



n° 10084

Département de Meurthe-et-Moselle (54)

Commune de P U L N O Y

Plan d'eau du Val de la Masserine

*Rapport géologique relatif à la réalisation
d'un forage aux Grès Rhétiens*

S. BOULY

A la demande de la S.A. SAFLOR (Société d'Aménagement Foncier de Lorraine), le Centre de Recherches en Mécanique et Hydraulique des Sols et des Roches de l'E.N.S.G. a été chargé de la direction et du suivi technique d'un forage aux Grès Rhétiens, destiné à soutenir le niveau du plan d'eau du Val de la Masserine à PULNOY.

Ce rapport rend compte des travaux de forage et d'équipement ainsi que des essais de pompage réalisés.

La présentation du problème et les objectifs recherchés ayant fait l'objet d'un rapport de M. NOELLE en date du 22 janvier 1982, nous ne reviendrons pas sur ces points.

I - CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'OUVRAGE

A) Situation géographique et environnement

Le forage a été implanté en bordure du ruisseau alimentant le plan d'eau du Val de la Masserine, à 300 m environ à l'amont. Sa situation approximative est figurée sur les cartes des annexes 1 et 2. Les coordonnées Lambert du point d'eau sont : $x = 888,60$; $y = 119,39$; $z \neq 222$ m.

L'environnement se compose d'un terrain vague en bordure gauche du ruisseau et de pavillons en bordure droite. A moyenne distance, se situe un établissement scolaire et d'autres pavillons formant un vaste secteur construit (ZAC du Val de la Masserine).

B) Réalisation de l'ouvrage

C'est l'Entreprise VAUTHRIN de Champigny-sous-Varennes (52) qui a été retenue pour la réalisation du forage. Les travaux, essais de pompage compris, ont été effectués du 9 avril (date d'installation de la machine) au 20 avril 1984.

Hormis quelques petits problèmes relativement mineurs dans l'ensemble et rapidement résolus après nos interventions, le chantier s'est correctement déroulé.

C) Coupe stratigraphique

Relevée lors de l'avancement du forage par examen des cuttings (débris rocheux) au Laboratoire, la coupe stratigraphique est légèrement différente de la coupe prévisionnelle. L'ouvrage, dont la profondeur maximale était estimée à 75 m, a été arrêté à 67 m, le substratum marneux du Keuper ayant été atteint à partir de 62 m.

Ceci étant, la coupe géologique rencontrée est la suivante :

- de 0,00 à 3,00 m : limons argileux à fins cailloutis épars (alluvions récentes du ruisseau)
- de 3,00 à 5,00 m : argiles altérées ocres
- de 5,00 à 12,00 m : argiles plus ou moins schisteuses, noirâtres, saines (Lotharingien)
- de 12,00 à 32,00 m : marno-calcaires du Sinémurien, alternance de bancs calcaires et de bancs marneux sombres
- de 32,00 à 42,00 m : Argiles de Levallois (Rhétien supérieur) couleur lie de vin
- de 42,00 à 44,00 m : niveau pélitique noir, schisteux
- de 44,00 à 62,00 m : grès jaunâtres à blanchâtres, fins, assez tendres, mêlés de pélites noires (Rhétien inférieur)
- de 62,00 à 67,00 m : marnes bariolées (Keuper supérieur)

Les ensembles lithologiques rencontrés sont conformes à ce qui est généralement admis en Lorraine pour ces formations, les variations locales d'épaisseur des différents faciès étant fréquentes.

D) Coupe technique

Elle figure schématiquement en annexe 3 de ce rapport et se décompose de la façon suivante :

- de 0,00 à 10,00 m : forage en \varnothing 8" 1/2 (216 mm) ; tubage métallique acier E 24 \varnothing 170 mm ; cimenté à l'extrados
- de 10,00 à 67,00 m : forage en \varnothing 6" (152 mm)

La colonne captante, en PVC type SFB-K, de diamètre nominal 4" (103-113 mm et 119 mm au manchon) se compose de :

- . 6 m de tube aveugle de -67 à -61 m
- . 18 m de tube crépiné à fentes de 1 mm de -61 à -43 m
- . 43 m de tube aveugle de -43 m au sol

L'annulaire a été comblé de -67 à -36 m par un massif de gravier de granulométrie 3-6 mm théorique mais avec éléments plus fins et plus gros (1 mm à 8 mm). Au-dessus a été placé un bouchon d'argile de quelques décimètres puis le tubage a été cimenté à l'extrados, y compris dans la partie située au droit du tubage métallique de 170 mm.

L'ancrage en tête a été assuré par un massif de béton.

Un capot métallique avec cadenas a été placé sur le tubage métallique en attendant la réalisation d'une tête de puits définitive.

Précisons que seul l'aquifère Rhétien est capté, les marno-calcaires Sinémurien étant isolés vu leur trop faible capacité de production.

II - ESSAIS DE PRODUCTION DE L'OUVRAGE

A) Nettoyage et développement

Après réalisation d'un ouvrage, il est toujours nécessaire de le débarrasser des particules en suspension pouvant sédimenter dans le fond de la colonne et d'évacuer les éléments fins du terrain à proximité de l'ouvrage et surtout ceux situés dans le massif de gravier. Ces opérations sont le nettoyage et le développement.

Ces opérations spécifiques se sont déroulées le lundi 16 en fin d'après-midi et le mardi 17 avril.

D'abord réalisées par soufflage à l'air, nous avons décidé de les poursuivre par pompage à la suite d'incidents lors du soufflage (éclatement des flexibles d'alimentation en air comprimé).

Lors de ces premiers tests, l'eau est devenue assez rapidement limpide et montrait une faible charge en sable.

Bien qu'il soit difficile de connaître les capacités de production d'un forage par cette technique, il semblait cependant qu'un débit voisin de 4 m³/h pouvait être attendu lors des essais de pompage.

B) Essais de pompage

1. Déroulement des essais

Les essais de pompage se sont déroulés en deux phases :

- une phase de pompage d'une durée de 30 h en essayant de maintenir un débit à peu près constant avec mesure de l'abaissement du niveau d'eau ;
- une phase de remontée de 8 h après arrêt de la pompe.

Ces essais ont donc duré 38 h au total.

Le forage était équipé d'une pompe immergée de 4" placée quasiment au fond de l'ouvrage. Les eaux exhaurées étaient rejetées dans le ruisseau jouxtant le site de forage.

Les débits étaient mesurés au moyen d'un bac de 90 litres de capacité (débits instantanés) et d'un compteur (débits moyens horaires) et les niveaux d'eau à l'aide d'une sonde électrique à voyant lumineux.

2. Résultats obtenus

Le niveau statique de la nappe a été mesuré à 12,30 m par rapport à notre point de mesure (sommet du tube piézométrique).

Le toit de la formation aquifère se situant à 44 m de profondeur, la nappe des Grès Rhétiens est donc captive, ce qui était attendu compte tenu des données locales et de l'éloignement relatif des affleurements gréseux.

A la fin de l'essai de pompage conduit au débit moyen de 4,62 m³/h pendant 30 h, le niveau dynamique se situait à 37,66 m de profondeur.

Le rabattement mesuré était donc de 25,36 m.

La nappe demeurait en charge de quelques mètres et il conviendra à l'exploitation, de la maintenir également comme telle. On évitera ainsi les risques de colmatage mécanique et physico-chimique rapides par ensablement ou précipitation du fer qui est normalement en teneur assez importante dans cet aquifère.

Après 8 h de remontée, le rabattement résiduel était de 2,29 m, le niveau dynamique se situant à 14,59 m de profondeur.

Le lendemain matin à 8 h, il se situait à 13,22 m soit un rabattement résiduel de 0,92 m.

3) Interprétation des résultats

L'interprétation est faite en régime transitoire par la formule de Jacob qui est une approximation logarithmique de l'équation générale de Theiss. Cette formule exprime la relation liant le rabattement au temps écoulé depuis le début du pompage. Elle s'écrit :

$$\Delta = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{2,25 T t}{x^2 S}$$

dans laquelle :

Δ = rabattement (en m)

Q = débit d'exhaure (en m³/s)

T = transmissivité (en m²/s)

t = temps écoulé depuis le début du pompage (en s)

x = distance du point d'observation à l'axe du puits (en m)

S = coefficient d'emmagasinement (sans dimension)

L'emploi de cette formule conduit à la détermination de la transmissivité de l'aquifère ; grandeur qui représente l'aptitude d'une nappe à conduire l'eau. T , S , Q et x sont des constantes caractéristiques de la nappe ou des conditions de réalisation de l'essai.

L'équation de Jacob est de la forme $y = ax$ ou plus exactement $\Delta = f(\log t)$ qui se présente sur un graphique par une droite de pente égale à $\frac{0,183 Q}{T}$, d'où :

$$T = \frac{0,183 Q}{\alpha}$$

Dans le cas de la remontée, la formule de Jacob est également utilisée et l'on démontre que le rabattement résiduel s'exprime par la relation :

$$\Delta' = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{t}{t'}$$

où t' = temps écoulé depuis l'arrêt du pompage (en s)

t = temps écoulé depuis le début du pompage (en s)

La représentation graphique de cette fonction $\Delta' = f(\log t/t')$ donne une droite de pente $\alpha' = \frac{0,183 Q}{T}$, d'où :

$$T = \frac{0,183 Q}{\alpha'}$$

C) Caractéristiques hydrodynamiques de la nappe

1. Calcul de la transmissivité à l'abaissement (annexe 4)

$$\Delta/Q = f(\log t)$$

$$\alpha = 0,7 \text{ m/m}^3/\text{h}$$

$$T \approx 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

2. Calcul de la transmissivité à la remontée (annexe 5)

$$\Delta' = f(\log t/t')$$

$$\alpha' = 3,15 \text{ m}$$

$$T \approx 7,45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

3. Perméabilité de la nappe

Il n'est pas facile de l'estimer avec précision mais la formule $T = K \cdot e$ dans laquelle...

T = transmissivité

K = perméabilité

e = tranche d'aquifère mouillée

... peut nous donner une valeur approchée. Il vient alors $K = T/e$ d'où :

$$K \approx 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Cette valeur est intégrée à l'ensemble de la formation gréséo-pélique traversée sur le forage de Pulnoy, soit 18 m. Elle ne saurait être rapportée à l'ensemble de la nappe des Grès Rhétiens car la perméabilité est fonction de la lithologie locale, c'est-à-dire de la plus ou moins grande importance des niveaux péliques interstratifiés, de la plus ou moins grande cimentation du grès lui-même et de l'état de fissuration du massif gréseux. On comprend donc aisément que ce paramètre, tout comme la transmissivité d'ailleurs, dépende des conditions géologiques particulières du site étudié.

A titre de comparaison cependant, les résultats obtenus ici sont voisins de ceux obtenus à BUISSONCOURT dans le même aquifère.

III - CONCLUSIONS

Un forage de 67 m de profondeur, destiné à soutenir le plan d'eau de la ZAC du Val de la Masserine a été réalisé à PULNOY.

Cet ouvrage capte la nappe captive des grès du Rhétien inférieur, puissants de 18 m au niveau du site.

Il s'agit d'un grès fin riche en éléments et bancs pélitiques noirâtres.

La nappe aquifère captée montre des caractéristiques modestes mais cependant conformes à ce qui était prévu.

La transmissivité est assez faible ($T \approx 7,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$), de même que la perméabilité mais ces paramètres sont en concordance avec ceux mesurés notamment à Buissoncourt, localité éloignée de quelques kilomètres de Pulnoy.

Les essais de pompage ont montré que l'ouvrage pouvait être exploité à un débit de 4,5 à 5 m³/h. Ce débit ne devra pas être dépassé si l'on veut se prémunir contre une détérioration de l'ouvrage par colmatage mécanique (sable) ou physico-chimique (oxydes de fer). En effet, ce débit modeste permettra de maintenir l'aquifère productif en charge. Les vitesses d'entrée de l'eau dans la crépine de l'ouvrage seront assez faibles et il n'y aura pas de risques d'aération des niveaux supérieurs provoquée par un dénoyage partiel des couches, donc pas d'oxydation accélérée par l'air atmosphérique.

Aucune analyse d'eau n'ayant été souhaitée par la S.A. SAFLOR, nous ne concluons pas sur ce chapitre. Il est toutefois probable que l'on ait ici une eau relativement minéralisée avec présence de fer, manganèse et sulfates en quantités non négligeables.

Enfin, une tête de puits définitive devra être réalisée lorsque l'ouvrage sera mis en exploitation.

Vu,



L. DEMASSIEUX

Responsable du département
"Hydrogéologie" au Centre

Nancy, le 30 avril 1984



S. BOULY

Ingénieur d'études
Fondation de la Géologie