

Département du **Gard**

Commune de **BERNIS**

Lieu dit : **Les Trièze Termes**

RAPPORT HYDROGÉOLOGIQUE

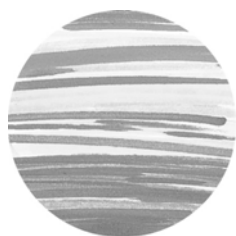
- **Vulnérabilité**
- **Détermination des temps de transfert dans l'aquifère**

Réalisé à la demande de :

**Communauté d'Agglomération
Nîmes Métropole
3 rue du Collisée
30947 NIMES Cedex 9**

Lussan, le 10 juillet 2008

N° 30/036 G 08 055



Bureau d'Etudes et de Recherches Géologiques Appliquées
10 rue des Cigognes - 34000 Montpellier - tél. 04 67 99 52 52 - fax 04 67 99 52 53
Hameau de Prades - 30580 Lussan - tél. 04 66 72 98 44 - fax 04 67 99 52 53
contact@bergasud.fr

N° Intracommunautaire : FR93325439974 - Siret : 325 439 974 00032 - Code APE : 7112 B

SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	3
2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	3
3. CADRE GÉOLOGIQUE	5
3.1. Lithostratigraphie	5
3.2. Structure	6
4. HYDROGÉOLOGIE	6
5. RÉSULTATS DES ESSAIS PAR POMPAGE	7
6. VULNÉRABILITÉ DE LA RESSOURCE EXPLOITÉE	8
6.1. Détermination des temps de transfert dans l'aquifère.....	9
6.2. Adaptations aux contraintes locales.....	11
7. CONCLUSION	12

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Dans le cadre des recherches de nouvelles ressources en eau potable pour la commune de Bernis, notre bureau d'études a été amené à déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère au cours d'essais par pompage menés en novembre 2007 sur le site des Trièze Termes.

Compte tenu des résultats satisfaisants (cf. rapport BERGA-Sud n° 30/036 F 07 113 du 15/03/2008), l'Hydrogéologue agréé, Monsieur Jean-Louis REILLE, a demandé une détermination de la vulnérabilité des eaux captées afin de proposer des périmètres de protection adéquats pour obtenir l'autorisation d'exploitation.

Ce rapport couvre la partie du complément d'études nécessaires à l'Hydrogéologue agréé concernant la vulnérabilité et la détermination des temps de transfert au sein de l'aquifère exploité. L'inventaire des points potentiels de pollution de l'aquifère sera fourni par GIE (Montpellier).

Les cadres géologique et hydrogéologique sont également présentés dans le présent rapport.

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le nouveau captage de Bernis, site des Trièze Termes, se situe à environ 900 m au Sud-Est du village.

Ses coordonnées Lambert II Étendue sont :

x = 757,99 km

y = 1 864,34 km

z = 18 m.

Ce champ captant se situe dans la plaine de la Vistrenque au Nord du Vistre. Cette zone comprend de nombreux captages AEP dont les débits d'exploitation sont élevés :

	Distance et orientation	Débit exploité
Captage des Rochelles	500 mètres au Nord-Est	400 m ³ /h
Captage de Canférin	1 450 mètres au Nord-Nord-Est	100 m ³ /h
Futur captage d'Aubais (reconnaissance)	1 300 mètres à l'Est-Nord-Est	Débit potentiel \approx 150 m ³ /h

ainsi que quelques anciens forages agricoles ou urbains. Si les forages urbains sont certainement exploités à faible débit, il est apparu que les forages agricoles ont été abandonnés au profit des adductions BRL. De plus, les crues de 2003 ont colmaté les forages les plus proches du Vistre.

Un recensement des forages dont l'accès était possible pour des mesures de niveau piézométrique a été effectué avec leur nivellement (cf. tableau ci-dessous). Ces points sont reportés sur la Figure 1.

Piézomètre	Altitude (m NGF)	Niveau piézométrique (m NGF)
P1	18,14	15,51
P2	18,06	15,42
Pz1	19,63	14,70
Pz2	18,54	16,25
Pz3	22,40	18,77
Pz4	23,00	18,15

3. CADRE GÉOLOGIQUE

Le futur champ captant des Trièze Termes est implanté dans la plaine alluviale de la Vistrenque expression géographique de l'historique géologique de la région.

3.1. Lithostratigraphie

Les différentes formations rencontrées dans la zone d'étude sont, des plus récentes aux plus anciennes (cf. Figure 2) :

Les formations détritiques :

- AC Formation colluviale issue du démantèlement des reliefs calcaires du Nord de la zone étudiée. Cette formation s'étend donc au pied des Garrigues nîmoises.
- CF Formations colluviales et éoliennes qui se sont déposées au gré des dépressions plus marquées sur la plaine de la Vistrenque. Ces dépôts fins (limons en partie calcaires) plus ou moins imperméables n'ont pas une épaisseur constante en raison des modalités de dépôt et peuvent ne pas être continus.

Les formations alluviales :

- Fv Alluvions villafranchiennes. Formations de galets rubéfiés dans une matrice argilo-sableuse déposés par les grands fleuves quaternaires (Rhône et Gardon). Les galets sont donc d'origine alpine ou cévenole, roulés et de taille variable (≈ 10 cm).

Cette formation, d'une épaisseur variable, atteint dans la zone du futur captage une épaisseur moyenne de 25 mètres.

Les captages exploitent l'aquifère contenue dans cette formation, dite formation de la Vistrenque.

Les formations carbonatées :

- n3a et n3b Hauterivien. Formations marno-calcaires et calcaires d'épaisseur importante (respectivement 300 et 100 mètres environ).
- n4 Barrémien indifférencié. Calcaires et marno-calcaires à patine très claire.

3.2. Structure

La structure géologique est surlignée par la géographie de la zone étudiée avec au Nord les reliefs des Garrigues issues de l'orogénèse pyrénéo-provençale qui a entraînée la mise en place des Garrigues nîmoises et au Sud la vaste plaine de la Vistrenque où le Rhône et ultérieurement le Gardon ont déposé leurs cortèges alluviaux.

Ces grandes lignes de géologie structurale sont scellées par les dépôts détritiques issus du démantèlement des reliefs calcaires.

L'accident structural majeur est la faille de Nîmes qui longe grossièrement le relief des Garrigues.

4. HYDROGÉOLOGIE

Le principal aquifère présent dans cette zone est contenu dans les formations alluviales villafranchiennes de la plaine de la Vistrenque.

Cet aquifère représente la ressource en eau de la grande majorité des communes de la plaine s'étendant du Nord-Est de Nîmes (Lédenon) aux environs de Lunel (ou sa continuité prend le nom de plaine de Mauguio-Lunel) et des Garrigues nîmoises au Nord-Ouest aux reliefs des Costières dans sa partie Sud-Est.

On considère que cet aquifère est alimenté par son impluvium ainsi que par ces limites Nord (calcaires hauteriviens des Garrigues) et plus faiblement par les Costières au Sud.

Les formations détritiques éoliennes fines sont présentes pratiquement sur toute la plaine de la Vistrenque et forment une protection vis-à-vis des eaux de surface. On notera que les cours d'eau, principalement le Vistre, n'entretiennent que très peu de relation avec cet aquifère.

5. RÉSULTATS DES ESSAIS PAR POMPAGE

Les essais effectués en novembre 2007 sur le champ captant du site des Trièze Termes ont donné des résultats satisfaisants que ce soit quantitativement ou qualitativement.

Le rapport BERGA-Sud n° 30/036 F 07 113 récapitule l'ensemble des mesures et résultats obtenus ainsi que les rapports d'analyses effectuées par le laboratoire IPL Méditerranée.

Les caractéristiques générales de l'aquifère exploité par ce champ sont récapitulées dans le tableau suivant :

Épaisseur (m)	25
Transmissivité ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$)	5.10^{-2}
Perméabilité ($\text{m}.\text{s}^{-1}$)	2.10^{-3}
Emmagasinement	3.10^{-7}

Ces résultats sont conformes au type d'aquifère exploité et montre que celui-ci est captif avec une forte transmissivité.

Toutefois, lors d'essais par pompage réalisés sur tout le secteur en 2004, un suivi de l'impact réciproque des forages de Rochelles sur Trièze Termes n'avait pas montré d'influence significative entre les captages.

Afin de déterminer le temps de transfert au sein de l'aquifère, différentes données ont dû être acquises et notamment le sens d'écoulement de l'aquifère et son gradient "naturel".

La campagne de recherche d'ouvrages, de mesures de profondeur du plan d'eau et de nivellement a eu lieu le 6 juin 2008 et a permis de recenser 6 ouvrages utilisables.

Nous avons donc établi une carte piézométrique de l'aquifère à partir des ouvrages accessibles.

La Figure 3 donne une esquisse de cette piézométrie pour une période de basses eaux. Nous avons déterminé cette carte à partir des connaissances que nous avons de l'aquifère des alluvions de la Vistrenque en tenant compte en particulier de la présence d'un axe de drainage souterrain proche du cours actuel du Vistre.

Cette esquisse permet d'établir une allure de la piézométrie pour un moment donné (état hydrogéologique de moyennes eaux – basses eaux) et permet de calculer un gradient d'écoulement. Toutefois, l'orientation de cet écoulement est probablement variable dans le temps en fonction du niveau de la nappe et de l'importance des prélèvements. Ces variations potentielles seront prises en considération dans les propositions ultérieures.

Le gradient a une orientation comprise entre Nord-Sud et Nord-Ouest Sud-Est. Lors de notre campagne de mesure, nous avons déterminé une valeur de 2.10^{-3} d'orientation Nord-Ouest Sud-Est.

6. VULNÉRABILITÉ DE LA RESSOURCE EXPLOITÉE

Dans le cadre des études relatives à la demande d'exploitation du captage des Trièze Termes pour l'alimentation en eau potable de la commune de Bernis, notre bureau d'études a été mandaté afin de déterminer la vulnérabilité de la ressource exploitée.

Cette vulnérabilité peut être décomposée en deux grandes catégories :

La vulnérabilité intrinsèque qui représente la vulnérabilité de l'aquifère à la pénétration d'un polluant de façon naturelle de la surface vers la ressource en eau ainsi que son déplacement au sein de cette ressource.

La vulnérabilité anthropique qui représente l'apport des activités humaines à la vulnérabilité intrinsèque, représentée en partie par les ouvrages facilitant la pénétration des eaux dans l'aquifère (forages, puits, systèmes de drains, excavations,...). Généralement, on associe à cette vulnérabilité l'augmentation de *l'aléa potentiel de pollution* par la prise en compte des stockages d'hydrocarbures, produits chimiques et phytosanitaires et plus généralement toutes activités susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines.

Notre étude consiste à déterminer la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère des alluvions villafranchiennes de la Vistrenque.

A partir des données issues des essais menés sur le site, de mesures annexes et des informations bibliographiques, nous allons déterminer le déplacement de polluant au sein de l'aquifère afin de déterminer une zone pour laquelle toute molécule d'eau atteindra le captage, c'est ce que l'on appelle la détermination du temps de transfert.

Remarque :

La présence d'une couche de limons peu perméable en surface (cf. coupe géologique d'un des forages d'exploitation en Annexe I) rendant localement l'aquifère captif augmente notablement le temps de transfert d'un polluant qui serait épandu en surface mais non injecté dans un ouvrage atteignant l'aquifère.

6.1. Détermination des temps de transfert dans l'aquifère

La vulnérabilité d'un aquifère dépend des possibilités dont dispose un polluant pour l'atteindre, ainsi que sa mobilité au sein de l'aquifère.

A défaut d'expérimentation directe du déplacement d'un produit au sein de l'aquifère (traçage), différentes méthodes analytiques sont couramment utilisées :

La méthode de Hoffmann et Lillich dont les hypothèses fondamentales sont basées sur un milieu homogène et un rabattement faible par rapport à la puissance de l'aquifère. Elle vise à déterminer de façon itérative la distance correspondant à un temps de transfert convectif pour une durée de pompage donnée que l'on compare au rayon d'influence du pompage.

On déterminera donc une zone sphérique à une distance donnée représentant la zone de départ d'un polluant de sorte qu'elle mette X jours pour atteindre le forage (isochrone). En déterminant la zone d'appel du puits, il sera possible de restreindre le disque ainsi obtenu.

La méthode de Wissling, permet de déterminer l'allure d'une isochrone choisie en tenant compte d'un gradient régional et de l'influence du pompage. A partir d'équations simples et de paramètres hydrodynamiques obtenus par un essai par pompage, nous calculons les caractéristiques géométriques de l'isochrone voulue.

La méthode de Wissling apparaît ici être la plus adaptée compte tenu du gradient d'écoulement relativement important dans l'aquifère de la Vistrenque. Toutefois, en raison de la présence de prélèvements importants dans ce secteur de l'aquifère, des adaptations seront proposés afin d'améliorer les résultats théoriques.

Variable	Paramètre	Valeur bibliographique	Observations
b	Epaisseur d'aquifère [m]	30 m	25 m
i	Gradient hydraulique	0,001 à 0,004	0,002
T	Transmissivité [m ² /s]	1.10^{-2} à 1.10^{-3}	5.10^{-2}
K	Perméabilité	1.10^{-3} à 1.10^{-4}	2.10^{-3}
S	Emmagasinement		3.10^{-7}
U	Vitesse effective [m/j]		6,9 (calculée)
w	Porosité cinématique [%]		5
Q	Débit [m ³ /h]	100 m ³ /h	100 m³/h

▪ ***Calcul des caractéristiques géométriques de l'isochrone 50 jours par la méthode Wissling :***

L'Annexe II résume les distances que l'on souhaite obtenir pour dessiner la zone d'appel du forage et les isochrones choisies ici : soit 50 jours.

Influence du pompage sur le transfert de masse :

Dans cette première étape, nous déterminons une zone dans laquelle une molécule d'eau sera obligatoirement transportée par le pompage. Un polluant dans cette zone arrivera donc au niveau du captage.

Détermination de la zone d'appel :

$$B = Q/(Kbi)$$

$$\text{D'où } B = 280 \text{ m}$$

Détermination du rayon d'appel :

$$x_0 = Q/(2\pi * Kbi)$$

$$\text{d'où } x_0 = 44 \text{ m}$$

Détermination du front d'appel à la hauteur du captage :

$$B' = B/2 = Q/(2Kbi)$$

$$\text{D'où } B' = 140 \text{ m}$$

Caractéristiques géométriques des isochrones :

Calcul des caractéristiques de l'isochrone choisie :

$$S_o = [l + \sqrt{l(l+8x_0)}]/2 \text{ et } S_u = [-l + \sqrt{l(l+8x_0)}]/2$$

Avec $l = Ut$, t temps de l'isochrone souhaitée

On obtient donc les distances suivantes :

Pour l'isochrone en amont : $S_o = 420 \text{ m}$

Pour l'isochrone en aval : $S_u = 73 \text{ m}$

6.2. Adaptations aux contraintes locales

Ces mesures ne tiennent pas compte des particularités régionales, c'est pourquoi nous avons tenu compte d'une variation de l'axe d'écoulement régional pour représenter au mieux l'impact des variations d'alimentation en fonction des périodes hydrologiques. L'axe pourrait varier d'une direction globalement Nord-Sud (alimentation par les calcaires des Garrigues) à la direction mesurée lors de la campagne piézométrique de juin 2008 à savoir Nord-Ouest Sud-Est.

En outre, nous avons contraint l'enveloppe de la zone d'appel en fonction des prélèvements effectués entre Les Rochelles et ceux du futur captage des Trièze Termes. Compte tenu des débits exploités, nous avons déterminé une sorte de "ligne de partage des eaux" entre les deux captages proportionnellement aux débits potentiels (1/3 - 2/3).

La méthode de Wissling est une méthode semi-empirique et lorsque le gradient d'écoulement régional n'est pas suffisamment prépondérant par rapport à l'impact des prélèvements, il apparaît que la distance calculée pour le transfert de masse est plus importante que la zone d'appel à l'aval du captage. Nous observons un cas similaire ici.

Compte tenu du gradient naturel et des rabattements mesurés, nous avons déterminé que la zone d'appel du captage pourrait être étendue à 200 mètres en aval du captage, distance au-delà de laquelle les molécules d'eau sont entraînées par le gradient naturel de l'aquifère.

Avec cette méthode nous avons déterminé les caractéristiques géométriques des isochrones à 50 jours (temps théorique de décomposition d'un polluant organique) compte tenu des données acquises aux cours des différents essais sur le site. Nous avons tracé en Figure 3 une représentation schématique de cette isochrone ainsi que de la zone d'appel du captage.

Enfin, la présence d'une couverture limoneuse favorise la protection des eaux souterraines toutefois son épaisseur et sa continuité aléatoire ne permettent pas d'en assurer la protection totale.

De plus, les activités humaines recensées au travers de la vulnérabilité montrent que cette couverture est affectée d'un grand nombre de vecteurs de communication entre la surface et la ressource en eau dont certains sont totalement oubliés et dans des états inquiétants.

7. CONCLUSION

Le captage des Trièze Termes, implanté dans une zone agricole caractérisée par des cultures plutôt extensives, va permettre d'abandonner le captage actuel de Bernis situé en zone urbaine et dont la protection ne peut être assurée.

La bonne qualité des eaux captées, le potentiel de production du site et sa faible vulnérabilité mettent en évidence l'intérêt de ce captage.

Lussan, le 10 juillet 2008

Axel ROESCH

Jean-Marc FRANÇOIS

FIGURES

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

1

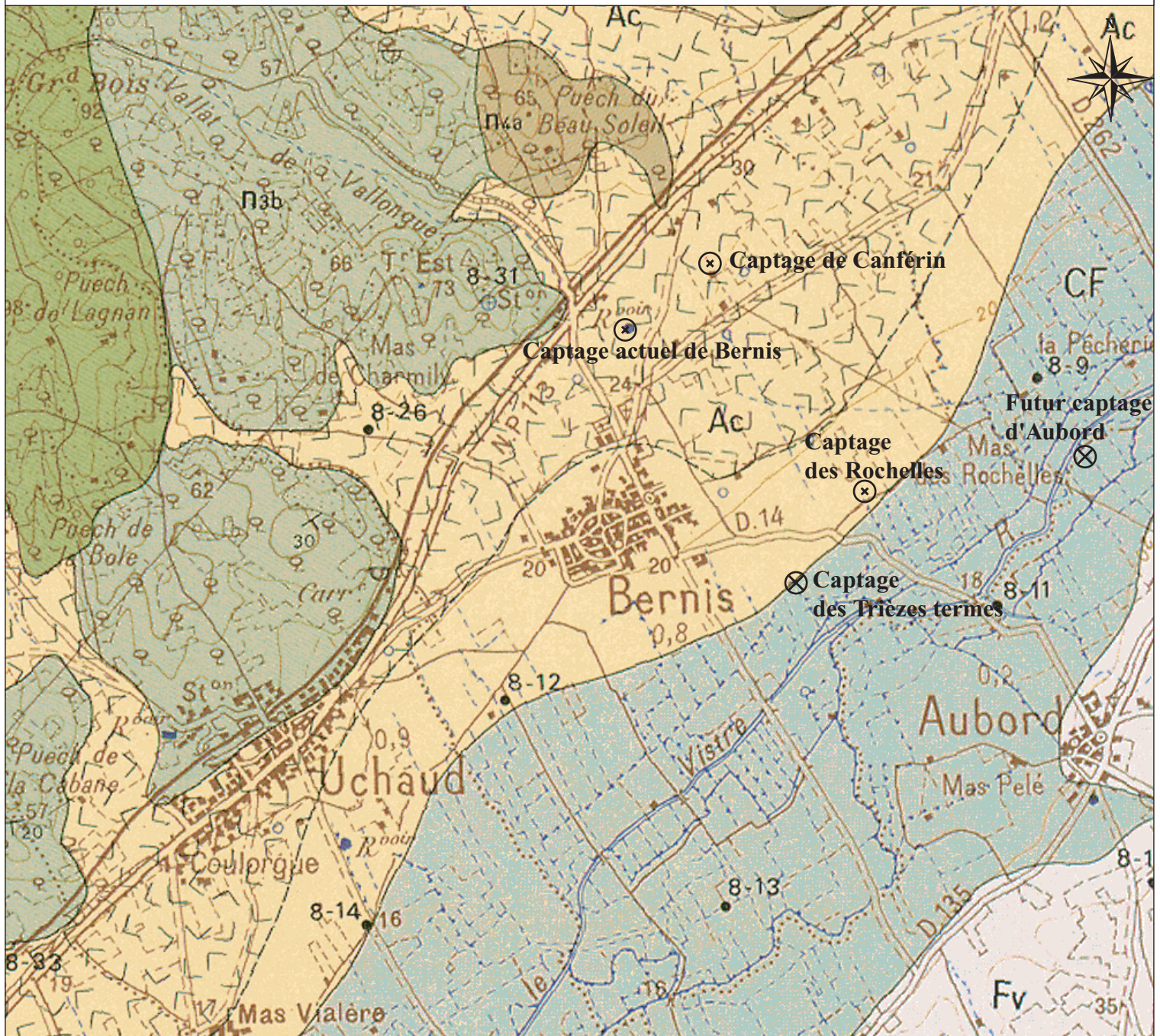


EXTRAIT DES FONDS TOPOGRAPHIQUES IGN NUMÉRISÉS AU 1/25 000

⊗ Site du futur captage des Trièze Termes

⊗ Captage AEP de la Vistrenque:
Canférin,
Rochelles,
Bernis,
Aubord (en cours)

0 1 2 km

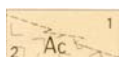


EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DU BRGM FEUILLE DE SOMMIÈRE n° 964
AGRANDIE AU 1/25 000

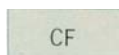
⊗ Capotage AEP en cours de finalisation

⊗ Capotage AEP en exploitation

Formations détritiques et alluviales



Colluvions issues du démantèlement des reliefs calcaires



Remplissage éolien des dépressions de la Vistrenque:
Limons en grande partie calcaire



Alluvions villafranchiennes:
Galets d'origines cevenoles et alpines rubéfiés
dans une matrice argilo-sableuse rouge

Formation carbonatée

Barrémien



Marno-calcaire bioclastique

Hauterivien



n3a: Marno-calcaires



n3b: Calcaires

0 1 2 km





EXTRAIT DES FONDS TOPOGRAPHIQUES IGN NUMÉRISÉS AU 1/25 000

- ⊗ Site du futur captage des Trièze Termes
- Px Piézomètre de contrôle
- PzX Ouvrages mesurables recensés et nivelés
Niveau piézométrique donné

- ⊗ Captage AEP de la Vistrenque:
Canférin,
Rochelles,
Bernis,
Aubord (en cours)

— 18 Isopièze avec valeur

→ Axe d'écoulement le 6 juin 08



Périmètre initialement proposé
par l'hydrogéologue agréé

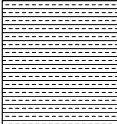
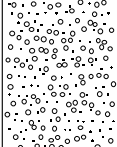

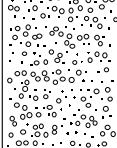
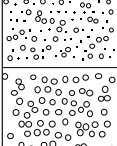
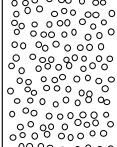
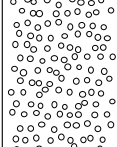
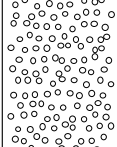
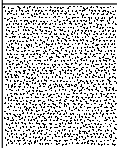

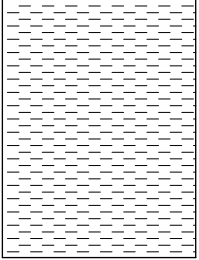
0 1 2 km

ANNEXES



BERNIS (30) - Trièze Termes
Fe1
Lambert II Etendu : x = 757,995 y = 1 864,330 z = 18

Annexe
I

PROFIL GÉOLOGIQUE			PROFIL TECHNIQUE		
H (m)	Lithologie	Stratigraphie	Fonçage	Coupe technique	Tubage
0		Quaternaire		0 m	
5		Villafranchien		4,38 m le 20/11/07 	Cimentation gravitaire de 0 à 8 m
10				8 m	
15					Acier inox 304L Ø 273×4 mm de -0,5 à 29,5 m
20					
25					
30					
35		Astien ?			
40		Plaisancien			
			Rotary Ø 340 mm de 0 à 42 m		
			29,5 m		Crépines nervures repoussées Ø 273×5 mm de 21,5 à 29,5 m
			42 m		Bouchon

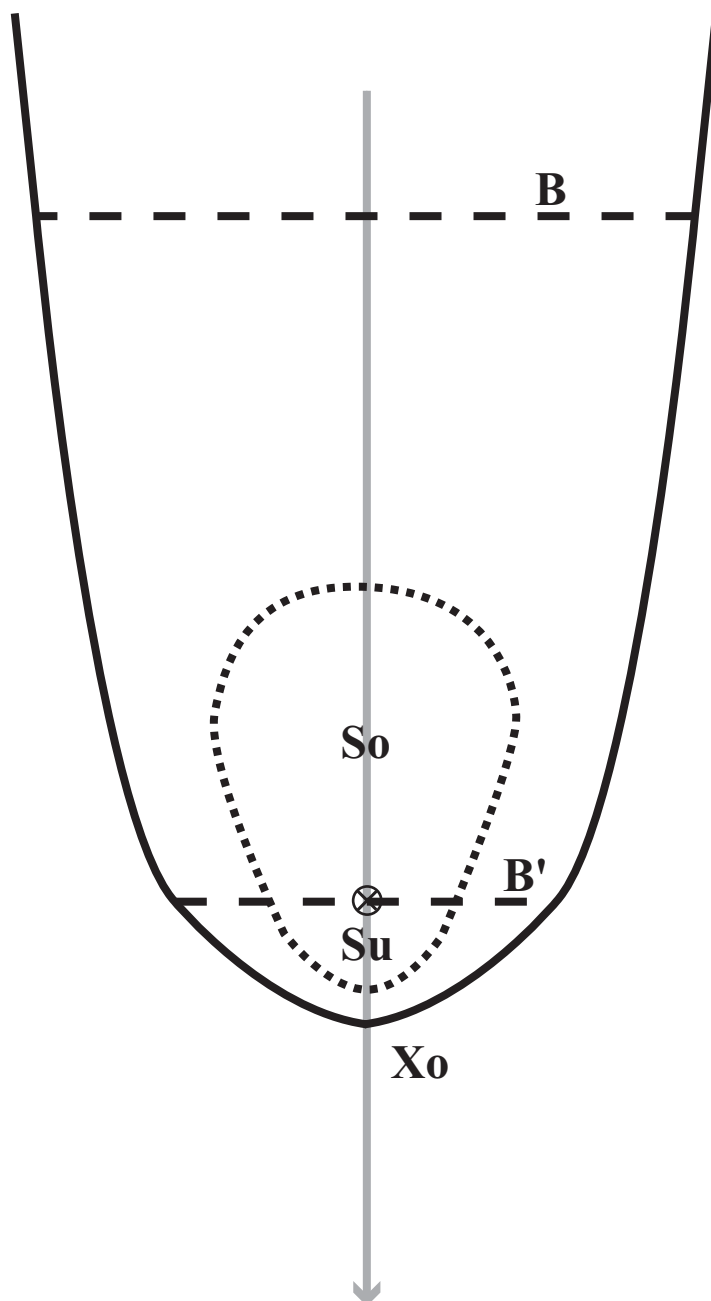
Les difficultés de mise en place du tube (éboulement de gros galets) ont nécessité une foration plus profonde et en plus gros diamètre que prévu.

Les crépines d'ouverture 2,5 mm ont un pourcentage de vide de 18,7.

La cimentation mise en place gravitairement est équivalente à une cimentation pression.

Recherche d'eau potable - Travaux réalisés par l'entreprise ROUDIL Forages (Nîmes - 30) du 10 au 18/10/2007.

Débit instantané : 80 m³/h.



LÉGENDE



Zone d'appel



Isochrone



Sens d'écoulement régional

B Largeur du front d'appel

B' Largeur du front d'appel
au niveau du forage

So Distance de l'isochrone en amont du forage

Su Distance de l'isochrone en aval du forage

Xo Distance maximale aval de la zone d'appel