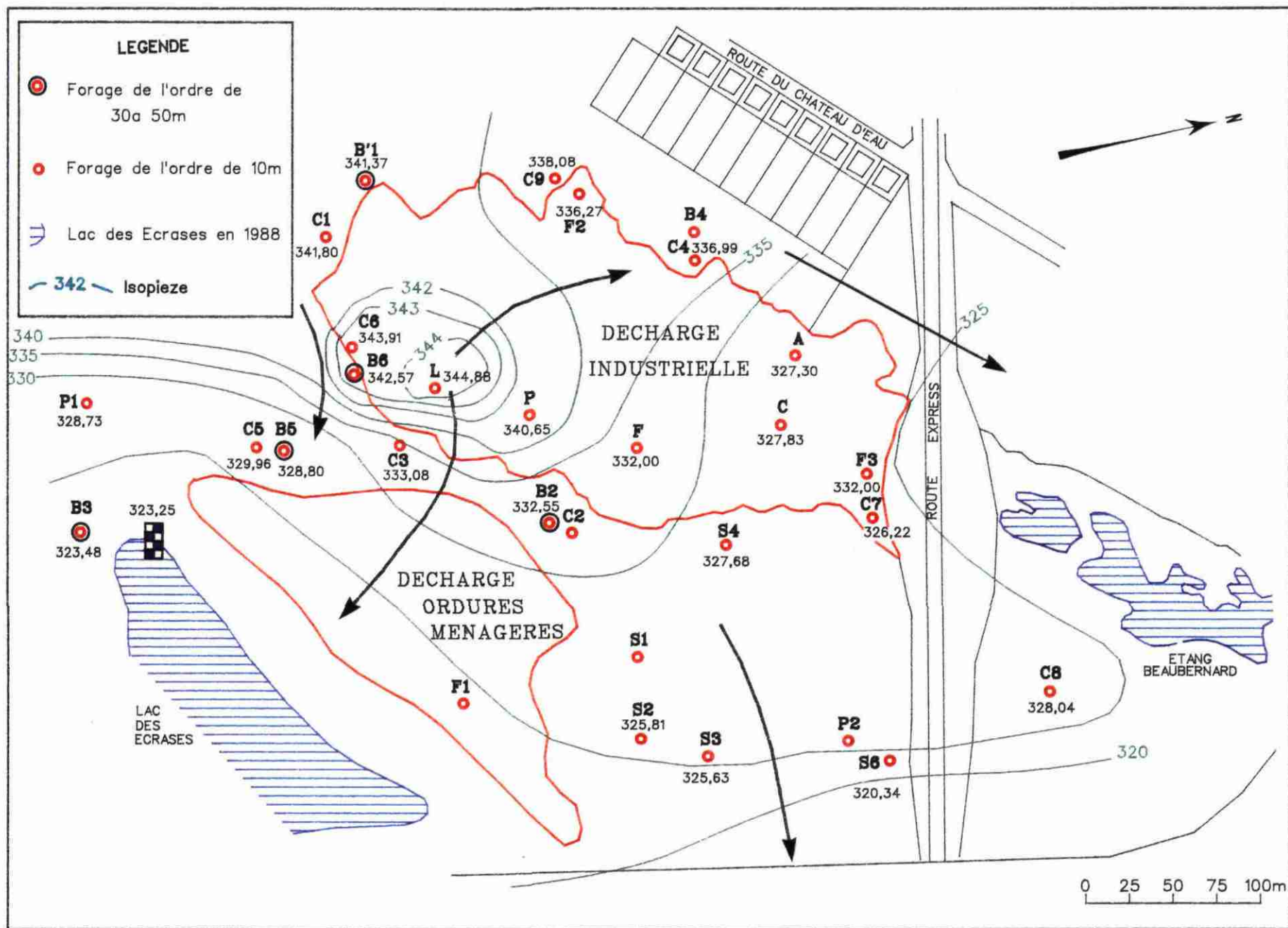
Les recherches d'eau par forage qui y sont répertoriées sont surtout concentrées dans la région de Montceau-les-Mines.

Par ailleurs, ces sondages recoupent tous uniquement les formations superficielles (profondeur maximum de 12 mètres).

La liste de ces sondages avec leur profondeur est donnée en annexe 3.

D'après les données disponibles, il n'existe aucun captage d'eau potable par forage, directement en aval hydraulique de la décharge.

Figure 6 - Carte piézométrique du site au 15/05/1990



4. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES AUTOUR DU SITE

Les prélèvements et les analyses chimiques ont été réalisés de manière indépendante, d'une part sur les forages autour des décharges et d'autre part sur les points d'eau (puits et sources) des environs (zone d'environ 10 km²).

Cette indépendance était justifiée pour des raisons d'organisation du chantier (réalisation des analyses d'eau de puits bien avant la fin des travaux de forage), mais aussi et surtout, parce que les données chimiques sont peu comparables entre ces deux lots.

En effet, il n'a pas été possible pour les prélèvements réalisés sur les puits, de suivre le protocole classique pour le prélèvement d'eaux souterraines. En particulier, l'eau des puits n'a pas été purgée par pompage préalable. Par contre, ce protocole a bien été respecté pour les prélèvements en forages, y compris les anciens forages CETE ou CPGF.

Nous distinguerons donc dans ce qui suit :

- la qualité des eaux dans les terrains encaissants du site (eaux de forage) ;
- la qualité des eaux de la nappe superficielle de Montchanin (eaux de puits ou de sources).

Par ailleurs, ces prélèvements ont été effectués en deux temps :

- un premier prélèvement pour analyse chimique (majeurs, métaux et COT) sur tous les points d'eau ;
- un deuxième prélèvement sur quelques points sélectionnés à partir des informations précédentes, pour analyse de polluants organiques. Les résultats de ces dernières analyses ne sont pas encore disponibles et feront l'objet d'une note complémentaire ultérieure. (vol.IV).

4.1. Qualité des eaux dans les terrains encaissants du site

Les mesures de niveaux d'eau ont été réalisées le 15/05/1990 sur les forages nouvellement installés (BRGM, 1990), sur les anciens sondages CPGF et CETE (1980-1988), ainsi que sur les piézomètres installés dans les alvéoles de déchets de la décharge. Les mesures ont permis l'établissement des directions d'écoulement sur le site (figure 6), et de préciser notamment la nature des échanges entre lixiviats et eau de la nappe phréatique à l'interface déchets - terrain encaissant.

Il est démontré ainsi que les eaux souterraines au niveau de la butte de la Glacière et au niveau de jardins de la cité du Château d'eau s'écoulent vers la décharge, sans l'alimenter, puisque les niveaux dans la décharge sont suffisamment élevés ; il y a donc plutôt mélange de ces eaux souterraines latérales en provenance du NW et de l'W avec les lixiviats de la décharge, dans la zone de contact déchets - terrain encaissant, avec un écoulement de la nappe qui devient tangentiel à la décharge.

Le mélange s'évacue latéralement en suivant l'interface déchet - terrain encaissant, soit vers le NE (au Nord de l'ancienne gare), soit vers le SE (vers l'étang des Ecrasés).

Les résultats d'analyses chimiques réalisées sur ces points d'eau sont donnés en annexe 4.

Les pH sont généralement basiques et expliquent sans doute les faibles teneurs en métaux, notamment en Fe, Cd, Zn, Cr, Ni, Ag, dans les eaux des sondages. On note seulement des valeurs importantes en manganèse (supérieures à 50 µg/l).

Trois forages apparaissent particulièrement pollués : le forage incliné B4 (pH 12 et conductivité de 3550 µs/cm), le forage C3 (COT* de 230 mg/l, chlorures 1.110 mg/l, sodium 880 mg/l) et le forage F1 (conductivité de 1.100 µs, magnésium 140 mg/l, COT de 6 mg/l).

On constate à partir de ces premières informations que les paramètres susceptibles de "marquer" une éventuelle fuite de lixiviats hors du site des décharges, sont le COT, K, Mn, B, et peut être Na, Li.

Afin de corrélérer chimie et géologie, nous avons établi la cartographie des teneurs de ces derniers éléments ainsi que les nitrates (cartes figures 7 à 12).

En ce qui concerne les nitrates (Figure 7), il apparaît clairement que les eaux les plus polluées correspondent à celles de la nappe superficielle au niveau des jardins de la cité du Château d'eau (> 50 mg/l) et que les teneurs diminuent progressivement vers le SE, c'est-à-dire vers la décharge d'ordures ménagères et l'étang des Ecrasés (inférieures à 1 mg/l). Signalons également que les valeurs en ammoniac sont toujours assez faibles (toujours inférieures à 5 mg/l et généralement inférieures à 0,5 mg/l).

Cette évolution confirme donc le sens général d'écoulement de la nappe du NW au SE, avec à l'amont des teneurs classiques en nitrates pour une nappe superficielle.

Pour les autres éléments (Mn, K, B, Li) et le COT, il apparaît également clairement une zonation, avec des teneurs cette fois-ci beaucoup plus faibles pour les points d'eau amont (C1, C4, C6, C9) et des teneurs croissantes vers la décharge d'ordures ménagères et l'étang des Ecrasés (figures 8 à 12).

Cette direction correspond à la direction générale d'écoulement ; l'impact de l'ensemble des deux décharges sur la qualité de la nappe superficielle est donc bien cerné et dans le détail, il faut noter les points suivants :

(*) COT : Carbone Organique Total

- Le point C3 est pratiquement toujours le plus pollué ; ce sondage avait été installé en ce point pour contrôler un éventuel "débordement" des lixiviats de la décharge de déchets industriels vers la décharge d'ordures ménagères ; le sens d'écoulement et la qualité de l'eau, en ce point, confirment bien cette hypothèse.
- Le forage B2 est très peu touché par la pollution ; de manière plus générale, il apparaît que les sondages implantés au NE dans la formation de Montfaucon, sont assez peu atteints par la pollution, sauf quelques exceptions (S4 en Mn, C7 en bore et C8 en COT). La formation des grès de Montfaucon par leur alternance de bancs gréseux et d'argile verticaux jouerait un rôle de barrière étanche entre les deux décharges et aucune pollution significative n'est constatée dans la direction structurale imposée par le sens des bancs et des fractures, c'est-à-dire vers le NE. La teneur élevée en COT sur C8 (14 mg/l) sera vérifiée par une analyse détaillée des polluants organiques (cf vol.IV).

Rappelons également que le forage C2 réalisé au même endroit, mais uniquement dans les formations superficielles, était sec.

Le phénomène de "débordement" au niveau des formations superficielles constaté vers le point C3 est donc très localisé.

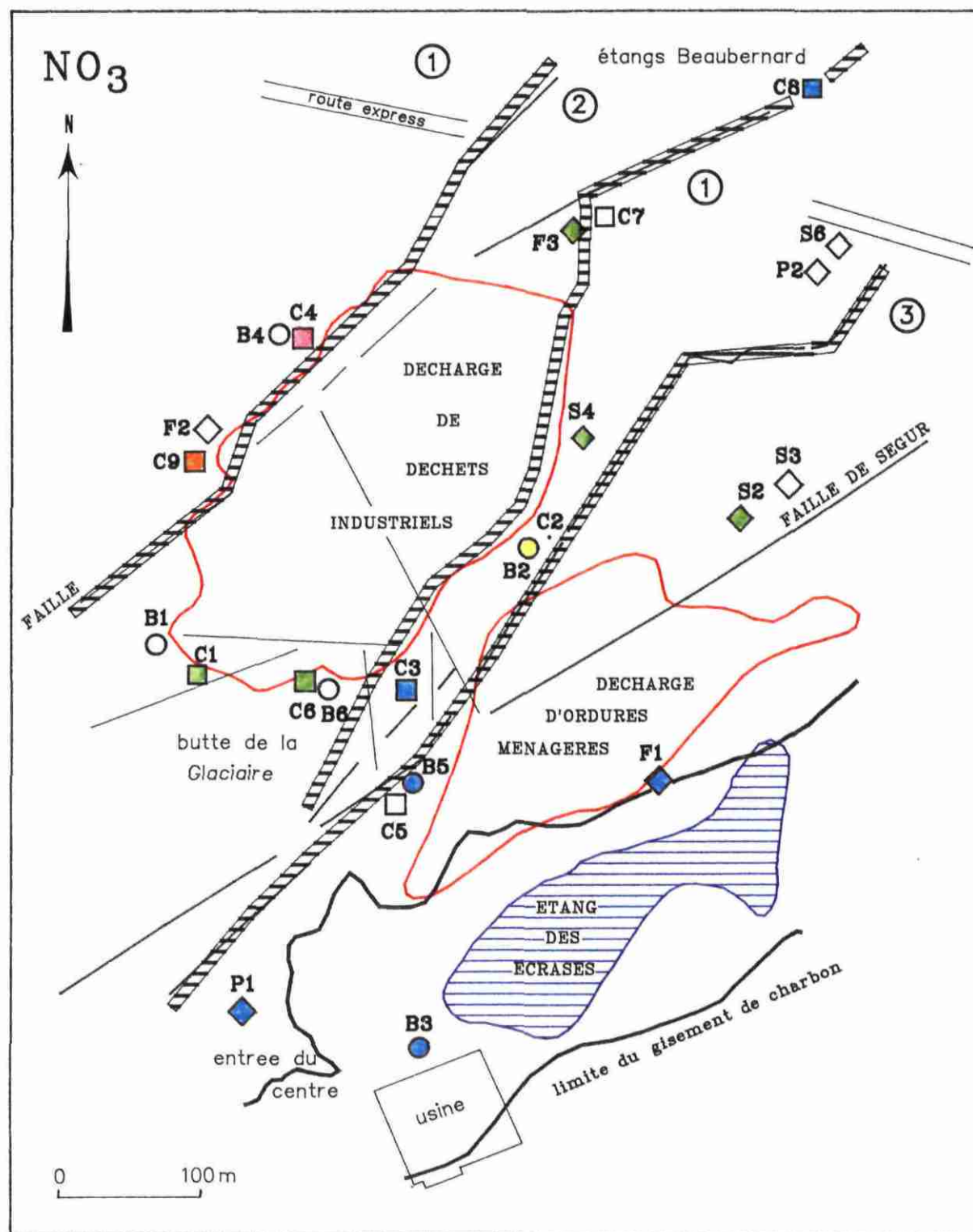
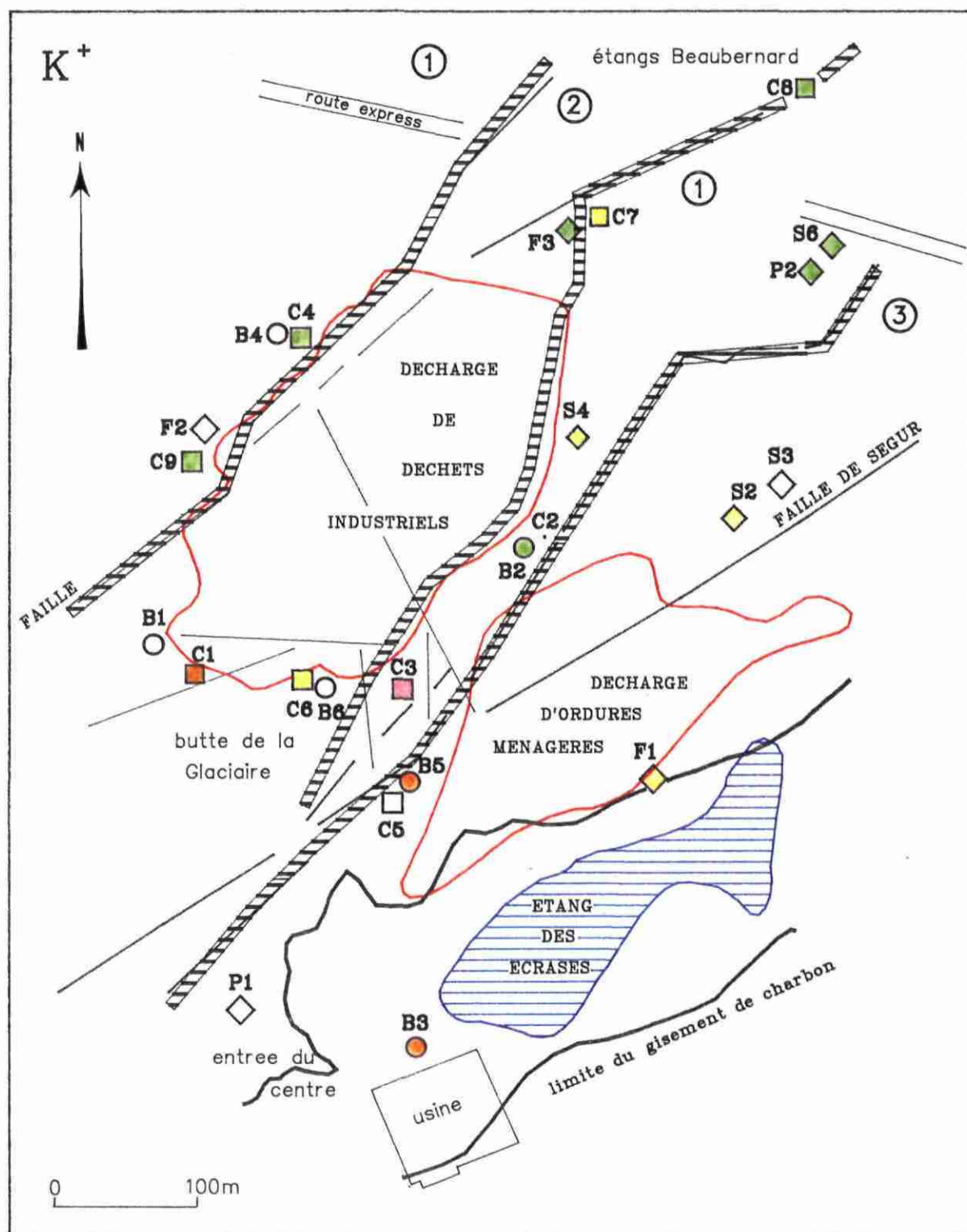


Fig.-7- Carte des teneurs en NITRATES dans les eaux de forage du site



Norme CEE : 12 mg/l

Limite de formation géologique

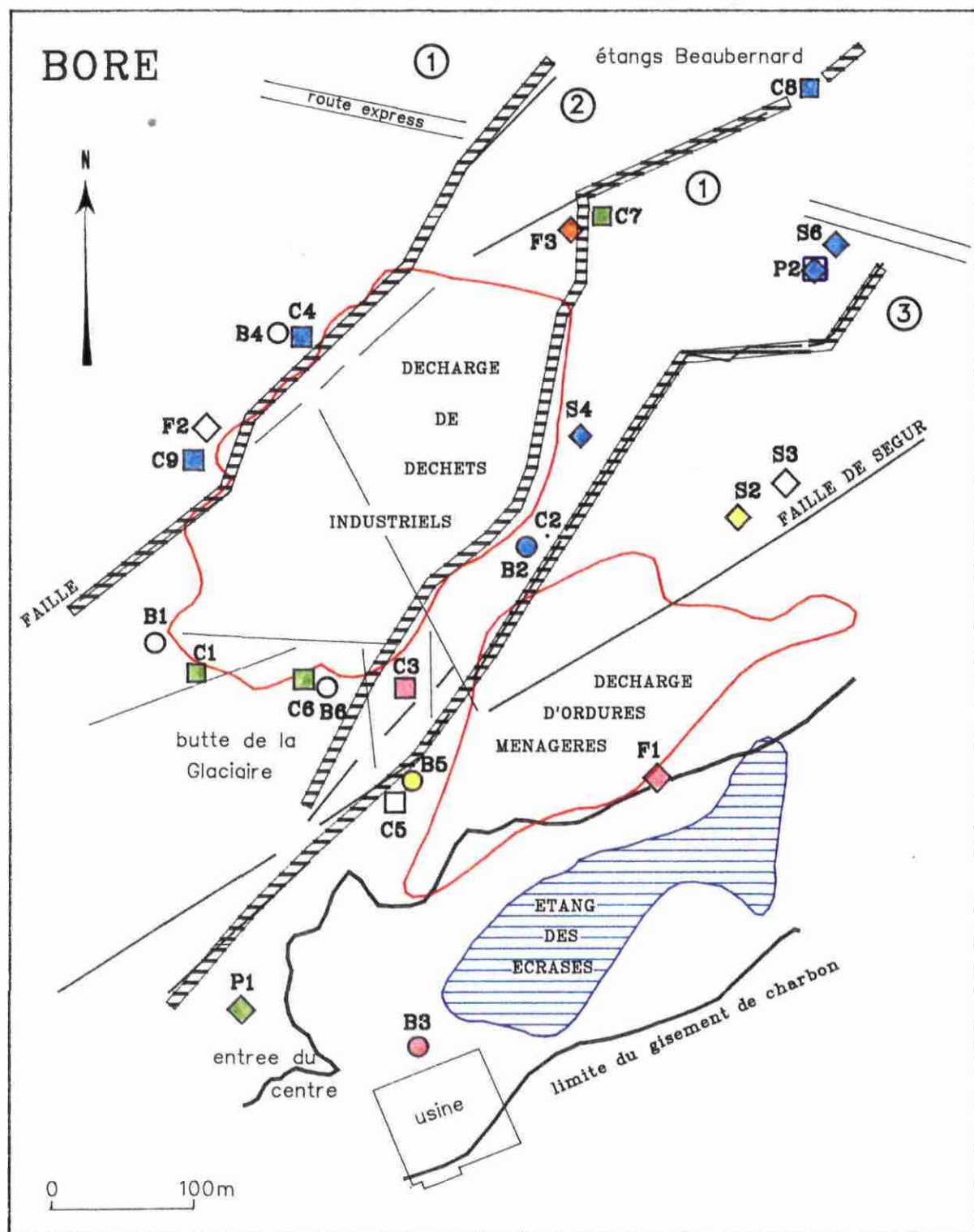
- ① Formation à dominante gréseuse (PERMIEN)
- ② Formation à dominante argileuse (TORCY)
- ③ Formation à dominante schistogréseuse (HOULLIER)

○ B - sondage profond BRGM

□ C - sondage court BRGM

◇ S.F.P. - sondage préexistant (CPGF ou CETÉ)

Fig.-9- Carte des teneurs en POTASSIUM dans les eaux de forage du site



Norme CEE (guide) : 1000 µg/l

○ B - sondage profond BRGM

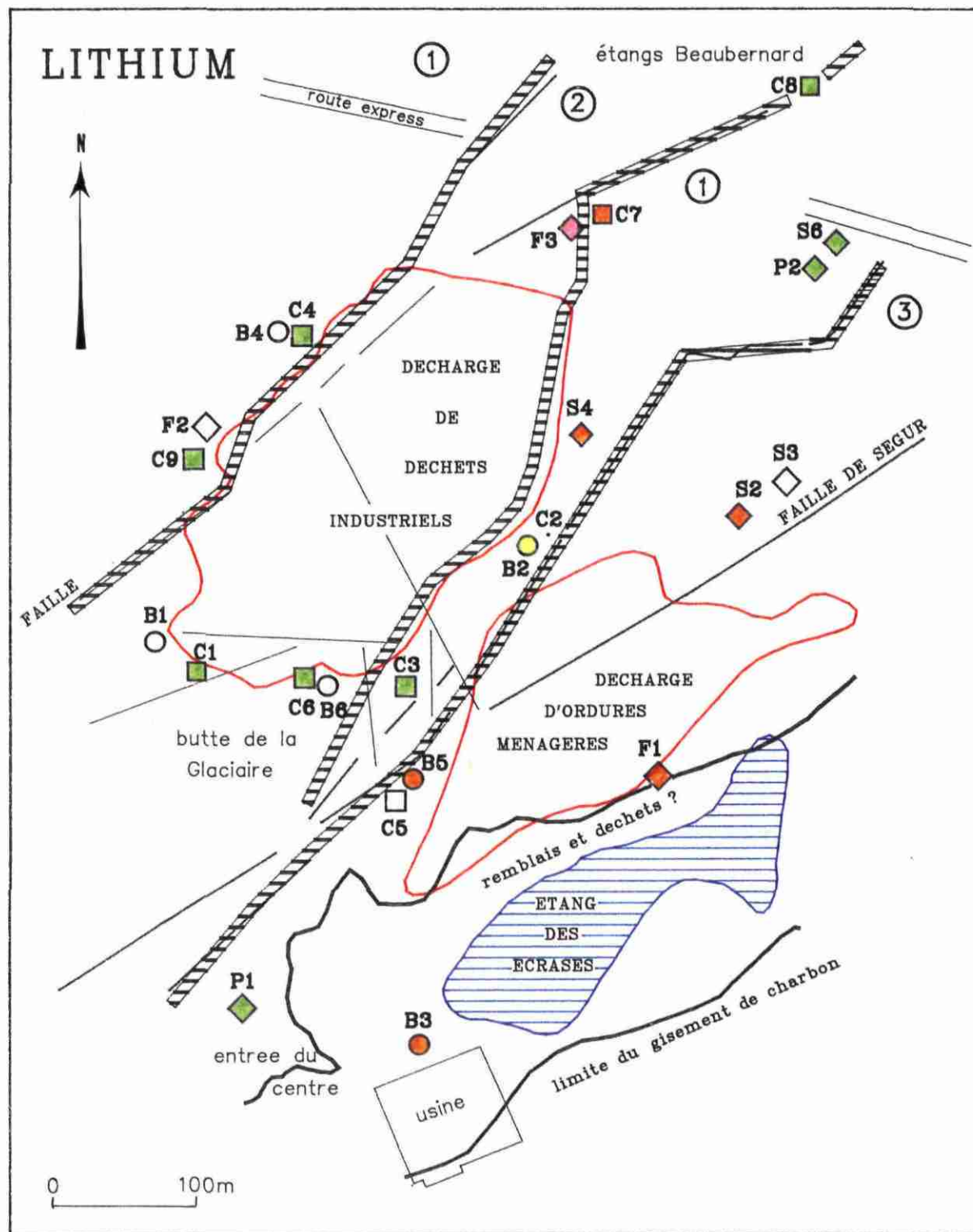
□ C - sondage court BRGM

◇ S.F.P. - sondage préexistant (CPGF ou CETÉ)

--- Limite de formation géologique

- ① Formation à dominante gréseuse (PERMIEN)
 ② Formation à dominante argileuse (TORCY)
 ③ Formation à dominante schistogréseuse (HOULLIER)

Fig.-10- Carte des teneurs en BORE dans les eaux de forage du site



--- Limite de formation géologique

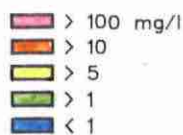
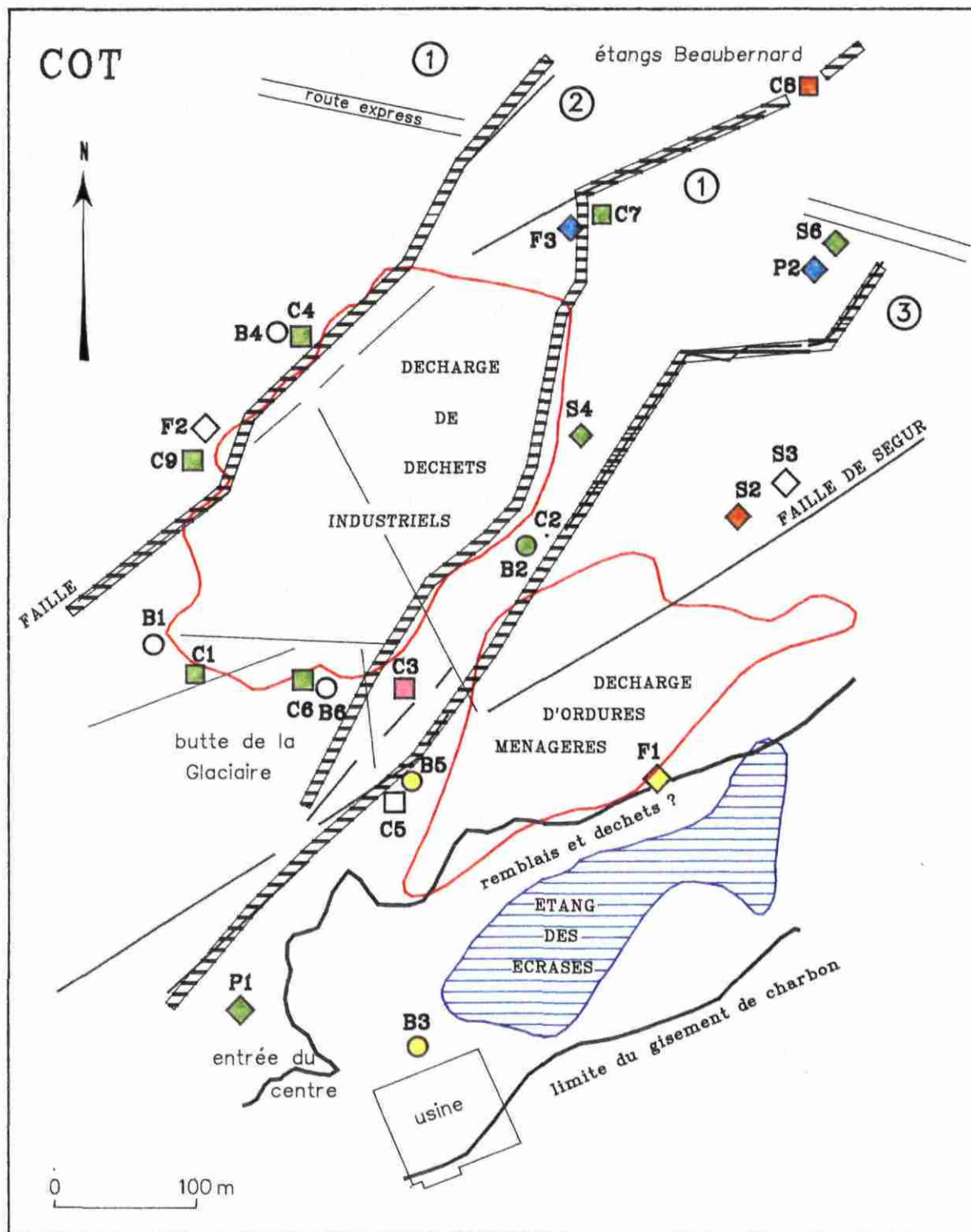
- ① Formation à dominante gréseuse (PERMIEN)
- ② Formation à dominante argileuse (TORCY)
- ③ Formation à dominante schistogréseuse (HOULLIER)

○ B - sondage profond BRGM

□ C - sondage court BRGM

◇ S.F.P. - sondage préexistant (CPGF ou CETE)

Fig.-11- Carte des teneurs en LITHIUM dans les eaux de forage du site



Norme CEE (guide) : en générale COT est inf. à 1 mg/l dans les eaux souterraines protégées

--- Limite de formation géologique

- ① Formation à dominante gréseuse (PERMIEN)
- ② Formation à dominante argileuse (TORCY)
- ③ Formation à dominante schistogréseuse (HOULLER)

○ B - sondage profond BRGM

□ C - sondage court BRGM

◇ S.F.P. - sondage préexistant (CPGF ou CETÉ)

Fig.-12- Carte des teneurs en CARBONATE ORGANIQUE TOTAL dans les eaux de forage du site

- Le forage F3 juste en contrebas de la décharge de déchets industriels, implanté vers le NE dans la formation de Torcy est relativement peu atteint par la pollution (COT < 0,5 mg/l) et confirme la faible perméabilité de cette formation. Toutefois, il est intéressant de noter que ce point possède tout de même de fortes valeurs en lithium (0,3 mg/l) supérieures à celles observées sur C3.

Cette remarque montre combien l'interprétation des données chimiques est ici délicate, car la source de la pollution est caractérisée par sa diversité. Chaque alvéole de la décharge génère un lixiviat bien particulier très différent, en fonction de sa situation dans la décharge. Par ailleurs, compte tenu de l'hétérogénéité du terrain encaissant, les fuites possibles sont très localisées. En fonction de cette localisation par rapport à une alvéole bien précise, les caractéristiques de la pollution induite sont diverses et variées (lithium vers le NE sur F3, B, COT, K, etc. vers le SE).

- Bien qu'à ce jour nous ne disposions pas encore des résultats complets d'analyse sur B4, ce point est particulièrement pollué, et de façon là encore bien spécifique (pH = 12, conductivité 3.550 µS). Précisons que ce point correspond au forage incliné, et qu'il se situe très près du déchet industriel (10 à 20 mètres). Compte tenu des niveaux piézométriques et de la forte anisotropie SW-NE, les écoulements au niveau du B4 se font en direction du NE, c'est-à-dire vers la gare. L'écoulement est probablement facilité par la présence d'un réseau de failles NE, présent sur cette bordure de la décharge.

4.2. Qualité des eaux de la nappe superficielle de Montchanin

L'inventaire des points d'eau précédemment réalisé a permis d'établir la piézométrie et le sens général d'écoulement de la nappe superficielle de Montchanin. Cette carte permet de prévoir la zone qui peut être potentiellement polluée par les décharges (figure 13).

Chaque point d'eau a fait l'objet d'une analyse chimique dont les données sont présentées à l'annexe 6. L'eau est souvent de qualité médiocre (non potable) et les valeurs sont en général extrêmement dispersées :

- ainsi pour les métaux, les valeurs sont généralement faibles, en-dessous du seuil de détection pour Ni, Cr, Co, Ag, Al. On note toutefois quelques points singuliers avec de plus fortes teneurs jusqu'à 620 µg/l de Fe sur P12B, 302 µg/l de Cu sur P8 et 585 µg/l de Zn sur P18 ;
- on retrouve généralement de fortes teneurs en bore (jusqu'à 350 µg/l sur l'Etang des Ecrasés), en potassium (79 mg/l sur P21) et en carbone organique total (10 mg/l sur P3).

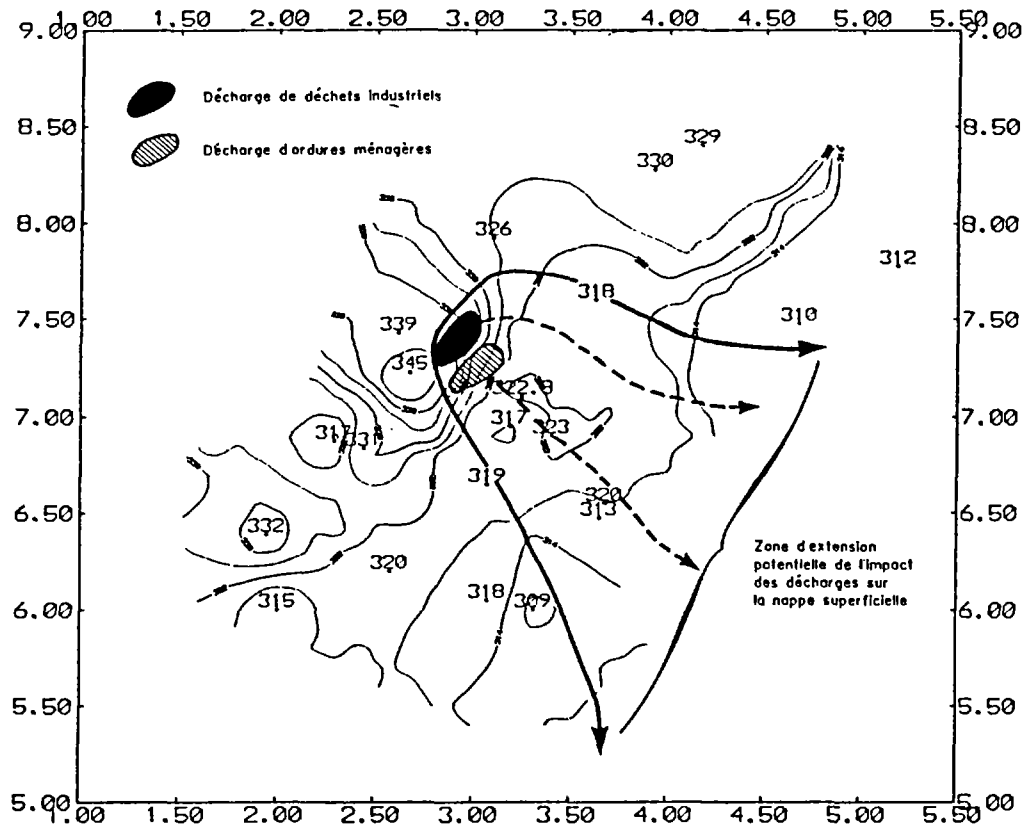


Figure 13 - Piézométrie générale de la nappe superficielle de Montchanin

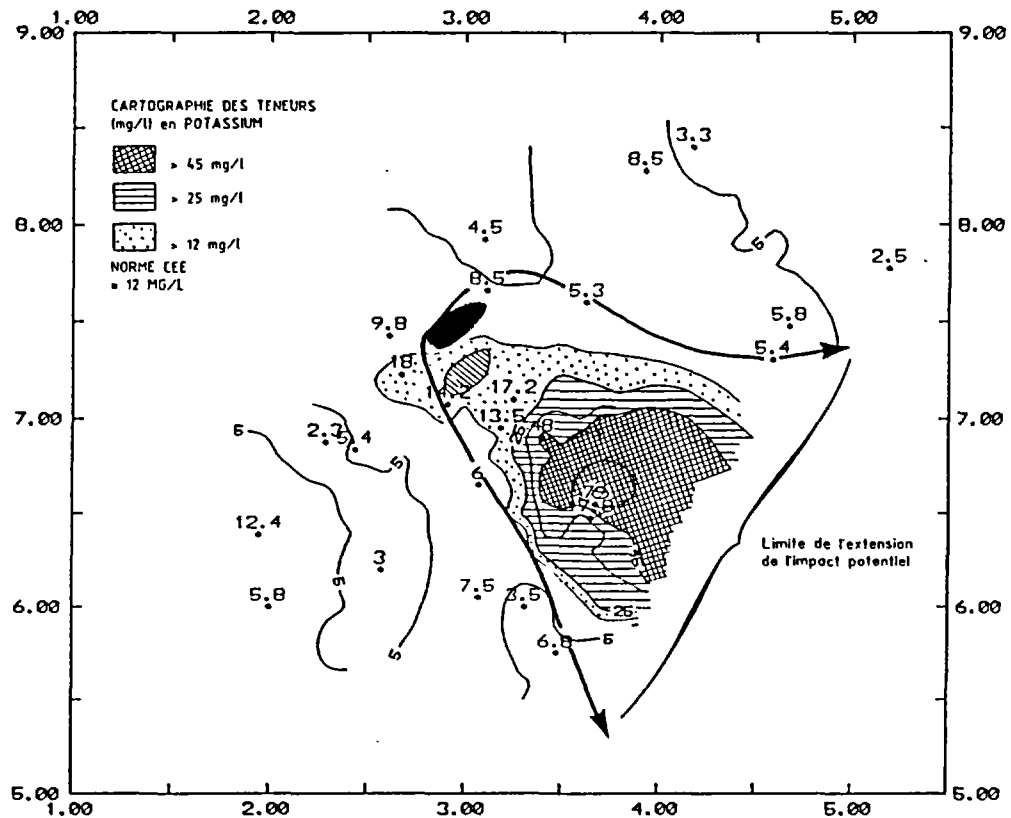


Figure 14 - Corrélation en potassium des eaux de puits et zone aval des décharges

Ces caractéristiques générales (faibles teneurs en métaux et fortes teneurs en COT, K, B) étaient déjà celles observées dans les eaux prélevées dans les forages implantés en aval et à proximité immédiate des décharges.

Afin d'essayer de déterminer l'origine de ces fortes valeurs en COT, K, B, nous avons visualisé la distribution spatiale de ces valeurs anormales afin de discerner si elles se répartissent en panache et nous les avons superposées avec la piézométrie afin de mettre en évidence une éventuelle corrélation avec les lignes de courant en provenance du centre de stockage de déchets (cf. blocs diagrammes, figures 15 à 18) :

- **Les valeurs de conductivité et de potassium** donnent quelques valeurs plus élevées (ébauche de panache), juste en aval hydraulique du site des deux décharges (figures 14 et 15) ; les deux paramètres sont sans doute assez liés.
- **Le carbone organique total (COT)** (figure 16) se traduit par quelques valeurs plus élevées en aval de la décharge au SW (ancien puits minier de la grille) et à l'Est (non expliqué).
- **Le bore** (figure 16) se traduit également aux deux mêmes endroits que précédemment par des teneurs plus fortes surtout à l'aval hydraulique du site. Précisons que bore et COT sont souvent deux paramètres corrélables.
- **Potentiel redox** : deux panaches oxydants sont visibles (fig. 15) :
 - . l'un directement en aval hydraulique du site vers le SE,
 - . l'autre dans le coin SE de la zone d'étude, totalement indépendant du site des décharges.
- **Le sodium** (figure 17) : quelques points à teneurs élevées en aval au SE de la décharge, mais aussi en aval hydraulique du site au NE cette fois-ci (au nord de l'étang Beaubernard). Les points à teneurs élevées pourraient peut être prouver une relation avec le B4 et un écoulement privilégié SW-NE selon les plans de stratification et selon la direction de fracturation affectant les formations gréseuses mises en évidence au NW du site.
- **Les nitrates** (figure 17) : des teneurs élevées existent au SE en aval hydraulique du site, mais également vers le Sud et vers l'Ouest, où la liaison avec la décharge devient plus problématique. Une autre source de pollution semble apparaître vers l'W. La relation de ces teneurs élevées en nitrates avec la décharge semble exclue.
- **Le fer** : pas de panache sinon une empreinte négative (teneurs très faibles) au SE, à l'aval hydraulique du centre de stockage de déchets. Il semble qu'il s'agit de sources de pollution multiples en fer, et la décharge en serait exclue (fig. 18).

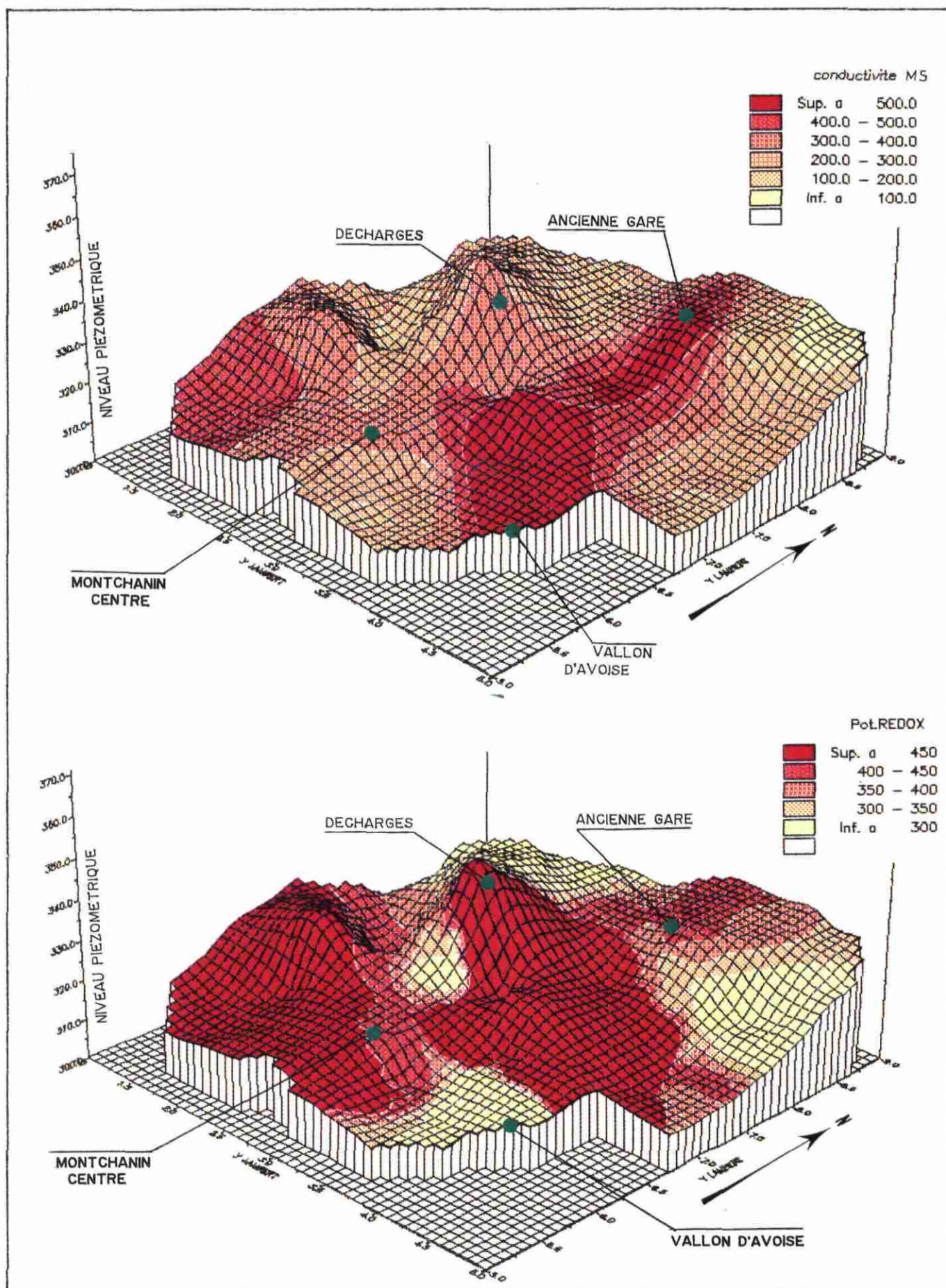


Fig.-15- Blocs diagrammes de la piézométrie avec cartographie de la conductivité et du potentiel redox

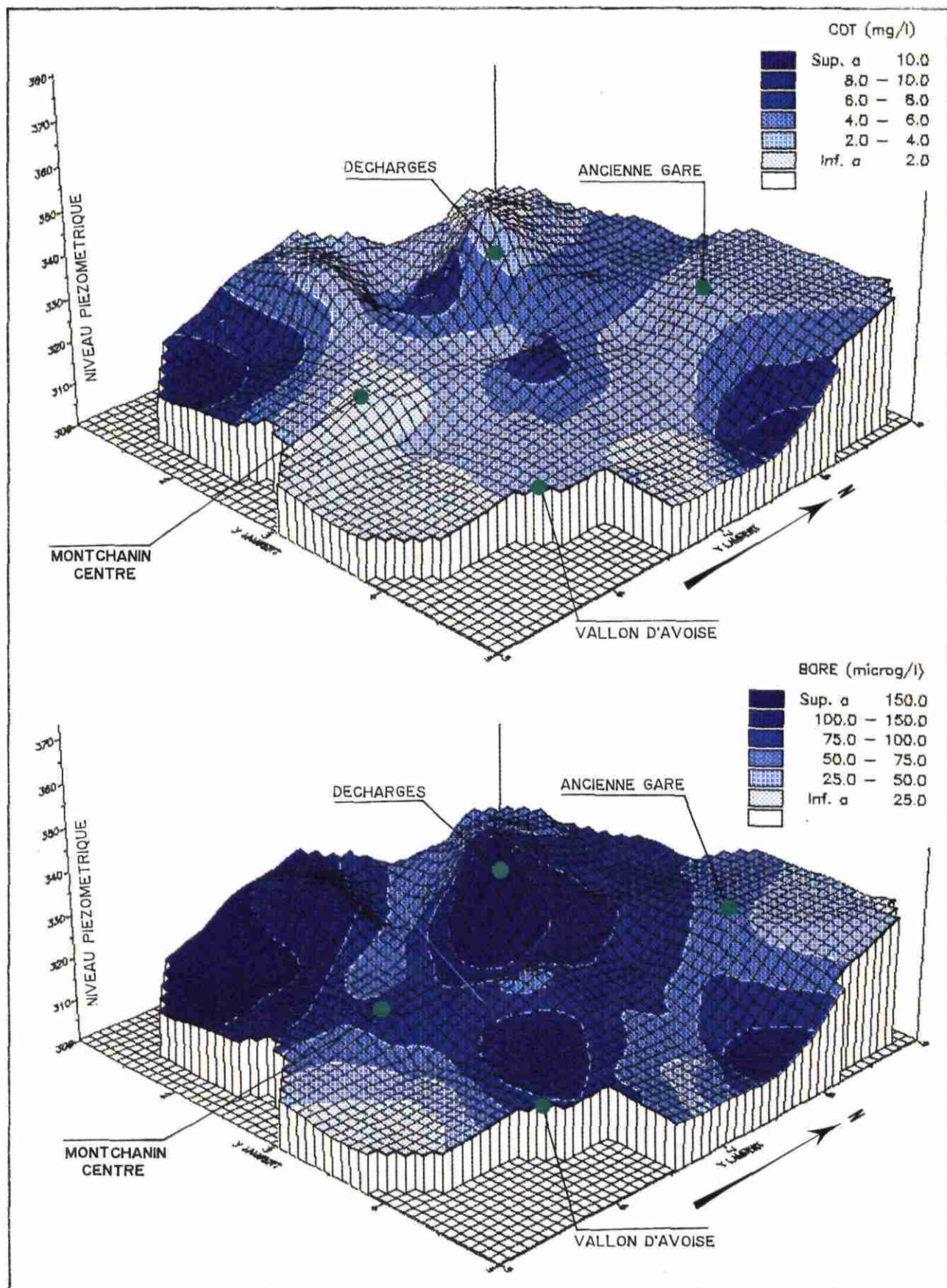


Fig.-16- Blocs diagrammes de la piézométrie avec cartographie du carbone organique total et du bore

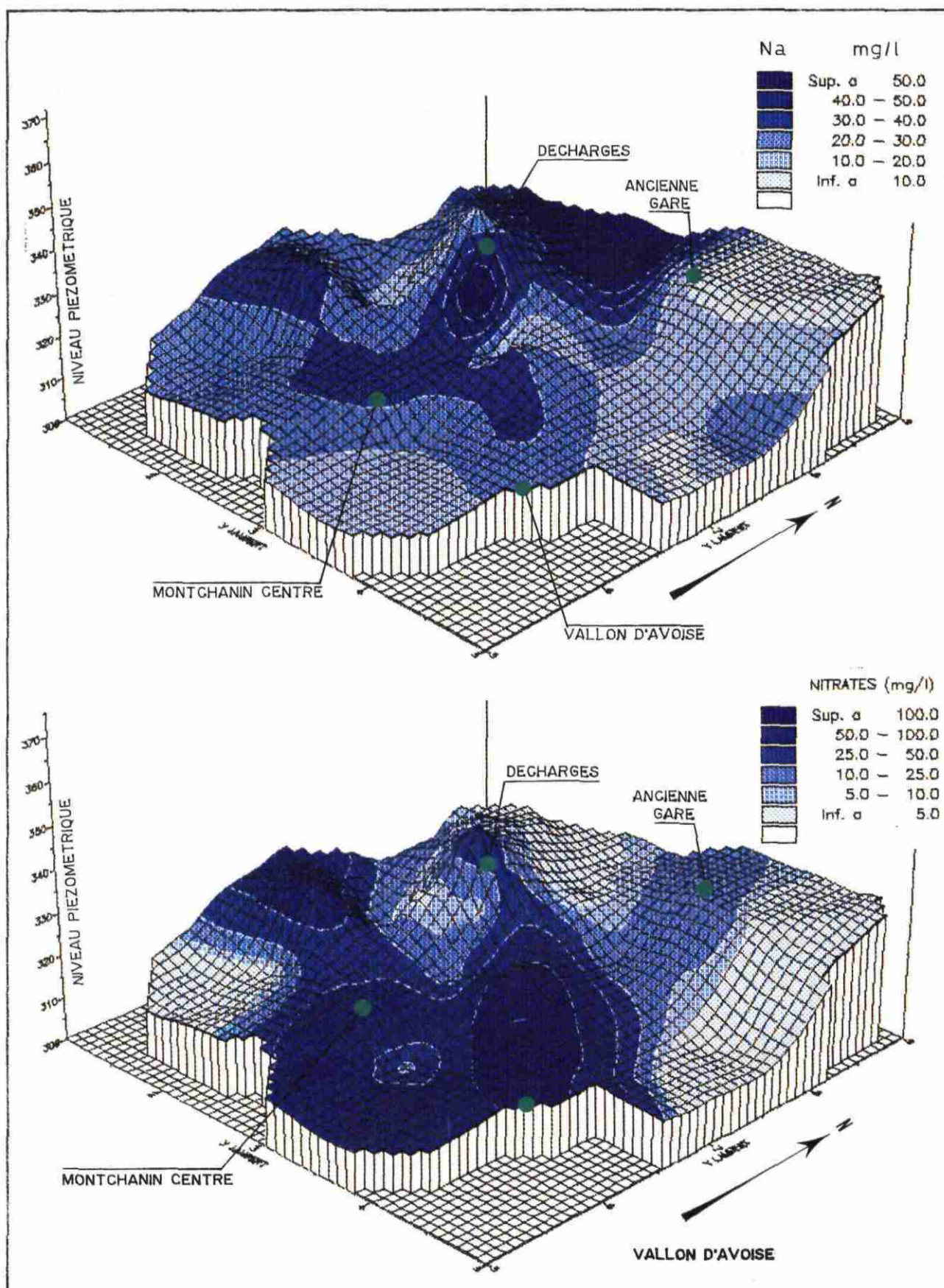


Fig.-17- Blocs diagrammes de la piézométrie avec cartographie du sodium et des nitrates

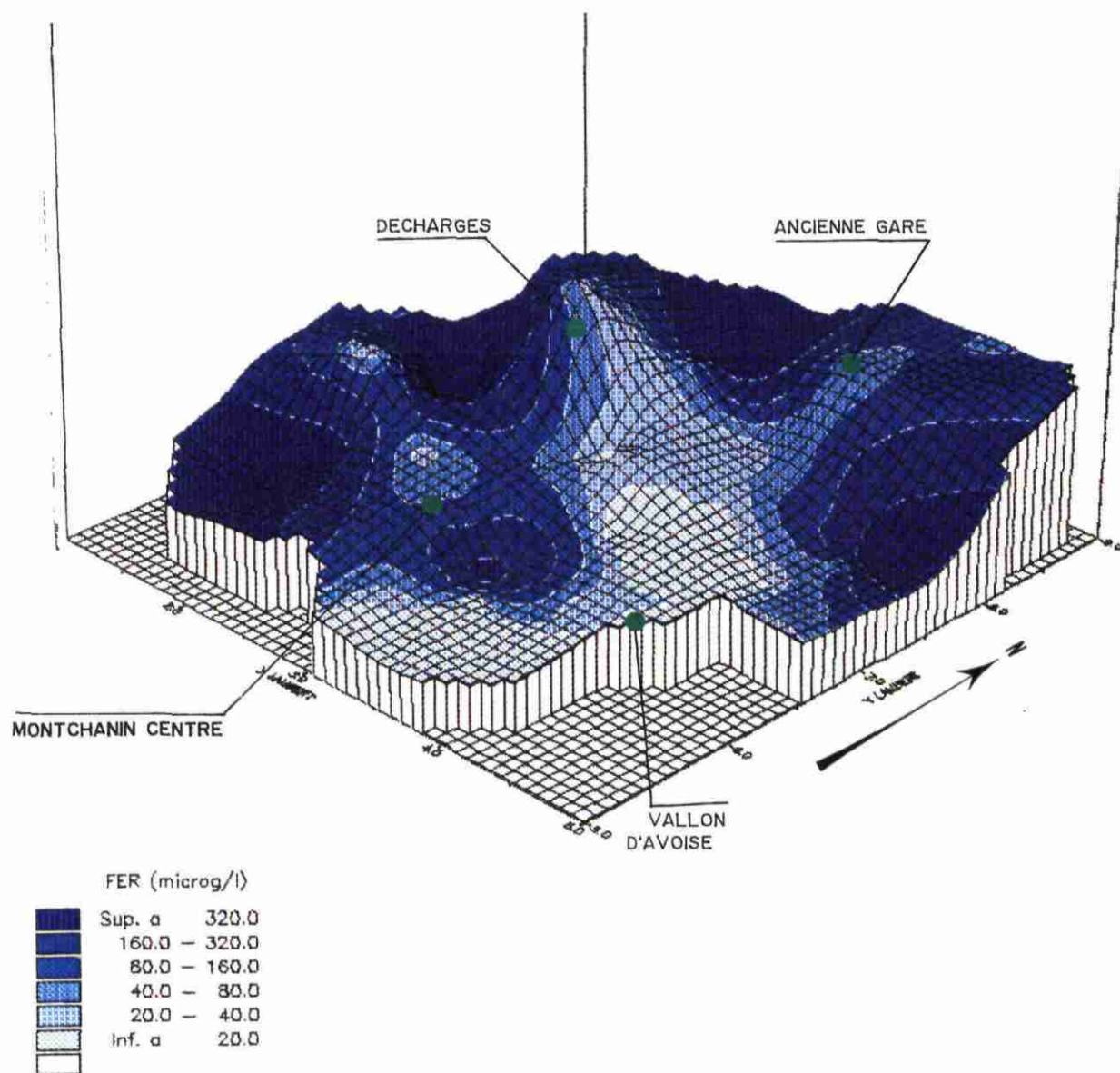


Fig.-18- Blocs diagrammes de la piezometrie avec cartographie du fer

4.2.1. COMPARAISON DES EAUX PAR LES DIAGRAMMES D'ANALYSE

Les diagrammes d'analyse d'eau ont été établis afin de comparer :

- l'eau des étangs (Beaubernard, Ecrasés et Longpendu) ;
- l'eau de la nappe superficielle (eau de puits) ;
- l'eau des deux puits de mine prélevée en surface (puits de la Grille et la Marquise).

Les profils d'analyse (figure 19) sont assez semblables et ne démontrent pas l'existence de différents types d'eau.

4.2.2. EVOLUTION DE LA QUALITE DANS LE TEMPS

Nous avons comparé dans le tableau ci-dessous, la qualité chimique de quelques points d'eau pour lesquels nous disposons d'analyses anciennes (DDASS, 1988 et Lyonnaise (?), 1988) :

N° point d'eau	Réf.	Date	pH ■/l	Cond. µs/cm	COT ■g/l	Li ■g/l	Cl ■g/l	SO ₄ ■g/l	NO ₃ ■g/l	NH ₄ ■g/l
Puits de Mr Forest (P13)	DDASS Lyonnaise BRGM	05/88	-	681	-	0,07	24	123	16	0,04
		09/88	6,41	-	3,4	0,13	26	176	30	0
		05/90	7,22	556	3,0	<0,1	30	210	13	<0,1
Puits de Mr Barrellon (P1)	Lyonnaise BRGM	09/88	6,61	-	2,34	<0,025	12	91	52	0
		05/90	7,14	355	1,8	<0,1	13	57	77,5	<0,1
Puits de Mr Desbrosse (P7)	DDASS BRGM	05/88	-	464	-	<0,02	14	46	32	<0,01
		05/90	7,25	313	1,5	<0,1	10	73	45	<0,1

Aucune amélioration significative de la qualité n'est perceptible au cours des deux dernières années.

Par ailleurs, il n'a pas été possible de comparer les analyses de la DDASS avec celles du BRGM concernant l'étang des Ecrasés ou de Beaubernard (prélèvements réalisés à des profondeurs différentes). Toutefois, une comparaison a été tentée avec les données ECOPOL concernant le pH et le potentiel redox des étangs des Ecrasés et de Beaubernard (figure 20). Ces paramètres semblent montrer une amélioration de la qualité de ces deux plans d'eau.

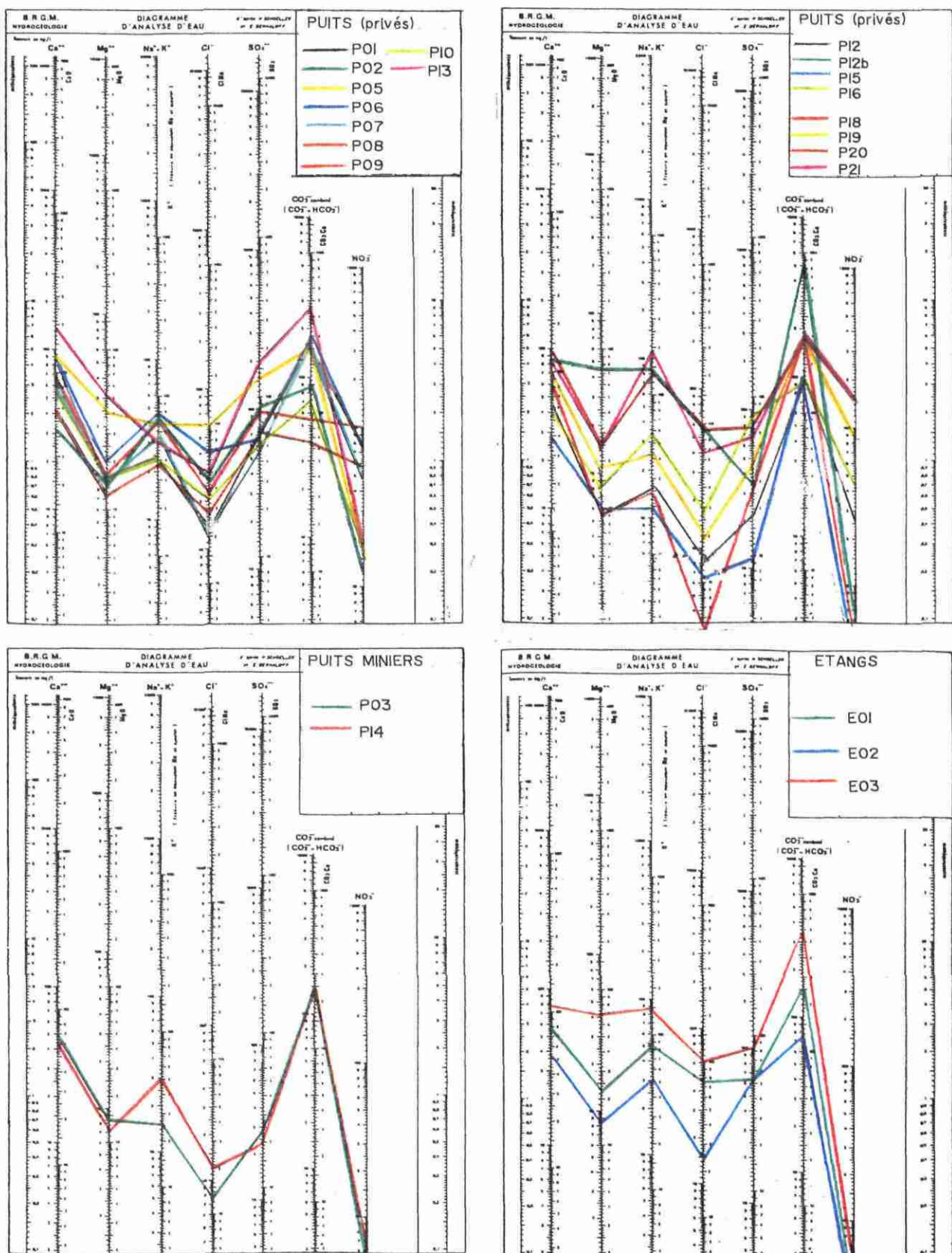


Figure 19 - Diagrammes d'analyses d'eau

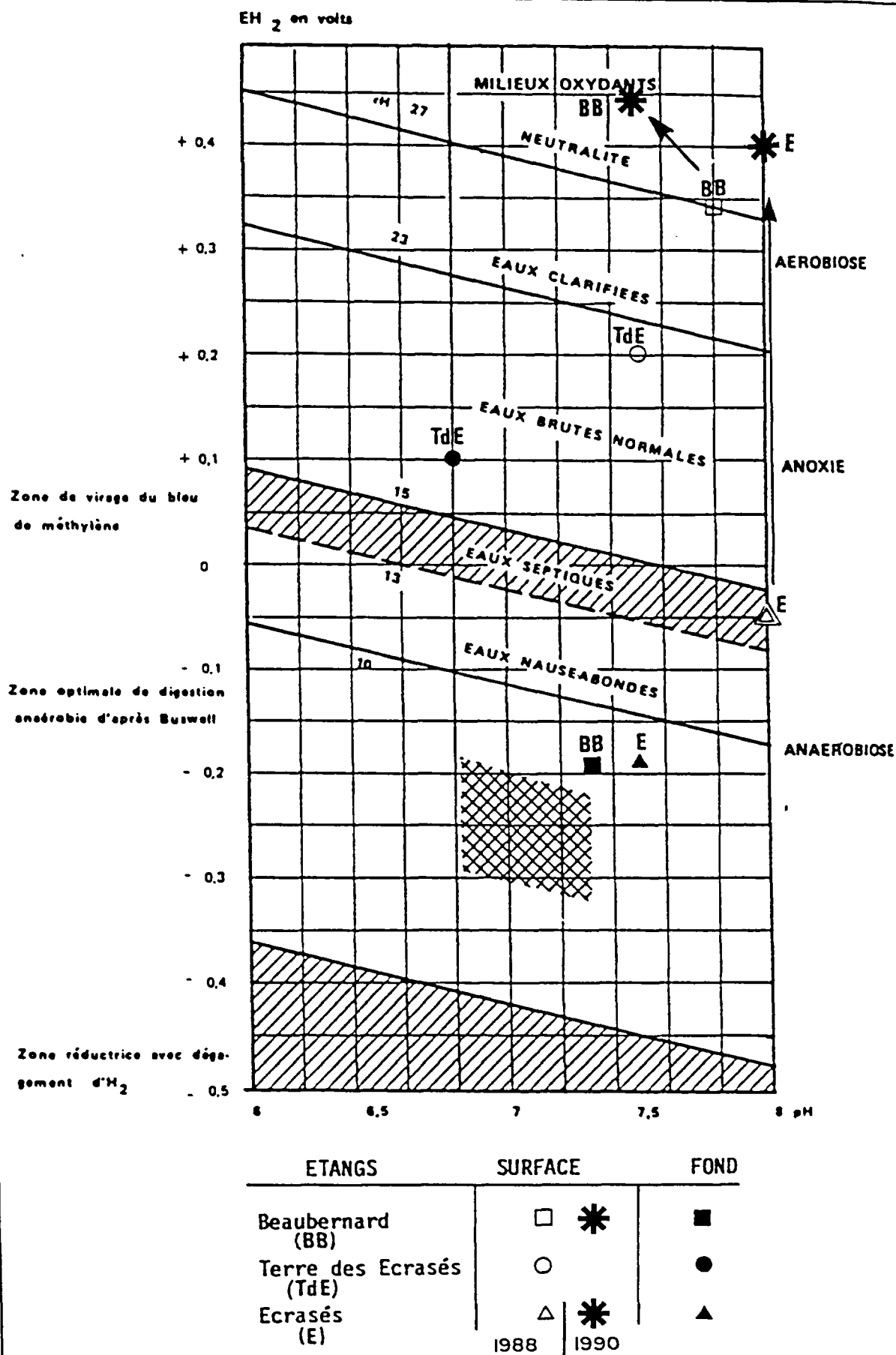


Figure 20 - Caractérisation des eaux par leur pH et leur potentiel d'oxydo-réduction

5. BILAN DES DEFAUTS DU CONFINEMENT GEOLOGIQUE ET EVALUATION GLOBALE DU RISQUE

Ce chapitre s'attache à réaliser la synthèse des diverses investigations précédemment conduites et des conclusions qui ont pu en être tirées. Cette synthèse est réalisée avec un objectif bien particulier : évaluer le risque que représente ces deux décharges vis-à-vis de la pollution des eaux souterraines environnantes et indirectement vis-à-vis de la santé des populations.

Cette démarche comporte deux aspects :

- un bilan des défauts du confinement,
- une évaluation globale du risque.

5.1. Bilan des défauts du confinement

5.1.1. LA DECHARGE DE DECHETS INDUSTRIELS

Le fond : il est constitué par les formations à dominante argileuse de Torcy, dont la perméabilité mesurée sur B1 et B6 est d'environ 10-9 à 10-10 m/s. Le fond ne pose pas de problème sous réserve qu'aucune faille transverse ne vienne affecter localement ces caractéristiques.

La bordure Nord-Ouest (côté cité du Château d'eau) : cette bordure est constituée de couches à dominante gréseuses très redressées et recouverte par des formations superficielles sur 10 à 12 mètres d'épaisseur. Cette bordure est également une zone intensivement faillée (direction SW-NE).

C'est une zone où les eaux d'infiltration en provenance de la butte du Château d'eau se mélangent avec les lixiviats de la décharge pour s'écouler vers le NE.

Une amélioration très notable pourrait être apportée par une paroi étanche réalisée sur toute cette bordure au niveau des formations superficielles, y compris la zone d'altération des grès.

Le contrôle de l'impact sur les eaux souterraines pourrait être appréhendé par des piézomètres supplémentaires situés au NE. Ce contrôle permettrait de savoir si une étanchéité complémentaire et plus profonde au niveau du substratum gréseux serait à mettre en oeuvre dans une deuxième phase.

La bordure Sud-Ouest (côté butte de la Glacière et Avenue de la République) : constituée par les formations à dominante argileuse, cette bordure recoupée par le B1 et B6 est relativement imperméable en profondeur, mais où les eaux d'infiltration superficielles en provenance de la butte de la Glacière se mélangent au lixiviat en provenance de la décharge, pour s'écouler vers le SE, c'est-à-dire en direction du C3 (à proximité duquel avait été observé, dans le passé, des suintements d'eau polluée).

Une amélioration très notable peut être également apportée par l'installation d'une paroi étanche au niveau des formations superficielles.

La bordure Nord-Est (côté étang Beaubernard) : installée dans des formations à dominante argileuse de Torcy, cette bordure ne pose pas de problème particulier, comme en témoigne le forage F3 (4 mètres d'altération argileuse, perméabilité de 2.10^{-8} m/s et faible pollution constatée).

La pollution de l'étang Beaubernard semble avoir eu pour origine le déversement accidentel direct de lixiviats par l'exploitant (cf. Livre Blanc DS.Environnement - 1988). Une paroi étanche pourrait toutefois être installée au niveau des altérations superficielles pour éviter tout cheminement d'eau préférentiel, à la faveur d'un éventuel banc de grès altéré.

La bordure Sud-Est (côté décharge d'ordures ménagères) : le forage C3 met clairement en évidence une fuite de "débordement" au niveau des formations superficielles, constituées ici principalement de remblais sur 7 mètres d'épaisseur.

Compte tenu de la perméabilité mesurée au niveau de ce forage (10^{-6} m/s) et des cotes piézométriques, il y a communication directe entre les deux décharges, la décharge de déchets industriels déversant son lixiviat dans la décharge d'ordures ménagères.

Par contre, cette bordure est plus imperméable au niveau du substratum. Le forage profond B2 est assez peu touché par la pollution comme les forages situés dans la direction structurale NE (C7, S6, P2, S4). Ce fait s'explique par l'alternance de couches d'argile entre les bancs de grès. Ces couches d'argiles qui, rappelons le, sont verticales, joueraient donc un réel rôle d'écran.

Là encore, l'amélioration du confinement serait possible avec la mise en place dans les formations superficielles d'une paroi étanche, placée uniquement aux environs du C3, mais inutile à partir du C2 où les lixiviats dans la décharge sont à une cote trop basse pour atteindre la base des formations superficielles et déborder ainsi dans la décharge d'ordures ménagères.

5.1.2. LA DECHARGE D'ORDURES MENAGERES

La décharge dite d'ordures ménagères, située au SE de la décharge de déchets industriels, pose les problèmes suivants :

Elle est située dans d'anciennes carrières au NW dans les grès de Montfaucon et au SE dans la série schisto-gréseuse carbonifère. La faille permienne qui sépare ces deux dernières formations passe au droit de la décharge. Ces séries gréseuses et schisto-gréseuses sont donc assez fracturées. Les perméabilités mesurées sur le B5, C5, P1, S2, S3 s'échelonnent de 10^{-5} à 10^{-9} m/s.

La décharge d'ordures ménagères recouvre d'anciens travaux miniers et notamment le puits Ségur ainsi que la zone d'affaissement minier provoquée par l'exploitation de "l'Amas Quetel". Cette dernière zone constitue une zone intensément fracturée avec des possibilités aquifères développées (4 m³/h sur le B3).

La décharge d'ordures ménagères est en communication avec l'étang des Ecrasés dont l'origine est liée aux mêmes affaissements miniers. Cette relation se fait par le réseau fissural engendré par ces affaissements.

La décharge d'ordures ménagères comble en partie l'étang des Ecrasés, rendant la communication encore plus directe. Le sondage F1 a confirmé cette communication (perméabilité des remblais : 8.10^{-5} m/s, CPGF - 1988).

5.2. Evaluation globale du risque de pollution

L'impact d'une décharge de déchets industriels sur le sous-sol et les eaux souterraines est difficile à évaluer à cause du nombre important de paramètres impliqués. Ces facteurs comprennent notamment la nature du déchet et les caractéristiques du sous-sol ; ainsi le risque vis-à-vis de l'environnement est d'autant plus grand que le déchet stocké est toxique pour l'homme, qu'il migre facilement et qu'il se concentre dans la chaîne alimentaire. Plus ce risque à la source est important, plus les paramètres géologiques assurant le confinement doivent être contraignants et adaptés.

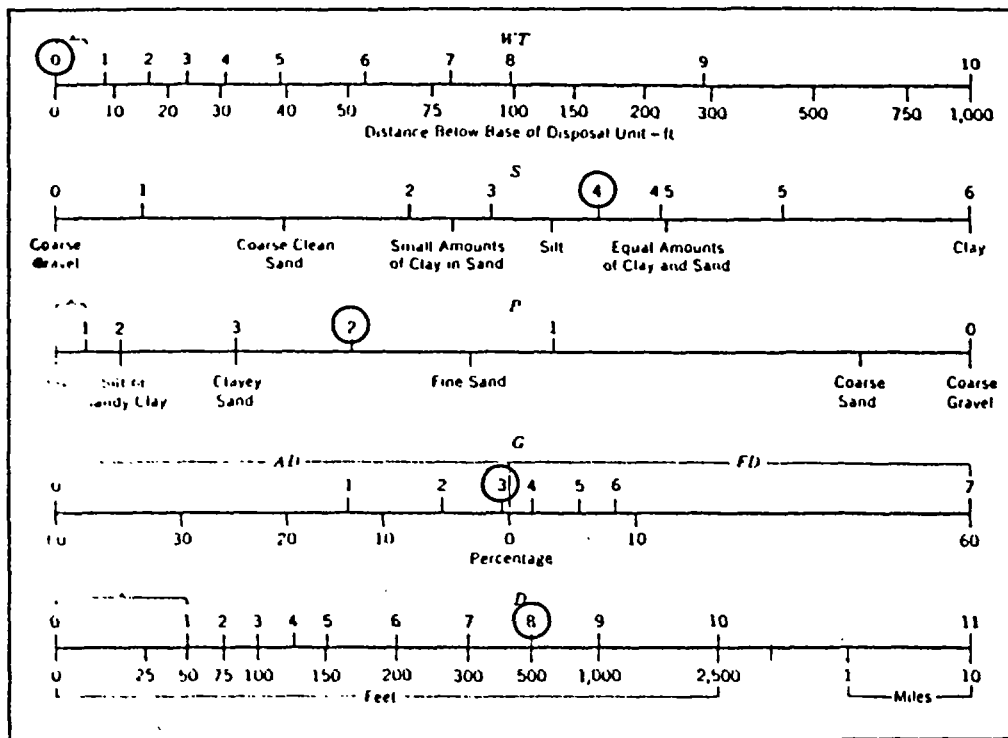
Il ne nous a pas été possible ici d'évaluer le risque à la source, c'est-à-dire au niveau du déchet ; celui-ci pourrait être évalué quantitativement à partir de certains paramètres selon la méthode Pavone et al., 1972 (toxicité pour l'homme, biodégradabilité, stabilité chimique, sorption, viscosité, solubilité, pH, etc.).

Par contre, les différents facteurs de risque liés au confinement géologique ont bien été appréhendés dans la présente étude. L'évaluation globale semi-quantitative selon la méthode de Legrand (1964) peut être appliquée.

Cette méthode est certes approximative, mais elle permet tout de même une approche plus objective du risque (à défaut d'une autre méthode plus élaborée).

Cette méthode est basée sur la quotation de quelques paramètres fondamentaux tels que la perméabilité, la profondeur du niveau de la nappe au droit du site, les capacités de sorption des formations géologiques, le gradient de la nappe et la distance du premier point d'eau utilisé.

Cette quotation a été réalisée selon les échelles données par Legrand (cf. figure 21). Le niveau de risque obtenu à partir de leur intégration pour le site de Montchanin est de 17, chiffre qui correspondrait à un niveau de risque assez faible (figure 21).



WT : niveau piezométrique
G : gradient hydraulique

S : sorption, P : perméabilité
D : distance du premier point d'eau

- ④ valeur retenue pour l'évaluation de la décharge de déchets industriels de Montchanin (71)

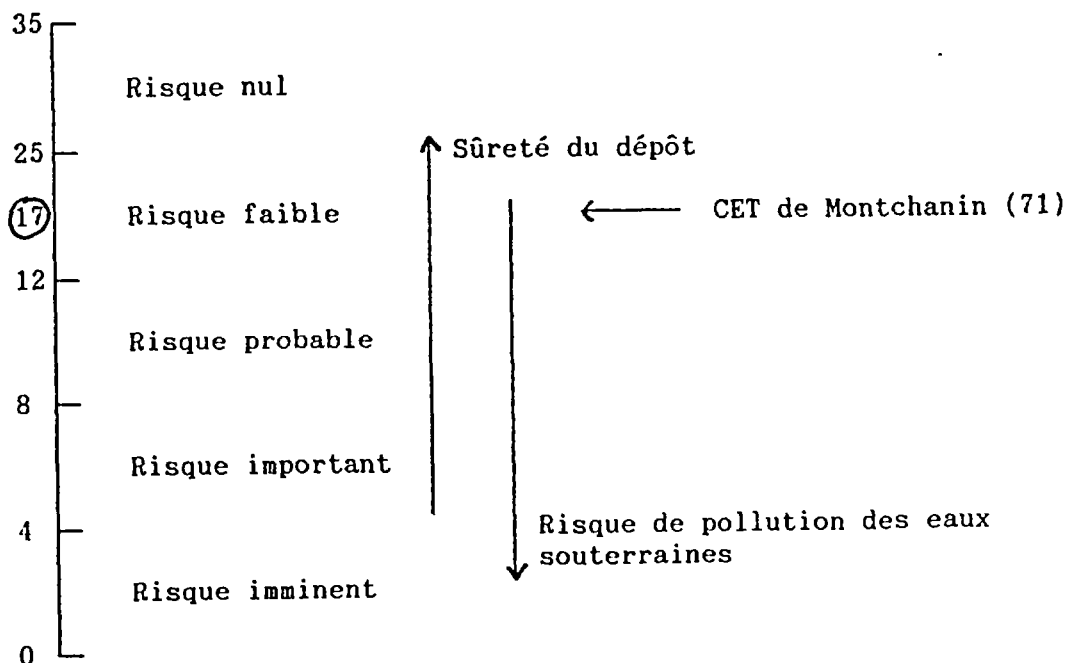


Figure 21 - Echelle de notation du risque - Legrand (1964)

CONCLUSIONS

- L'étude hydrogéologique a été conduite dans le but d'évaluer le flux de pollution susceptible de migrer hors du site de la décharge de déchets industriels et d'évaluer l'impact de ce flux sur les eaux souterraines environnantes .

Le contexte géologique local a montré l'existence d'une nappe phréatique peu productive, exploitée uniquement par de nombreux puits particuliers (arrosage des jardins et, plus rarement, abreuvement des animaux d'élevage).

L'existence de circulations d'eaux souterraines plus profondes n'ont pas été mises en évidence, sauf au niveau de la zone d'affaissements miniers, localisée au droit de la décharge d'ordures ménagères et de "l'Etang des Ecrasés". Ces dernières circulations d'eau sont en relation avec les eaux de l'Etang des Ecrasés et avec la nappe phréatique.

- La source de pollution a été caractérisée par l'étude du bilan hydrique. Celui-ci a mis en évidence un compartimentage de la décharge de déchets industriels, avec des niveaux piézométriques de lixiviats souvent élevés, mais évoluant différemment d'une alvéole à l'autre ; Les cotes piézométriques élevées préservent la décharge des apports d'eau latéraux. La qualité chimique de ces lixiviats est elle-même très variable d'un compartiment à l'autre, ce qui explique la difficulté de caractériser la pollution spécifiquement due à ce centre de stockage.

Par ailleurs, on constate que le flux potentiel de pollution qui peut être relargué à partir de la décharge de déchets industriels, est relativement assez modeste (240 équivalent habitants en DCO).

- Les niveaux piézométriques mesurés dans les terrains encaissants confirment les directions d'écoulement :
 - * sur la bordure des jardins de la cité des Châteaux d'eau, la direction d'écoulement se fait plutôt vers le NE,
 - * au niveau de la butte de La Glacière, l'écoulement est dirigé vers le SE,
 - * en aval de la décharge de déchets industriels, la direction générale d'écoulement se fait généralement vers le SE,
- La qualité des eaux mesurée sur les forages installés dans les terrains encaissants autour des décharges est très variable, en fonction de la nature des formations et de leur situation hydraulique par rapport aux décharges :

- On note généralement de plus fortes teneurs en bore, potassium, carbone organique total, lithium, en aval (SE du site), par rapport aux forages situés à l'amont, c'est-à-dire au niveau de la butte de La Glacière et dans les jardins de la cité du Château d'eau ; l'inverse se produit pour les teneurs en nitrates : les plus fortes valeurs sont observées dans les points d'eau en amont de la décharge de déchets industriels.

Ce premier constat permet de mettre en évidence quelques paramètres susceptibles de caractériser une éventuelle pollution issue des décharges, sous réserve qu'aucune autre pollution n'ait les mêmes caractéristiques.

- Le point C3, particulièrement pollué, confirme les relations entre décharges de déchets industriels et la décharge d'ordures ménagères par l'intermédiaire des formations superficielles (remblais).
- Quelques forages profonds B3, B4, se révèlent assez pollués. Le point B3 correspond à la zone fracturée d'affaissement minier au droit de la décharge d'ordures ménagères et de l'Étang des Ecrasés. Le forage B4, incliné à 60° met en évidence la nature à dominante gréseuse de la bordure NW de la décharge de déchets industriels. Le forage est situé à proximité du déchet (10 à 20 m).
- La grande variabilité dans les teneurs mesurées confirme la forte hétérogénéité du milieu encaissant des décharges.
- La qualité des eaux de la nappe phréatique de Montchanin est généralement mauvaise. Cette situation s'explique par la forte vulnérabilité de la nappe (surface de l'eau proche du sol) et par le contexte urbain. L'hétérogénéité des formations géologiques constituant cet aquifère (colluvions, substratum altéré, remblais) ainsi que la difficulté de caractériser la pollution relative aux décharges, font que l'impact des décharges sur cette nappe phréatique est difficile à mettre en évidence. Toutefois, on note fréquemment des valeurs plus fortes en potassium, bore, carbone organique total au SE des décharges, à l'aval hydraulique en direction du stade et de la ferme d'Avoise (à confirmer, cf Vol.IV).

BIBLIOGRAPHIE

- FEYS R. : Levers de surface entre Blanzky et Montchanin (Houillères du Bassin de Blanzky). BRGG. A 651.
- BRANCHER M., RENAUDIE P., REMOND C., VALENTIN J. : Recherche d'amas de charbon par prospection gravimétrique entre Blanzky et Montchanin (71), secteur Le Gratoux - Les Mésarmes. Rapport 83 SGN 221 BOU.
- PUTALLAZ J. : Nappe phréatique de Montchanin (Saône-et-Loire). Possibilités d'exploitation pour le chauffage (pompe à chaleur). Rapport 78 SGN 560 JAL.
- LALLEMAND-BARRES, SAUTER M. : Etude du bilan hydrique de décharges industrielles. Calcul du bilan hydrique. Rapport BRGM 86 SGN 624 EAU.
- LEGRAND E. (1964) : System for Evaluation of contamination Potential of some Waste Disposal Sites.
- ANRED (1986) : Evaluation des flux de lixiviats sur sites de décharge
- publication CEE Déc. 86.

ANNEXES

ANNEXE 1

DONNEES HYDROLOGIQUES ET LISTE DES DECHETS ADMIS

ANNEXE 1

**Données météorologiques et hydrologiques
du site de Montchanin (données ELIPOL)**

Mois	Pluies (mm)	Ruissellement (m3)	Lixiviat (m3)
01/1989	29	400	272
02/1989	39	340	221
03/1989	45	340	358
04/1989	145	1000	440
05/1989	55	450	304
06/1989	24	-	157
07/1989	78	800	136
08/1989	27	500	151
09/1989	79	1000	128
10/1989	33	-	107
11/1989	84	1700	197
12/1989	69	1100	261
01/1990	56	1050	282
02/1990	145	3700	615
03/1990	20	-	248
04/1990	63	700	154

RECAPITULATIF DES DECHETS ELIMINES A MONTCHIANIN
(1)

DESIGNATION DU DECHET EN CLAIR	CODE	TONNAGES DE DECHETS PAR ANNEE										TOTAL
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
SOLVANTS NON HALOGENES	C 122	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	57
BOUES DE PEINTURE	C 161	0	197	203	972	1114	0	213	201	15	8	2923
DECHETS DE PEINTURE	C 163	77	134	96	0	0	6564	8037	9787	26054	7581	58330
BOUES D'USINAGE AVEC HYDROCARBURES	C 171	0	0	14	0	56	232	1348	2283	2206	249	6388
BOUES D'USINAGE SANS HYDROCARBURES	C 172	0	37	58	0	0	0	35	44	35	39	248
COPEAUX PARTICULES METALLIQUES	C 181	0	0	0	0	0	0	868	1765	1175	454	4262
FIBRES D'AMIANTE	C 185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19
MACIEFERS	C 201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500
SUIES DE DEFOUSSIERAGE	C 202	0	0	0	0	0	16	189	1909	1157	22	3293
SCORIES DE DECRASSAGE	C 203	0	1346	9106	10102	9667	9128	4791	10098	11892	6559	72689
SABLES DE FONDERIE	C 204	0	0	0	361	1237	2304	1887	2639	2707	1338	12473
SS-PRODUITS DE FABRICATION ISSUS DE SYNTHESE ORGANIQUE	C 225	129	1395	446	625	1861	2004	3032	716	218	84	10510
DASES MINERALES RESIDUAIRES	C 242	0	0	0	12	852	0	0	0	0	0	864
BOUES DE CHAUX	C 243	1728	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1728
SULFATE DE CALCIUM	C 244	0	0	0	0	0	124	564	102	79	21	830
BOUES MINERALES	C 245	0	0	66	0	214	0	0	0	0	132	412
OXYDES METALLIQUES	C 261	0	0	0	0	0	26	33	44	76	19	198
SELS METALLIQUES	C 262	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	77
SELS MINERAUX RESIDUAIRES	C 264	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14
CATALYSEURS USES	C 265	0	0	40	0	0	0	60	0	0	0	100

RECAPITULATIF DES DECHETS ELIMINES A MONTCHIANIN
(2)

DESIGNATION DU DECHET EN CLAIR	CODE	TONNAGES DE DECHETS PAR ANNEE										TOTAL
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
BOUES D'HYDROXYDES DESHYDRATEES	C 281	6	1148	543	5136	2377	2888	11640	18994	23935	10992	77659
BOUES D'HYDROXYDES NON DESHYDRATEE	C 282	0	0	0	0	0	819	1446	12	3	3	2283
BOUES DE STEP	C 283	0	0	0	3410	6222	9566	9892	11715	14684	5790	61279
BOUES DE DECANTATION	C 284	111	413	446	172	247	0	441	603	2397	2713	7543
RESINES ECHANG. D'IONS	C 285	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	25
MATERIAUX SOUILLES DE POTS ORGANI.	C 302	0	220	1057	2432	0	3673	2329	550	7167	5746	23174
MATERIAUX SOUILLES DE POTS INORGAN	C 303	0	0	0	0	0	0	522	480	516	279	1797
MATERIELS SOUILLES	C 304	0	0	0	0	0	2878	7366	7568	18086	8588	44486
MATERIAUX SOUILLES	C 305	0	452	353	200	521	0	3	21	35	18	1603
LOUPES DE FABRICATION	C 321	27	140	0	0	0	700	406	300	186	76	1835
PILES USAGES	C 322	0	0	0	0	0	0	0	0	375	209	584
REDUTS D'UTILISATION	C 325	0	118	107	0	0	54	27	0	124	0	430
VERRE	C 800	0	0	0	0	0	0	0	39	85	59	183
PLASTIQUES	C 830	0	0	0	0	0	0	122	231	143	72	568
TOTAL		2078	5691	12535	23422	24368	40976	55333	70101	113350	52070	399924

ANNEXE 2

INVENTAIRE BANQUE DE DONNEES DU SOUS-SOL DU BRGM

22/06/1990

COUPES GEOLOGIQUES DE LA FEUILLE DE MONTCEAU LES MINES (X entre 760 et 765 Km, Y entre 193 et 19

NUMERO NATIONAL	NUMERO LOCAL	TYPE COUPE	PROF. DEBUT	PROF. FIN	STRATIGRAPHIE	LITHOLOGIE
05782X0021	S118	COUPE			STEPHANNIEN	SCHISTE, NOIR CARBONE
			.00	.40	QUATERNAIRE	SUPERF: TERRE
			.40	11.70	QUATERNAIRE	ALLUV: ROC/ARGILE, JAUNE/GRAVIER, MOYEN
			11.70	12.70	STEPHANNIEN	GRES, FIN CREME ARGILEUX
			12.70	15.30	STEPHANNIEN	GRES, GROSSIER FRIABLE
			15.30	17.70	STEPHANNIEN	GRES, MOYEN COMPACT ROSE; GALET
			17.70	57.60	STEPHANNIEN	PRE/GRES, GROSSIER/CONGLOMERAT, A-GALET NOIR/
			57.60	60.00	STEPHANNIEN	SCHISTE, NOIR CARBONE
			60.00	87.00	STEPHANNIEN	GRES, MOYEN SCHISTE
			87.00	91.95	STEPHANNIEN	PRE/GRES, MOYEN/SCHISTE/
			91.95	100.05	STEPHANNIEN	CHARBON, SCHISTEUX
		REC GEO		100.00	STEPHANNIEN	CHARBON, STEPHANNIEN
05782X0025	S122	COUPE	.00	2.00	QUATERNAIRE	ALLUV: ARGILE, SABLEUX FERRUGINEUX CALC
			2.00	4.00	QUATERNAIRE	ALLUV: SABLE, ARGILEUX
			4.00	7.00	QUATERNAIRE	ALLUV: SABLE; ARGILE
			7.00	9.00	STEPHANNIEN	GRES, ALTERE
			9.00	10.00	STEPHANNIEN	SCHISTE, ARGILEUX FONCE
			10.00	24.50	STEPHANNIEN	ALT/GRES, ALTERE/SCHISTE, CARBONE/
			24.50	39.60	STEPHANNIEN	ROC/GRES, GROSSIER/GRANITE, EN-GALET/
			39.60	62.40	STEPHANNIEN	SCHISTE; GRES
			62.40	62.90	STEPHANNIEN	CHARBON
			62.90	63.00	STEPHANNIEN	SCHISTE, CARBONE
			63.00	63.40	STEPHANNIEN	CHARBON
			63.40	63.60	STEPHANNIEN	CHARBON, SCHISTEUX
			63.60	64.00	STEPHANNIEN	CHARBON
			64.00	64.25	STEPHANNIEN	SCHISTE, CARBONE
			64.25	65.00	STEPHANNIEN	CHARBON
			65.00	65.20	STEPHANNIEN	SCHISTE, NOIR
			65.20	66.55	STEPHANNIEN	CHARBON
			66.55	68.10	STEPHANNIEN	SCHISTE, NOIR
			68.10	68.55	STEPHANNIEN	CHARBON
			68.55	69.15	STEPHANNIEN	SCHISTE
			69.15	69.45	STEPHANNIEN	CHARBON, A-VEGETAUX
			69.45	70.20	STEPHANNIEN	SCHISTE
			70.20	70.32	STEPHANNIEN	CHARBON
			70.32	70.35	STEPHANNIEN	SCHISTE, CARBONE
			70.35	70.50	STEPHANNIEN	CHARBON
05782X0025	S122	COUPE	70.50	78.30	STEPHANNIEN	ALT/GRES/SCHISTE/
			78.30	78.80	STEPHANNIEN	CHARBON
			78.80	113.80	STEPHANNIEN	ALT/GRES/SCHISTE/
		REC GEO		113.80	STEPHANNIEN	GRES, SCHISTE, STEPHANNIEN
05782X0026	S123	COUPE	.00	.30	QUATERNAIRE	SUPERF: TERRE
			.30	3.00	QUATERNAIRE	ALLUV: ARGILE, SABLEUX OCRE JAUNE
			3.00	3.40	QUATERNAIRE	ALLUV: ARGILE; GALET
			3.40	4.00	QUATERNAIRE	ALLUV: ARGILE, SABLEUX GRIS
			4.00	4.60	STEPHANNIEN	GRES, GROSSIER ALTERE
			4.60	5.70	STEPHANNIEN	PERTE
			5.70	6.10	STEPHANNIEN	ARGILE, SABLEUX GRIS
			6.10	7.40	STEPHANNIEN	GRES, ALTERE
			7.40	8.70	STEPHANNIEN	PERTE
			8.70	8.90	STEPHANNIEN	GRES, ALTERE
			8.90	9.20	STEPHANNIEN	ARGILE, GRIS
			9.20	11.70	STEPHANNIEN	GRES, GROSSIER ARKOSTIQUE
			11.70	17.20	STEPHANNIEN	GRES, GROSSIER ARKOSTIQUE; GALET
			17.20	100.20	STEPHANNIEN	GRES, GROSSIER ARKOSTIQUE
		REC GEO		100.20	STEPHANNIEN	GRES, STEPHANNIEN

ANNEXE 3

Liste et caractéristiques principales des
ouvrages de recherche d'eau souterraine

LISTE DES POINTS D EAU DE LA FEUILLE MONTCEAU LES MINES (No 578).

NUM--BRGM	design	DPT	COMMUNE	LIEU-DIT	X (Km)	Y (Km)	PROF (M)	NATURE
05781X0017	SOURCE	71	CHARMOY	SCE DU CHAMP VALLET	751.68	198.62		SOURCE
05781X0018	SOURCE	71	CHARMOY	SCES NORD DU RONDIN BOIS	752.00	200.25		SOURCE
05785X0026	S	71	MONTCEAU-LES-MINES	ZONE NORD DUPLESSIS	756.78	188.64	8.50	SONDAGE
05785X0053	S1	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	753.74	187.70	12.00	FORAGE
05785X0054	S2	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	753.55	187.95	12.00	SONDAGE
05785X0055	S3	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	753.54	188.32	12.00	SONDAGE
05785X0056	S4	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	753.15	188.19	9.00	SONDAGE
05785X0057	S5	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	753.72	188.32	9.00	SONDAGE
05785X0058	S6	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	753.70	188.42	12.00	SONDAGE
05785X0059	S7	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	754.26	188.50	12.00	SONDAGE
05785X0060	S8	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	753.80	188.97	12.00	SONDAGE
05785X0061	S9	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	754.07	189.19	9.00	SONDAGE
05785X0062	S10	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	754.01	189.29	9.00	SONDAGE
05785X0063	S11	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	754.29	189.38	9.00	SONDAGE
05785X0064	S12	71	MONTCEAU-LES-MINES	HOUILLERES	754.42	189.49	9.00	SONDAGE
05785X0607	ETUDE	71	SAINT-RCHAIN-SOUS-GOURDON	SCE DE SERIGNY	757.29	182.91		SOURCE
05786X0007	PUITS	71	GOURDON	PUITS COMMUNAL, PLAC E DE L'EGLISE	761.49	184.55		PUITS
05786X0008	SOURCE	71	GOURDON	CHAMP ROUSSEAU	761.23	184.82		SOURCE
05786X0009	SOURCE	71	MONT-SAINT-VINCENT	SCE DU REUIL	764.13	183.23		SOURCE
05786X0011	SOURCE	71	MARIGNY	SCE DU CHATEAU BANQUE DES DONNEES DU SOUS-SOL FRANCAIS. BRGM.	762.20	187.70		SOURCE
05786X0012	SOURCE	71	MARIGNY	SCE DES BOIS DE BUSS IERES	762.25	187.40		SOURCE
05787X0036	ETUDE	71	JONCY	HAMEAU DE LA VALETTE	769.15	182.55		COMMUNE
05788X0023	PUITS	71	GENOUILLY	"SOURCE DES NEUF FON TAINES" PUIITS	772.40	186.80		PUITS

ANNEXE 4

RESULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX SUR LES SONDAGES DU SITE

Refer. Ech.	No	Ca	Mg	Na	K	HCO3	CO3	CL	SO4	NO3	NH4	NO2
Refer. Ech.	UNIT	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L
	BINF	0.2	0.2	0.1	0.3	6.	6.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01
	BSUP	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.	10000.	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.00
H2	0001	41.5	15.0	26.0	2.5	189.	-6.	11.0	40.0	8.0	-0.1	-0.01
H3	0002	171.0	83.0	26.0	11.5	913.	-6.	33.2	13.5	-0.1	0.2	-0.01
H5	0003	134.0	73.0	67.0	10.5	509.	-6.	96.0	190.0	-0.1	-0.1	-0.01
C1	0004	90.5	28.0	35.0	12.8	398.	-6.	13.0	63.0	1.5	-0.1	-0.01
C3	0005	105.0	34.3	880.0	75.0	913.	-6.	1110.0	118.0	-0.1	3.7	-0.01
C4	0006	48.0	6.0	12.3	2.0	85.	-6.	14.0	39.0	65.0	0.2	0.18
C6	0007	87.2	32.7	18.0	6.3	404.	-6.	11.4	32.5	2.2	-0.1	-0.01
C7	0008	70.0	36.0	25.0	6.0	435.	-6.	13.3	27.0	0.5	-0.1	-0.01
C8	0009	20.0	4.4	9.0	3.3	83.	-6.	12.8	10.0	-0.1	-0.1	0.03
C9	0010	24.7	4.0	20.0	2.0	42.	-6.	18.6	51.0	21.8	0.3	0.23
F1	0011	160.0	140.0	41.0	8.2	828.	-6.	88.0	225.0	-0.1	-0.1	-0.01
F3	0012	53.0	30.0	28.0	4.2	340.	-6.	21.0	21.0	1.2	-0.1	-0.01
P1	0013	91.5	50.2	20.5	3.0	356.	-6.	11.7	167.0	0.7	-0.1	-0.01
P2	0014	8.3	3.6	14.6	1.5	33.	-6.	4.5	28.5	5.3	-0.1	0.02
S2	0015	172.0	66.0	111.0	7.2	563.	-6.	292.0	29.5	1.7	0.4	0.16
S4	0016	67.0	23.5	37.5	7.0	354.	-6.	25.0	9.7	1.2	0.2	0.07
S6	0017	17.0	3.6	6.5	1.6	44.	-6.	3.6	28.0	6.2	0.2	0.01
NORME CEE		50		150	12	200		250	50	0,5	0,5	
Refer. Ech.	No	F	PO4	SI02	AL	FE	MN	CD	CU	ZN	B	CR
Refer. Ech.	UNIT	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	uG/L	uG/L	uG/L	uG/L	uG/L	uG/L
	BINF	0.1	0.1	0.5	0.1	0.05	5.	5.	20.	5.	20.	20.
	BSUP	10000.0	10000.0	1000.0	10000.0	10000.00	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.
H2	0001	0.5	-0.1	22.7	0.1	0.13	22.	-5.	-20.	151.	28.	-20.
H3	0002	2.0	0.1	35.8	-0.1	6.90	672.	-5.	-20.	653.	472.	-20.
H5	0003	1.5	-0.1	15.0	-0.1	11.20	710.	-5.	-20.	120.	216.	-20.
C1	0004	0.5	-0.1	16.7	-0.1	-0.05	133.	-5.	-20.	20.	107.	-20.
C3	0005	39.0	0.6	20.5	0.3	1.55	710.	-5.	-20.	9.	817.	-20.
C4	0006	-0.1	-0.1	13.3	-0.1	-0.05	67.	-5.	-20.	34.	30.	-20.
C6	0007	0.5	-0.1	15.7	0.1	-0.05	450.	-5.	-20.	9.	100.	-20.
C7	0008	0.5	-0.1	18.7	0.2	-0.05	48.	-5.	-20.	17.	137.	-20.
C8	0009	-0.1	0.1	8.8	0.3	0.70	122.	-5.	-20.	27.	30.	-20.
C9	0010	-0.1	-0.1	23.5	-0.1	0.06	160.	-5.	-20.	34.	33.	-20.
F1	0011	2.2	-0.1	13.5	0.2	0.09	710.	-5.	-20.	10.	454.	-20.
F3	0012	0.4	-0.1	14.3	0.2	-0.05	40.	-5.	-20.	8.	320.	-20.
P1	0013	1.0	-0.1	9.7	0.2	-0.05	623.	-5.	-20.	10.	106.	-20.
P2	0014	-0.1	0.3	31.0	0.3	0.07	23.	-5.	-20.	16.	-20.	-20.
S2	0015	2.0	0.6	23.5	-0.1	-0.05	654.	-5.	-20.	1200.	276.	-20.
S4	0016	0.5	-0.1	25.0	0.8	0.85	290.	-5.	-20.	2300.	76.	-20.
S6	0017	-0.1	-0.1	20.5	0.5	1.00	130.	-5.	-20.	1800.	27.	-20.
NORME CEE		700		0,2		200	50	5	50	5000	1000	50

Refer. Ech.	No	CU	NI	SR	AG	HA	LI	PI	CO(M)	C.or
Refer. Ech.	UNIT	uG/L	uG/L	MG/L	uG/L	uG/L	MG/L	uG/L	uS	MG/L
	BINF	20.	20.	0.01	5.	5.	0.1	0.1	0.1	0.5
	BSUP	10000.	10000.	10000.00	10000.	10000.	10000.0	14.0	10000.0	1000.0
H2	0001	-20.	-20.	0.35	-5.	233.	0.1	8.2	255.	2.5
H3	0002	-20.	-20.	0.17	-5.	198.	0.2	---	---	5.1
H5	0003	-20.	-20.	0.51	-5.	130.	0.2	3.3	818.	5.4
C1	0004	-20.	-20.	0.42	-5.	208.	-0.1	---	---	1.7
C3	0005	-20.	-20.	0.45	-5.	515.	-0.1	---	---	270.0
C4	0006	-20.	-20.	0.18	-5.	140.	-0.1	7.7	316.	1.5
C6	0007	-20.	-20.	0.26	-5.	232.	-0.1	---	---	5.0
C7	0008	-20.	-20.	0.54	-5.	285.	0.2	7.8	625.	1.7
C8	0009	-20.	-20.	0.06	-5.	115.	-0.1	---	---	14.0
C9	0010	-20.	-20.	0.10	-5.	112.	-0.1	---	---	1.1
F1	0011	-20.	-20.	1.08	-5.	107.	0.2	6.9	100.	6.5
F3	0012	-20.	-20.	0.51	-5.	230.	0.5	---	---	-0.5
P1	0013	-20.	-20.	0.21	-5.	47.	-0.1	---	---	2.5
P2	0014	-20.	-20.	0.06	-5.	112.	-0.1	---	---	-0.5
S2	0015	-20.	-20.	0.52	-5.	700.	0.2	---	---	21.0
S4	0016	-20.	-20.	0.58	-5.	240.	0.2	---	---	1.2
S6	0017	-20.	-20.	0.07	-5.	110.	-0.1	---	---	1.6
NORME CEE		50		10	100	600				

ANNEXE 5

X	Y	Z	Lieu-dit	Nom propriétaire	Situation morphologique structure	Hauteur margelle/ sol (m)	Débit l/s	Prof. (m)	NS (m)	Super Structure	Utilisation	T degré C	Cond. µs/cm	pH	eH mV	Couleur	Odeur
SOURCES																	
S 4	762,003	196,003	315	Terre des Essarts	-	Vallon	≈ 0				bétail	6.3	420	7.7	160	trouble	légère
S 7	761,210	194,660	306	La Favée du Haut	-	Dépression dans pré	≈ 0				bétail	5.7	78	6.7	115	claire	oui
S 8	762,737	194,825	304	Les Morands	-	Vallon	≈ 0				bétail	13	89	7.5	287	jaune	nauséabonde
S10	761,5	199,7	315	S de la Marquise	-	Dépression dans pré	≈ 0				bétail	7	300	6.9	180	jaune	
S11	763,8	199,425	313	Champ Grillot	-	Vallon	inf0,5				bétail	7.8	46	8.3	389	jaune	
PUITS																	
P 1	763,187	196,950	325	45 Avenue de la Libération	Barellon	0,55			3,40		jardin	10.2	355	7.1	406	sans	sans
P 2	762,612	197,425	346	Le Thiellay	-	0,60			7,15		non utilisé	11.2	262	7.7	339	incolore	inodore
P 5	763,075	196,650	320	1, Rue de Mâcon	Lagrange	0,13		> 25	1,20		jardin	11.4	453	6.2	401		
P 6	762,945	196,387	333	Le Bureau	Maira	0,70			1,64			8.8	366	6.8	472	incolore	inodore
P 7	762,675	197,225	350	13 Avenue de la République	Desbrosses	0,60			5,58		jardin	10.0	313	7.2	458	incolore	inodore
P 8	763,475	195,750	310	29 Rue de Mâcon	Briel	?		14	?	pompe	jardin+bét.	10.5	241	5.7	465	incolore	inodore
P 9	763,075	196,050	320	118 Avenue de la République	Perri	0,33		6,4	2,73		jardin	9.4	338	6.1	446	incolore	inodore
P10	763,312	196,0	310	Rue de Mâcon	Ex.Fribourg	0,70			1,78		bétail	8.2	216	6.3	449		
P11	765,187	197,775	312	Les Fautoux		0,0			≈ 0		jardin	9.3	128	5.9	443	irisée	
P12	763,925	198,275	330	Pts Ste Barbe	Kunicki	0,0			0,6		jardin	8.5	566	7.2	434	irisée en surf.	
P12B	763,1	197,925	330	Le Chêne au Chapon	Virey	0,8			4,98								
P13	763,625	197,600	320,50	6 Imp. Minard	Forest	0,5			3,35			9.3	556	7.2	494	incolore	inodore
P14	761,162	198,40	330	La Marquise		0		> 50	3,30		mine	13.6	220	7.5	200	incolore	H2S
P15	761,17	198,405	330	La Marquise		0,0		?	0,90			8.8	129	6.7	367	claire	H2S
P16	762,575	196,2	321	32 Rue Lamartine	Fribourg	0,10		6	1,47		jardin,vol.	10.3	281	6.7	456	incolore	inodore
P18	764,59	197,30	317	Rte du Pont Jeanne Rose	Verstoff			6		pompe		11	240	7.6	449	incolore	inodore
P19	763,25	197,1		Av de la Libération	Larnaca	0,75			2,20			9.8	330	7.9			
P20	763,40	196,9	325	11 Rue d'Anjou	Briel	0,90		6,5	2,0	pompe à main		10	566	8.0		claire	
P21	763,675	196,550	320	Ferme d'Avoise						pompe élec. ancienne	non utilisé	10.3	559	8.0		claire	inodore
EAUX SUPERFICIELLES																	
E 1	763,113	197,662		Etang de Beaubernard	Beaubernard							9	326	7.5	459	jaune	
E 2	764,675	197,475	310	Etang de Longpendu								10.4	210	7.7	427	trouble	inodore
E 3	762,912	197,075		Etang des Ecrasés	Elipol							10	545	8.4	405		
E 4	763,65	196,475	313	Avoise								12.2	677	8.0	369	claire	sans
E 5	761,25	196,30	≈305			rigole						8.2	166	7.3	492	claire	sans

	Refer. Ech.	No	Re	CR	CO	NI	SR	AG	BA	LI	NH4	NO3	C.or
	Refer. Ech.	UNIT	uG/L	uG/L	uG/L	uG/L	MG/L	uG/L	uG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L
		BINF	5.	20.	20.	20.	0.01	5.	5.	0.1	0.1	0.1	0.5
		BSUP	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.00	10000.	10000.	10000.0	10000.0	10000.0	1000.0
puits	P01	0001	-5.	-20.	-20.	-20.	0.25	-5.	54.	-0.1	-0.1	77.5	1.8
	P02	0002	-5.	-20.	-20.	55.	0.12	-5.	30.	-0.1	-0.1	11.6	0.9
	P03	0003	-5.	-20.	-20.	-20.	0.10	-5.	35.	-0.1	0.3	-0.1	10.4
	P05	0004	-5.	-20.	-20.	-20.	0.33	-5.	30.	0.1	-0.1	15.5	2.4
	P06	0005	-5.	-20.	-20.	-20.	0.19	-5.	32.	-0.1	-0.1	79.3	3.0
	P07	0006	-5.	-20.	-20.	-20.	0.14	-5.	58.	-0.1	-0.1	45.0	1.5
	P08	0007	-5.	-20.	-20.	-20.	0.16	-5.	33.	-0.1	-0.1	56.6	1.0
	P09	0008	11.	-20.	-20.	-20.	0.25	-5.	43.	0.1	-0.1	101.0	1.3
	P10	0009	-5.	-20.	-20.	-20.	0.12	-5.	42.	-0.1	0.2	16.4	2.4
	P11	0010	-5.	-20.	-20.	-20.	0.08	-5.	60.	-0.1	-0.1	20.7	1.7
	P12	0011	-5.	-20.	-20.	-20.	0.10	-5.	30.	-0.1	-0.1	24.2	3.3
	P12B	0012	-5.	-20.	-20.	-20.	0.44	-5.	75.	0.2	0.1	4.0	5.0
	P13	0013	-5.	-20.	-20.	-20.	0.80	-5.	51.	-0.1	-0.1	13.4	3.0
	P14	0014	-5.	-20.	-20.	-20.	0.26	-5.	26.	-0.1	0.5	-0.1	5.1
	P15	0015	-5.	-20.	-20.	-20.	0.06	-5.	15.	-0.1	-0.1	1.1	3.7
eau du robinet	P16	0016	-5.	-20.	-20.	-20.	0.14	-5.	54.	0.2	-0.1	41.5	1.8
	P17	0017	-5.	-20.	-20.	-20.	0.03	-5.	194.	-0.1	-0.1	3.0	1.0
puits	P18	0018	-5.	-20.	-20.	-20.	0.13	-5.	30.	-0.1	-0.1	2.3	1.5
	P19	0019	-5.	-20.	-20.	-20.	0.14	-5.	35.	-0.1	-0.1	86.0	6.2
eaux de surface	P20	0020	-5.	-20.	-20.	-20.	0.32	-5.	113.	-0.1	-0.1	137.0	8.0
	P21	0021	-5.	-20.	-20.	-20.	0.31	-5.	23.	-0.1	-0.1	148.0	3.8
sources	E01	0022	-5.	-20.	-20.	-20.	0.22	-5.	76.	-0.1	0.4	0.9	5.8
	E02	0023	-5.	-20.	-20.	-20.	0.11	-5.	35.	0.1	1.1	0.9	8.1
	E03	0024	-5.	-20.	-20.	-20.	0.53	-5.	43.	-0.1	0.2	2.5	5.6
	E04	0025	-5.	-20.	-20.	-20.	0.32	-5.	51.	-0.1	0.7	7.1	5.6
sources	S03	0026	-5.	-20.	-20.	-20.	0.12	-5.	37.	-0.1	0.1	4.2	5.1
	S04	0027	-5.	42.	-20.	-20.	0.46	-5.	26.	-0.1	0.2	-0.1	7.8
	S07	0028	-5.	62.	-20.	-20.	0.05	-5.	14.	-0.1	0.2	15.0	2.0
	S11	0029	-5.	50.	-20.	-20.	0.03	-5.	18.	-0.1	-0.1	-0.1	7.0
NORME CEE			50			50			100			0,5	50

LE(S) ELEMENT(S) SUIVANT(S) ONT ETE ANALYSE(S) DANS LE LABO : ANAL.EAUX
Ca :Calcium Mg :Magnesium Na :Sodium K :Potassium
SiO2:Silice AL :Alumine (ICP) FE :Fer MN :Manganese
CD :Cadmium CU :Cuivre ZN :Zinc R :Bore
Be :Beryllium CR :Chrome CO :Cobalt NI :Nickel
SR :Strontium AG :Argent BA :Baryum LI :Lithium
NH4 :Ammonium NO3 :Nitrate C.or:C.organique

NO2 < 0.01MG/L SAUF P3=0.02;P11=0.11;E1=0.06;E2=0.05;E3=0.1;
S1=0.2;S3=0.04;S7=0.04 ET S11=0.01MG/L .
FLACON VERR ECHANTILLON P7 CASSE : COT ANALYSE DANS FLACON POLYETHYLENE.

METHODES ANALYTIQUES:

ICP (AQ..../ANA...MO):dosage de certains elements majeurs et traces.
Absorption atomique au four (A00127/ANA019MO):dosage elements infratraces.
Absorption atomique en flamme:dosage d'elements en forte concentration.
Chromatographie ionique (AQ..../ANA...MO):dosage d'anions.
Autres:colorimetrie,potentimétrie,volumétrie,conductimétrie,infra-rouge.

RESULTATS:

Les limites de detection sont fonction de la methode et du coefficient de dilution utilises.
Une valeur negative doit etre consideree comme inferieure a la limite(BINF).
Une valeur egale a la limite superieure de dosabilite doit etre consideree comme superieure ou egale a la limite.
Les elements majeurs sont donnees avec une precision de 5% relative,les elements traces avec 10%,pour des valeurs en milieu de gamme.

	Refer. Ech.	No	Ca	Mg	Na	K	SiO2	AL	FE	MN	CD	CU	ZN	B
	Refer. Ech.	UNIT	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	UG/L	UG/L	UG/L	UG/L	UG/L	UG/L
		BINF	0.2	0.2	0.1	0.3	0.5	0.1	20.	5.	5.	20.	5.	20.
		BSUP	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.
puits	P01	0001	99.0	9.3	11.5	13.5	11.5	-0.1	-20.	-5.	-5.	-20.	30.	92.
	P02	0002	45.0	7.8	34.0	9.8	9.5	-0.1	40.	-5.	-5.	-20.	10.	76.
	P03	0003	45.6	8.2	8.7	5.4	10.8	-0.1	472.	94.	-5.	-20.	11.	50.
	P05	0004	93.0	24.7	32.7	6.0	35.5	-0.1	74.	13.	-5.	-20.	42.	102.
	P06	0005	75.0	12.3	32.0	12.4	19.5	-0.1	23.	-5.	-5.	-20.	32.	125.
	P07	0006	68.3	8.3	15.3	18.0	14.5	-0.1	34.	-5.	-5.	-20.	66.	132.
	P08	0007	42.6	7.3	15.0	6.8	30.5	-0.1	-20.	15.	-5.	302.	465.	26.
	P09	0008	59.0	9.2	32.6	7.5	40.0	-0.1	88.	6.	-5.	-20.	60.	89.
	P10	0009	32.3	8.4	20.0	3.5	40.0	-0.1	400.	78.	-5.	-20.	47.	63.
	P11	0010	18.3	4.2	14.8	2.5	20.0	-0.1	-20.	11.	-5.	-20.	-5.	26.
	P12	0011	42.2	5.3	7.0	8.5	23.8	0.1	60.	-5.	-5.	-20.	54.	72.
	P12R	0012	84.0	43.0	79.0	4.5	25.0	-0.1	620.	546.	-5.	-20.	12.	85.
eau du robinet	P13	0013	142.0	32.0	24.5	5.3	22.2	-0.1	22.	-5.	-5.	210.	28.	83.
	P14	0014	45.3	6.6	20.2	9.7	19.2	-0.1	31.	34.	-5.	-20.	-5.	91.
	P15	0015	27.8	5.7	7.5	3.3	19.5	-0.1	98.	21.	-5.	-20.	8.	36.
puits	P16	0016	44.0	7.6	30.8	3.0	51.5	-0.1	22.	6.	-5.	-20.	51.	59.
	P17	0017	11.3	0.9	4.5	1.0	10.0	0.1	150.	14.	-5.	-20.	43.	-20.
	P18	0018	65.0	5.4	8.7	5.4	10.0	-0.1	66.	-5.	-5.	-20.	585.	48.
eaux de surface	P19	0019	77.0	10.5	9.0	17.2	21.0	-0.1	40.	-5.	-5.	-20.	15.	118.
	P20	0020	107.0	14.6	32.8	48.0	29.0	-0.1	27.	-5.	-5.	-20.	9.	48.
	P21	0021	91.0	14.0	31.3	79.0	18.7	-0.1	-20.	-5.	-5.	67.	103.	130.
sources	E01	0022	56.0	13.3	42.0	8.5	6.8	-0.1	75.	310.	-5.	-20.	-5.	130.
	E02	0023	39.3	8.3	25.0	5.8	1.5	0.2	420.	78.	-5.	-20.	-5.	113.
	E03	0024	78.4	40.6	71.0	14.2	5.0	-0.1	24.	59.	-5.	-20.	-5.	350.
NORME CEE	E04	0025	135.0	41.0	38.2	17.8	13.8	-0.1	463.	253.	-5.	-20.	-5.	293.
	S03	0026	25.7	4.7	16.8	2.3	4.7	-0.1	800.	18.	-5.	-20.	-5.	63.
	S04	0027	86.0	31.2	28.0	5.8	15.8	0.2	444.	117.	-5.	-20.	-5.	160.
	S07	0028	11.4	2.2	9.0	1.6	14.5	-0.1	97.	16.	-5.	-20.	-5.	-20.
	S11	0029	7.4	1.7	4.0	1.2	6.2	0.3	1260.	225.	-5.	-20.	-5.	-20.
NORME CEE			100	50	150	12		0,2	200	50	5	100	500	1000

Refer. Ech.	No	CL	S04	C03	HC03	P04
Refer. Ech.	UNIT	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L
	BINF	0.1	0.1	6.	6.	0.1
	BSUP	10000.0	10000.0	10000.	10000.	10000.0
P01	0001	13.0	57.0	-6.	195.	-0.1
P02	0002	26.8	106.0	-6.	88.	-0.1
P03	0003	7.7	30.0	-6.	155.	0.2
P05	0004	60.0	166.0	-6.	164.	-0.1
P06	0005	39.0	67.0	-6.	160.	-0.1
P07	0006	10.5	73.2	-6.	152.	0.6
P08	0007	16.2	72.0	-6.	40.	-0.1
P09	0008	23.2	100.5	-6.	55.	0.6
P10	0009	20.0	62.5	-6.	70.	0.2
P11	0010	15.0	18.0	-6.	44.	0.3
P12	0011	4.0	23.0	-6.	107.	2.0
P12B	0012	55.0	33.4	-6.	508.	-0.1
P13	0013	30.0	210.0	-6.	235.	-0.1
P14	0014	11.3	24.3	-6.	175.	0.4
P15	0015	6.3	11.5	-6.	114.	0.1
P16	0016	16.2	96.0	-6.	95.	0.8
P17	0017	9.2	5.0	-6.	27.	-0.1
P18	0018	3.3	36.3	-6.	203.	-0.1
P19	0019	11.6	46.3	-6.	174.	3.3
P20	0020	56.0	80.0	-6.	195.	4.5
P21	0021	40.0	69.0	-6.	205.	3.3
F01	0022	45.2	64.6	-6.	170.	0.1
F02	0023	14.0	64.2	-6.	80.	0.7
E03	0024	61.2	100.0	-6.	351.	-0.1
E04	0025	42.1	285.0	-6.	350.	1.7
S03	0026	12.7	43.0	-6.	61.	-0.1
S04	0027	10.8	103.0	-6.	337.	-0.1
S07	0028	5.3	5.0	-6.	38.	-0.1
S11	0029	2.0	5.0	-6.	30.	-0.1



**AGENCE NATIONALE POUR LA RÉCUPÉRATION
ET L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS**

centre d'enfouissement technique de Montchanin (71)

**étude de sûreté du confinement
géologique du site**

**volume IV : "note complémentaire
sur les résultats d'analyses de composés
organiques dans les eaux souterraines"**

**octobre 1990
R 31 031**

**BRGM
SERVICES SOL ET SOUS-SOL
Département Environnement et Risques
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél. : (33) 38.64.34.34**

**BRGM BOURGOGNE
32, Boulevard Maréchal Joffre - 21000 Dijon
Tél. : (33) 80.72.42.31**

INTRODUCTION

L'étude hydrogéologique du site de la décharge de Montchanin (71) a confirmé la présence d'une nappe phréatique peu productive exploitée uniquement par de nombreux puits particuliers (arrosage des jardins, abreuvement des animaux d'élevage).

L'étude de la qualité chimique de cette nappe s'est déroulée en deux phases pour deux raisons ; tout d'abord pour des problèmes de délais différents en fonction du type d'analyse et ensuite pour permettre des compléments d'analyses sur la base des premiers résultats :

- Un prélèvement sur chaque point d'eau (comprenant les forages de reconnaissance et les puits de source recensés lors de l'inventaire), avec mesures des caractéristiques physico-chimiques sur le terrain et analyses au laboratoire des majeurs, des métaux et du Carbone organique total.

Les résultats et leurs commentaires sont exposés dans le Volume III du rapport d'étude ; cette première campagne d'analyses avait permis de conclure à la mauvaise qualité des eaux de la nappe phréatique autour du site, sans preuve qu'elle soit entièrement due aux décharges.

Des teneurs anormales en Carbone Organique Total avaient été relevées sur certains points (vers la ferme d'Avoise sur le C8 et sur le P3).

- Un prélèvement sur un nombre réduit de points (6), pour des analyses de composés organiques dans les eaux. Les points sélectionnés pour ces analyses l'ont été selon deux critères :

- . leur forte teneur en Carbone Organique Total,
- . leur situation géographique et leur contexte hydrogéologique :

- *forage B4* : sondage incliné, implanté sur la bordure gréseuse nord-ouest de la décharge de déchets industriels ; cette bordure est assez fracturée et représente une zone sensible ;
- *puits minier P3 et puits P12B* : installés sur la direction structurale NE-SW correspondant à la direction des bancs de grès, redressés et affectés par une fracturation de même direction ;
- *forage C8*, au NE, près de l'étang Beaubernard, situé sur un accident ENE, dans l'axe des grès de Montfaucon, passant au SE de la décharge de déchets industriels ;

- *le puits P20* : situé vers le stade, directement en aval hydraulique de la décharge (au SE) ;
- *le forage B3* : situé en aval immédiat, dans la zone des effondrements miniers (zone de forte perméabilité).

Ces quelques points permettent donc de contrôler l'existence d'éventuels déversements de lixiviats issus des décharges :

- au niveau de la nappe phréatique, notamment vers le SE des décharges ;
- au niveau d'écoulements souterrains privilégiés le long de la direction structurale NE-SW et selon l'axe du réseau minier.

L'objet de ce document complémentaire est de présenter les résultats d'analyses détaillées en composés organiques réalisées sur les échantillons d'eau ayant fait l'objet de la 2ème campagne de prélèvement.

LES RESULTATS D'ANALYSES EN COMPOSES ORGANIQUES DANS LES EAUX

Les analyses de composés organiques dans les eaux souterraines sont rassemblées dans le tableau 1.

Ces résultats suggèrent les remarques suivantes :

- 1) Des composés organiques ont été mis en évidence sur tous les points d'eau qui ont fait l'objet de prélèvement. On y retrouve systématiquement :

a) - le chloroforme	(370 à 610 µg/l),
b) - le trichloréthylène	(12 à 30 µg/l),
c) - le tétrachloréthylène	(610 à 900 µg/l),

parmi ceux détectés souvent :

a) - Le Cyclohexane	(990 µg/l maxi),
b) - Le Toluène	(170 µg/l maxi),
c) - Le Xylène	(13 µg/l maxi),
d) - Le Tétrachlorure de carbone	(550 µg/l maxi).

- 2) Dans le tableau 1, nous avons comparé ces valeurs avec les valeurs guides actuellement disponibles. Ces valeurs guides sont tout d'abord les normes hollandaises qui comportent trois seuils :

A : représente le fond de pollution "actuel" ou la limite de détection.

B : l'eau souterraine est contaminée et dépasse les normes de potabilité. La décontamination ne s'impose pas toujours. Un suivi régulier peut être toutefois nécessaire ainsi que d'éventuelles restrictions d'usage de l'eau.

C : la décontamination est conseillée ainsi que la surveillance continue et renforcée de la nappe.

Nous précisons que ces seuils n'ont rien d'absolu et qu'ils doivent être simplement utilisés comme point de repère.

Suivant ces normes le seuil C (décontamination conseillée) est systématiquement dépassé, sur tous les points, pour le chloroforme et pour le tétrachloréthylène.

Le seuil C est également atteint :

- . sur B3 et P12B, pour le tétrachlorure de carbone,
- . sur B3, B4, P3, P12B, pour le cyclohexane,
- . sur C8, pour le toluène,

Tableau 1 : Résultats d'analyses en composés organiques dans les eaux et comparaison aux normes existantes
(exprimés en µg/l)

	Dénomination des points d'eau						NORMES				
							Hollande(*)			CEE (**)	
	83	84	C8	P3	P128	P20	A	B	C	NG	CMA
Chloroforme	440	460	370	610	420	430	1	10	50		
Trichloréthylène	30	26	13	12	15	20	1	10	50		
Tétrachloréthylène ..	900	770	580	790	610	650	1	10	50		
Tétrachlorure de carbone	550	-	16	-	160	13	1	10	50		
Cyclohexane	430	820	-	990	110	13	1	10	50		
Toluène	3	37	170	1	1	-	0,5	15	50		
Xylène	7	13	3	1	5	3	0,5	20	60		
4 isopropyl toluène .	5										
Limonène	26										
Terpinène	11										
8 Terpinéol	1	1									
Acide hexanoïque	290	330									
Acide heptanoïque ...	65	60									
Phénol	188	5					0,5	15	50		0,5
2 isopropyl phénol ..	1										
2 isopropyl 5 méthyl phénol	1										
2,5 diisopropyl phénol	1										
N méthyl nicotinamide	12										
Maléate de dibutyl ..	1	1									
Acide 2 éthyl hexanoïque		45									
Acide 3,5,5 triméthyl hexanoïque		34									
Acide octanoïque		19									
Acide 4 méthyl benzoïque		36									
Acide 4 isopropyl benzoïque		9									
4 méthyl phénol		2									
4 éthyl 2 méthyl phénol		12									
Cyclo hexanol		80	19				0,5	15	50		
3,3,5 triméthylcyclo- hexanol		2									
Dibutylcétone		10									
2 propylcyclohexanone		45	18								
Benzothiazole		2									
2 méthylthiobenzo- thiazole		1									
N butyl benzène sulfonamide		3									
1,1,2 trichloréthane			7								
Atrazine				3			0,05	0,2	1		0,1
Total organo-chlorés							1	15	70	1	
Total aromatiques ...							1	30	100		
Total hydrocarbures (émulsion ou dissous)											10

(*) Normes hollandaises :

A : représente le fond de pollution "naturel" ou limite de détection.

B : l'eau est contaminée et dépasse les normes de potabilité. La décontamination ne s'impose pas toujours.

Un suivi régulier s'impose ainsi que des restrictions pour l'usage de l'eau.

C : décontamination et suivi obligatoires.

(**) Normes CEE :

NG : Niveau Guide

CMA : Concentration Maximale Admissible.) Pour les eaux potables

- . sur B3, pour les phénols,
- . sur B4, pour le cyclohexanol,
- . sur P3, pour l'atrazine.

Les normes CEE ou du Ministère Français de la Santé pour les eaux destinées à la consommation humaine sont dépassées, notamment pour :

- . les organo-chlorés totaux $> (1 \mu\text{g/l})$, sur tous les points,
- . les phénols $> (0,5 \mu\text{g/l})$, sur B3, B4,
- . l'atrazine $> (0,1 \mu\text{g/l})$ sur P3.

3) La dispersion des valeurs et les pollutions spécifiques sur certains points montrent le compartimentage de la décharge, qui en fonction de la nature des déchets stockés et de la nature géologique des parois de la décharge, relargue des lixiviats pouvant varier en nature. La pollution constatée dans les eaux souterraines, autour du site, est donc différente en fonction du compartiment dont elle est issue.

4) La pollution en composés organiques sur B3 et B4 est beaucoup plus diversifiée que sur les autres points. Ce fait s'explique par la situation de B3 et B4, très proches des décharges.

On note même une diminution du nombre de composés identifiés avec la distance, dans l'ordre suivant :

- 1 - B4, avec 25 composés différents (distance 20 m environ),
- 2 - B3, avec 19 composés différents (distance 80 m de la décharge d'ordures ménagères),
- 3 - C8, avec 9 composés différents (distance 150 m),
- 4 - P12B, P3 et P20, avec 6 à 7 composés différents (distance 400 à 500 m).

Cette diminution du nombre de composés avec la distance peut s'expliquer par des phénomènes d'adsorption de ces polluants organiques, notamment sur la matrice argileuse ou peut être par des phénomènes de biodégradation et volatilisation.

5) Toutefois, certains composés ne semblent pas soumis à ces phénomènes d'adsorption ou de biodégradation. On les retrouve avec les mêmes ordres de grandeur de concentration sur tous les points d'eau contrôlés, quelle que soit la distance par rapport au site de décharges : Tétrachlorure de carbone, chloroforme, trichloréthylène et tétrachloréthylène sont des contaminants qui migrent facilement dans les eaux souterraines.

Leurs coefficients de retard (c'est à dire vitesse de migration par rapport à celle de l'eau) sont dans une fourchette de 1 à 10 pour des aquifères en milieu sableux (faible en matières organiques). Leurs coefficients de partage Kow, qui représentent leur aptitude à se fixer et à s'adsorber dans le sous-sol, sont compris entre 1,97 et 2,77.

Ces contaminants peuvent donc migrer facilement dans un aquifère, pratiquement à la vitesse de l'eau si le sous-sol possède de faibles teneurs en matières organiques.

6) Les produits organo-chlorés qui ont migré dans les eaux souterraines, autour du site des décharges de Montchanin, sont des composés ayant les caractéristiques suivantes :

- . ce sont des composés assez volatils. La pollution n'est donc sans doute pas limitée aux nappes, mais aussi à la phase gazeuse du sol.
- . ce sont généralement des composés plus denses que l'eau. Par conséquent, ils ont tendance à "couler" dans l'aquifère, et à polluer celui-ci sur la totalité de son épaisseur.

CONCLUSION

Pour compléter la première campagne d'analyses, qui avait porté uniquement sur les majeurs et les métaux et qui n'avait pas montré clairement la part due aux décharges dans la pollution des eaux souterraines (notamment par rapport à la "pollution de fond"), les analyses des composés organiques réalisées sur quelques points sélectionnés mettent clairement en évidence ce rôle, dans les points d'eau proches des décharges.

Si on note une atténuation très sensible de la pollution pour un grand nombre de composés, en fonction de l'éloignement des décharges, les composés organo-chlorés (tétrachloréthylène, chloroforme, tétrachlorure de carbone) ont migré beaucoup plus facilement et se retrouvent en teneurs très anormales sur les puits les plus éloignés, tant dans la nappe phréatique (P12B et P20) que dans les eaux plus profondes des puits miniers (P3).

L'insuffisance de l'étanchéité latérale du site de décharge se traduit surtout par des teneurs excessives en organo-chlorés dans la nappe phréatique et dans les anciennes galeries de mine.

Compte tenu de ces résultats : teneurs, nature et caractéristiques des polluants ainsi identifiés, il paraît important de poursuivre et étendre l'étude de la pollution des aquifères.

En effet, la présente étude avait pour but de vérifier et de déceler d'éventuels défauts d'étanchéité dans le confinement naturel géologique du site. Ces défauts ayant été mis en évidence, il paraît désormais nécessaire :

- . de les confirmer par un suivi régulier sur quelques points judicieusement sélectionnés,
- . de réaliser une étude des risques liés à l'utilisation éventuelle de ces eaux contaminées.

Cette étude pourrait comprendre les missions suivantes :

- . inventaire complet de tous les points d'eau existant avec enquête sur leur usage,
 - . campagne de sondages piézométriques complémentaires, permettant de quadriller la zone contaminée,
 - . analyse détaillée des composés organo-chlorés sur tous les points d'eau précédemment visités ou créés,
 - . contrôle de gaz dans les sols autour du site des décharges, dans la zone urbanisée.

