

60/000

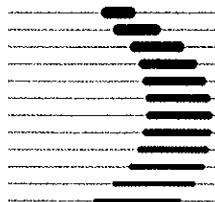
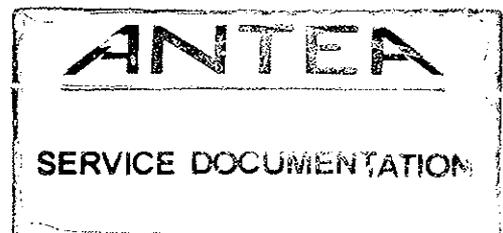
UNICEM CHAMPAGNE-ARDENNE

## UNICEM CHAMPAGNE-ARDENNE

# Test d'évaluation du colmatage d'une berge de gravière à Orconte (Marne)

Novembre 1994

n° A 01641



**ANTEA**

les sciences de la Terre au service de votre projet

Société d'ingénierie et de conseil du groupe BRGM

A 01641 CHA/94

# RAPPORT ANTEA

Propriétaire du rapport : UNICEM CHAMPAGNE-ARDENNE

Coordonnées complètes : 83, rue de la Marne - BP 87  
51007 CHALONS-SUR-MARNE CEDEX

Interlocuteur : Monsieur BLONDET

Contrat n° : CHAP 940067

Date : 19/07/94

---

Titre : Test d'évaluation du colmatage d'une berge de gravière à Orconte (Marne)

Numéro : A 01641

Date : Novembre 1994

Statut : Rapport provisoire  Rapport intermédiaire  Rapport définitif

Unité réalisatrice : Agence Champagne-Ardennes et Aisne

Coordonnées complètes : Pôle Technologique Henri Farman - 12, rue Clément Ader  
BP 27 - 51051 REIMS CEDEX

Auteurs : R. PANEL

Contrôle qualité : D. RAMBAUD

Nombre d'exemplaires édités : 10 ex.

Diffusion : 5 ex. client, 2 ex. auteurs, 1 ex. SDC/Orléans, 2 ex. CHA

- nombre de volume(s) : 1
- nombre de pages du rapport hors annexe : 12
- nombre de figure(s) : 6
- nombre d'annexe(s) : 1

Mots clés : Eau. Traçage. Gravières. Colmatage.



## RESUME

Une plate-forme d'essai de mesure de colmatage de berge a été établie à Orconte au bord d'une gravière vieille de plus de 15 ans. Un forage et trois piézomètres ont été réalisés. Ces ouvrages ont permis l'exécution conjointe de pompages et de traçages. Deux traçages ont été effectués, l'un à l'éosine d'un piézomètre au forage, l'autre avec une solution d'iodures de la berge de la gravière au forage.

Ce second traçage a nécessité la mise en oeuvre d'un caisson d'injection immergé sur la berge dont la pente est de 75 %.

Les traçages ont été interprétés à l'aide d'un modèle (logiciel CATTI). Sous l'effet du pompage la vitesse moyenne dans le réservoir aquifère est de  $2.2 \cdot 10^{-3}$  m/s. La présence d'une couche colmatée a provoqué un retard du traçage en berge qui permet d'évaluer entre 4 et  $8 \cdot 10^{-6}$  m/s la vitesse dans cette couche pour une épaisseur estimée de 5 à 10 centimètres.

Compte tenu des données acquises, il ressort que le colmatage des 5 premiers centimètres d'une berge de 20 m de largeur conduit à réduire de 5 à 6 fois sa perméabilité totale apparente par rapport à une berge de 20 m de largeur récente, non colmatée. En comparaison une berge constituée de 20 m de remblais limoneux apparaît de l'ordre de 300 fois moins perméable que la berge testée à Orconte.

Les modifications d'équilibre hydrodynamique en nappe provoquées par la création de gravières sont liées au niveau de colmatage des berges. Des actions peuvent être entreprises pour maîtriser au mieux ce colmatage sur des sections d'écoulement choisies afin de réduire les perturbations hydrodynamiques.

## TABLE DES MATIERES

	Pages
RESUME.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 - LOCALISATION GEOGRAPHIQUE.....	5
2 - METHODE MISE EN OEUVRE .....	5
3 - PLATE-FORME D'ESSAI.....	6
4 - NIVEAUX D'EAU ET POMPAGES .....	6
5 - TRACAGES.....	7
6 - REMARQUES .....	11
CONCLUSION .....	12

### Liste des figures et annexe

- Fig. 1 - Localisation géographique - Extrait de la carte topographique IGN à 1/25.000  
St Dizier Ouest
- Fig. 2 - Plate-forme d'essai ; vue en plan, vue en coupe
- Fig. 3 - Pompage sur le forage F.  
Courbes d'évolution des niveaux d'eaux des piézomètres
- Fig. 4 - Courbes d'évolution des traceurs au forage F
- Fig. 5 - Interprétation du traçage à l'éosine
- Fig. 6 - Interprétation du traçage aux iodures

Annexe 1.1 à 1.3 - Tableaux des mesures réalisées sur les piézomètres

### Planches photographiques

- Photo 1 - Localisation de la berge de gravière testée - Prise de vue du 17/06/1989
- Photo 2 - Caisson d'injection immergée en berge et forage F
- Photo 3 - Passage de l'éosine en concentration élevée au rejet des eaux pompées en F
- Photo 4 - Présence de fluorescéine au rejet
- Photo 5 - Etat de la berge à proximité du caisson d'injection - Présence de sédiments fins empâtant les graviers - Diffusion de fluorescéine à partir du caisson
- Photo 6 - Remise en état de berge de gravière par remblaiement avec des terrains de découverte
- Photo 7 - Détail sur berge remblayée avec des terrains de découverte à dominante limoneuse

## INTRODUCTION

L'UNICEM Champagne-Ardenne a demandé à l'Agence ANTEA de Champagne-Ardenne et Aisne de réaliser un test d'évaluation du colmatage de la berge d'une ancienne gravière. L'opération est financée par les fonds de la Charte Professionnelle de l'Union Nationale des Producteurs de Granulats.

### 1 - LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

La Société Moroni a proposé pour site d'étude une gravière située à Orconte à 2 kilomètres au Sud-Ouest du village (cf. figure 1). La berge Est de la gravière n'a pas été remblayée depuis sa création. Celle-ci aurait environ 15 ans. D'après la carte topographique à 1/25.000 de l'IGN révisée en 1977, elle existait déjà.

Une photographie aérienne prise le 17 juin 1989 (cf. photo n°1) permet de constater que depuis cette date, la forme de la gravière n'a pas évolué.

La berge délimite une plate-forme de stockage des matériaux voisine de l'installation de traitement de la Société Moroni à Orconte.

### 2 - METHODE MISE EN OEUVRE

L'évaluation du colmatage est fondée sur :

- un levé précis des niveaux du plan d'eau de la gravière et de plusieurs piézomètres implantés au voisinage de la gravière ;
- les réactions des piézomètres à un pompage en nappe ;
- deux traçages en direction de l'ouvrage pompé, le premier étant réalisé en nappe, le second à partir de la berge de la gravière.

### 3 - PLATE-FORME D'ESSAI

Un forage et trois piézomètres ont été exécutés au voisinage du plan d'eau. La figure 2 ci-après en donne la position.

Les quatre ouvrages se situent sur une plate-forme dont la découverte du gisement de granulats alluvionnaires a été décapée. Tous atteignent le substratum argileux du gisement formé par les argiles du Gault.

L'épaisseur des granulats est de 3,25 à 3,5 m. Ceux-ci se composent de graviers de taille centimétrique (1 à 5 cm) et de sables.

Les ouvrages ont été équipés comme suit :

- Forage F : tube PVC crépiné de diamètre 80 x 88 cm
- piézomètres P1 à P3 : tube métallique crépiné de diamètre 55 x 58 mm.

Le niveau statique de l'aquifère alluvial se situait le 14/10/1994 à une profondeur de 64 à 75 cm par rapport au sol. L'épaisseur de la zone saturée de l'aquifère était donc de 2,6 à 2,85 m.

La plate-forme d'essai est complétée par un caisson d'injection posée en immersion sur la berge de la gravière (cf. photo n°2). La surface couverte par le caisson est de 3 m<sup>2</sup> (2 x 1,5 m). Le contact est réalisé par l'intermédiaire d'une ceinture souple destinée à établir une liaison aussi intime que possible sans déstabiliser la surface de contact (pas de poinçonnement).

La pente de la berge au lieu d'implantation du caisson est de 75 %.

### 4 - NIVEAUX D'EAU ET POMPAGES

Le nivellement des niveaux d'eau de la gravière, du forage et des piézomètres n'a pas permis de relever d'écart mesurable.

Le forage a été soumis à un pompage continu durant 5 heures à un débit de 8,75 à 8,8 m<sup>3</sup>/h. Les niveaux d'eau des trois piézomètres ont été mesurés au cours du pompage. Le forage n'a pu faire l'objet de mesures en raison de la présence du tuyau d'aspiration de la pompe.

L'eau pompée était refoulée dans la gravière à 20 m de distance du forage vers le Nord.

Les tableaux des mesures réalisées sur les piézomètres sont placés en annexes 1.1 à 1.3. La figure 3 regroupe les courbes d'évolution des niveaux en fonction du logarithme du temps de pompage.

Dès la première ou la seconde minute de pompage, les niveaux sont stabilisés. Cette stabilisation est due à l'influence du plan d'eau de la gravière qui intervient comme limite d'alimentation lors du pompage.

La stabilisation très rapide des niveaux réduit le nombre de mesures convenablement exploitables pour la définition des caractéristiques de l'aquifère.

La transmissivité est toutefois évaluée à  $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  mais il apparaît plus certain de se fier aux rabattements des piézomètres en fonction de la distance au forage (5,5 cm en P1 à 2,55 m du forage et 3 à 3,5 cm en P2 et P3 à 6 m du forage). On calcule à partir de là que la transmissivité est de l'ordre de  $1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Compte tenu de cette valeur et de l'épaisseur du réservoir aquifère, la perméabilité de celui-ci est de  $7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .

Relativement au colmatage des berges, le pompage n'en traduit pas d'effet sensible. L'hypothèse d'un écran de faible perméabilité interposé entre la gravière et l'aquifère du fait du colmatage n'est donc pas confirmée par le pompage. Son existence éventuelle n'est pas infirmée pour autant mais ses effets possibles sont imperceptibles.

## 5 - TRACAGES

Les traçages ont été engagés après un peu moins d'une heure de pompage. Deux injections de traceurs ont été effectuées :

- la première injection a intéressé le caisson d'injection ; y ont été injectés 550 grammes d'iodure de potassium en solution aqueuse et quelques grammes de solution aqueuse de fluorescéine. La fluorescéine a été utilisée pour l'obtention d'un signal visible permettant d'affiner l'échantillonnage et la durée du test ;
- la seconde injection a été effectuée sur le piézomètre P1. 350 grammes de solution aqueuse d'éosine y ont été déversés. Cette seconde injection a été réalisée 10 mn après la première.

La collecte des échantillons a été opérée à l'extrémité de la conduite de rejet des eaux pompées sur le forage F.

La présence d'éosine a été très rapidement visible. La coloration induite par des concentrations élevées était intense (cf. photo n°3). La présence de fluorescéine est apparue très probable 120 mn après son injection, alors que l'éosine était toujours présente mais en concentration plus faible. En fin de pompage, la présence de fluorescéine apparaissait certaine (cf. photo n°4).

Après l'injection sur le caisson, l'eau de la gravière s'est progressivement colorée en vert autour de celui-ci. L'observation est indicative d'un défaut de contact du caisson avec la berge d'où cette diffusion visible de la fluorescéine (photo n°5). Une quantité indéterminée de traceur, fluorescéine et iodure a donc disparu.

Les échantillons d'eau ont été analysés par le laboratoire départemental d'hygiène et régional d'hydrobiologie de la Rochelle.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'analyse. La figure 4 illustre l'évolution des traceurs dans l'eau pompée au forage F.

## EXPERIENCE DE TRACAGE A ORCONTE

### RESULTATS DES ANALYSES DE TRACEURS

Temps (mn)	I- ( $\mu\text{g/l}$ )	Fluo ( $\mu\text{g/l}$ )	Eosine (mg/l)	Eos./Fluo
0	34	<0.1	<0.1	
15	37	1.5	1.5	1000
20	36	14.8	12.7	858
25	35	70	66.4	949
30	132	80	73.3	916
40	80			
50		29	26.7	921
60	39			
75		10	10.3	1030
90	36			
105		3.6	3.9	1083
120	34			
140		1.6	1.9	1188
160	41	1	1.3	1300
180	40	1	1	1000
200	38	1	0.8	800
220	80	1.2	0.7	583
240	600	2	0.4	200

En raison des concentrations élevées en éosine, la mesure des iodures par colorimétrie n'était pas praticable ; leur mesure a été effectuée par électrode spécifique. Il en résulte un seuil de détection plus élevé (20  $\mu\text{g/l}$  au lieu de 2  $\mu\text{g/l}$ ) et probablement l'indication douteuse d'une concentration initiale de 34  $\mu\text{g/l}$  qui doit être considérée comme équivalente à un "bruit de fond".

La fluorescéine et l'éosine sont analysées par CPL et détection en fluorescence avec un seuil de détection de 0,1  $\mu\text{g/l}$ .

Jusqu'à 180 mn, le rapport éosine/fluorescéine est sensiblement constant, voisin de 1000. Pour le laboratoire ceci résulterait soit de l'émission à l'analyse d'un signal proche de la fluorescéine et proportionnel à la concentration d'éosine soit de la présence de traces de fluorescéine dans l'éosine utilisée.

Les courbes d'évolution des traceurs indiquent un pic de concentration situé à 30 mn. Il correspond aux mesures suivantes :

- éosine : 73,3 mg/l
- fluorescéine : 80  $\mu\text{g/l}$
- iodures : 132  $\mu\text{g/l}$ .

A partir de ce pic :

- les concentrations en éosine diminuent progressivement jusqu'à 0,4 mg/l à 240 mn ;
- les concentrations en fluorescéine décroissent jusqu'à 200 mn (1  $\mu\text{g/l}$ ) puis s'élèvent à 220 mn (1,2  $\mu\text{g/l}$ ) et à 240 mn (2  $\mu\text{g/l}$ ) ;
- les concentrations en iodures diminuent jusqu'à 90 mn au niveau du "bruit de fond" initial (34 à 41  $\mu\text{g/l}$ ) puis croissent significativement à 220 mn (80  $\mu\text{g/l}$ ) et à 240 mn (600  $\mu\text{g/l}$ ).

L'éosine injectée au piézomètre P1 à 10 mn est parvenue rapidement au forage. La montée des concentrations se situe entre 5 et 15 mn après l'injection.

La montée significative et simultanée des iodures et de la fluorescéine observée à 220 mn et à 240 mn alors que dans le même temps l'éosine continue à décroître correspond au passage de l'injection effectuée dans le caisson posé sur la berge de la gravière.

Les traçages ont été interprétés à l'aide du logiciel CATTI (Computer Aided Tracer Tests Interprétation) conjointement mis au point par le BRGM et l'Université de Stuttgart. Le schéma d'interprétation combinant écoulement radial convergent et injection instantanée a été utilisé.

Les figures 5 et 6 ci-après présentent simultanément les courbes mesurées et calculées d'évolution des traceurs pour l'éosine, puis pour les iodures.

Le traçage à l'éosine et son interprétation permettent d'établir les conditions de transfert de l'aquifère du piézomètre au forage :

- porosité cinématique : 0,12 ;
- dispersion longitudinale : 1,1 m ;
- pic de concentration à 1656 secondes soit 1056 secondes après injection ;
- vitesse d'écoulement pour le pic de concentration sous l'effet du pompage (la distance considérée est la distance entre les parois des trous de forage = 2,35 m) ;

$$V = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

L'interprétation du traçage aux iodures est réalisée en faisant une hypothèse d'homogénéité de l'aquifère pour la plate-forme d'essai. La porosité cinématique et la dispersion longitudinale déterminées ci-dessus sont appliquées. Le calage sur les observations est obtenu en introduisant un retard initial de 12.500 secondes soit environ 3,5 h. Par ailleurs il est apparu nécessaire de considérer un faible taux de récupération.

Le retard initial doit être imputé à une vitesse de circulation très faible du traceur entre caisson et aquifère dans la partie de berge soumise aux phénomènes de colmatage.

L'observation visuelle de la berge montre que celle-ci est recouverte d'un sédiment très fin. Ce sédiment ne parvient pas à masquer totalement les graviers alluviaux mais occupe les vides entre les granulats (photo n°5) et les colmate.

L'épaisseur de la couche de granulats colmatée sur la berge de la gravière n'apparaît pas pouvoir excéder la hauteur de quelques graviers, soit quelques centimètres. Une épaisseur de 3 à 5 cm paraît assez probable, plus de 10 cm paraît très peu probable.

Si l'on considère que l'épaisseur moyenne de la zone colmatée se situe entre 5 et 10 cm, la vitesse d'écoulement au sein de cette zone serait de l'ordre de 4 à  $8 \cdot 10^{-6}$  m/s compte tenu du retard du traceur de 12.500 secondes.

Il est donc constaté que la vitesse de circulation dans la partie colmatée des berges est, dans les conditions de l'expérience, de l'ordre de 300 à 500 fois plus lente qu'au sein de l'aquifère en retenant une épaisseur de 5 à 10 cm.

## 6 - REMARQUES

Les valeurs de vitesse au sein de la partie colmatée de la berge rappellent les valeurs de perméabilité des matériaux utilisés le plus souvent pour la remise en état des gravières, par remblaiement des berges. Les mesures réalisées en mars 1994 dans le Perthois les situaient entre  $2.10^{-6}$  et  $6.10^{-6}$  m/s.

Le remblaiement des berges de gravières amène à la mise en place de 20 à 30 m ou plus de matériaux limoneux provenant de la découverte du gisement alluvial.

Les photos n° 6 et 7 attestent de la largeur et de la nature des berges reconstituées ainsi.

Si l'on compare trois berges de gravière de 20 m de largeur composées comme suit :

A : 20 m de gisement (perméabilité  $7.10^{-3}$  m/s) sans colmatage ;

B : 19,95 m de granulats de perméabilité  $7.10^{-3}$  m/s plus une couche de 5 cm colmatée naturellement avec une perméabilité de  $4.10^{-6}$  m/s ;

C : 20 m de remblais limoneux provenant de la découverte du gisement et dont la perméabilité est de  $4.10^{-6}$  m/s.

Pour une même section d'écoulement les débits écoulés sont égaux si les différences de charge  $\Delta h$  sont dans les proportions suivantes :

$\Delta h$  de A = 1

$\Delta h$  de B = 5,7

$\Delta h$  de C = 1750.

Compte tenu du colmatage d'une couche de 5 cm, dans le cas B, les 20 m de berge considérés apparaissent globalement 5 à 6 fois moins perméables que 20 m de berge non colmatées et 300 fois plus perméables que 20 m de berge constitués de remblais avec les matériaux de découverte. Il s'en suit une différence du comportement proportionnelle quant aux impacts sur l'écoulement de la nappe.

## CONCLUSION

Le test réalisé à Orconte sur une berge de gravière vieille de plus de 15 ans montre qu'un colmatage de la berge existe effectivement. Il est produit par le dépôt de fins sédiments, qui bouche les vides entre les granulats.

L'épaisseur de la couche colmatée est estimée à quelques centimètres sans qu'une mesure l'ait établi. Cette indication apparaît toutefois conforme aux données bibliographiques disponibles.

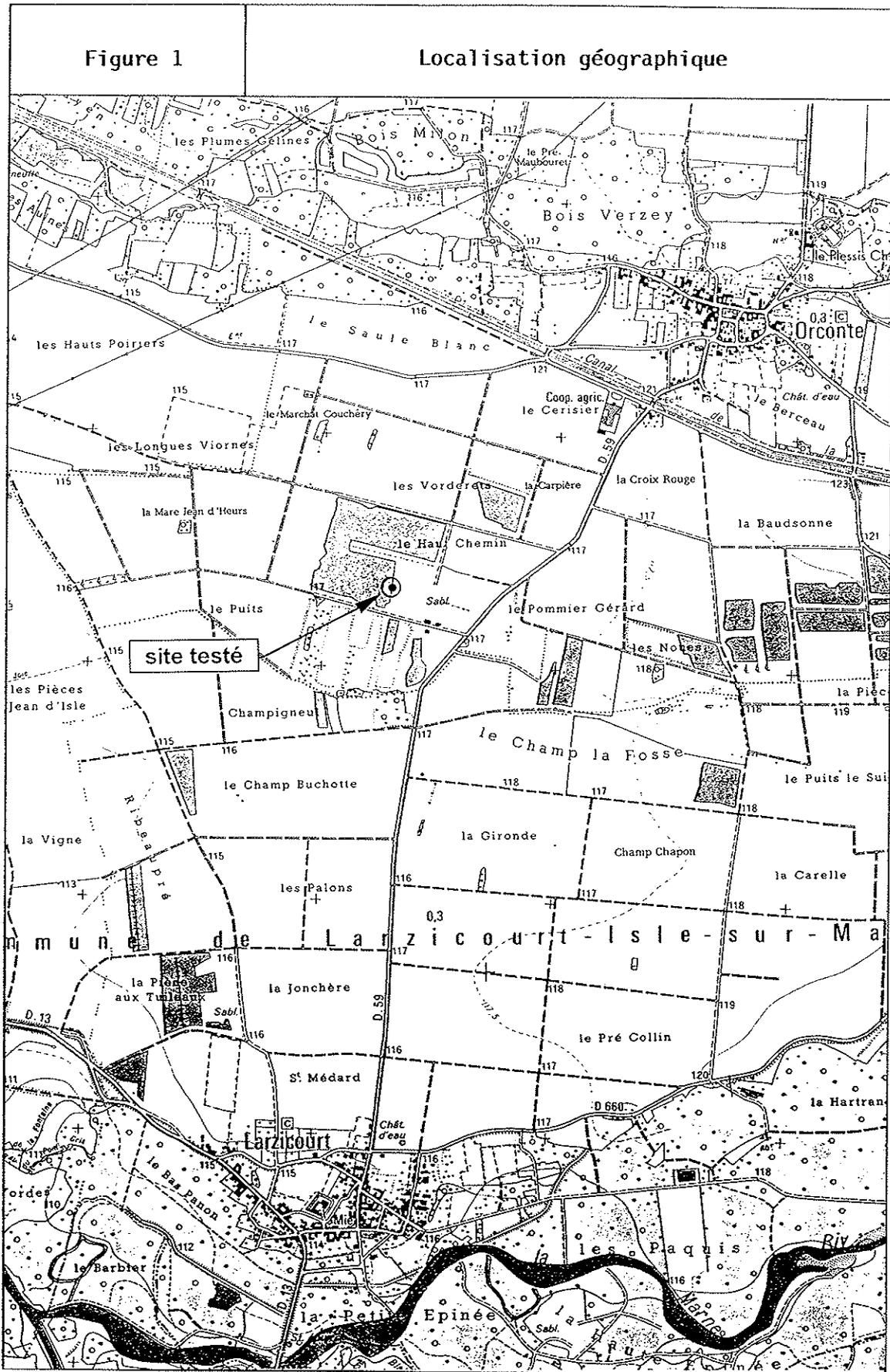
Dans le cadre de l'expérience de traçage sous l'effet d'un pompage, la vitesse d'écoulement des eaux au sein de la couche colmatée est estimée comprise entre 4 et  $8 \cdot 10^{-6}$  m/s alors que dans l'aquifère elle est en moyenne de  $2,2 \cdot 10^{-3}$  m/s sous l'effet du pompage.

Le rapport des perméabilités se situe donc de 300 à 600. La perméabilité de la couche colmatée apparaît d'un ordre de grandeur comparable à celle des terrains de découverte utilisés pour remblayer les gravières ou aménager les berges.

Compte tenu des données acquises, il ressort que le colmatage des 5 premiers centimètres d'une berge de 20 m de largeur conduit à réduire de 5 à 6 fois sa perméabilité totale apparente par rapport à une berge de 20 m de largeur récente, non colmatée. En comparaison une berge constituée de 20 m de remblais limoneux apparaît de l'ordre de 300 fois moins perméable que la berge testée à Orconte.

Le colmatage des berges provoque des modifications d'équilibre hydrodynamique par rapport à l'état initial de la nappe pour ce qui concerne débits et charges hydrauliques. Ces modifications sont proportionnelles au taux de colmatage. Aussi peut-il être nécessaire de maintenir certaines sections de berge à l'abri du colmatage dans le but de maintenir au mieux les perturbations liées à l'exploitation des gravières en nappe alluviale.

# Figures

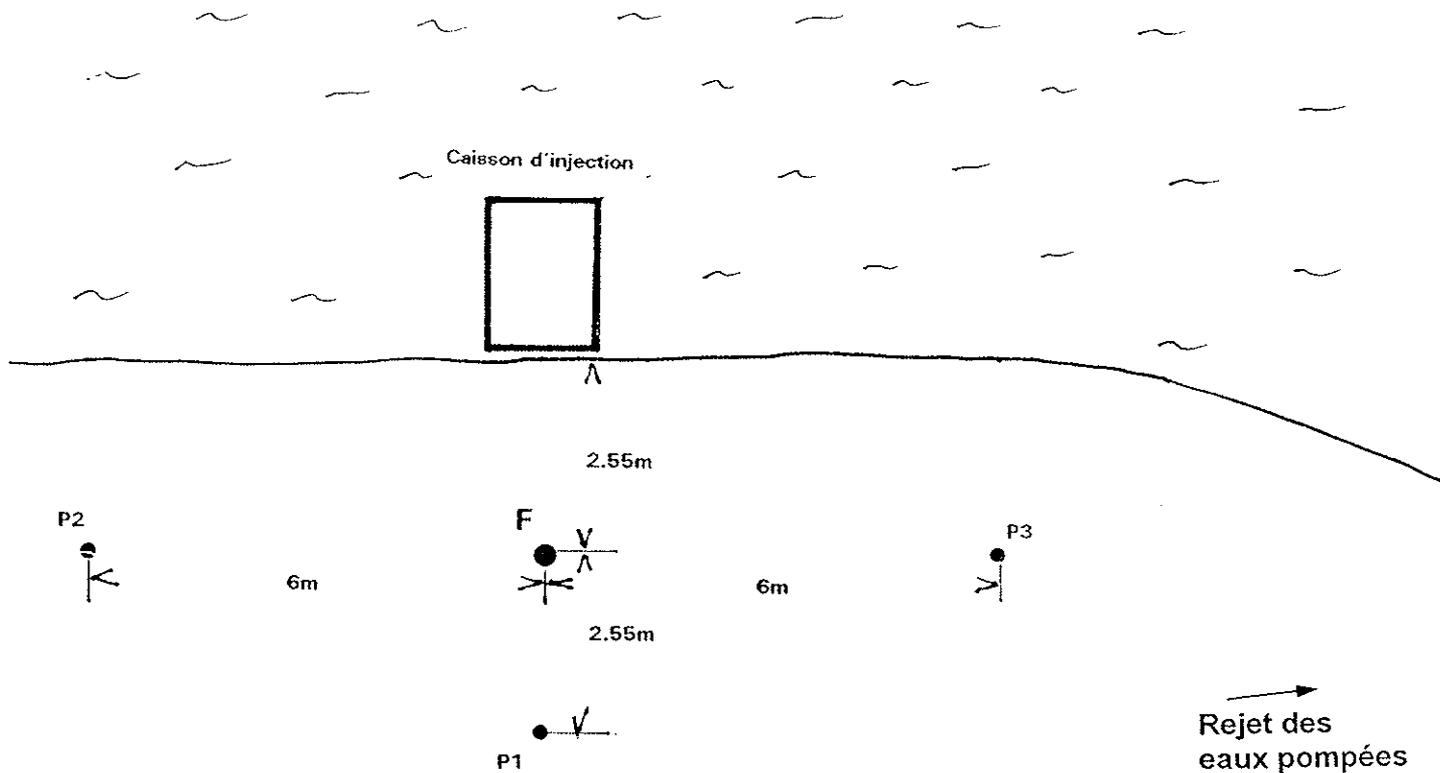


Extrait de la carte topographique IGN à 1/25000 St-Dizier Ouest  
Révision de 1977

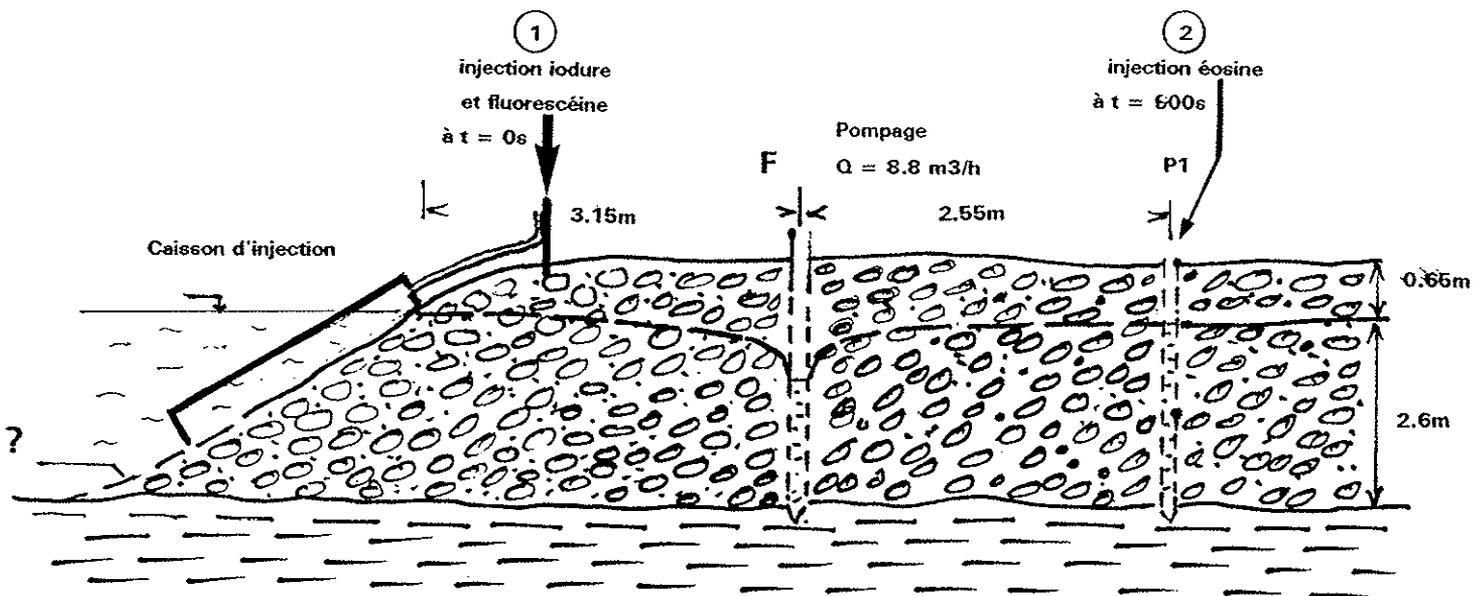
Figure 2

PLATEFORME D'ESSAI

A- Vue en plan

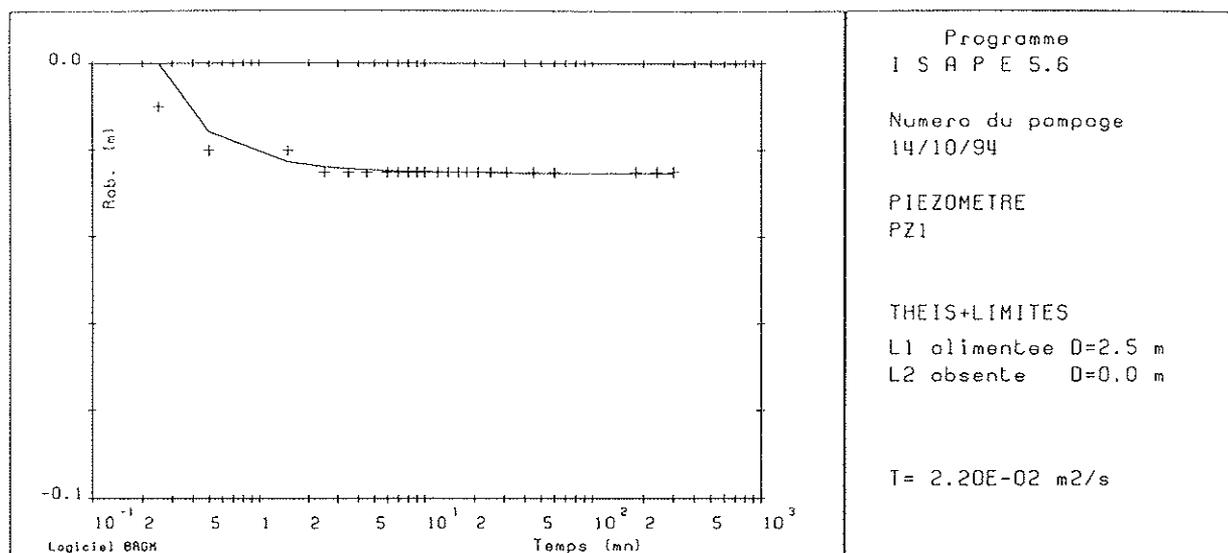


B - Vue en coupe

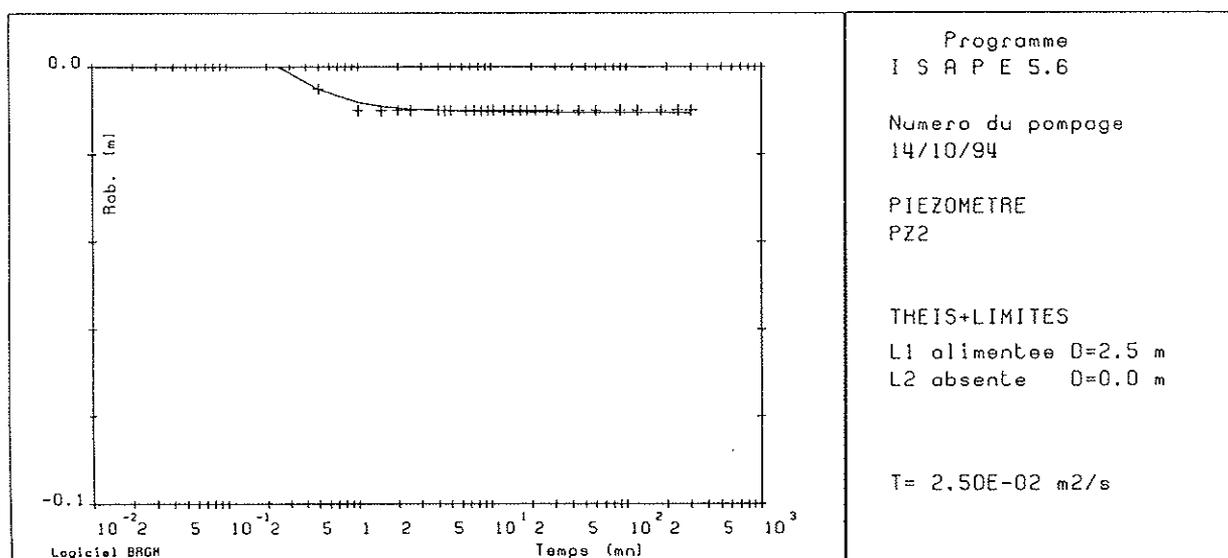


Pompage sur le forage F  
 Courbes d'évolution des niveaux d'eaux des piézomètres

## 1 - Piézomètre P1



## 2 - Piézomètre P2



## 3 - Piézomètre P3

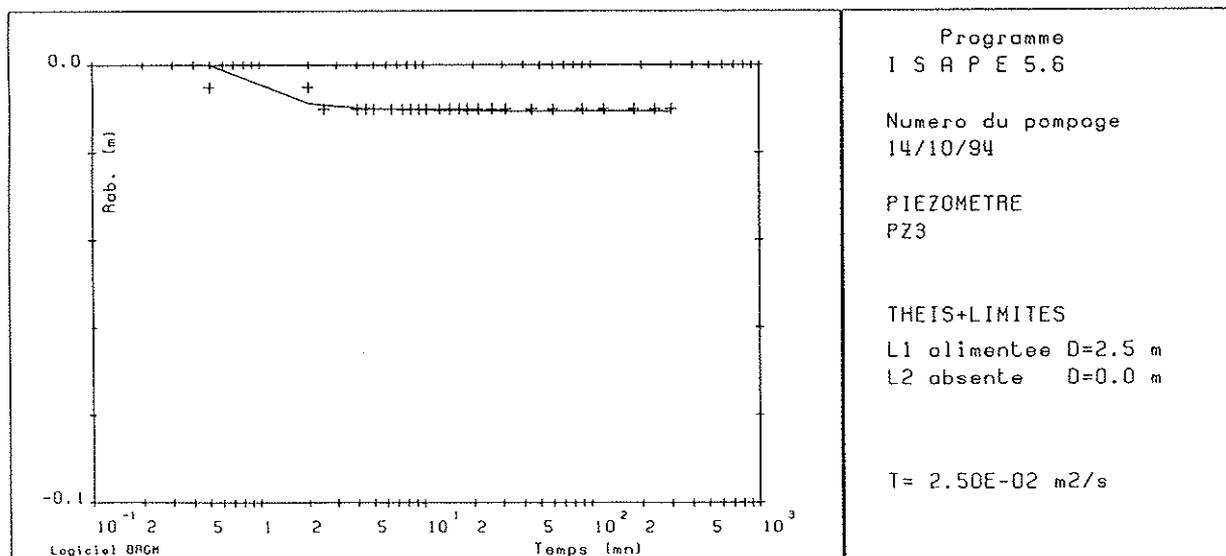
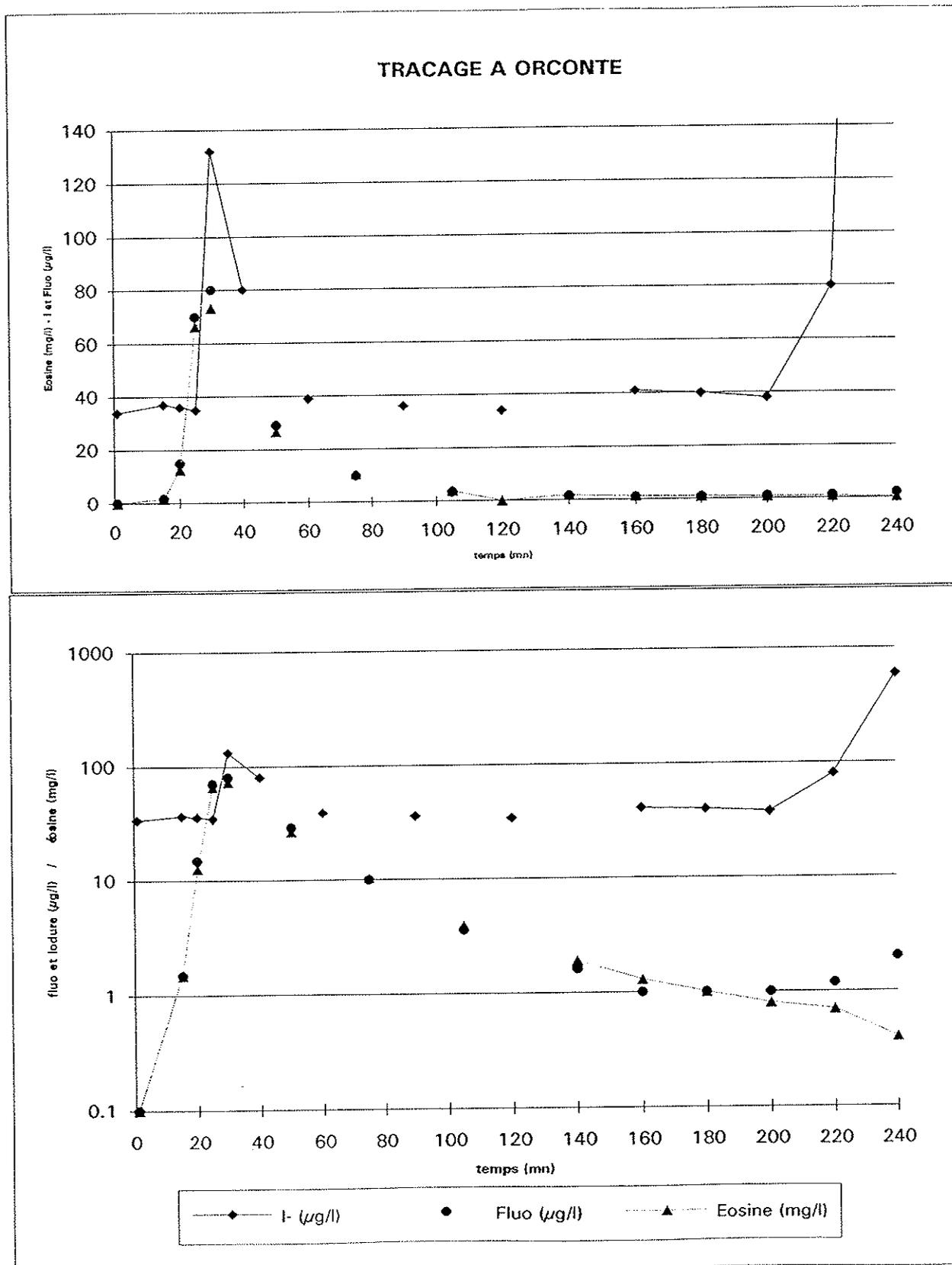


Figure 4

Courbes d'évolution des traceurs au forage F



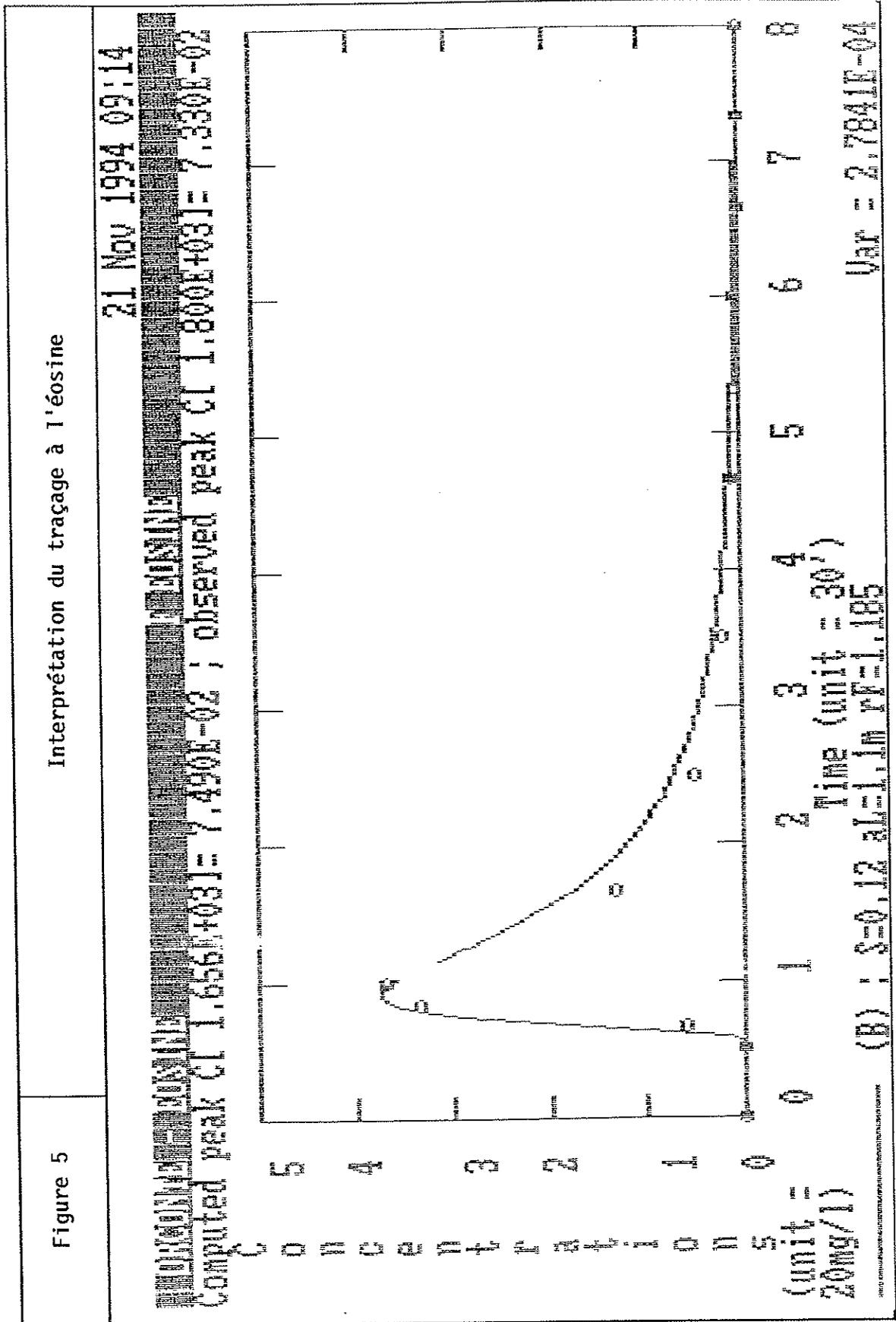
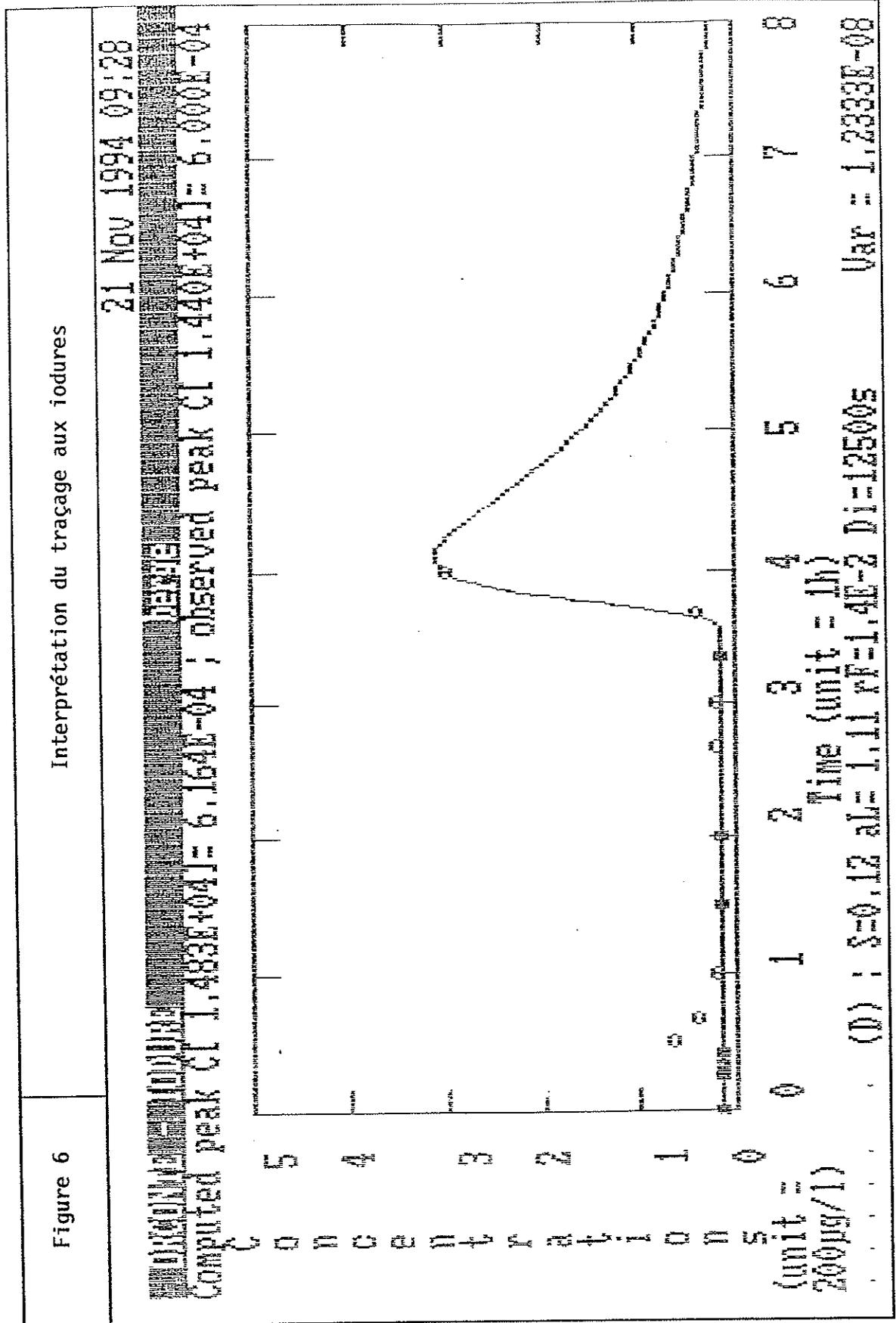


Figure 5



# **Planches photographiques**

<p><b>Photo 1</b></p>	<p><b>Localisation de la berge de gravière testée</b> <b>Prise de vue du 17/06/1989</b></p>
 An aerial photograph showing a large, irregularly shaped area of light-colored gravel or sand, likely a test site for a gravel bank. This area is surrounded by a patchwork of agricultural fields in various shades of green and brown. A road or path runs through the fields, and a small structure is visible near the gravel area.	
<p><b>Photo 2</b></p>	<p><b>Caisson d'injection immergée en berge et forage F</b></p>
 A ground-level photograph showing a gravel bank next to a river. In the foreground, a large, white, curved pipe or hose is visible. In the middle ground, a blue and white structure, identified as an injection caisson, is partially submerged in the water. A yellow hose or cable runs across the gravel bank towards the caisson. The background shows a line of trees along the opposite bank of the river.	