

SOCIETE LORRAINE - PROVENCE

ROUTE DE SPADA
B.P. 41 - MAIZEY
55300 - SAINT MIHIEL

RAPPORT FINAL DE SURVEILLANCE HYDROGEOLOGIQUE
DU FORAGE DE LA SOCIETE LORRAINE-PROVENCE
A SAINT MARTIN DE CRAU (BOUCHES DU RHONE)

PAR

J.L. GARNIER - A. SYSSAU



BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45018 ORLEANS - Tél. (38) 63.00.12

SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL PROVENCE-CORSE

DOMAINE DE LUMINY - ROUTE LEON LACHAMP

13008 - MARSEILLE Tél. (91) 41.26.04

Bureau de Recherches
Géologiques et Minières

BIBLIOTHEQUE

RAPPORT FINAL DE SURVEILLANCE HYDROGEOLOGIQUE
DU FORAGE DE LA SOCIETE LORRAINE-PROVENCE
A SAINT MARTIN DE CRAU (BOUCHES DU RHONE)

PAR

J.L. GARNIER - A. SYSSAU

76 SGN 110 PRC

MARS 1976

R E S U M E

- : -

Afin de satisfaire les besoins en eau de son exploitation de Saint Martin de Crau (Bouches du Rhône), la Société LORRAINE - PROVENCE a chargé le B.R.G.M. SGR/PRC de Marseille d'étudier la possibilité de trouver un complément de débit pour irrigation.

Un sondage de reconnaissance des formations sous-jacentes aux cailloutis de Crau a été effectué. Il a révélé l'existence, sous les cailloutis, de formations gravelo-sableuses alternées avec des horizons argileux jusqu'à plus de soixante mètres de profondeur. Les formations ayant révélé des possibilités aquifères de complément à celles des cailloutis de surface, un ouvrage de captage a été réalisé. Cet ouvrage a été équipé de manière à capter les deux horizons aquifères.

A l'issue d'un développement intensif, un pompage d'essai a permis de déterminer les valeurs de "T" et "S" pour l'ensemble des formations captées et de fixer un débit d'exploitation ($60 \text{ m}^3/\text{h}$) permettant de satisfaire les besoins en eau de l'exploitation.

En application du décret 73.200 du 21 février 1973 portant sur la protection des eaux souterraines, étendue à la nappe de la Crau cet ouvrage a fait l'objet d'une demande d'autorisation préfectorale. Celle-ci a été accordée en date du 2 février 1976.

Ce rapport contient 27 pages, 4 figures et 1 annexe, il a été réalisé avec la collaboration de:

D. FERLAY
E. BRUNET

dessin
secrétariat

TABLE DES MATIERES

- : -

Résumé	page 3
1 - Introduction	7
2 - Situation géographique	9
3 - Cadre géologique	11
4 - Réalisation du sondage en gros diamètre	13
5 - Equipement en forage d'exploitation	15
6 - Développement de l'ouvrage	19
6.1. - Développement du second aquifère	19
6.2. - Développement proprement dit	20
7 - Exécution du pompage d'essai	21
7.1. - Déroulement	21
7.2. - Résultats	23
8 - Utilisation de l'ouvrage	25
9 - Conclusions	27

FIGURES:

- n° 1 - Plan de situation
- n° 2 - Coupe technique
- n° 3 - Pompage d'essai - courbe d'abaissement dans le forage
- n° 4 - Pompage d'essai - courbe d'abaissement dans le piézomètre

ANNEXE:

- n° I - Coupe géologique

INTRODUCTION

- : -

Suite à l'exécution d'un sondage de reconnaissance des terrains sous-jacents au Cailloutis de Crau, sur le domaine de la Société LORRAINE-PROVENCE à Saint Martin de Crau (13) - cf. note B.R.G.M. 75.50 N -, il a été décidé, par la même Société, de réaliser un ouvrage de captage en gros diamètre. Le but de celui-ci était de permettre à la fois l'exploitation des eaux du cailloutis et celles des terrains sous-jacents; le second horizon aquifère devant fournir un apport non négligeable, permettant de s'affranchir le cas échéant, de la nappe des cailloutis de surface. En effet, le niveau piézométrique de celle-ci, étroitement lié aux irrigations amont et à la pluviosité, est soumis à des fluctuations saisonnières importantes.

Les travaux ont été confiés à la Société CINQUIN Frères, entrepreneur de travaux hydrauliques à Romanèche - Thorins (71) qui en assurait la conduite, sous la supervision du B.R.G.M. Service géologique régional Provence-Corse.

Commencés le 7 novembre 1975, les travaux de foration et d'équipements en forage d'exploitation devaient se terminer le 18 février 1976 et l'ouvrage a été rendu aux fins d'exploitation le 26 suivant.

Echelle: 1/50 000

Plan de situation

SITUATION GEOGRAPHIQUE

- : -

(cf. figure 1)

La Société LORRAINE-PROVENCE est implantée à Saint Martin de Crau, à 10 km à l'Ouest de Salon, au lieu-dit Croix de Crau, à mi-distance entre la N. 113 et le Mas d'Archimbaud.

Elle y exploite une propriété d'environ 15 ha dont le tiers est occupé par des serres. Les cultures maraichères y sont activement développées.

L'ouvrage de captage a été réalisé en limite sud-ouest de la propriété, à proximité de la station de reprise des eaux pour l'arrosage des serres.

CADRE GEOLOGIQUE

- : -

Le site de la propriété est implanté sur des formations constituées par des épandages de cailloutis d'origine durancienne appelées "Vieille Crau" ou "Crau d'Arles et d'Eyguières", d'âge villafranchien.

Ce sont des cailloutis à éléments calcaires et quartzitiques. C'est l'horizon rencontré jusqu'à environ 25 mètres de profondeur par le sondage, Sous l'argile rouge tenant lieu de substratum à cette formation, les documents géologiques actuels laissaient supposer la présence de formations miocènes.

Le sondage de reconnaissance, préalablement exécuté, a montré la présence de formations gravelo-sableuses et argileuses jusqu'à plus de 60 mètres de profondeur. Cette découverte mettait en évidence l'existence à cet endroit, d'une ancienne vallée enterrée de la Durance.

Des études paléontologiques sont actuellement menées, à partir des déblais rencontrés lors du fonçage du trou, en vue de démontrer l'origine exacte des sédiments sous-jacents au cailloutis de surface.

REALISATION DU SONDAGE

EN GROS DIAMETRE

- : -

Afin de recouper au mieux les formations, reconnues lors de l'exécution du sondage de reconnaissance, réalisé en destructif, il a été décidé de foncer le gros sondage au même endroit.

Les travaux ont été exécutés au moyen d'une machine BENOTO du type super EDF, le fonçage du puits et l'extraction des déblais au hammer-grab BENOTO CP5 avec emploi du trépan en terrains durs ou compacts. Les tubages de soutènement étaient poussés à l'avancement par louvoisement simultané.

Le tubage en \varnothing 880 a été mis en place jusqu'à 31 mètres et celui en \varnothing 680 jusqu'au fond du sondage, soit 64,60 mètres.

La machine a été opérationnelle à partir du 7 novembre 1975 et les travaux de fonçage étaient terminés mi-décembre suivant.

Ce sondage, réalisé de la manière précitée, a permis une meilleure connaissance des terrains traversés et surtout une appréciation qualitative plus juste que celle enregistrée lors du sondage de reconnaissance. La profondeur totale atteinte a été de 64,60 mètres.

La coupe géologique des terrains traversés (cf. annexe I) fait nettement apparaître les deux réservoirs aquifères:

- le cailloutis de surface limité à 14,50 mètres, à cet endroit, reposant sur une masse d'argile compacte de teinte rougeâtre, d'une dizaine de mètres.
- le second réservoir aquifère, dont le toit peut être situé à partir de ~ 25 mètres. Le substratum n'a vraisemblablement pas été atteint.

C'est un milieu assez hétérogène et apparemment assez argileux où les horizons graveleux, sableux, conglomératiques et argileux se succèdent jusqu'à la profondeur totale atteinte.

Ce réservoir aquifère présente un certain intérêt en raison de la présence de passées perméables.

EQUIPEMENT
EN FORAGE D'EXPLOITATION

- : -

Cf. figure 2.

L'équipement de la colonne d'exploitation, proposé par le B.R.G.M. à l'issue du forage, tenait compte essentiellement des niveaux rencontrés, réputés perméables. C'est ainsi que seuls les horizons sablo-graveleux ont été retenus pour être équipés de crépines. Celles-ci ont été choisies du type à nervures repoussées, permettant un pourcentage maximum de vides pour un prix de revient raisonnable et une exploitation optimale à attendre.

Compte tenu des diamètres de forage proposés par l'entreprise, Ø 880 puis 680 mm, l'équipement d'une colonne en Ø 450 a été retenue au départ et mise en place.

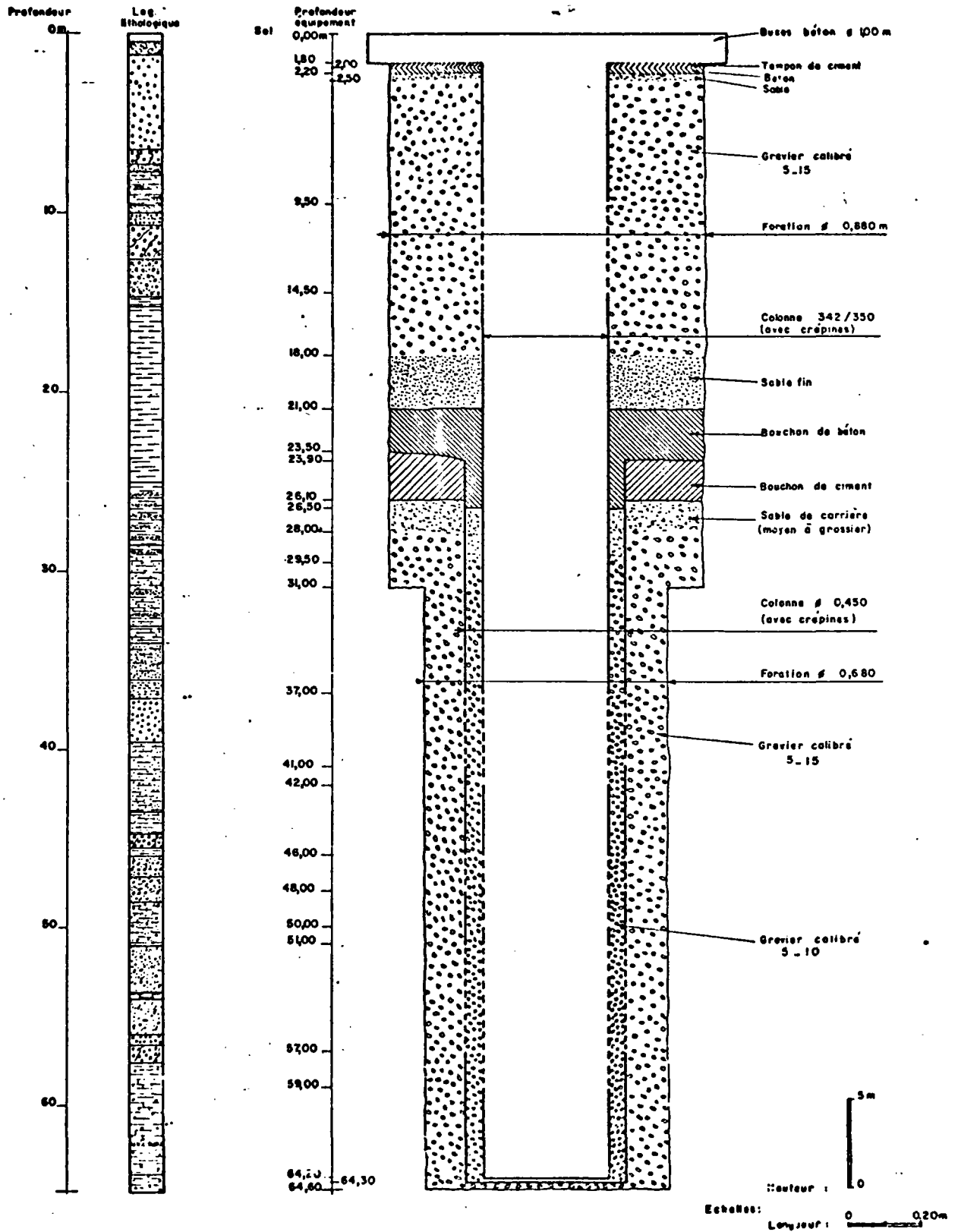
La mise en place d'un bouchon-tampon entre les deux aquifères avait été proposée par le B.R.G.M. afin d'éviter le lessivage des argiles rouges constituant le substratum des cailloutis de Crau de surface. Ce bouchon, initialement prévu d'être réalisé à partir d'un coulis bentonitique, n'a pu être exécuté par l'entreprise qu'à partir de ciment injecté.

La confection de ce bouchon de ciment a entraîné des incidents sérieux lors du retrait des tubages de travail en Ø 880, ce qui a provoqué une perte de temps sensible. En effet, une erreur opérationnelle de l'équipe de sondage a occasionné une déchirure de la colonne d'exploitation de Ø 450 au niveau de la base du ciment (le ciment tenait solidaires à la fois la colonne de 450 et le tubage de travail). Deux reconnaissances photographiques ont été effectuées en vue de localiser l'accident et la possibilité d'y remédier.

Fig. 2

Forage de la Société LORRAINE-PROVENCE
St Martin de Crau (13)

COUPE TECHNIQUE



Cette opération n'a pu être menée à bonnes fins du fait de la turbidité de l'eau du forage.

Cette lacune a pu être comblée par une série de manoeuvres proposées et suivies par le B.R.G.M. Il a été ainsi été prouvé que la colonne de \varnothing 450 était effectivement déchirée entre 26 et 30 mètres de profondeur.

A ce niveau le sauvetage du forage ne pouvait se faire que par le télescopage d'une colonne de \varnothing 350.

Cette colonne a alors été mise en place, mais les parties crépinées au niveau du second aquifère ont été allongées pour permettre de compenser en partie les pertes de charge dues à l'adjonction d'un second équipement.

Cette opération ainsi que ses annexes (injection de massif de gravier filtre et mise en place d'un nouveau bouchon-tampon, fait de béton cette fois) ont été conduites par le B.R.G.M.

Le forage a été rendu disponible pour le développement définitif le 18 février 1976.

DEVELOPPEMENT DE L'OUVRAGE

- : -

6.1. - DEVELOPPEMENT DU SECOND AQUIFERE

Initialement il avait été envisagé de développer activement le second aquifère seul, du fait de la présence importante d'argile; un film ou "cake" argileux s'étant formé au cours des travaux, le développement global aurait été repris en fin d'opération.

L'incident survenu au niveau de la colonne de \varnothing 450 n'a pas permis de procéder efficacement au nettoyage de cet aquifère.

Il a cependant été injecté dans cet aquifère des polyphosphates destinés à flocculer les argiles et de là à être récupérés par pompage. L'effet de ce stimulant n'a pu être pleinement efficace par le fait qu'il a été impossible de l'agiter vigoureusement sans porter une atteinte plus grave encore à la colonne de \varnothing 450.

Un développement partiel par pompage a cependant pu être effectué et un pompage d'essai réalisé. Celui-ci, limité à une durée de 4 heures et demi, le 4 février 1976, ne permet pas de préciser les caractéristiques hydrauliques du second aquifère.

Tout au plus, il permet de comparer le débit spécifique obtenu ($2,7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$) avec celui calculé à l'issue du pompage réalisé sur le sondage de reconnaissance ($2,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$).

Ce résultat amène un accroissement du débit spécifique de l'ordre de 30% par rapport au résultat enregistré lors du sondage de reconnaissance ($15,5 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un rabattement non stabilisé de 7,50 m environ).

Pour des raisons inhérentes à l'accident précité il n'a pas été possible de développer cet aquifère correctement. C'est ainsi qu'après quelques 31 heures de développement l'eau sortait toujours plus ou moins trouble, chargée de fines particules argileuses, du type colloïdes. L'action des polyphosphates n'était donc pas complète.

Sur l'insistance du maître de l'ouvrage, il a alors été décidé, pour pallier au manque d'eau croissant de la propriété, d'équiper au mieux et le plus rapidement possible, d'où le choix d'une colonne de captage unique en \varnothing 350; les deux aquifères seraient développés efficacement ensuite.

6.2. - DEVELOPPEMENT PROPREMENT DIT

Le développement complet de l'ouvrage, ainsi équipé, s'est déroulé du 18 au 21 février 1975. Il a été conduit par le B.R.G.M.

Ce développement s'est déroulé en deux phases:

- alternativement pistonnage et soupapage pendant plus de 10 heures pour permettre d'attirer le maximum possible de "fines" de la formation gravelo-sableuse et d'éliminer le "cake" argileux,
- pompage au moyen d'un groupe électro-pompe immergé Pleuger de 20 cv permettant un débit de l'ordre de $80 \text{ m}^3/\text{h}$ au rabattement souhaité. Un pompage alterné a été pratiqué pendant 27 heures à différents débits. Un surpompage a même été tenté pour accélérer le développement et permettre une connaissance suffisante des possibilités hydrauliques de l'ouvrage avant le pompage d'essai final. Bien qu'un débit ponctuel de $75 \text{ m}^3/\text{h}$ ait été prélevé au cours de pompages alternés, les rabattements observés dans le forage étaient trop importants pour envisager un pompage continu à ce débit

A l'issue de ce développement intensif, où la présence de sable très fin, voire de silt, était pratiquement inexistante, un pompage d'essai de longue durée au débit de $60 \text{ m}^3/\text{h}$ a pu être exécuté.

EXECUTION DU POMPAGE D' ESSAI

- : -

7.1. - DEROULEMENT

Le pompage d'essai s'est déroulé du 23 au 25 février 1975, soit pendant 42 heures de pompage et 8 heures d'observation de la remontée du niveau d'eau.

Il a été réalisé au moyen de la même pompe qui a servi pour le développement, celle-ci étant immergée à 45 mètres de profondeur.

Au débit constant de $60 \text{ m}^3/\text{h}$, on peut dire que le rabattement atteint était de 5,68 m après 31 heures de pompage. Ensuite, le débit s'est porté de lui-même à $65 \text{ m}^3/\text{h}$ et le rabattement a été progressif (1 cm par heure) jusqu'à la 41^e heure. La fin de l'essai a été perturbé par la mise en marche des pompes sur les deux puits d'alimentation actuellement en service. C'est ainsi qu'un rabattement supplémentaire de l'ordre de 6 cm a été enregistré sur le forage durant la dernière heure de pompage (débit = $65 \text{ m}^3/\text{h}$).

Durant toute la durée de l'essai, un enregistreur automatique du niveau d'eau avait été placé sur le puits d'exploitation n° 1, distant de 35 mètres du forage. Durant les 41 heures de pompage ce puits n'a été mis en service que pour l'alimentation domestique, soit en pompes alternés. Il a donc pu servir de piézomètre afin de compléter la connaissance des caractéristiques hydrauliques des terrains et permettre de constater l'incidence du pompage sur le puits.

La remontée du niveau d'eau n'a pu être observée que pendant 8 heures; celle-ci a été perturbée par la mise en marche des pompes sur les puits d'exploitation.

Rabatement
en mètre

Société Lorraine Provence S^t Martin de Crau (13)

Pompage d'essai

Courbe d'abaissement dans le forage

6,00

5,00

4,00

3,00

2,00

1,00

$$T = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

7.2. - RESULTATS (cf. figures 3 et 4)

L'interprétation des mesures effectuées lors de l'essai a permis l'estimation de la transmissivité (T) et du coefficient d'emmagasinement (S):

- sur le forage: $T \# 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seconde}$
- sur le puits utilisé comme piézomètre:
 - $T \# 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seconde}$
 - $S \# 6\%$

Ce sont là des valeurs acceptables, pour le secteur considéré.

Profondeur du
Niveau dynamique
en mètre

Société Lorraine Provence - S^t Martin de Crau (13)

Pompage d'essai

Courbe d'abaissement dans le piézomètre (puits n°1)

6.00

5.50

5.00

$$T = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = \sim 6 \%$$

UTILISATION DE L'OUVRAGE

- : -

Les observations qui ont été faites au cours du développement et du pompage d'essai permettent d'envisager l'exploitation de l'ouvrage à un débit de 60 m³/h.

En effet, au cours du développement, le débit a momentanément été porté à 75 m³/h, instantanément le niveau de l'eau dans l'ouvrage a chuté de plus de 3 mètres.

Ce phénomène est courant lorsque le débit d'exploitation dépasse le débit critique d'un ouvrage: il y a, en effet, augmentation brutale des pertes de charges au voisinage de l'équipement.

L'utilisation du forage dans de telles conditions est préjudiciable à sa longévité (risques de colmatage, entre autres) et, par voie de conséquence, est donc totalement à proscrire.

Par ailleurs, une surexploitation de l'ouvrage entraînerait un abaissement excessif du niveau de l'eau dans les cailloutis de surface. Ceci remettrait en cause l'utilisation des puits actuellement en service.

C O N C L U S I O N S

- : -

Afin de subvenir aux besoins en eau de son exploitation de Saint Martin de Crau, la Société LORRAINE-PROVENCE a fait réaliser un ouvrage de captage dans les alluvions de la Crau.

Le sondage, d'une profondeur totale de 65 mètres, a recoupé deux formations aquifères, qui ont été captées. Après équipement et développement, cet ouvrage a permis de prélever un débit de $60 \text{ m}^3/\text{h}$ dans des conditions normales d'utilisation.

Les mesures effectuées au cours des essais ont montré qu'en aucun cas ce débit ne devait être dépassé sans courir le risque d'une détérioration irréversible de l'équipement et un abaissement excessif du niveau de la nappe des cailloutis de surface.

FORAGE DE LA SOCIÉTÉ LORRAINE - PROVENCE

A SAINT MARTIN DE CRAU (13)

- : -

COUPE GÉOLOGIQUE

PROFONDEUR DE A (m)	L I T H O L O G I E
0 à 0,35	Terre végétale argilo-sableuse, brun rougeâtre avec galets
0,35 à 1,20	Poudingue compact (galets-graviers conglomératiques)
1,20 à 6,40	Graviers moyens à grossiers et galets, peu à pas cimentés (eau atteinte vers ~ 3,80 m)
6,40 à 7,20	Conglomérat de teinte jaune sale à roux
7,20 à 7,70	Sable fin à très fin argileux jaune à roux
7,70 à 9,50	Argile calcaire finement sableuse jaune à rousse
9,50 à 10,00	Sable moyen à grossier et graviers hétérométriques avec présence d'un conglomérat (en dalle), de teinte jaune à rousse
10,00 à 10,60	Graviers hétérométriques mélangés à du sable fin grisâtre à jaunâtre
10,60 à 12,40	Conglomérat (en dalles) sablo-graveleux (gravier fin à moyen) avec intercalations de sable hétérométrique plus ou moins argileux. <u>Traces d'oxydations</u> . Passage d'argile finement sableuse crème à rousse.
12,40 à 14,50	Formation identique à la précédente mais présence de sable hétérométrique plus importante. <u>Traces d'oxydation</u> . Pas d'argile
14,50 à 15,20	Argile calcaire rousse à blanc grisâtre
15,20 à 25,00	Argile calcaire rougeâtre
25,00 à 28,30	Argile calcaire rougeâtre avec passages de sable aggloméré, paraissant grésifié, très dur.
28,30 à 33,00	Argile calcaire finement et fortement sableuse rosâtre à marron clair, avec quelques passages de sable grésifié très dur (en dalles).
33,00 à 34,20	Argile calcaire marron clair graveleuse (graviers roulés hétérométriques)
34,20 à 36,00	Sable très fin et très argileux crème à mauve clair
36,00 à 37,00	Sable grésifié (en dalle), rosâtre, avec éléments conglomératiques.
37,00 à 39,70	Graviers roulés hétérométriques argileux, jaune sale à marron clair, avec petites passées conglomératiques et petits lits d'argile finement sableuse (formation plus argileuse de 37,00 à 38,40).

PROFONDEUR DE A (m)	L I T H O L O G I E
39,70 à 40,00	Sable moyen à grossier (peu de fines) avec présence de graviers fins à moyens, légèrement argileux, jaune sale à marron clair (à noter un petit passage de sable grésifié)
40,00 à 40,80	Argile calcaire finement sableuse, en lits alternativement marron clair et gris clair, avec un peu de sable grossier et quelques graviers fins à moyens (en intercalations ou dans la masse ?)
40,80 à 43,40	Formation identique à la précédente, avec apparemment peu de graviers fins. Argile assez compacte.
43,40 à 44,60	Argile calcaire fortement et finement sableuse, beige à rose, avec quelques passages de sable fin induré et légèrement conglomératique (avec petits galets et graviers) en fines dalles.
44,60 à 45,40	Conglomérat assez compact, à éléments de graviers et petits galets hétérogènes et hétérométriques, avec passages d'argile finement sableuse jaune sale à marron clair et rousse.
45,40 à 45,80	Argile calcaire finement sableuse, apparemment compacte, beige à marron clair, avec quelques graviers hétérogènes fins à moyens.
45,80 à 47,00	Sable à prédominance grossière, avec graviers hétérogènes et hétérométriques et quelques petits galets. Formation légèrement argileuse jaune (environ 10 à 15% d'argile).
47,00 à 48,40	Mélange de sable à prédominance grossière de graviers hétérogènes et hétérométriques, de galets moyens à grossiers et dalle de conglomérat compact; le tout assez argileux (~ 20 à 25% d'argile marron à grisâtre).
48,40 à 51,00	Argile calcaire jaune à rousse fortement sableuse (sable hétérométrique) et assez graveleuse (graviers fins à grossiers avec quelques petits galets).
51,00 à 53,60	Mélange de sable à prédominance grossière, de graviers hétérométriques et de galets petits à moyens. Quelques rares et petites passées d'argile gris clair et rousse. Formation légèrement conglomératique vers la base. Présentation assez argileuse de la formation (20 à 25% d'argile jaune).
53,60 à 54,00	Argile calcaire compacte jaune, rousse à gris clair avec quelques graviers.
54,00 à 56,00	Mélange de graviers hétérogènes et hétérométriques, de petits galets et de sable mal classé (fin à grossier). Passée conglomératique vers la base. Formation assez argileuse jaune de l'ordre de 20 à 25 % environ.

PROFONDEUR DE A (m)	L I T H O L O G I E
56,00 à 56,50	Graviers fins à grossiers avec peu de sable, à liant argileux jaune sale à grisâtre, de l'ordre de 10 à 20%. Présence, vers la base, d'argile brun foncé à noire, enrobant des graviers.
56,50 à 57,60	Conglomérat de galets et graviers avec passées d'argile jaune à rousse enrobant des graviers.
57,60 à 63,80	Argile légèrement calcaire, jaune, rousse à grise, à passées rougeâtres, à nombreux débris de fossiles, et enrobant quelques fins graviers. Présence d'éléments sombres à noirâtres. Niveau de sable argileux très fin, gris entre 61 et 62,00 m.
63,80 à 64,60	Argile calcaire beige et grise enrobant quelques petits graviers sombres à noirs.
64,60	Fin de sondage