



DÉPARTEMENT DU BAS-RHIN

Voie de Liaison Intercommunale Ouest

Etude de la vulnérabilité
du captage d'AEP Oberhausbergen

Mai 1992

M. SAUTER

R 35120 ALS 4S 92

BRGM - ALSACE (SGAL)

204, route de Schirmeck - 67200 Strasbourg, France
Tél.: (33) 88.30.12.62 - Télécopieur : (33) 88.28.79.09

DÉPARTEMENT DU BAS-RHIN

Voie de Liaison Intercommunale Ouest

Etude de la vulnérabilité du captage d'AEP Oberhausbergen

R 35120 ALS 4S 92

Mai 1992

R E S U M E

Le projet de Voie de Liaison Intercommunale Ouest qui doit relier entre elles plusieurs communes de l'Ouest de l'agglomération strasbourgeoise, a un tracé qui passe à proximité du captage d'eau potable d'Oberhausbergen.

Les investigations et calculs réalisés ont montré une vulnérabilité importante de ce captage et une possibilité de propagation rapide d'une pollution accidentelle jusqu'au captage.

La vulnérabilité de ce captage conduit à préconiser des mesures de protection le long du tracé routier dans une zone comprise entre l'A351 et le CD31.

Rapport rédigé par M. SAUTER, Ingénieur hydrogéologue.

Ce rapport contient 17 pages et 10 figures.

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Tracé de la VLIO et situation du captage et des périmètres de protection.....	3
Figure 2 : Plan de situation.....	4
Figure 3 : Profil en long au niveau du captage.....	5
Figure 4 : Piézométrie de la nappe à proximité du captage.....	7
Figure 5 : Lignes de courant et zone d'emprunt du captage au débit maximum.....	10
Figure 6 : Lignes de courant et zone d'emprunt du captage au débit moyen	11
Figure 7 : Temps d'apparition au captage d'une pollution au débit maximum	13
Figure 8 : Temps d'apparition au captage d'une pollution au débit moyen	14
Figure 9 : Concentration résultant au captage pour un déversement de 1 kg de polluant à 200 m au débit moyen	15
Figure 10 : Concentration résultant au captage pour un déversement de 1 kg de polluant à 400 m au débit moyen	15

1. INTRODUCTION

Le projet de voie de liaison intercommunale Ouest qui doit relier entre elles plusieurs communes de l'Ouest de l'agglomération strasbourgeoise, a un tracé qui passe à proximité du captage d'eau potable d'Oberhausbergen.

Le département du Bas-Rhin, à travers le Service Etudes et Travaux Neufs routiers de la Direction de l'Aménagement et des Equipements, a confié au BRGM-Alsace, en collaboration avec le Laboratoire Régional de Strasbourg du CETE de l'Est, une étude sur la vulnérabilité de ce captage, ayant pour objectif d'évaluer le risque de pollution du captage lié au projet routier et de déterminer les mesures compensatoires propres à éliminer ce risque.

Le présent rapport complète les premiers éléments fournis dans le cadre de l'étude du projet global (rapport R31168 de septembre 1990).

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Les terrains sont constitués par un recouvrement lœssique de 12 à 15 m d'épaisseur surmontant les alluvions rhénanes quaternaires constituées de sables, graviers et galets. Ces alluvions reposent sur le substratum marneux rencontré vers 70 m de profondeur.

Une étude géologique a été menée en 1958 afin de préciser les caractéristiques de l'aquifère au droit du projet de captage.

Cette étude montre l'existence vers 31 m de profondeur d'une couche d'argile qui compartimente l'aquifère des alluvions rhénanes.

Les essais de pompage réalisés conduisent à une transmissivité du milieu de $2.10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$.

Le captage d'Oberhausbergen capte la partie supérieure de l'aquifère au moyen de huit drains rayonnants de 45 à 60 m de longueur. Ces drains sont situés à 30 m de profondeur.

Différentes données existent sur la piézométrie du secteur. Des relevés réalisés en 1958 indiquaient une direction d'écoulement Nord-Est sur le site du captage.

Des données plus récentes (mais à une échelle différente) semblent plutôt indiquer un écoulement dans ce secteur vers l'Est, mais sans mesures précises à proximité du captage.

Par ailleurs, le débit moyen prélevé, de l'ordre de $1250 \text{ m}^3/\text{h}$ en 1990, crée une perturbation assez large dans la piézométrie et les écoulements naturels du secteur.

3. SITUATION DU PROJET

La situation du projet routier actuel est indiquée à deux échelles différentes sur les figures 1 et 2.

La VLIO passerait ainsi au plus près à environ 20 m du périmètre de protection immédiate du captage, ou encore à environ 70 m de l'axe du captage.

Le passage en souterrain sous la CD41 impose un déblai important, atteignant la cote 143,0 m NGF. (cf. figure 3)

A hauteur du captage, la chaussée est à 149,0 m NGF, soit en déblai d'environ 2 m.

4. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES REALISEES

En complément aux données existantes sur la géologie et l'hydrogéologie du secteur, des investigations ont été réalisées au droit du site afin de disposer d'informations précises.

Les investigations sont les suivantes :

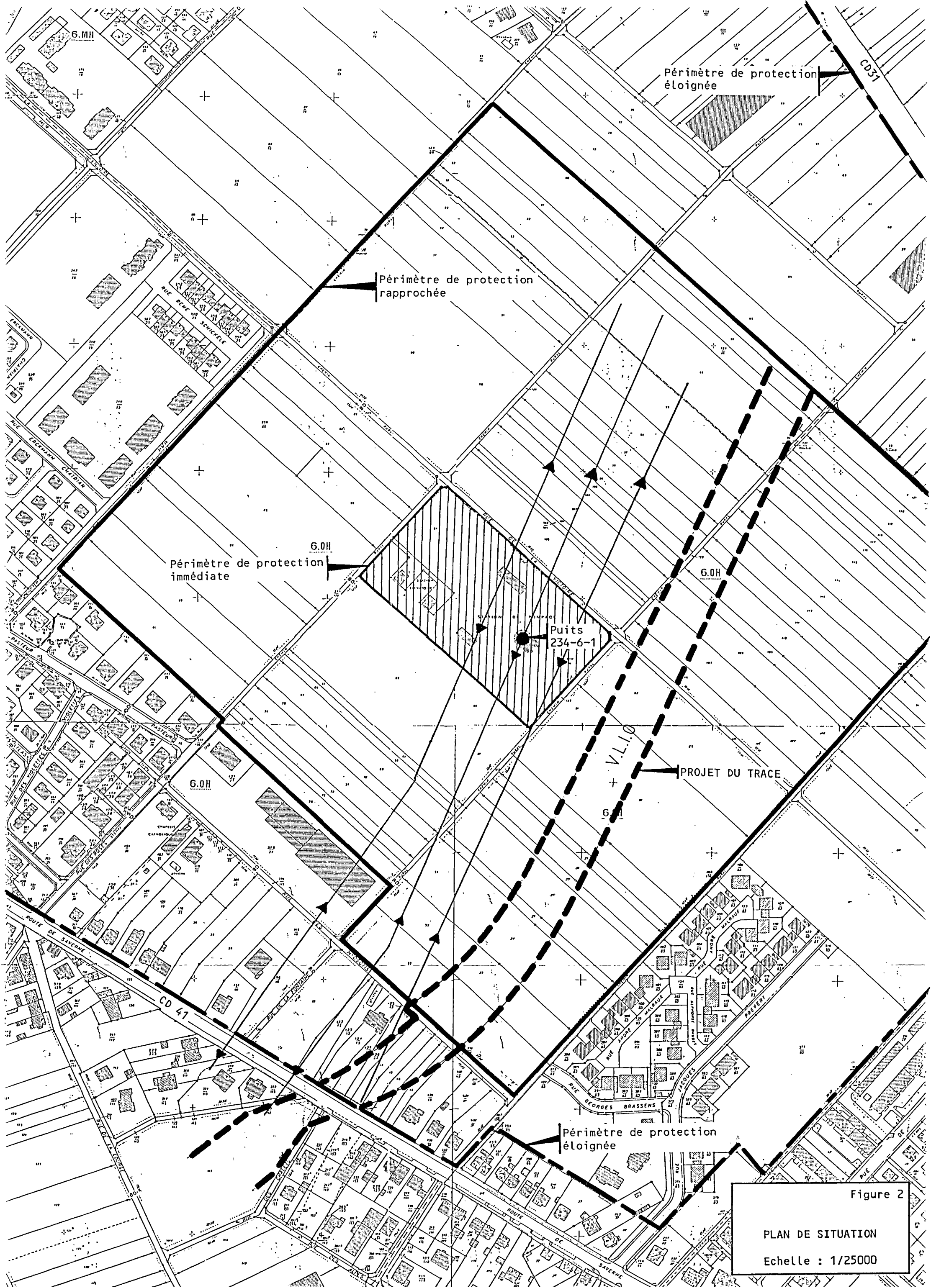
- 3 sondages avec mesures de perméabilité en continu jusqu'à 35 m de profondeur (CETE)
- 12 piézomètres de 20 m de profondeur (CETE)
- 1 sondage carotté de 15 m de profondeur et des mesures de perméabilité en laboratoire (CETE)
- des diagraphies gamma-ray dans les piézomètres (CETE)
- des mesures de perméabilité verticale dans les lèss avec la méthode double-anneaux PANDA (BRGM)
- un nivellement des ouvrages et des mesures piézométriques (BRGM).

Les résultats détaillées de ces investigations sont fournies dans un document du CETE et la note BRGM 92 SGAL 017.

4.1 RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

Les sondages réalisés confirment la présence d'un recouvrement lèssique de 14 à 15 m d'épaisseur qui devient en général plus argileux à la base.

Ces sondages ont cependant montré qu'il n'y avait pas continuité de la couche argileuse noire rencontrée au toit des graves lors de la foration du captage.



Périmètre de protection éloignée

Périmètre de protection rapprochée

Périmètre de protection immédiate

Puits 234-6-1

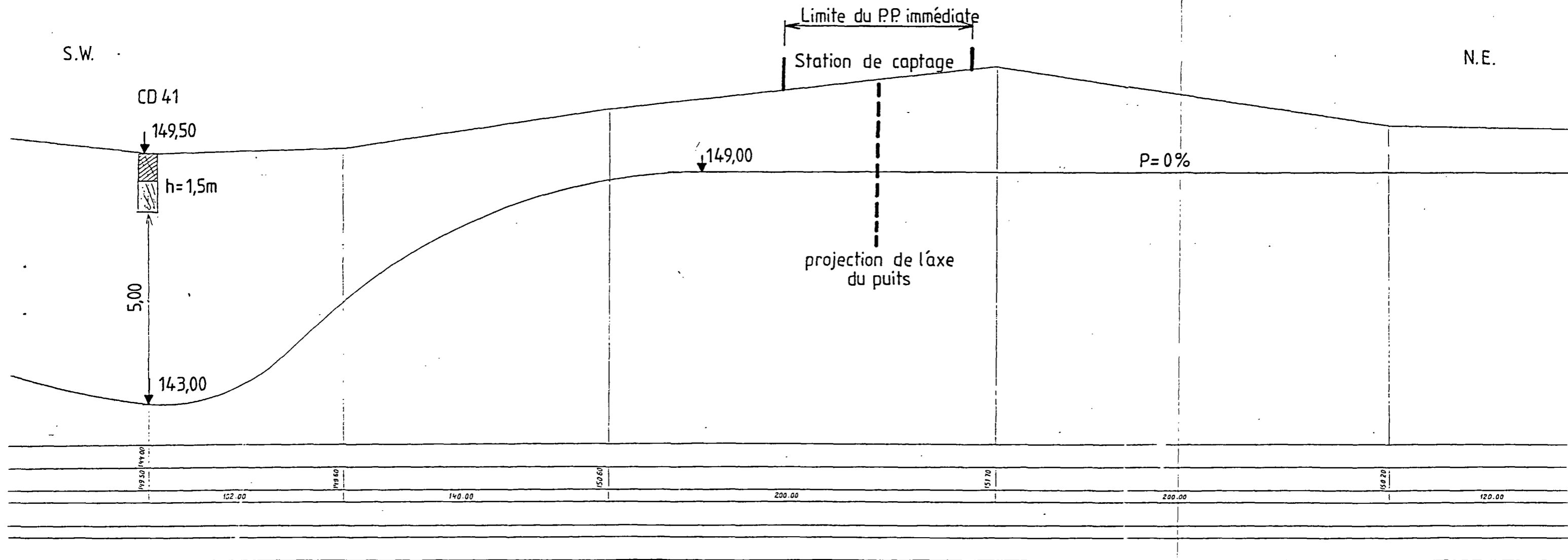
PROJET DU TRACE

Périmètre de protection éloignée

Figure 2
PLAN DE SITUATION
Echelle : 1/25000

Figure 3 : PROFIL EN LONG AU NIVEAU DU CAPTAGE

1/100
Echelle
1/2000



Les mesures de perméabilité en continu ont révélé l'existence de variations de perméabilité dans les graves due à la présence de lentilles argileuses.

Les essais en laboratoire sur les carottes de lœss ont fourni des valeurs de perméabilité à l'eau dans une fourchette de 2 à $4,2 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Ces valeurs sont à rapprocher des essais in situ en tranchées où des valeurs de 3,6 à $7,6 \cdot 10^{-6}$ m/s ont été obtenues.

Le relevé des piézomètres a fourni la piézométrie de la nappe à la périphérie du captage, qui a permis de préciser les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.

4.2 DÉTERMINATION DE LA TRANSMISSIVITÉ

La piézométrie de la nappe est reportée sur la figure 4.

La connaissance du niveau en plusieurs points autour d'un puits permet de calculer la transmissivité de l'aquifère à partir de la formule de Dupuit :

$$T = \frac{Q}{2\pi(h_1 - h_2)} \text{ Log } \frac{r_1}{r_2}$$

L'application de cette formule conduit aux valeurs suivantes pour différents couples de piézomètres sensiblement alignés :

Piézomètres	Transmissivité T en m ² /s
P3 - P1	$2,30 \cdot 10^{-1}$
P3 - P2	$2,07 \cdot 10^{-1}$
P2 - P1	$2,63 \cdot 10^{-1}$
P3 - P8	$1,85 \cdot 10^{-1}$
P11 - P12	$2,98 \cdot 10^{-1}$
P4 - P7	$4,11 \cdot 10^{-1}$

La moyenne des transmissivités est de $2,65 \cdot 10^{-1}$ m²/s.

La valeur obtenue avec le couple P4 - P7 pouvant être faussée par la proximité du P4 et d'un drain, on obtient une moyenne de $2,36 \cdot 10^{-1}$ m²/s sans ce dernier couple.

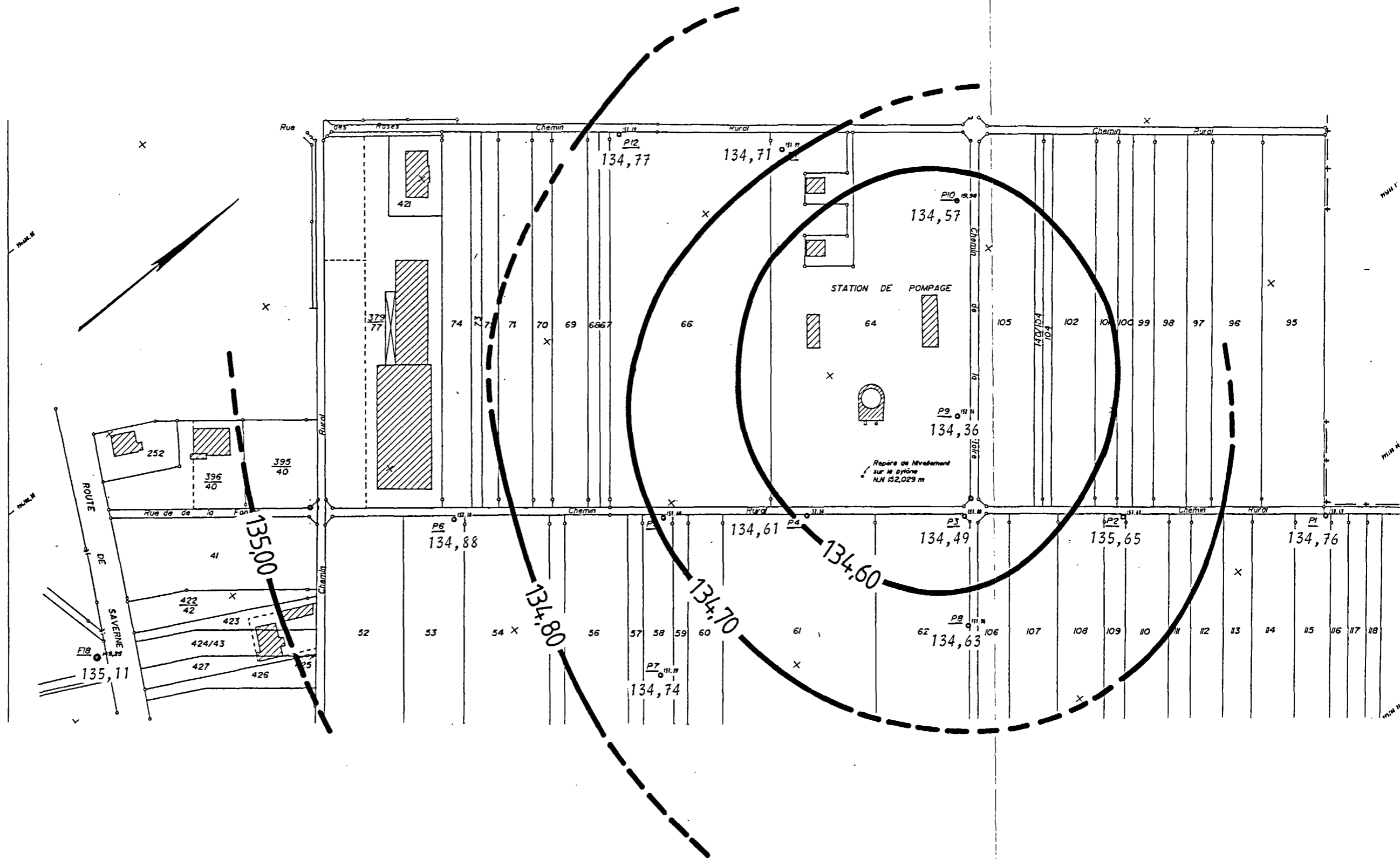
On retiendra finalement une valeur de $2,5 \cdot 10^{-1}$ m²/s pour les calculs des écoulements autour du captage.

Figure 4

Piézométrie de la nappe
à proximité du captage

Echelle : 1/2.000

Cotes en m NN



5. TRANSFERT D'UN POLLUANT JUSQU'AU CAPTAGE

Le polluant issu d'un déversement accidentel doit, pour arriver jusqu'au captage, emprunter successivement le milieu non saturé, depuis la surface jusqu'à la nappe, puis gagner le captage par entraînement avec l'eau.

L'évaluation des vitesses de propagation et les concentrations résultantes peuvent se faire relativement précisément dans la nappe en tenant compte des caractéristiques et propriétés de la substance polluante.

Un calcul précis est par contre plus difficile pour la migration verticale qui est sous la dépendance de nombreux facteurs aléatoires tels que les conditions du déversement, la configuration des lieux, l'état d'humidité du terrain ou les conditions météorologiques.

5.1 TRANSFERT VERTICAL JUSQU'À LA NAPPE

La zone non saturée est constituée essentiellement de limons relativement homogènes sur une épaisseur de 10 à 15 m, mais qui peut être réduite à 4 ou 5 m au droit des passages en déblais.

La perméabilité verticale de ces limons, mesurée en tranchée, est de $3,6$ à $7,6 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Les vitesses d'infiltrations mesurées avec des hydrocarbures (kerdane et gazole) sont du même ordre de grandeur : $2,4$ à $4,8 \cdot 10^{-6}$ m/s.

On retiendra pour le calcul une perméabilité moyenne de $5 \cdot 10^{-6}$ m/s pour l'eau, ainsi que pour des liquides non miscibles et on éliminera a priori le risque de transfert rapide dans des fissures.

Dans ce cas, la vitesse de transfert vertical de l'eau, d'un soluté ou d'un liquide non miscible est donné par la relation :

$$V = \frac{K_i}{\omega_c}$$

où K est la perméabilité, i le gradient (1 dans ce cas)

et ω_c la porosité cinématique (de l'ordre de 10 %)

soit $V = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s ou encore 4,32 m/jour.

Le calcul montre qu'un polluant peut atteindre très rapidement, en une journée ou deux la nappe sous-jacente, à condition que la quantité de polluant soit suffisante.

Le cas de figure est possible si le liquide déversé se concentre dans un point bas (fossé par exemple) ou s'il y a apport d'eau qui pousse le polluant ou l'entraîne (eau pluviale ou extinction d'incendie).

S'il est admis que les limons superficiels constituent un filtre pour les matières en suspension ou les germes, ou peuvent retenir de faibles quantités de liquides (notamment hydrocarbures), le calcul montre qu'un déversement important ou l'apport d'eau simultanément peuvent amener une contamination très rapide de la nappe.

On conviendra que la quantité de polluant qui touchera la nappe peut, suivant les circonstances, être de quelques kg à quelques centaines de kg.

5.2 TRANSFERT SOUTERRAIN D'UN POLLUANT DANS LA NAPPE

La première détermination à faire est la zone d'emprunt du captage, ou zone d'alimentation, à l'intérieur de laquelle l'eau est récupérée dans le captage.

C'est donc la zone à l'intérieur de laquelle une pollution pourra gagner le captage.

Cette zone d'emprunt dépend des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère mais aussi du débit prélevé.

Les limites en sont représentées sur les figures 5 et 6 pour deux débits, d'une part le débit moyen prélevé, soit 1 250 m³/h, d'autre part le débit maximum autorisé par l'arrêté préfectoral de DUP du 30.1.78 qui est de 60 000 m³/j, soit 2 500 m³/h.

Ces figures présentent les lignes de courant dans l'hypothèse d'un écoulement naturel de la nappe le plus probable, de direction 60° N.

Ces zones d'emprunt sont traversées par une partie importante du tracé de la VLIO, notamment au Sud-Ouest du captage.

On peut également calculer les isochrones, qui sont les lignes d'égal temps de transfert.

Sur les figures 7 et 8 pages 13 et 14 sont représentées ces isochrones pour les deux débits de 1 250 et 2 500 m³/h.

Les calculs sont basés sur des temps moyens de transfert, pour un aquifère homogène et sans dispersion.

Dans le cas présent, compte tenu de la dispersivité de l'aquifère rhénan, la division des temps moyens par 2,5 fournit approximativement le temps d'apparition probable du polluant au captage. C'est ce délai d'apparition qui figure sur les courbes isochrones.

Un coefficient de sécurité de 2 peut encore être appliqué à ces temps, afin de tenir compte d'éventuelles hétérogénéités de l'aquifère. Cela revient à diviser ces temps par 2 (équidistance des courbes de 10 j).

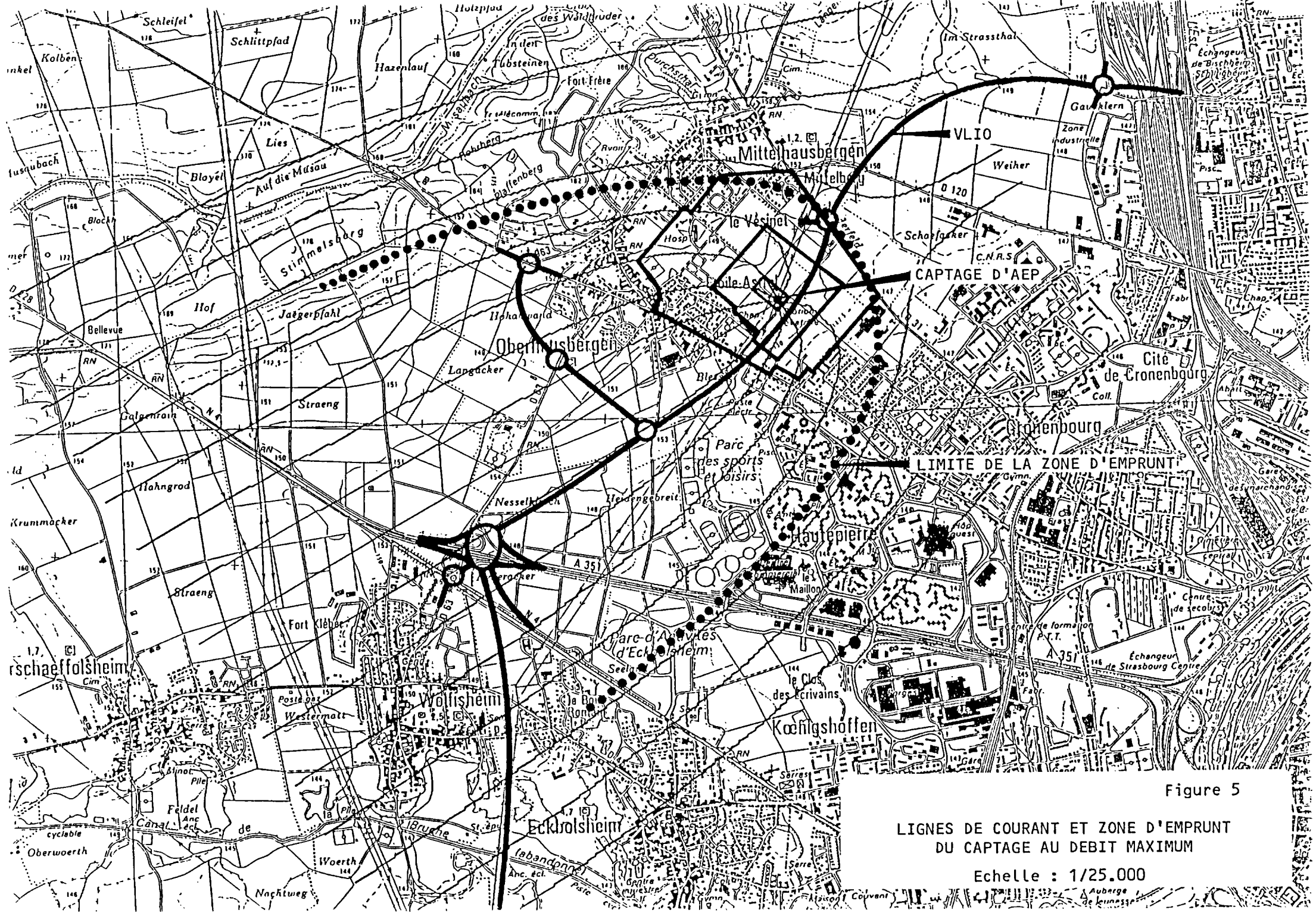


Figure 5

LIGNES DE COURANT ET ZONE D'EMPRUNT
DU CAPTAGE AU DEBIT MAXIMUM

Echelle : 1/25.000

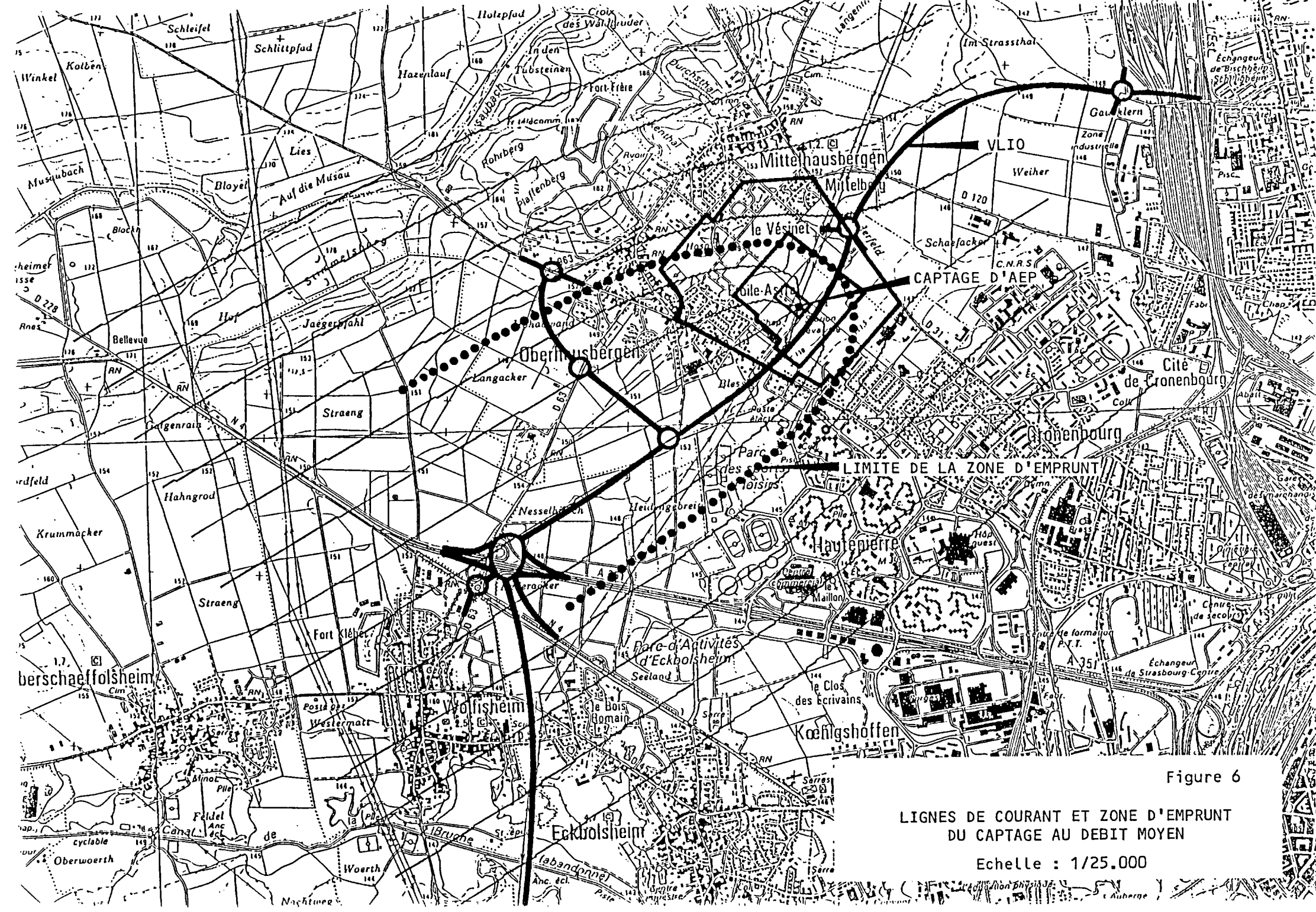


Figure 6

LIGNES DE COURANT ET ZONE D'EMPRUNT
DU CAPTAGE AU DEBIT MOYEN

Echelle : 1/25.000

La connaissance des paramètres de l'aquifère permet également de calculer la concentration résultante au captage en cas de déversement accidentel dans la nappe.

Les figures 9 et 10 donnent l'évolution de la concentration d'un polluant au captage pour un déversement instantané d'un kg à respectivement 200 et 400 m, et pour le débit moyen prélevé.

On suppose dans ce cas un écoulement radial (approximation vraie à proximité du captage). La dispersivité longitudinale retenue est de 25 m (ordre de grandeur mesuré dans le secteur Sud-Ouest de Strasbourg).

Ces graphiques donnent une indication de l'impact d'un déversement sur la qualité de l'eau du captage.

On voit qu'un déversement à 200 m du captage provoque l'apparition de la contamination après 5 jours avec un maximum entre 10 et 20 j.

Le même calcul montrerait une contamination en quelques heures pour un déversement au droit du périmètre immédiat.

Dans la réalité, le déversement n'est pas instantané du fait du trajet dans le sol au-dessus de la nappe qui, bien que traversé rapidement (en 1 ou 2 jours), accumulera le polluant et pourra le libérer progressivement.

Dans ce cas, la contamination au captage en sera prolongée d'autant.

5.3 CONCLUSION

La complexité des écoulements et la multiplicité des scénarios de pollution ne permet pas de prévoir précisément l'impact d'une pollution accidentelle sur le captage.

On peut cependant, à titre indicatif, évaluer le niveau de risque.

Compte tenu de la rapidité possible du transfert vertical dans le sol, on peut considérer que les courbes des figures 7 et 8 représentent le délai d'arrivée de la pollution au captage.

La concentration résultante au captage est en première approximation inversement proportionnelle au temps de transfert.

A titre d'exemple, un déversement d'1 kg qui atteint la nappe sur l'isochrone 20 jours provoquerait au captage une concentration de l'ordre du $\mu\text{g/l}$.

Cette concentration est à rapprocher des limites admises pour certains composés toxiques, notamment les pesticides, qui sont inférieures à 1 $\mu\text{g/l}$.

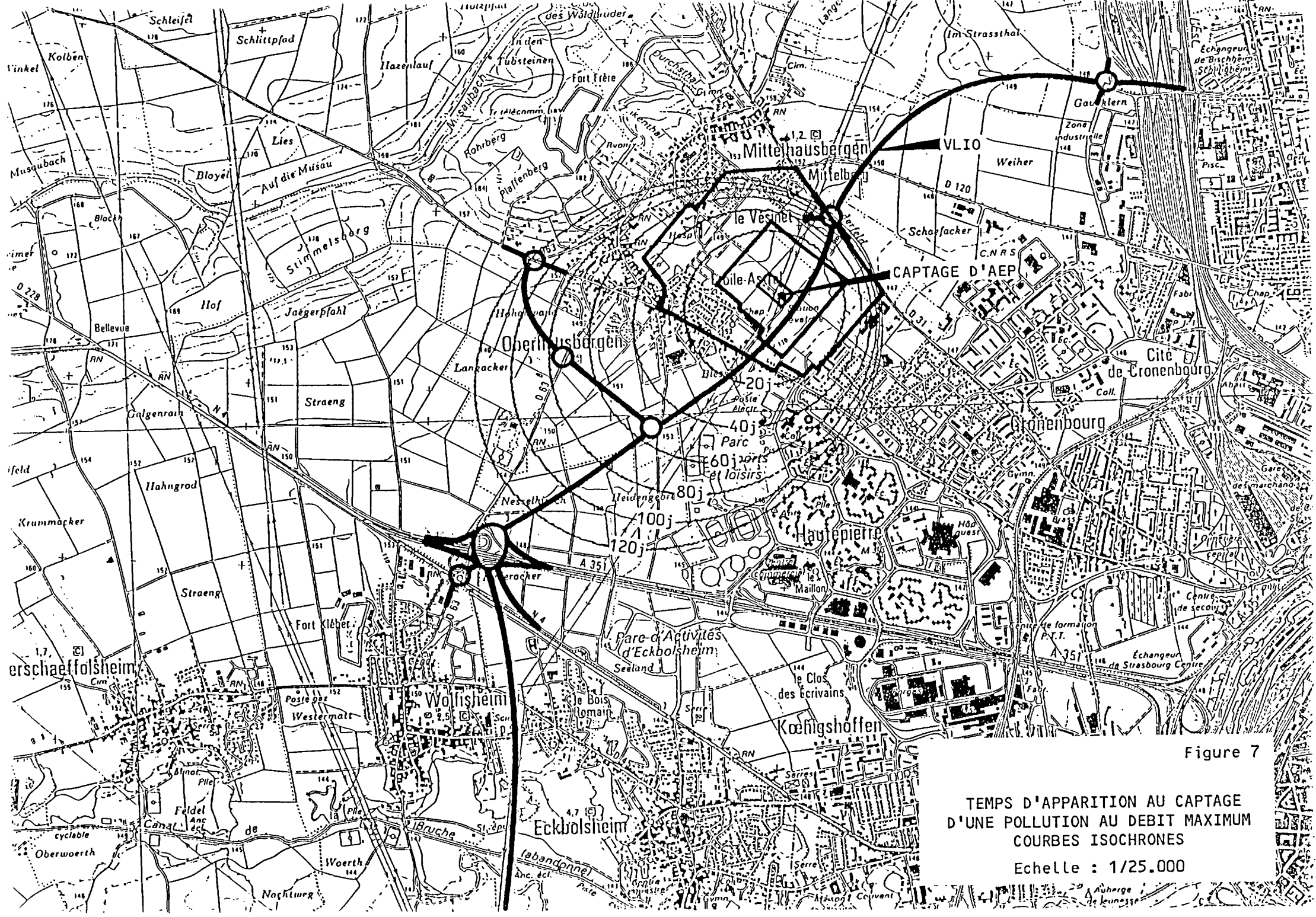


Figure 7

TEMPS D'APPARITION AU CAPTAGE
 D'UNE POLLUTION AU DEBIT MAXIMUM
 COURBES ISOCHRONES

Echelle : 1/25.000

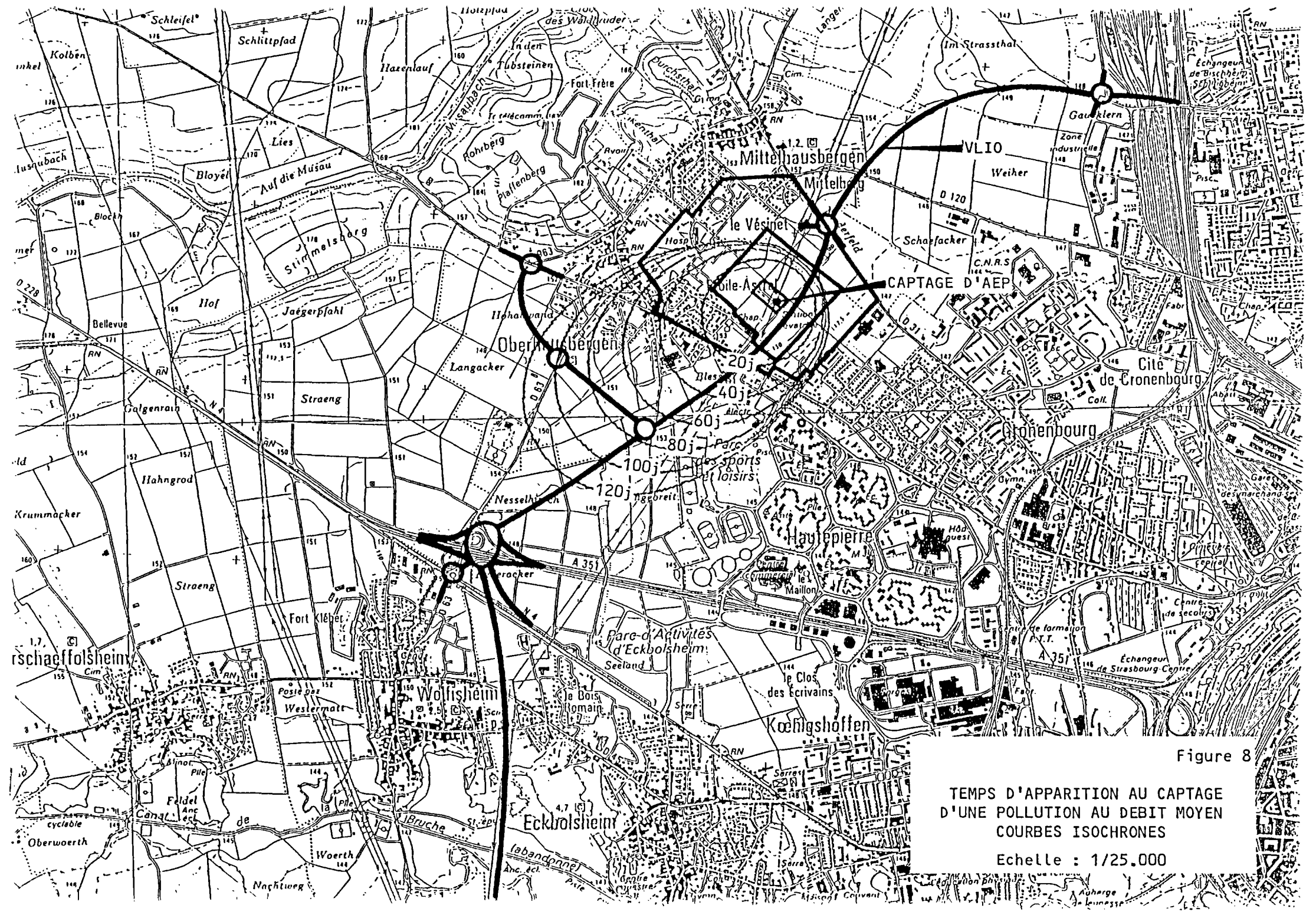


Figure 8

TEMPS D'APPARITION AU CAPTAGE
 D'UNE POLLUTION AU DEBIT MOYEN
 COURBES ISOCHRONES
 Echelle : 1/25.000

U L 10 AEP
Computed peak Cl $1.244E+06$] = $1.677E-06$; observed peak Cl $8.640E+06$] = $1.000E-05$

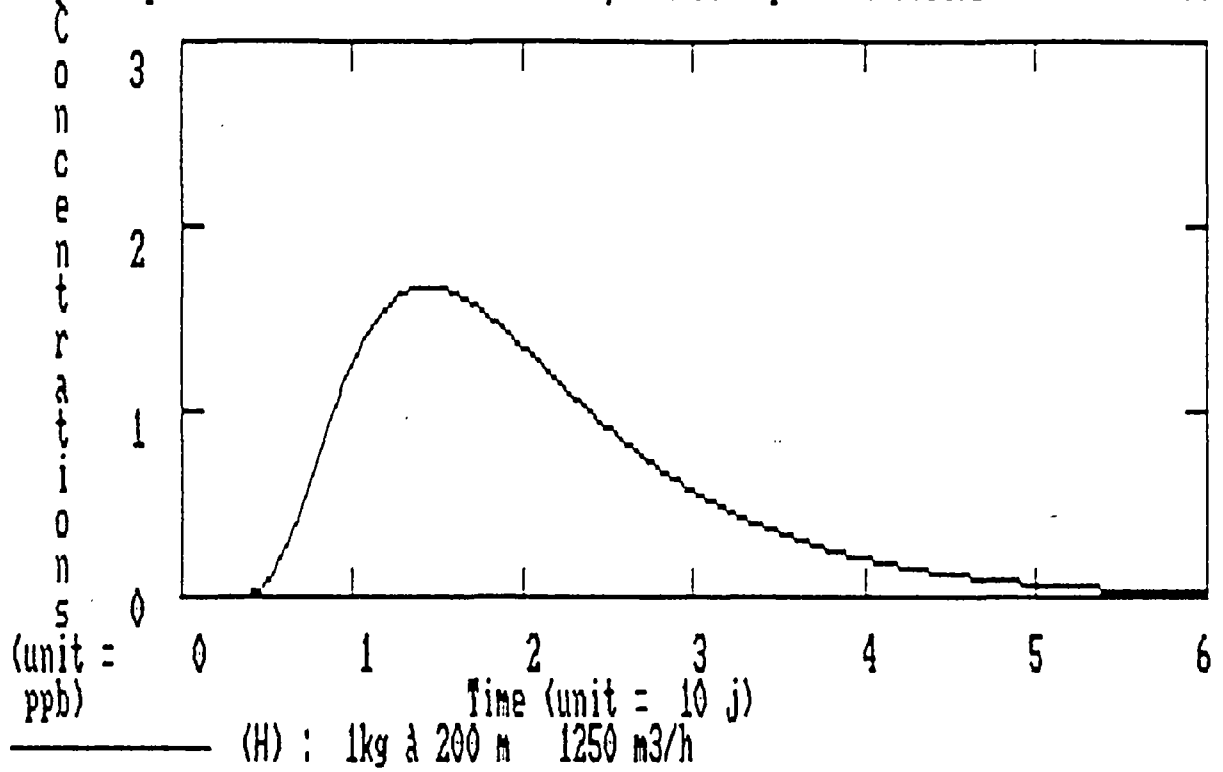


Figure 9 : Concentration résultant au captage pour un déversement de 1kg de polluant à 200m au débit moyen

U L 10 AEP
Computed peak Cl $5.975E+06$] = $5.165E-07$; observed peak Cl $8.640E+06$] = $1.000E-05$

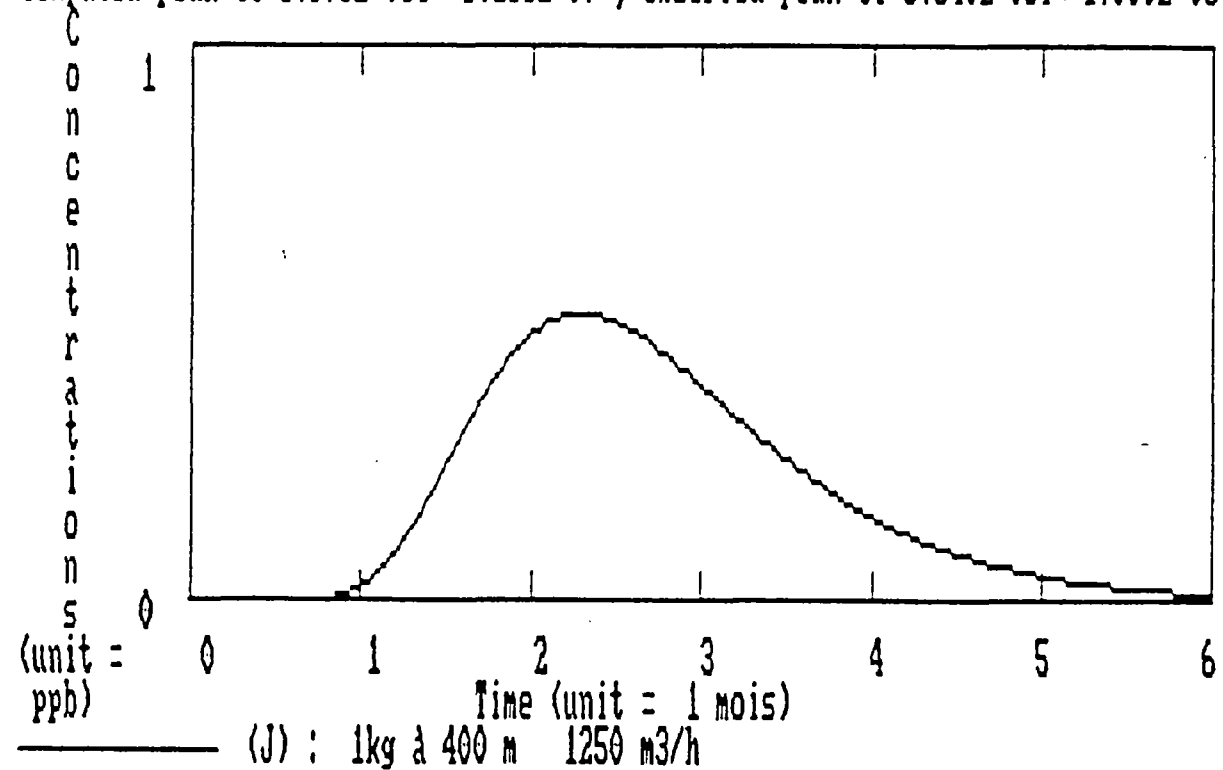


Figure 10 : Concentration résultant au captage pour un déversement de 1kg de polluant à 400m au débit moyen

6. MESURES COMPENSATOIRES

Les mesures compensatoires destinées à supprimer les risques liés à un accident polluant sont de deux types : les mesures curatives et les mesures préventives.

6.1 MESURES CURATIVES

La récupération du liquide épandu ou l'enlèvement des terres contaminées sont des mesures qui sont à mettre en œuvre dans tous les cas. Leur efficacité, qui n'est jamais totale, dépend de la rapidité de l'intervention.

La foration d'un puits de dépollution, pour récupérer l'eau contaminée dans la nappe, est une mesure envisageable mais les délais de mise en œuvre et l'incertitude sur la direction précise d'écoulement en font une méthode d'efficacité aléatoire dans les cas d'urgence.

Les seules mesures efficaces sont donc des mesures préventives.

6.2 MESURES PRÉVENTIVES

Ces mesures ont pour objectif principal d'empêcher la pénétration d'un polluant dans le sol à l'intérieur du périmètre sensible.

Les aménagements qui peuvent être mis en place sont de différents types :

- mise en place de dispositifs constitués de merlons ou murets évitant aux véhicules de quitter la plate-forme routière.
- étanchéification totale de la plate-forme routière.
- cuvelage étanche pour le passage en trémie.
- évacuation des eaux de ruissellement en fossés étanches avec rejet en dehors du périmètre sensible.
- création de fossés stockeurs munis de vannes pour arrêter la propagation d'une pollution.

Ces aménagements permettront par ailleurs d'éviter l'infiltration de la charge de pollution chronique ou saisonnière liée au trafic routier.

6.3 DÉFINITION DU PÉRIMÈTRE SENSIBLE

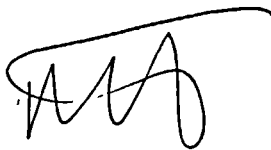
Le périmètre sensible à l'intérieur duquel des mesures de protection doivent être prises dépasse largement les limites du périmètre de protection éloignée.

Ce dernier avait été défini par le géologue agréé en 1975 comme un compromis entre les contraintes de protection des eaux et l'aménagement et l'équipement de la région.

L'examen des figures 5 à 8 amène à définir la portion du tracé de la VLIO devant faire l'objet d'aménagements de protection particuliers.

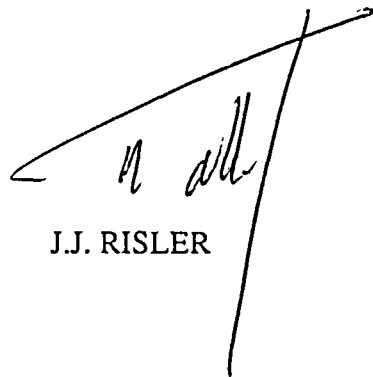
Cette portion est comprise entre l'intersection avec l'A351 au Sud-Ouest et le CD31 au Nord-Est.

L'ingénieur chargé d'étude



M. SAUTER

Le directeur du BRGM ALSACE (SGAL)



J.J. RISLER