



n° 13674

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE

Commune de ROVILLE-DEVANT-BAYON (54)

*Etude hydrogéologique d'un secteur
de la plaine alluviale de la Moselle*

F. NOELLE
(15.03.1989)

A la demande de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, le Laboratoire d'Hydrogéologie du Centre de Recherches en Mécanique et Hydraulique des Sols et des Roches de l'E.N.S.Géologie de Nancy a réalisé l'étude d'un secteur de la plaine alluviale de la Moselle à ROVILLE-DEVANT-BAYON (Meurthe-et-Moselle). Les travaux de terrain (forages de reconnaissance et essais de pompage) ont eu lieu du 20 décembre 1988 au 10 janvier 1989. Nous rendons compte ci-après des résultats obtenus lors de cette étude, co-financée par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et l'Entreprise BIGONI et Fils de RUAUX.

I - FINALITÉ ET MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

A) Objet de l'étude

La commune de ROVILLE-DEVANT-BAYON est alimentée en eau par un puits au Alluvions de la Moselle qui, s'il ne pose pas de problèmes sur le plan quantitatif, se trouve être imprévisible du fait de sa situation en zone urbanisée et produit de surcroît une eau excessivement chargée en manganèse (de 4 à 7 fois la nouvelle norme de 0,05 mg/l).

En 1984-86, une première étude, financée par la Commune et le Conseil Général de Meurthe-et-Moselle, a été entreprise pour mettre en évidence, à proximité des installations existantes, une zone susceptible de produire une eau de bonne qualité. Trois ouvrages de reconnaissance (R1, R2, R3) ont été réalisés et testés par essais de pompage et analyses d'eau. Si là encore les résultats d'ordre quantitatif ont été favorables (possibilités d'exploiter 20 à 25 m³/h sur chaque site étudié), les résultats attendus sur le plan qualitatif n'ont pas été atteints, puisque les concentrations en manganèse variaient de 0,200 à 0,540 mg/l.

C'est pourquoi, dans le cadre d'une étude générale des zones à préserver pour les alimentations futures à partir de la nappe alluviale de la Moselle en Meurthe-et-Moselle, l'Agence de l'Eau a retenu un secteur concernant le territoire des communes de ROVILLE-DEVANT-BAYON et MANGONVILLE, avec toujours pour objectif principal la recherche d'un site sans manganèse. L'entreprise BIGONI et Fils ayant déposé une demande d'autorisation de gravière dans le secteur défini par l'Agence de l'Eau, l'étude de ROVILLE a donc été conduite en urgence fin 1988 - début 1989.

La finalité de l'étude a été ainsi fixée : "définir la zone à réserver pour l'alimentation en eau future de ROVILLE, et le cas échéant, de communes voisines pour un objectif fixé à 1 000 m³/j" d'une eau répondant aux normes physico-chimiques de potabilité.

B) Les moyens mis en oeuvre

Compte tenu des données déjà connues sur le plan quantitatif, il est certain que l'aspect le plus important de l'étude à entreprendre résidait dans son volet qualitatif. C'est pourquoi, nous avons proposé la réalisation de cinq ouvrages de reconnaissance, deux équipés d'une colonne captante de 4 pouces de diamètre (100 mm) permettant de procéder à des essais de pompage - donc à des analyses d'eau - et trois équipés d'une colonne captante de 2 pouces (50 mm) n'autorisant que la prise d'échantillons pour analyses.

Pour tirer un maximum d'enseignement de cet équipement piézométrique, nous avons procédé aux essais suivants : après pompage de nettoyage et de développement sur tous les ouvrages, réalisation sur les 4 pouces d'un pompage de 9 heures (7 heures d'abaissement et 2 heures de remontée), avec prélèvement d'un échantillon global en fin d'opération et d'échantillons de contrôle après 1, 3 et 5 heures de pompage ; réalisation sur les 2 pouces d'un pompage de 4 heures (2 heures d'abaissement et 2 heures de remontée), avec prélèvement d'un échantillon global à la fin du pompage.

De cette façon, outre les paramètres d'ordre qualitatif, il était possible d'approcher les possibilités d'exploitation sur les forages en 4 pouces et de définir la transmissivité de l'aquifère sur l'ensemble des ouvrages : à l'abaissement et à la remontée sur les plus gros et à la remontée seule sur les 2 pouces, le diamètre du tuyau d'aspiration de la pompe n'autorisant pas, sur cet équipement, le suivi de l'abaissement.

II - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES OUVRAGES DE RECONNAISSANCE

A) Situation géographique (cf. annexe I)

Le secteur d'étude défini par l'Agence de l'Eau se présente sous la forme d'un triangle d'une trentaine d'hectares situé à 1 kilomètre environ au Sud-Est de la Mairie de ROVILLE-DEVANT-BAYON et limité à l'Ouest par la branche Sud du Canal de l'Est. A l'intérieur de cette zone, les ouvrages de reconnaissance ont été disséminés de manière à concerner la plus grande superficie possible. Toutefois, compte tenu de l'époque du chantier, ils ont été essentiellement implantés en bordure des chemins, l'accès étant impossible dans les labours. Ces ouvrages ont été répertoriés de R4 à R8 dans l'ordre où on les rencontre en suivant le chemin de ROVILLE vers MANGONVILLE. Leurs coordonnées Lambert sont les suivantes (zone Nord I) :

R4	x = 892,80	y = 92,26	z # 249,0 m ;
R5	x = 893,10	y = 91,88	z # 249,5 m ;
R6	x = 892,93	y = 91,78	z # 249,5 m ;
R7	x = 892,76	y = 91,93	z # 249,0 m ;
R8	x = 892,65	y = 91,73	z # 249,5 m.

Par ailleurs, les fiches récapitulatives de l'annexe III précisent leur situation par rapport à divers éléments susceptibles d'influer sur leur comportement hydrogéologique.

B) Caractéristiques techniques (cf. annexe II)

Les cinq ouvrages de reconnaissance ont été forés selon une même technique : carottage à sec à l'intérieur d'un tube de soutènement provisoire. Globalement, le diamètre de ce tubage était de 220 mm pour les ouvrages équipés en 4 pouces et de 165 mm pour les ouvrages équipés en 2 pouces. La formation alluviale a été traversée en totalité et la nature géologique du substratum reconnu sur quelques décimètres.

Ces forages ont été équipés d'une colonne captante en P.V.C., de 4 pouces de diamètre nominal pour R6 et R7 et de 2 pouces pour R4, R5 et R8. Cette colonne captante est crépinée à fentes de 2 mm de largeur sur les 5 mètres de base et pleine à la surface du sol. Elle est protégée en pied par un bouchon de fond et en tête par un tubage métallique cimenté au terrain (tête de protection). L'espace annulaire entre colonne et formation géologique a été comblé par un massif de gravier siliceux, roulé, lavé, calibré 4-8 mm.

Les schémas de l'annexe II.A représentent, à titre d'illustration, les coupes techniques de R4 (2 pouces) et R6 (4 pouces), tandis que le tableau inférieur de l'annexe II.B résume les caractéristiques de l'ensemble des ouvrages. Ceux-ci ont donc été réalisés de manière à perturber le moins possible le fonctionnement de la nappe aquifère et à permettre la mise en oeuvre d'essais représentatifs.

C) Données géologiques (cf. annexe II.B)

Sur cette même annexe II.B, le tableau supérieur indique la répartition des différents faciès géologiques reconnus.

Du fait de sa faible épaisseur, la puissance de la couche de terre végétale (20 à 30 cm) n'a pas été indiquée, l'ensemble étant assimilé aux dépôts alluviaux de la Moselle. L'épaisseur de la formation alluviale varie donc de 6,0 m sur R8 à 6,8 m sur R6, soit un peu moins que lors de l'étude précédente. La description des faciès est classique : sables, graviers et galets jusqu'à 6-7 cm de diamètre.

Le substratum sous-alluvial a été reconnu de quelques centimètres sur R5 à 0,5 m sur R8. Dans tous les cas, il s'agit des Marnes irisées inférieures du Keuper inférieur, formation caractérisée par ses couleurs variées (gris, rouge, vert).

III - COMPTE RENDU DES ESSAIS DE POMPAGE

(cf. annexe III)

Remarque préalable

Nous avons rassemblé en annexe III toutes les données résultant des pompages de nettoyage et de développement et des essais de pompage, ainsi que leur interprétation. Chacune des cinq parties de cette annexe (III.A pour R4, III.B pour R5, etc.) se compose d'une fiche récapitulant les observations et résultats, des courbes expérimentales des essais de pompage, d'une approche de courbe caractéristique pour les ouvrages équipés en 4 pouces et de la copie des résultats d'analyses tels qu'ils nous ont été remis par le laboratoire spécialisé. Pour la suite de ce compte rendu, il convient en conséquence de se reporter en permanence à cette annexe globale et synthétique.

A) Matériel utilisé

Le matériel utilisé pour les pompes de développement et les essais de pompage est identique. Il s'agit d'un groupe moto-pompe de surface à moteur thermique capable de produire une vingtaine de mètres-cubes par heure dans de bonnes conditions. L'eau pompée a systématiquement été refoulée à une distance suffisante pour éviter les retours d'eau à l'ouvrage testé.

Les débits ont été déduits de la mesure du temps de remplissage d'un bac jaugé de 90 litres, les temps mesurés au chronomètre et les variations du niveau dynamique suivis à la sonde électrique.

B) Pompages de nettoyage et de développement

Ces pompages préliminaires ont concerné tous les ouvrages sur une durée moyenne de 2 heures. Après un pompage de nettoyage poursuivi jusqu'à élimination totale des dépôts de fond de colonne et obtention d'eau claire, les pompages de développement ont été réalisés à débits alternativement forts et faibles (voire nuls) de manière à éliminer un maximum de sable fin de la formation alluviale. Sur les ouvrages équipés en 4 pouces, ces opérations ont été complétées par une série de mesures des couples "débits-rabattements" destinée à approcher la caractéristique de l'ouvrage. Ces observations ont été consignées dans le second paragraphe des fiches récapitulatives de l'annexe III.

C) Essais de pompage

Pour le détail des opérations, on se reportera de nouveau aux fiches de l'annexe III.

1. Programmation des essais

Chaque ouvrage a fait l'objet d'un pompage à débit constant suivi d'une remontée. Sur les 2 pouces, la durée du pompage a été de 2 heures (sans suivi des variations du niveau dynamique) ainsi que celle de la remontée (avec enregistrement de la courbe). Les débits exhaurés, limités par les conditions d'aspiration, ont varié entre 2,57 et 3,60 m³/h.

Sur les ouvrages équipés en 4 pouces, la durée du pompage a été portée à 7 heures, aux débits de 16,96 m³/h sur R6 et 10,46 m³/h sur R7, tandis que la remontée était suivie sur 2 heures.

2. Observations expérimentales

Les principales observations expérimentales sont rassemblées en annexe III. Il s'agit d'une nappe libre dont le niveau au repos (N.S.) par rapport au sol, varie entre 0,75 m de profondeur sur R4 et 1,53 m sur R5. Parallèlement, l'épaisseur d'eau disponible dans la nappe (H) oscille de 4,84 m sur R8 à 6,10 m sur R6. Elle est donc particulièrement intéressante - toutes proportions gardées - pour ce dernier ouvrage, et dans l'ensemble supérieure à la moyenne pour cette nappe particulière de la Moselle.

Quant aux rabattements maxima observés lors des essais, ils sont les suivants :

- sur R4	Q = 3,60 m ³ /h	-> Δ = 0,220 m = 0,04 H (t = 2 h)
- sur R6	Q = 16,96 m ³ /h	-> Δ = 1,638 m = 0,27 H (t = 7 h)
- sur R7	Q = 10,46 m ³ /h	-> Δ = 1,986 m = 0,36 H (t = 1 h 3/4)

IV - INTERPRÉTATION DES ESSAIS DE POMPAGE

(cf. annexe III)

L'interprétation des essais de pompage permet d'une part d'évaluer la transmissivité (T) de l'aquifère, paramètre caractérisant l'aptitude d'une nappe à conduire l'eau vers les ouvrages de pompage, et d'autre part, d'estimer le débit d'exploitation (Q expl.) caractérisant les possibilités de chaque site sur le plan quantitatif (cas des 4 puits uniquement).

A) Evaluation de la transmissivité

(cf. courbes expérimentales en annexe III)

La transmissivité se déduit des courbes expérimentales représentant l'évolution du niveau dynamique aussi bien à l'abaissement qu'à la remontée. Dans les deux cas, les lois de l'hydrodynamique veulent que les points concernant l'évolution du plan d'eau par rapport à la situation d'origine en fonction du logarithme du temps s'alignent suivant une droite d'équation $y = \alpha x$. La pente α de cette droite est une fonction inverse de la transmissivité et peut être déterminée sur les graphes expérimentaux. Dès lors, le calcul de ce paramètre se réduit à une série d'opérations arithmétiques.

Toutefois, dans la pratique, les conditions idéales régissant les lois de l'hydrodynamique sont loin d'être réunies en totalité. Il s'en suit que pour un même ouvrage, diverses valeurs de la transmissivité peuvent être calculées, qu'il convient de critiquer pour en faire la synthèse. C'est ce à quoi nous avons procédé dans le quatrième paragraphe des fiches récapitulatives de l'annexe III.

En définitive, nous avons retenu les différentes valeurs suivantes pour chacun des sites testés :

R4	T = 1,7.10 ⁻² m ² /s
R5	T = 3,8.10 ⁻³ m ² /s
R6	T = 2,3.10 ⁻³ m ² /s
R7	T = 5,5.10 ⁻³ m ² /s
R8	T = 1,3.10 ⁻² m ² /s

Ces valeurs sont faibles pour R5, R6 et R7 et normales pour la nappe des Alluvions de la Moselle sur R4 et R8. Néanmoins, si l'on rapproche ces résultats de ceux obtenus précédemment sur R1 à R3 ($2,0$ à $5,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s) et si l'on tient compte du fait que les transmissivités calculées sur de faibles débits (cas des 2 pouces) sont en général surestimées il semble bien que la transmissivité moyenne des Alluvions de la Moselle aux abords du canal à ROVILLE-DEVANT-BAYON soit de l'ordre de 3 à $5 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

B) Evaluation des débits d'exploitation

(cf. courbes caractéristiques de R6 et R5 en page 4 des annexes III.C et III.D)

Ces courbes caractéristiques, qui ne concernent que les ouvrages en 4 pouces, ont été établies à partir des séries de mesures des couples "débits-rabattement" réalisées sur de courtes durées en fin de pompage de développement. Il y a de ce fait risque de surestimer les débits exploitables sur de longues durées. Nous avons néanmoins tenté de comparer ces données avec celles observées lors de l'essai de pompage de 7 heures et nous proposons les fourchettes suivantes pour les deux forages équipés en 4 pouces :

R6 Q expl. = 35 à 50 m³/h sur un ouvrage définitif
R7 Q expl. = 20 à 25 m³/h sur un ouvrage définitif

En conclusion, et bien que l'étude n'ait pas été conduite de manière à définir les débits maxima d'exploitation de chaque site, nous estimons que le débit de 1 000 m³/j fixé par l'Agence de l'Eau peut être atteint dans la zone d'étude, mais vraisemblablement avec deux ouvrages d'exploitation, les quelques observations réalisées sur les 2 pouces n'ayant pas infirmé ces données.

V - CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU (cf. annexe IV)

Compte tenu des données antérieures, il s'agit du point le plus important de cette étude. Tous les échantillons prélevés au cours ou en fin d'essais ont été remis au Laboratoire d'Hygiène et de Recherches en Santé Publique de Nancy, laboratoire agréé sur le plan régional. Les résultats relatifs à chaque ouvrage figurent dans les différentes parties de l'annexe III tandis que les deux tableaux de l'annexe IV permettent des comparaisons entre les sites et une synthèse immédiate.

A) Résultats des analyses de type II

Ces données concernent les examens réalisés sur les échantillons prélevés en fin de pompage (2 heures sur les 2 pouces, 7 heures sur les 4 pouces). Il s'agit d'analyses de type II limitées à la chimie, avec dosage complémentaire du manganèse.

L'examen du tableau de l'annexe IV.A montre que l'on se trouve en présence de deux types d'eau : l'un, moyennement dur et minéralisé sur R4, R5, R6 et R8, l'autre nettement plus dur et minéralisé sur R7. Les caractéristiques de l'eau du premier groupe sont les suivantes : turbidité : de 9 à 36 gouttes mastic ; pH : de 6,60 à 6,74 ; dureté totale : de 9,4 à 14,6 degrés français ; résistivité à 20° C : de 3 546 à 4 950 ohms.cm ; T.A.C. : de 63 à 103 mg/l de HCO₃⁻ ; matières organiques :

de 1,45 à 2,70 mg/l de O₂ consommés ; NH₄⁺ : de 0 à 0,70 mg/l ; Fe⁺⁺ : de 0,008 à 0,30 mg/l ; Mn⁺⁺ : de 0,022 à 1,500 mg/l ; Cl⁻ : de 8,4 à 11,5 mg/l ; SO₄⁻⁻ : de 31,1 à 48,4 mg/l ; NO₂⁻ : de 0 à 0,08 mg/l ; NO₃⁻ : de 11,2 à 41,0 mg/l.

Pour l'eau de R7, les paramètres indicatifs de la minéralisation sont les suivants : pH : 7,69 ; dureté totale : 30,1 degrés français ; résistivité à 20° C : 2 066 ohms.cm ; T.A.C. : 278 mg/l. Dans l'ensemble, celle-ci apparaît donc comme étant deux fois plus forte que dans les quatre autres ouvrages. Les autres paramètres, non directement liés à la minéralisation, sont du même ordre de grandeur pour tout le secteur d'étude.

Au total, et pour le type d'analyse réalisé, seuls R5 et R8 produisent une eau conforme aux normes de potabilité, encore que la teneur en nitrates sur R5 (41,0 mg/l) nous semble anormalement élevée. Les trois autres ouvrages produisent une eau "à problèmes", problèmes liés essentiellement au manganèse mais également pour R8 à une turbidité élevée (36 gouttes mastic pour une limite de 25) et à des teneurs excessives en ammonium (NH₄⁺ = 0,70 mg/l ; norme = 0,50 mg/l) et en fer (Fe⁺⁺ = 0,30 mg/l ; norme = 0,20 mg/l).

B) Le cas particulier du manganèse

Les résultats concernant ce paramètre particulier sont rassemblés dans le tableau de l'annexe IV.B. Pour les deux ouvrages équipés en 4 pouces, des contrôles complémentaires ont été effectués après 1, 3 et 5 heures de pompage afin de cerner une éventuelle évolution en fonction du temps. Globalement, celle-ci n'existe pas. L'éventail des résultats est très large puisqu'il varie de 0,022 mg/l sur R5 (moins de la moitié de la norme) à 1,500 mg/l sur R4 (30 fois la norme). Par ailleurs, il ne semble pas y avoir de répartition géographique des résultats puisque les deux ouvrages présentant une concentration inférieure à la norme de 0,05 mg/l (R5 et R8) sont à la fois les plus éloignés et les plus proches du canal, élément rectiligne de référence.

On retiendra toutefois que ces deux points sont à ce jour les seuls connus (sur 9 références : 8 forages de reconnaissance et le puits de ROVILLE) produisant une eau sans manganèse à proximité de ROVILLE-DEVANT-BAYON.

VI - CONCLUSIONS

A) Résultats de l'étude

La réalisation de cinq ouvrages de reconnaissance (2 équipés en 4 pouces et 3 équipés en 2 pouces) dans la zone d'étude définie par l'Agence de l'Eau à ROVILLE-DEVANT-BAYON a permis de mettre en évidence les résultats suivants :

- l'épaisseur de la formation alluviale de la Moselle est de l'ordre de 6 à 7 mètres, le substratum étant constitué par les Marnes irisées inférieures du Keuper inférieur ;
- l'épaisseur d'eau disponible dans la nappe varie de 5 à 6 mètres à l'époque des mesures ;
- la transmissivité est comprise entre 2.10⁻³ et 2.10⁻² m²/s, mais il semble que la moyenne se situe entre 3 et 5.10⁻³ m²/s, valeur faible pour cet aquifère particulier ;

- les débits d'exploitation possibles sont intéressants (de 20 à 50 m³/h), mais il est probable que l'objectif fixé à 1 000 m³/j nécessiterait pour être atteint le recours à deux ouvrages définitifs ;

- le manganèse est présent en concentration supérieure à la norme sur 3 des 5 ouvrages, notamment sur R6 et R7, sites étudiés plus en détail et pouvant servir de références pour l'implantation d'ouvrages d'exploitation.

En définitive, compte tenu de ces résultats et si l'on considère que les deux ouvrages ne produisant pas de manganèse sont implantés en limite de la zone d'étude, il apparaît que le secteur retenu par l'Agence de l'Eau ne convient pas pour l'alimentation future de ROVILLE-DEVANT-BAYON et le cas échéant des communes voisines.

B) Comment progresser ?

Les deux ouvrages sans manganèse sont situés en limites Est et Sud de la zone d'étude. Il semble donc que pour avoir une chance de succès, toute nouvelle étude devrait concerner soit la plaine alluviale sur le territoire de MANGONVILLE, soit la vallée au droit de ROVILLE mais en se rapprochant de la Moselle, distante de 1 kilomètre en moyenne. Par ailleurs, une étude générale réalisée en 1987 et relative aux teneurs en fer et en manganèse dans la vallée de la Moselle a montré qu'à ROVILLE, si le manganèse était présent dans les eaux souterraines, il ne l'était pas dans les eaux superficielles (canal et rivière). Le canal n'ayant que peu d'influence sur la nappe alluviale, c'est donc bien vers la Moselle que, malgré la distance, il convient d'orienter les efforts de recherche.

C'est pourquoi, il apparaît intéressant, avant d'implanter de nouveaux ouvrages de reconnaissance, de procéder à une étude qualitative ciblée sur les teneurs en manganèse, non seulement sur les ouvrages existants afin de cerner une éventuelle évolution, mais également sur les nombreux puits agricoles qui parsèment la vallée jusqu'à 500 mètres environ de la rivière. Cette étude permettrait en effet et à peu de frais, de cerner les chances de succès sur une grande partie de la nappe alluviale de la rive gauche de la Moselle dans la boucle ROVILLE-DEVANT-BAYON - MANGONVILLE et le cas échéant, de poursuivre les reconnaissances par forages en toute connaissance de cause.

Vu,

NANCY, le 15 mars 1989

L. DEMASSIEUX
Responsable du Département
"Hydrogéologie" au C.R.M.H.S.R.

F. NOELLE
Hydrogéologue au Centre de Recherches
en Mécanique et Hydraulique
des Sols et des Roches

LISTE DES ANNEXES

- Annexe I Plan de situation générale au 1/25 000ème
- Annexe II Caractéristiques géologiques et techniques des ouvrages
 A - Schémas de R4 et R6
 B - Tableaux récapitulatifs des données
- Annexe III Compte rendu et résultats des essais de pompage
 A - Relatifs à R4 | - fiches récapitulatives
 B - Relatifs à R5 | - courbes expérimentales des essais de pompage
 C - Relatifs à R6 | - courbes caractéristiques (R6 et R7)
 D - Relatifs à R7 | - résultats des analyses
 E - Relatifs à R8
- Annexe IV Caractéristiques de l'eau
 A - Tableau récapitulatif des résultats
 B - Données relatives aux teneurs en manganèse