

FORAGE DE L'OUVRAGE DU FOUR A CHAUX
A LEMBACH

Rapport final de surveillance géologique
Coupe géologique
Résultats obtenus
Conditions d'utilisation

Données concernant le forage :

		Profondeurs
Cote de l'orifice (sol naturel) :	229,25	0
de la voûte (intrados) :	214,45	14,80
du radier de la galerie :	210,90	18,35
(hauteur sous voûte : 3,55 m)		
Profondeur finale :		250,90

Durée d'exécution : 7 mois (montage commencé le 8 Octobre 1934 ;
forage commencé le 17 Octobre 1934 - terminé le
19 Avril 1935 - nettoyage et essais terminés
le 7 Mai 1935).

Diamètres du forage et des tubages :

Origines au sol naturel		Origines au radier de la galerie
0,00 - 14,80	Traversée de la couverture de la galerie :	
	0,00 - 1,50 Avant-puits	
	1,50 - 4,70 Forage en 590 mm	
	0,15 - 4,70 Tube-guide 550 mm (retiré ensuite)	
	4,70 - 14,80 Forage en 535 mm	
14,80 - 18,35	Traversée de la galerie	
18,35	Radier de la galerie	0,00

Origines au sol naturel		Origines au radier de la galerie
18,35 - 25,60	Puits existant (2 x 2 m)	0,00 - 7,25
25,60 - 26,25	Forage en 535 mm	7,25 - 7,90
0,10 - 26,25	Colonne rivée, 450 mm. Après achèvement du forage, partie supérieure au-dessus du radier retirée	0,00 - 7,90
25,15 - 26,25	<u>Première cimentation</u> : fond du puits sur une hauteur de 0,45 m et pied de la colonne de 450 mm Injection par tiges de 1"½ 30 sacs ciment - 2 m³ sable.	6,80 - 7,90
26,25 - 72,00	Forage en 440 mm	7,90 - 53,65
34,00 - 71,00	Colonne de soutènement, rivée, 400 mm (sectionnée à 10 m au-dessous de sa tête).	15,65 - 52,65
72,00 - 142,15	Forage en 390 mm	53,65 - 123,80
0 - 142,15	Colonne rivée, 300 mm. Après achèvement du forage, partie supérieure au-dessus du radier retirée	0,00 - 123,80
18,35 - 142,15	<u>Deuxième cimentation</u> : injection par tiges 3/4" extérieurement à la colonne 300 mm, jusqu'à hauteur du radier :	0,00 - 123,80
18,35 - 26,25	Intervalle entre colonnes de 450 et 300 mm	0,00 - 7,90
26,25 - 34,00	Terrain découvert (7,75 m)	7,90 - 15,65
34,00 - 71,00	Intervalle entre colonnes de 400 et 300 mm	15,65 - 52,65
71,00 - 142,15	Terrain découvert (71,15 m) 253 sacs ciment Pelloux spécial n° 2	52,65 - 123,80
142,15 - 188,00	Forage en 285 mm	123,80 - 129,65
0,00 - 187,70	Colonne de captage en tubes vissés hermétiques de 8" (int. 191 mm, ext. 204 mm). Après achèvement du forage, partie supérieure retirée. Tête de la colonne à au-dessus du radier. Ajutage latéral pour écoulement artésien à 1,20 m au-dessus du radier.	() - 169,35
18,35 - 187,70	<u>Troisième cimentation</u> extérieurement à colonne de captage 8". 1ère phase : injection par le bas, remontante : 80 sacs.	0,00 - 169,35

Origines au
sol naturelOrigines au
radier de la
galerie2ème phase : injection par tiges,
extérieurement à la colonne 8" :

74 sacs.

En tout : 154 sacs ciment Portland
Distroff.

18,35-142,15	Intervalle entre colonnes 8" et 300 mm	0,00-123,80
142,15-187,70	Terrain découvert (45,55 m)	123,80-169,35
<u>Contrôle d'étanchéité</u> : Plan d'eau abaissé à 40 m au-dessous du plan d'eau initial : afflux en 1 h : <u>zéro</u> .		
188,00-236,10	Forage à la couronne en 182 mm	169,65-217,75
185,75-236,10	Colonne de soutènement en tubes vissés 7" (178,5 mm ext., 160 mm int.)	166,40-217,75
185,75-200,00	Tubes pleins	166,40-181,65
200,00-220,00	Tubes crépinés au 1/20	181,65-201,65
220,00-236,10	Tubes crépinés au 1/10	201,65-217,75
236,10-250,90	Forage à la couronne en 156 mm Cette partie du forage n'a pas été tubée.	217,75-232,55

Coupe géologique :

(Origine des profondeurs au sol naturel : cote 229,25)

MUSCHELKALK SUPERIEUR

0 - 21 m Couches à Cératites.

Alternances de bancs calcaires durs et de marnes,
traversées par le forage de 0 à 14 m (toit de la
galerie) - intrados de la voûte à 14,80 m -
radier à 18,35 m. La base de la formation a pu
être exactement repérée dans le puits, à 2,6 m
au-dessous du radier.

21 - 35 m Calcaire à entroques (14 m)

Calcaire compact, dur, en bancs plus ou moins
épais.

MUSCHELKALK MOYEN

35 - 71 m Couches grises (36 m)

A la partie supérieure, sur environ 10 m :

Calcaires avec silex et lits de silice blanche, pulvérulente ou concrétionnée - (apparition des silex entre 33,25 et 37,55 - pas d'échantillon entre ces deux profondeurs) - dolomies blanches - intercalations de marnes vers le bas.

Au-dessous : marnes grises, verdâtres ou vertes. Gypse abondant notamment entre 53 et 56 - entre 69 et 71.

71 - 81 m Argiles bariolées (10 m)

Argiles rouges et vertes, indurées à la partie inférieure.

MUSCHELKALK INFERIEUR

81 - 135 m (Les caractères lithologiques des différentes formations traversées sont masqués le plus souvent, dans les échantillons recueillis par des retombées d'argiles bariolées du Muschelkalk moyen).

De 81 à 93 : dolomie dure : Dolomie à Myoporia orbicularis, Schaumkalk et Wellenkalk.

De 85,15 à 86,35 : carotte : dolomie finement grenue en minces lits à surface très irrégulière = "Wellenkalk".

De 93 à 114 : assises plus tendres. Marnes dolomitiques au sommet (Wellenmergel). Au-dessous, argiles grises avec quelques bancs dolomitiques intercalés.

A partir de 114 : intercalations de grès dolomitiques, qui deviennent plus fréquentes et importantes à partir de 117.

Entre 124 et 126 : bancs épais très durs.

De 126 à 135 : Grès coquillier (peu net dans les échantillons où dominent les fragments de bancs de grès dolomitiques).

GRES BIGARRE

135 - 151 m Grès à Voltzia (16 m)

A la partie supérieure (carotte de 135,65 à 141,15) argiles rouge foncé, très finement sableuses et micacées (Argiles-limites) et grès rouge violacé à grain très fin, micacé.

De 143 à 151 grès à grain très fin, violet pâle, micacé.

151 - 223,70 m Couches intermédiaires

De 151 à 188 (boues de trépan) : grès rouge foncé à grain plus ou moins fin ou grossier - la position des intercalations argileuses ne peut être repérée (162 à 167 ?).

De 188 à 223,70 (carottes).

De 188 à 194 : grès rouge foncé ou violets ; abondantes intercalations d'argiles rouge foncé ou lie de vin, schisteuses.

De 194 à 223,70 : grès rouge foncé, décolorés entre 210 - 210,50, 211 - 213, 217 - 220 (venues d'eau probables à ces profondeurs). Roche friable 194 - 196, 198 - 200, 210 - 210,50, 211 - 211,50, 212 - 212,50, 220 - 222. Poudingues : 204 - 208, 210 - 213. Passages argileux : 194 - 196, 198 - 200, 213 - 214, 220 - 223.

Le Grand Conglomérat n'est pas nettement individualisé, mais pourrait être représenté par les formations traversées entre 204 et 223,7.

223,70-250,90 m GRES VOSGIEN

Grès rouges ou roses - décolorés de 224 à 247 et vers 249 (venues d'eau probables à ces profondeurs et surtout vers 226 m).

Grès particulièrement friable : 223,70 - 230, 231 - 232, 234 - 235, 236 - 238, 242 - 244.

Intercalations argileuses pratiquement absentes (rares et minces filets).

Résultats obtenus :

Sauf indications contraires, les profondeurs sont données ici à partir du radier de la galerie, correspondant à l'installation future du pompage.

I - Profondeur : 53,65 m (72 m du sol naturel)

Niveau aquifère du Calcaire à entroques et des Couches grises.

1er essai de pompage (après curage prolongé) : 10.11.1934.

Limite d'aspiration de la pompe à 50,45 m - Durée : 5 h 3/4.

Débit voisin de $8 \text{ m}^3/\text{h}$ à la limite d'aspiration (aspiration d'air).
 Température : 10°C .
 Niveau piézométrique à 7 m environ au-dessous du radier, soit vers la cote 204.

Analyse chimique :

Résidu sec à 110° : 850 mgr./litre
 Sulfates en SO_3 : 306
 Dureté totale : 59°C
 Eau fortement séléniteuse.

2ème essai de pompage : 18-21.11.1934.

a) Aspiration de la pompe à 48,35 m - Durée 68 h.

La limite d'aspiration de la pompe (aspiration d'air) sera atteinte après 30' de pompage et maintenue dans tout le reste de l'essai.

Le débit sous niveau constant à 48,35 m, qui atteint d'abord $6 \text{ m}^3/\text{h}$, diminue progressivement et passe à $4 \text{ m}^3/\text{h}$ après 24 h, à $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ vers la fin de l'essai.

b) Interruption de 5 h pendant le pompage.

c) Aspiration de la pompe à 22,15 m - Durée environ 4 h.

L'aspiration d'air obtenue après 25' de pompage, le débit sous niveau constant à 22,15 m, passe de $5 \text{ m}^3/\text{h}$ au début à $4 \text{ m}^3/\text{h}$ à la fin.

Un débit d'équilibre ne semble avoir été atteint, ni dans la première, ni dans la dernière phase de l'essai.

Analyse chimique (sur prélèvement à l'issue de la première phase, soit après 68 h de pompage):

Résidu sec à 110° : 396 mgr./litre
 Sulfates en SO_3 : 68
 Dureté totale : 32°C

Ce résultat, anormal pour une eau en contact sur une hauteur d'environ 30 m avec des formations gypseuses, peut s'expliquer si l'on envisage que le puits est alimenté (sans doute accidentellement) uniquement par la formation du Calcaire à entroques - eau sujette à contamination.

II - Profondeur : 123.80 m (142,15 m du sol naturel)

Niveaux aquifères : Calcaire à entroques - Couches grises et Muschelkalk inférieur, non séparés.

Essai de pompage : 17-18.1.1935.

Durée 24 h

Aspiration de la pompe à 112 m.

Un débit de l'ordre de 6 m³/h est obtenu avec plan d'eau abaissé en moyenne à 27 m au-dessous du radier.

Niveau piézométrique après pompage à 5 m au-dessous du radier, soit à la cote 206 environ.

Température de l'eau 11°3 - 11°5.

Analyse chimique :

Résidu sec à 110° : 605 mgr./litre

Sulfates en SO₃ : 163

Chlore : 6

Dureté totale : 47°5

Eau séléniteuse.

III - Profondeur : 169.65 m (188 m du sol naturel)

Grès bigarré : partie supérieure, découverte sur 45 m environ. Niveaux aquifères supérieurs éliminés par cimentation derrière colonne de 300 mm.

Essai de pompage : 1-2.3.1935.

Durée globale 23 h - Durée réelle 19 h.

Aspiration de la pompe vers 140 m.

Niveau de l'eau avant l'essai, à hauteur du radier.

Les conditions de débit s'améliorent au cours de l'essai, un débit de l'ordre de 8 m³/h étant obtenu avec plan d'eau abaissé vers 40 m dans la première partie, vers 24 m seulement dans la dernière partie de l'essai.

Après l'arrêt du pompage, le niveau piézométrique s'établit à 17,5 m au-dessus du radier, soit à la cote 228 environ (1 m au-dessous du sol naturel).

Température de l'eau au débit de 8 m³/h : 15°

Analyse chimique :

Résidu à 110° : 236 mgr./litre
 Sulfates en SO₃ : 15
 Chlore : 3
 Dureté totale : 24°g
 Eau non séléniteuse, à dureté peu élevées.

IV - Profondeur : 217,85 m (236, 1 du sol naturel)

Grès bigarré (partie inférieure) et Grès vosgien
 (assises supérieures). Formation aquifère découverte sur 48 m.

Epuisement à la soupape : 29-30.3.1935.

Avant l'essai, niveau de l'eau à 2,50 m au-dessous du radier
 (profondeur : 213,85 m)
 Après l'essai (forage entre temps approfondi à 217,85 m) écoule-
 ment artésien à 0,50 m au-dessus du sol naturel, soit à 19 m au-
 dessus du radier, à raison de 2, puis 3 litres/minute.

Essai de pompage : 1-4.4.1935

Durée 72 h sans interruption.
 Aspiration de la pompe à 0,35 m au-dessus du radier.
 La limite d'aspiration de la pompe (aspiration d'air) est attein-
 te vers la quinzième heure de pompage et maintenue pendant tout
 le reste de l'essai.
 Le débit sous niveau constant, à 0,35 m au-dessus du radier, qui
 atteint d'abord 9,6 m³/h, diminue lentement en cours de pompage,
 se stabilisant au cours de 10 dernières heures vers 8,6 m³/h.
 Température de l'eau : 16°.
 2 h après l'arrêt du pompage, le niveau de l'eau est remonté
 jusqu'à 15 m environ au-dessus du radier.

Analyse chimique :

Résidu à 110° : 163 mgr./litre
 Sulfates en SO₃ : 6
 Chlore : 4
 Dureté totale : 15°3
 Eau douce.

Note : La diminution de débit constatée au cours de l'essai de pompage qui précède s'explique par une augmentation de la teneur en sable dans l'eau au cours du pompage, le forage étant insuffisamment nettoyé. Ce sable alourdit la colonne d'eau et réduit le débit de la pompe dans une proportion inverse à cet alourdissement.
Après les essais, il a été reconnu un ensablement du fond du forage sur une hauteur de 9,50 m.

V - Profondeur finale : 232,55 m (250,9 du sol naturel).

Grès bigarré (partie inférieure) et Grès vosgien (assises supérieures). Formation aquifère découverte sur 63 m environ.

1er essai de pompage : 24-25.4.1935.

Durée 28 h sans interruption.
Conditions de pompage et résultats identiques à ceux de l'essai précédent. Sous niveau constant à 0,35 m au-dessus du radier (aspiration d'air), débit initial 9,3 m³/h, débit final 8,6 m³/h. Température de l'eau : 16°.
Après relèvement de la pompe, constaté l'ensablement du fond du forage sur une hauteur de 11,50 m.

2ème essai de pompage (après désensablage du fond) :
29-30.4.1935.

Durée 24 h sans interruption.
Mêmes conditions de pompage que précédemment.
Sous niveau constant à 0,35 m au-dessus du radier, débit initial 9,6 m³/h, débit final 9 m³/h.
Après relèvement de la pompe, constaté l'ensablement du fond sur une hauteur de 4,50 m et désensablé.

3ème essai de pompage (final) : 4-6.5.1935.

Durée 48 h sans interruption.
Aspiration de la pompe à 5,65 m au-dessous du radier.
Limite d'aspiration de la pompe atteinte après 4 h $\frac{1}{2}$ de pompage et maintenue jusqu'à l'arrêt.
Sous niveau constant à 5,65 m au-dessous du radier, débit initial 11,7 m³/h, après 24 h 10,5 m³/h.

Le débit remonte ensuite légèrement et se tient en fin de pompage aux environs de 11 m³/h.

Température : 16°.

Après relève de la pompe, il n'est pas constaté de dépôt important de sable au fond du forage. Le désensablage peut être considéré comme terminé.

Au cours de ce dernier essai de pompage, il a été fait des observations méthodiques sur la teneur en fer. Un léger dépôt rouge d'oxyde de fer commence à apparaître sur les tests d'épreuve au bout de 12 h seulement et atteint, au bout de 48 h, un ton ocre très pâle.

Il n'a pas été fait de nouveau prélèvement pour analyse chimique, l'approfondissement de 217 à 232 m n'ayant pas amené de modification sensible dans les conditions de débit.

Après arrêt du forage, le niveau de l'eau s'est élevé en 30', jusqu'à 18 m environ au-dessus du radier, puis a atteint lentement la cote 230.

Conditions d'utilisation :

La triple fermeture de ciment, correctement exécutée, rend la partie supérieure du forage parfaitement étanche. La vanne fermant l'écoulement artésien au radier peut être utilisée comme le serait une vanne branchée sur une conduite.

Il y a avantage, pour économiser la réserve aquifère et monter légèrement la pression pendant les périodes de non-utilisation, à réduire le débit de l'écoulement artésien, par exemple à 1/10 du débit normal d'écoulement.

La vanne doit être fermée et ouverte sans brusquerie et lentement (2' au moins pour chaque opération), de manière à éviter les coups de bélier susceptibles de nuire à la longue à l'étanchéité de la partie supérieure.

L'aménagement des pompes et des réservoirs dépend évidemment des conditions spéciales de l'alimentation de l'ouvrage. Je voudrais seulement donner ici quelques précisions sur les possibilités d'utiliser dans une certaine mesure la force ascensionnelle de l'eau.

Un réservoir peut être alimenté sans pompage au débit de :

7 m ³ /h	jusqu'à	3 m	au-dessus du radier
5 -	-	8 m	-
4 -	-	10 m	-
2 -	-	14 m	-
1 -	-	17 m	-

D'autre part, une pompe installée au radier, aspirant jusqu'à une profondeur de 6 m, peut donner un débit de 11 m³/h.

Enfin, une pompe de forage permettrait d'obtenir un débit de 15 m³/h avec abaissement du plan d'eau jusqu'à 15 m et 20 m³/h avec abaissement du plan d'eau à 26 m.

Il est vivement conseillé de supprimer toute possibilité d'accumulation d'eaux stagnantes au contact de la tête de captage.

Si le puits existant doit être conservé, ce qui peut présenter un certain intérêt (possibilité d'installer au fond une pompe centrifuge permettant d'atteindre, avec abaissement du plan d'eau jusqu'à 13 m, un débit de 14 m³/h), ses parois seront rendues étanches par cimentation de l'intervalle entre un coffrage et le terrain.

Si ce puits doit être refermé, il y aurait lieu de le faire avec de l'argile corroyée, soigneusement damée par couches peu épaisses. Cette disposition est moins onéreuse qu'une fermeture avec du béton et permet le cas échéant, de remettre à nu la partie supérieure du forage.

.../...

De toutes façons, on doit éviter de refermer le puits avec des matériaux susceptibles de laisser des interstices dans lesquels de l'eau contaminée pourrait s'accumuler et se maintenir.

Strasbourg, le 21 Juin 1935