

CONSEIL GENERALE DE L'AUDE

SERVICE D'HYDROGEOLOGIE

COURSAN

LA FONTAINE D'EAU MINERALE

REALISATION DU FORAGE DE RECAPTAGE

RAPPORT DE FIN DE TRAVAUX

FORAGE FONTAINE 10397X0005/F

FORAGE DE RECAPTAGE 10397X0058/F

M. YVROUX

Février 1989

1 - INTRODUCTION

Sur la place publique de COUSAN, connue sous le nom de "Fontaine ferrugineuse", un forage réalisé en 1892 alimente la fontaine objet d'un véritable culte de la part des Coursanais.

Depuis longtemps la ville de COURSAN désirait améliorer les conditions de captage pour éviter l'altération de la composition chimique par les eaux superficielles et augmenter son débit.

En fait, si le premier objectif pourra être atteint, pour le second, l'historique qui nous a été communiqué après les travaux montrait que le débit d'environ 20 litres par minute à l'origine n'avait pratiquement pas varié depuis 100 ans.

Par lettre en date du 19 Septembre 1988, le Maire de COURSAN, Monsieur Gilbert PLAÏ, nous confiait le suivi des travaux de recaptage de la fontaine.

Le présent rapport a pour objet de rendre compte des observations et des opérations effectuées lors de ces travaux. L'historique qui fait suite permet de tirer des conclusions sur l'exploitation future.

2 - REALISATION DU FORAGE

2 - 1 GENERALITES

Le forage de recaptage a été exécuté par l'Entreprise BONIFACE Frères de LUNEL (34).

Commencé le 1^{er} Décembre 1988, il a été terminé le 17 Décembre 1988.

Le forage a été implanté à proximité immédiate de la fontaine.

Coordonnées Lambert III :

X = 658,630

Y = 3104,140

Z ≈ 7 m

Il a été exécuté jusqu'à la profondeur de 167,5 m (par rapport au sol) au moyen d'une machine FORACO, cette machine travaillant au "tricône" et à l'eau.

2 – 2 REALISATION DU FORAGE

Les différentes phases des travaux et leur durée ont été les suivantes :

- Le 1^{er} Décembre, foration d'un avant trou à la tarière et mise en place d'un tubage provisoire de 0 à 8 m.

Foration en 250 mm de 8 à 14 m les 2 et 3 Décembre.

- Le 4 Décembre mise en place de 14,5 m de tube acier noir 203 x 220 mm et cimentation de l'espace annulaire.
- Du 5 au 13 Décembre, foration des "morts-terrains". Le trou a été commencé en 205 mm jusqu'à environ 30 m, devant les difficultés rencontrées, argiles sableuses où la vitesse d'avancement est très faible, le trou est continué en 150 mm jusqu'à 143,5 m de profondeur environ. Il est ensuite alésé en 205 mm.
- Le 14 Décembre mise en place d'un tubage acier noir 161 x 168 mm jusqu'à 143,5 m de profondeur et cimentation de la colonne.
- Le 15 Décembre, foration dans l'aquifère en 160 mm de 143,5 m à 167,5 m de profondeur. Installation d'un tube en acier noir 106 x 114 mm crépine de fentes alternées.

La mise en place du tubage a été réalisée sans difficulté.

- Le 16 Décembre, nettoyage du forage.

A l'issue du forage un nettoyage a été pratiqué à l'air lift jusqu'à l'obtention d'une eau relativement claire.

Un premier soufflage a eu lieu vers 70 m de profondeur pendant environ 2 heures. Peu de temps après le début du soufflage la fontaine s'arrête de couler. Ce phénomène est consécutif au rabattement de la nappe provoqué par le soufflage.

A 12 heures, le soufflage a été arrêté car l'eau redevenait trouble.

A 14 heures la fontaine recoule limpide.

Un deuxième soufflage démarré vers 40 m environ a été vite arrêté vu son inadaptation.

A 18 heures le forage est faiblement artésien.

Le dégagement gazeux est abondant.

3 – GEOLOGIE

La technique de foration ne permet pas de donner une coupe détaillée du forage.

Néanmoins on propose la coupe schématique suivante :

0	-	8,0 m	Remblais, alluvions
8,0	-	122,0 m	Argile rouge compacte
122,0	-	142,0 m	Argile rouge, silex
142,0	-	167,5 m	Alternance de calcaire lacustre blanchâtre et d'argile sableuse. Semblerait plus sableux vers le fond.

De 0 à 8 mètres on a donc les alluvions de l'Aude (Quaternaire).

De 8 à 167,5 mètres les terrains se rapportent à l'Oligocène supérieur avec de 8 à 144 m les argiles rouges de Nissan et à partir de 144 m le début des calcaires lacustres de Nissan.

4 – HYDROGEOLOGIE

On a un aquifère captif contenu dans les niveaux sablo-argileux vers 150 m de profondeur, dans l'ensemble ces faciès sont peu perméables.

4 – 1 REALISATION DU FORAGE

Durant la foration des observations ont été effectuées sur la nature de l'eau : température et minéralisation.

En cours de foration : fontaine	T : 19°2 *
	C : 4.720 μ S/cm (soit env. 3,02 g/l)
En fin de foration : fontaine	T : 18°5
	C : 4.820 μ S/cm (\approx 3,08 g/l)
forage	T : 17°0
	C : 5.200 μ S/cm (\approx 3,33 g/l)

Remarque :

La température du forage est inférieure à 1°5 à celle de la fontaine. La présence de CO² en quantité importante favorise l'ascension de l'eau minérale dans la zone superficielle. La détente du gaz à l'arrivée en surface de l'eau abaisse sa température.

La minéralisation du forage est plus important, la thermalité de l'eau et ses caractères chimiques ont donc été améliorés en évitant le mélange avec des eaux superficielles banales circulant dans les alluvions de l'Aude.

L'eau est bicarbonatée magnésienne et sulfatée sodique ; le gaz carbonique est très abondant. Le CO² possède une origine profonde certaine, à mettre en relation avec la sismotectonique régionale.

* par comparaison en 08/1985 : T = 20°

Une analyse chimique détaillée devrait préciser ces divers points.

L'eau est fortement chargée en sels de fer formant un dépôt caractéristique sur les bouteilles.

4 – 2 DEBIT (observations provisoires)

Les données antérieures montrent que le débit de la fontaine de COURSAN est d'environ :

20 l/ mn soit $\approx 29 \text{ m}^3/\text{jour}$

en 1879 : 20 l/mn (forage BLANC – COSTESEQUE)

en 1966 : 20,5 l/mn (fontaine, essais de débit C.E.R.H.)

en fait le débit maxima connu a été de :

40 l/mn soit $\approx 58 \text{ m}^3/\text{jour}$ sur le forage CHAPERO (1865)

Les premières mesures effectuées par Monsieur BECOURT et le S.D.E.R.E. le 10/02/1989 donnent les résultats suivants :

Fontaine : 800 l/h $\approx 19,2 \text{ m}^3/\text{jour}$
(après fermeture de 2 robinets sur 3).

Forage : 650 l/h $\approx 15,6 \text{ m}^3/\text{jour}$
(après utilisation d'un tube siphonide descendu jusqu'à 12 m de profondeur).

Au total on a donc actuellement $35 \text{ m}^3/\text{jour}$ d'eau minérale exploitable naturellement soit une augmentation de près de 20 % de la production initiale. Vu la nature médiocre de l'aquifère, seule la réalisation de plusieurs forages pourrait permettre augmenter notablement le débit exploitable.

5 – ETUDE HISTORIQUE

La fontaine d'eau minérale de COURSAN est née de la volonté et de l'obstination des Coursanais qui voulurent se doter au siècle dernier d'une source d'eau potable pour la commune.

Sur la place publique de COURSAN il a été fait 3 forages, l'historique assez compliqué du creusement de ces forages a été reconstitué par Paulette et Jean-Claude SERIE (Décembre 1988) à partir des importantes archives soigneusement conservées à la Mairie de COURSAN.

5 – 1 HISTORIQUE DES FORAGES

On donne ici résumées les principales caractéristiques de ces travaux.

1865 – Forage CHAPERO

C'est le point de départ de la découverte.

Profondeur : 150 m. Artésien avec un geyser de 5 à 6 mètres de hauteur pendant 1 mois, fort dégagement de CO² et H₂ S.

Analyse chimique du professeur FILHOL (Fac. Sciences TOULOUSE).

A la remontée une manœuvre accidentelle perfore le tubage, les eaux douces et thermales se mélangent.

1868 – 1879 – Forage COSTESEQUE – BLANC

En 1868 on débute un nouveau forage, les travaux ne seront repris qu'en 1879.

Forage artésien, température 20°, débit 20 l/mn, minéralisation 4,10 g/l.

En 1888, l'eau perd sa teneur, la pression diminue. L'eau thermique se perd dans les argiles et se mélange avec l'eau douce.

1892 – Forage LIPPMANN

C'est celui qui alimente la fontaine actuelle.

Profondeur 155 m, tubé en 260 mm et 165 mm.

5 – 2 ELEMENTS COMPLEMENTAIRES

On donne ici résumées les principales caractéristiques de ces travaux.

1962 –

Une analyse chimique faite par le C.E.R.M. (Université de Montpellier) dans le cadre de la thèse de 3^{ème} cycle de J.P. CAMBON donne des résultats comparables à l'analyse de 1865.

1966 –

Dans le cadre d'une étude des ressources en eaux de la région, divers essais sont réalisés sur le forage par l'Université de MONTPELLIER.

Les principaux résultats sont les suivants :

Débit artésien en novembre 1966 : 20,5 l/mn.

Un essai de pompage d'une durée de 2 heures à un débit de 2 et 2,9 m³/h permet de calculer une transmissivité de l'aquifère de 10⁻⁴ m/s (valeur médiocre).

La température de l'eau est de 20°7, le forage est fortement encombré par des concrétionnements.

6 – CONCLUSION (provisoire)

Les travaux de recaptage par forage de l'eau minérale ont été menés à bien, en dépit des difficultés de foration liées à la nature argileuse des terrains traversés.

Pour l'exploitation il apparaît préférable d'équiper le forage d'un tube siphon dont les caractéristiques sont déterminées expérimentalement par le S.D.E.R.E.

Ce système doit éviter les dégagements intermittents ou turbulents qui gêneraient l'ascension régulière de l'eau.

Il faudra interrompre l'écoulement de la fontaine en dehors des périodes d'utilisation, ce faisant on conservera le potentiel de la nappe pour obtenir éventuellement un débit de pointe supérieur.

La protection qualitative vis à vis des eaux superficielles parfois polluées est améliorée par la cimentation du tubage. Ainsi la stabilité physico-chimique de l'eau sera meilleure.

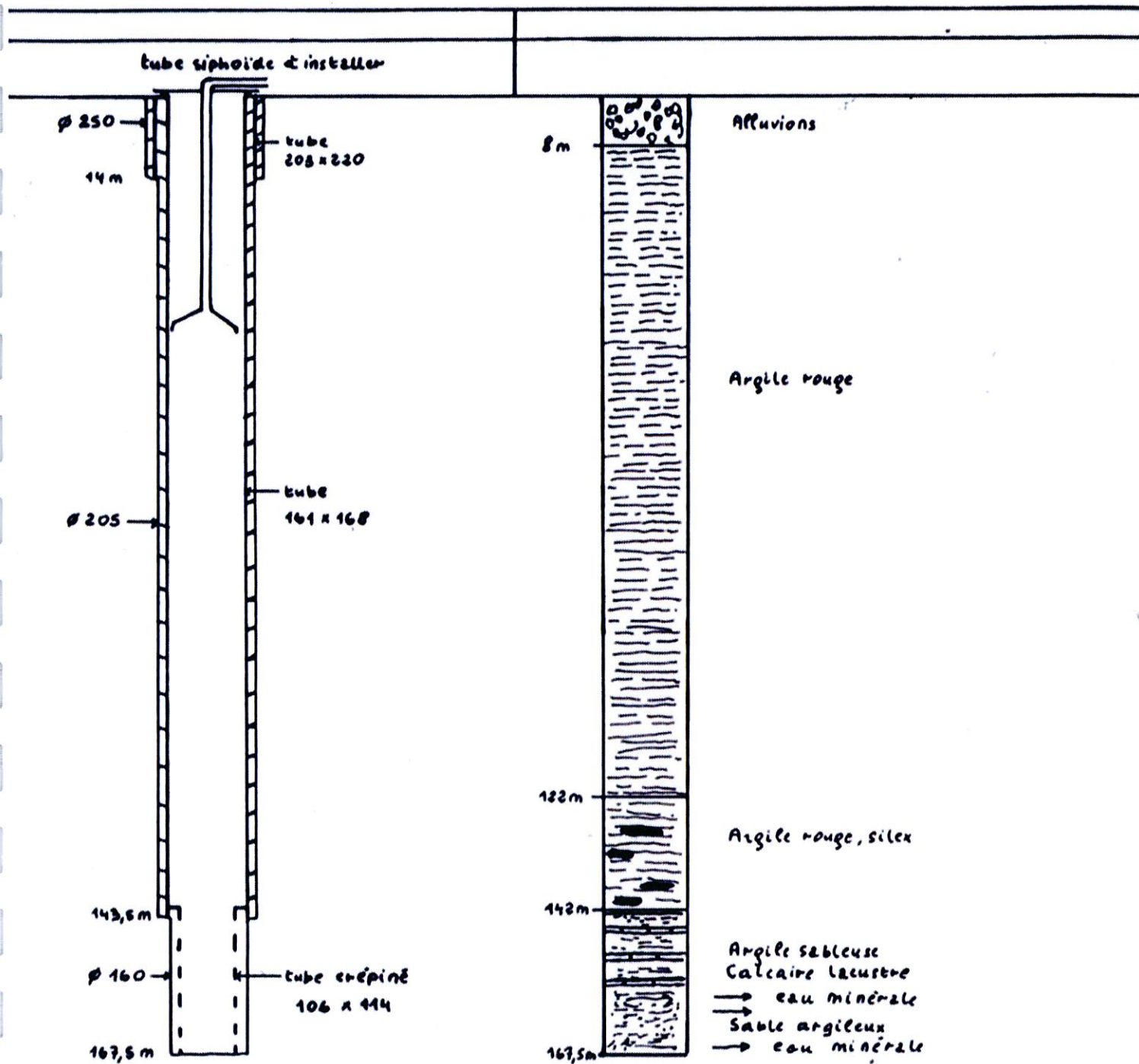
Dans le même ordre d'idée et afin de protéger la ressource, les anciens travaux (en particulier les forages CHAPERO et COSTESEQUE) seront cimentés pour éviter la mise en communication avec l'aquifère superficiel.

Les travaux entrepris en 1988 par la Mairie de COURSAN se traduisent déjà par une amélioration quantitative et qualitative de la ressource en eau minérale qui est la fierté de tous les Coursanais.

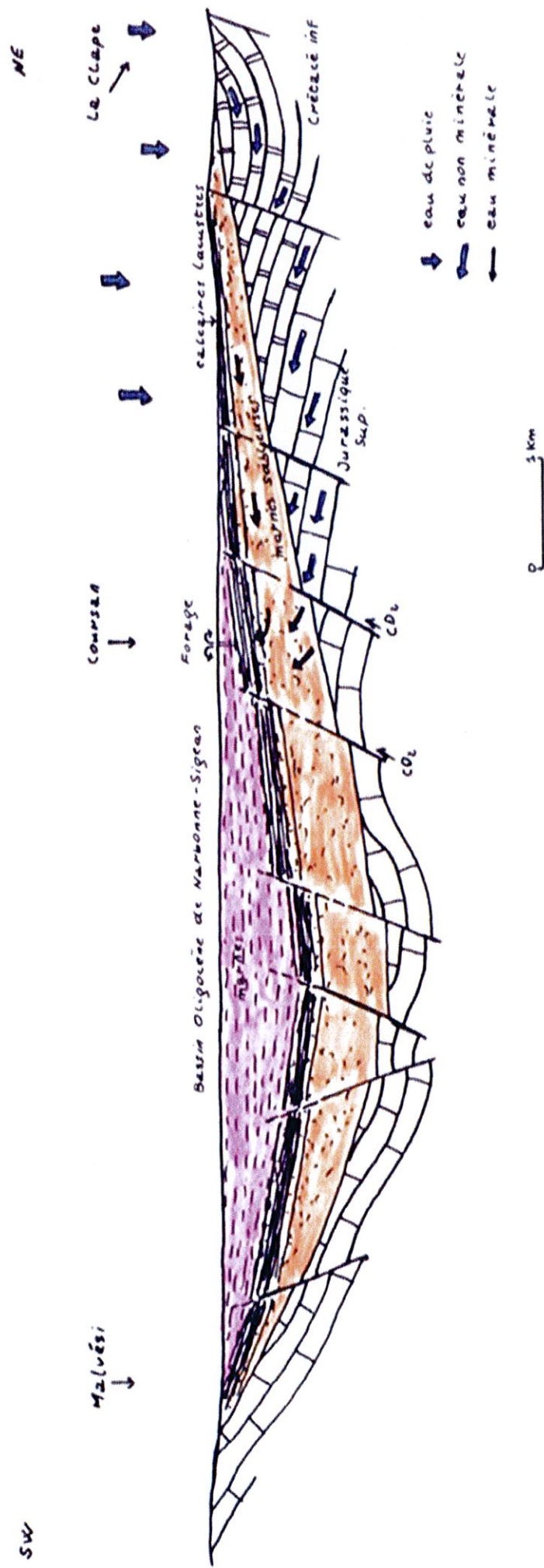
Michel YVROUX
Hydrogéologue Départemental

SERVICE D'HYDROGEOLOGIE

FONTAINE D'EAU MINERALE DE COURSAN
FORAGE 1988



COUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE PASSANT PAR COURSAN



Origine de l'eau minérale de COURSAN

L'eau du forage peut avoir deux origines possibles :

- Circulations de fissures dans les calcaires lacustres et les marnes sableuses de l'Oligocène.
 - Drainance de l'aquifère karstique des calcaires jurassiques sous-jacents.
- Dans les deux cas le lessivage de l'Oligocène confère à l'eau de COURSAN son chimisme particulier, la zone d'infiltration étant constituée par le Massif de la Clape ou son piémont Oligocène.

LABORATOIRE SOUTERRAIN

CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

MOULIS 09200 SAINT-GIRONS

Tél. 61.66.31.26

RAPPORT SUR LA QUALITE CHIMIQUE DE L'EAU DU FORAGE DE COURSAN (AUDE).

1. INTRODUCTION.

Sur la place publique de COURSAN, un forage a été réalisé à côté de la "Fontaine Ferrugineuse", afin d'améliorer les conditions de captage de cette fontaine, pour éviter l'altération de la qualité chimique de son eau et pour augmenter son débit. Sur proposition de l'hydrogéologue départementale de l'Aude, Monsieur YVROUX, et à la demande de Monsieur le Maire de COURSAN, nous avons entrepris une étude du chimisme de l'eau du nouveau forage afin de:

- 1) déterminer la nature exacte du chimisme de l'eau;
- 2) rechercher l'origine de cette minéralisation;
- 3) proposer une exploitation éventuelle du captage.

Nous rappelons que cette étude ne peut être qu'une étude préliminaire à une étude hydrogéologique plus détaillée, dans le cas où une exploitation éventuelle serait envisagée.

2. RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DU FORAGE.

Le forage, réalisé en décembre 1988, a été arrêté à 167,5 m de profondeur. Il recoupe, sous 8 m d'alluvions, les argiles rouges de l'Oligocène, jusqu'à 142 m; dans les 25 derniers mètres, il traverse une alternance de calcaires et d'argiles sableuses de même âge, contenant un aquifère captif. Le forage montre un artésianisme faible et, surtout, un important dégagement gazeux, marqué par l'odeur, faible mais caractéristique, de l'hydrogène sulfuré (H_2S). Les mesures de débit effectuées le 10/02/1989 ont donné 19,2 m³/j pour la fontaine et 15,6 m³/j pour le forage. La température de l'eau du forage était alors de 17,0°C et celle de la fontaine de 18,5°C.

3. RESULTATS OBTENUS.

Nous avons prélevé l'eau du forage, ainsi que celle de la fontaine, le 28 avril 1989, après avoir laissé s'écouler l'eau par artésianisme naturel, pendant 20 mn environ, après ouverture de la vanne. Nous avons effectué sur place les mesures et analyses qui s'imposent (débit, température, pH, potentiel redox, gaz carbonique dissous, alcalinité et dureté totales). Nous n'avons pas pu mesurer la teneur en oxygène dissous, du fait de la présence de H_2S dissous et gazeux; la teneur en H_2S dissous n'a pu qu'être estimée par une mesure grossière. Pour une connaissance plus approfondie des caractères chimiques de cette eau, le dosage précis de tous les gaz dissous serait souhaitable. Tous les résultats sont consignés dans les bordereaux en annexe.

4. DISCUSSION DES RESULTATS.

L'eau captée par le forage est caractérisée par une très grande abondance de gaz carbonique (CO_2) dissous (14,36 g/l, soit environ 7,3 l de CO_2 gazeux par litre d'eau à la pression atmosphérique) et par la présence d'hydrogène sulfuré (H_2S) dissous. A ces deux gaz correspondent deux ensembles de caractères chimiques particuliers: le chimisme carbonaté et le chimisme sulfaté.

La température mesurée (15,6°C) n'est pas conforme à ce qu'on peut attendre compte tenu de la profondeur du forage; avec un

gradient géothermique d'environ $3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ et une profondeur de 172 m, une augmentation de 5°C par rapport à la température moyenne annuelle au sol (14°C) serait normale. On sait que le dégazage du CO_2 lors de la remontée de l'eau provoque un abaissement de la température.

4.1. Le chimisme carbonaté et carbo-gazeux.

Du fait de la concentration exceptionnellement forte en CO_2 dissous ($14,36\text{ g/l}$), l'eau est carbo-gazeuse et très chargée en bicarbonates (3355 mg/l); c'est le CO_2 qui est responsable du pH acide (5,79). Ce CO_2 possède une origine profonde; il est introduit dans l'aquifère lors de sa remontée. C'est un phénomène bien connu en Languedoc-Roussillon, mais habituellement bien plus modeste. La forte teneur en CO_2 dissous est responsable du dégazage du CO_2 lors de la baisse de pression liée à la remontée de l'eau. Ce dégazage provoque d'une part un effet d'air-lift (c'est un mélange d'air et d'eau qui remonte), d'autre part la sous-saturation momentanée de l'eau par rapport à la calcite, le minéral qui constitue les calcaires. Ce dernier effet est très vite effacé par un départ massif du CO_2 dissous, ce qui provoque une sursaturation et une précipitation rapide et importante de calcaire. C'est cet encroûtement qui tend à obturer le tubage et les canalisations.

Du fait de la dissolution des calcaires par l'eau chargée de CO_2 , à ces bicarbonates devraient être associés du calcium et du magnésium dans des proportions environ 5 fois supérieures à celles observées. Or les données montrent clairement que le calcium et le magnésium ont été remplacés en partie par du sodium et du potassium: il s'agit du mécanisme d'échange de cations, qui se réalise au contact de minéraux argileux lorsque le temps de séjour de l'eau dans l'aquifère est très long.

L'importance de l'échange peut être estimée grâce à l'indice d'échange de cations (I.E.C.), qui compare les teneurs en chlorures à celles en sodium et en potassium. En l'absence d'échanges, I.E.C. est nul; un indice négatif traduit un échange. Dans le cas présent, I.E.C. = $-2,82$, valeur qui correspond à un important échange de cations, au cours d'un séjour prolongé de l'eau au contact de formations argileuses. Ce mécanisme fait évoluer l'eau depuis un faciès bicarbonaté calcique, obtenu par dissolution de calcaire en présence de CO_2 dissous, vers un faciès bicarbonaté sodique.

4.2. Le chimisme sulfaté.

L'eau de Coursan a acquis un chimisme sulfaté et chloruré au contact de formations gypso-salifères. Le strontium marque toujours les eaux qui dissolvent le gypse; on sait que le rapport $r_{\text{Sr}}/r_{\text{Ca}}$ caractérise l'origine du gypse: entre 3 et 6 pour mille, il s'agit de Trias, vers 2 pour mille, de Crétacé supérieur, et vers 1 pour mille d'Oligo-miocène. Cependant, lorsque le chimisme subit des modifications, comme ici l'échange de cations, le rapport d'origine est modifié. C'est pourquoi la valeur observée (5,8 pour mille) ne doit pas être retenue; aussi, nous avons calculé la valeur d'origine en estimant la teneur initiale en calcium, en l'absence d'échange de cations: le rapport serait de l'ordre de 0,9 pour mille. Les formations gypso-salifères à l'origine du chimisme sulfaté de l'eau seraient d'âge oligo-

miocène; elles feraient donc partie de la série argileuse traversée par le forage.

Comme le sulfate et le chlorure sont très solubles, les teneurs sont assez élevées. Toutefois, l'eau reste très sous-saturée en gypse (indice de saturation: -0,90) et en halite (indice de saturation: -5,29), qui sont les deux minéraux donnant le sulfate et le chlorure; ce fait traduit une extension limitée de ces minéraux dans la formation géologique.

Du fait que l'aquifère est captif, l'eau n'est pas en contact avec une phase gazeuse contenant de l'oxygène. Aussi, les réactions chimiques utilisant l'oxygène, après avoir utilisé le peu d'oxygène dissous qui existe, consomment celui de certains ions, comme le nitrate ou le sulfate. Le phénomène de consommation d'oxygène provoque ce que l'on appelle une réduction, phénomène dont on mesure l'importance par le potentiel redox, mesuré sur le terrain, ou, mieux, par le pE, valeur corrigée du redox tenant compte de la température et de la composition chimique de l'eau. Une valeur faible ou négative du pE traduit une réduction. Dans le cas présent, la faible valeur du pE (2,13) confirme une tendance à la réduction, dont le H_2S est la manifestation évidente. Cet état est responsable de la présence de métaux dissous, notamment le fer, le manganèse et le zinc. L'absence ou la très faible teneur des autres métaux est probablement due à leur rareté dans les roches traversées.

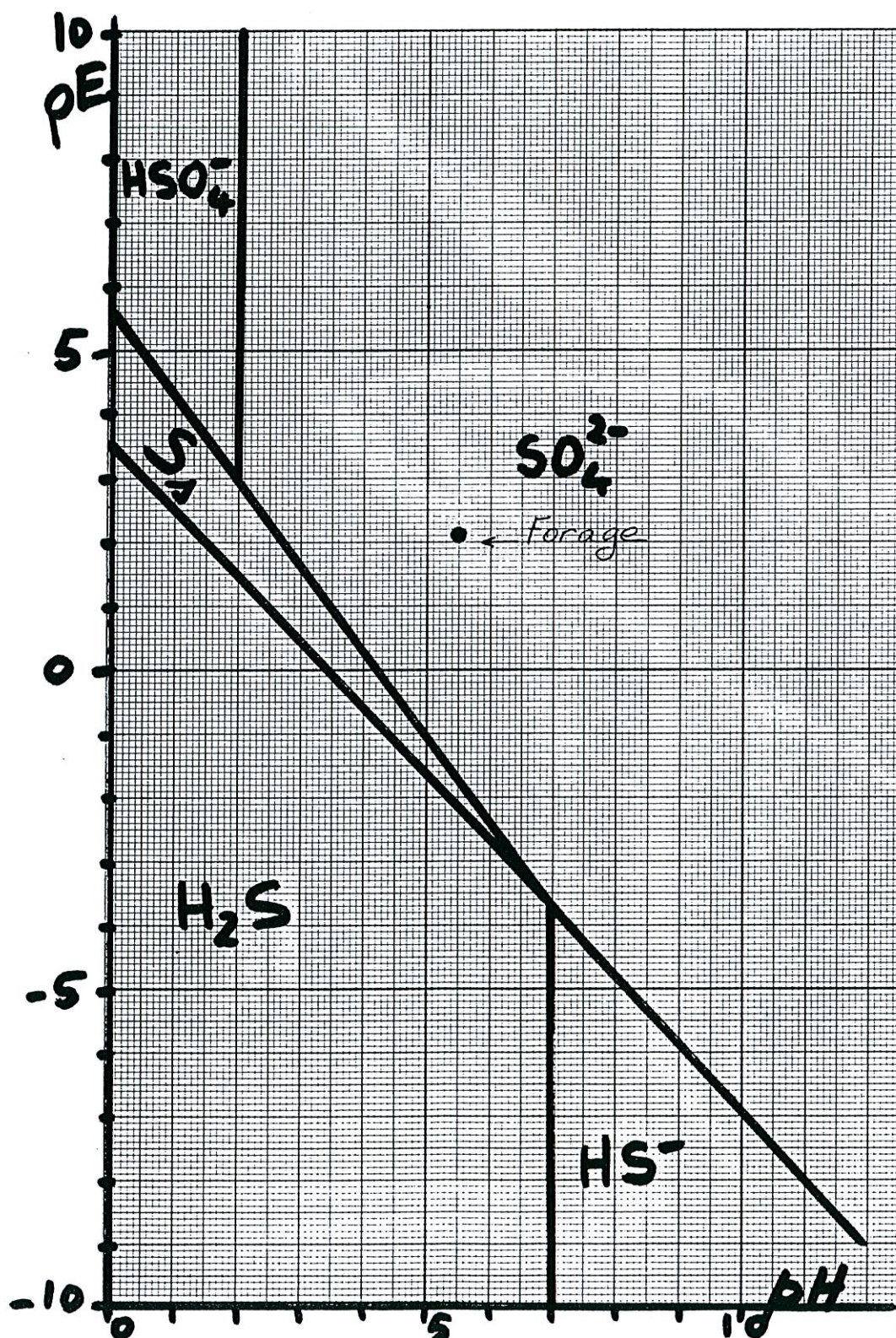
Cette faible valeur du pE est par ailleurs responsable de l'agressivité de l'eau à l'égard des métaux: seuls des équipements en acier inox ou en PVC sont susceptibles d'être protégés de la corrosion. La corrosion du tubage du forage peut conduire à la contamination de l'eau minéralisée par une eau plus superficielle: c'est probablement ce qui se produit pour l'eau de la fontaine, très atteinte par l'oxydation.

Cependant, si l'on replace la position de l'eau de Coursan dans un diagramme pE-pH (voir figure) avec le domaine de stabilité des ions contenant du soufre, le point représentatif est nettement au-dessus du domaine de H_2S , ce qui signifie que H_2S ne devrait pas être présent en solution. Sa présence montre que l'eau du forage a subi un début d'oxygénation, soit dans l'aquifère, soit lors de la remontée dans le forage: l'eau n'est pas à l'équilibre. Cet apport d'oxygène peut être provoqué soit par une modification des conditions régnant dans l'aquifère (ou dans le tube du forage), soit par un mélange avec une eau plus superficielle et donc plus riche en oxygène.

Les données nous conduisent à pencher pour la seconde hypothèse, celle d'un mélange avec une eau plus superficielle. En effet, la teneur en nitrate, quoique très faible (1,5 mg/l), n'est pas conforme au fait que H_2S est présent en solution. Lorsqu'il y a consommation d'oxygène, le nitrate est toujours détruit en premier, au point que dans les nappes captives le nitrate est éliminé par dénitrification naturelle. Aussi sa présence dans l'eau de Coursan traduit probablement un apport d'eau superficielle dans l'environnement du forage. Il n'est pas possible de dire si cet apport est dû au forage lui-même ou bien aux conditions géologiques réglant l'alimentation de l'aquifère capté.

Les teneurs moyennes en chlorure, en sodium et en potassium proviennent de la dissolution de halite (sel gemme) généralement

Diagramme pE-pH montrant les domaines de stabilité des ions liés au soufre, avec la position de l'eau de Coursan. Si cette eau était à l'équilibre chimique, elle ne devrait donc contenir que l'ion sulfate (SO_4^{2-}); comme elle contient aussi H_2S , elle n'est pas à l'équilibre.



présente en petits cristaux dispersés dans les argiles ou dans les cristaux de gypse, qui donnent le sulfate et le calcium.

4.3. Les métaux.

Certains métaux ont été détectés en solution. Le faible pE de l'eau rend possible la mise en solution des métaux présents dans les roches traversées par l'eau. La teneur en fer est faible (173 µg/l) et ne risque pas de provoquer de dépôt rougeâtre ou de trouble de l'eau dû à l'hydroxyde de fer; mais, en cas d'exploitation, il conviendra de surveiller l'évolution de sa teneur, pour éviter l'apparition de ces troubles.

Le manganèse est habituellement associé au fer; sa teneur est ici assez forte (304 µg/l), au point qu'elle dépasse largement la norme (50 µg/l) prescrite par la loi (décret n°89-3 du 3/1/1989) pour les eaux destinées à l'alimentation humaine. En outre, la présence de manganèse risque, avec le temps, de poser des problèmes d'exploitation du forage, par la formation, bien connue, de dépôts d'hydroxydes de manganèse et de fer au voisinage de la crépine ou dans le tubage. Le fait que l'eau possède une teneur plus forte en manganèse qu'en fer est tout à fait inhabituel; l'origine de ce manganèse est difficile à expliquer: il pourrait provenir aussi bien des formations géologiques traversées, surtout s'il existe des niveaux riches en matières organiques (lignites), que de l'acier du tubage lui-même (le manganèse entre dans la composition de certains aciers inoxydables ou du revêtement de protection contre l'oxydation).

Le zinc présente une teneur non négligeable (203 µg/l). Son origine pourrait être la même que celle du manganèse. Les autres métaux sont présents à des teneurs très faibles ou ne sont pas détectables.

5. CONCLUSIONS.

L'eau de Coursan est une eau riche en sels minéraux (minéralisation: 6,3 g/l), naturellement gazeuse, bicarbonatée, sulfatée, calcique, magnésienne et sodique. Elle contient en traces certains métaux, ainsi que du soufre sous la forme sulfure. Son pH acide est dû à la grande abondance de gaz carbonique dissous, qui la rend effervescente. Ce chimisme est assez exceptionnel: il s'apparente à celui de la source Perrier pour sa composition carbo-gazeuse, à celui de la source de Vichy pour l'enrichissement en sodium et potassium par échange de cations, à celui de la source de Contrexéville pour sa composition sulfatée et à celui de la source d'Aix-les-Bains pour la présence de sulfures.

Ce chimisme particulier est lié à la situation hydrogéologique de l'aquifère capté. Il s'agit en effet d'un aquifère captif, possédant de médiocres propriétés du fait de l'abondance des formations argileuses peu perméables; mais ce sont probablement ces formations qui sont à l'origine des caractères sulfatés et sulfurés de cette eau.

Cette ressource pourrait être exploitée pour la consommation aux conditions suivantes:

-L'origine du manganèse doit être déterminée; la mise en production du forage devrait montrer s'il est lié au captage lui-même. Si les teneurs observées sont fixées par l'environnement géologique et par le chimisme même de l'eau (pE

faible), la présence du manganèse en abondance pourrait compromettre l'utilisation de l'eau pour la consommation humaine.

-Le captage de l'eau n'est peut-être pas réalisé dans les conditions hydrogéologiques optimales, puisque la présence de nitrate, à très faible teneur cependant, est probablement liée aux conditions locales; une meilleure connaissance de l'aquifère permettrait peut-être l'implantation d'un forage d'exploitation dans une zone plus favorable.

-Le débit actuel de la fontaine et du forage (moins de 40 m³ par jour) est insuffisant pour une exploitation; il devrait être nettement accru en vue d'une mise en valeur. Les caractéristiques de l'aquifère (transmissivité de l'ordre de 10⁻⁴ m/s), citées par M.YVROUX dans son rapport de février 1989, ne permettent pas d'envisager un gain intéressant de production sur l'ouvrage actuel. Cette situation est peut-être due au fait que les forages ne pénètrent que très peu dans l'aquifère proprement dit; un forage plus profond pourrait fournir des débits plus importants, surtout s'il atteint les calcaires sous-jacents. Ces derniers possèdent très certainement d'excellentes propriétés aquifères, liées à une karstification (formation de vides par dissolution du calcaire) provoquée par les apports massifs de CO₂ profond au toit des calcaires, sous la couverture tertiaire plus ou moins imperméable.

Il est évident qu'un forage atteignant les calcaires secondaires fournira une eau de chimisme différent: le chimisme sulfaté notamment pourrait ne pas être aussi marqué. Mais il est très probable que le chimisme carbonaté et le caractère carbo-gazeux seront conservés. Dans ce cas, si le débit de l'ouvrage est assez élevé, l'exploitation de l'eau pour l'alimentation, ou même celle du gaz carbonique pour une application industrielle, pourrait être envisagée.

Dans l'éventualité d'une exploitation de la ressource en tant qu'eau minérale naturelle, il est nécessaire de faire entreprendre une étude hydrogéologique détaillée, ainsi que des examens physiques, chimiques, microbiologiques, cliniques et pharmacologiques, conformément au décret n°89-369 du 6/6/1989 (voir annexe).

Fait à Moulis, le 5 juillet 1990

Michel BAKALOWICZ
Hydrogéologue, Chargé de Recherches au CNRS

M. Bakalowicz

ANNEXE 1 .

Composition chimique des eaux du forage et de la fontaine à
Coursan.

LABORATOIRE SOUTERRAIN DU C.N.R.S.
Service de Chimie des Eaux
MOULIS 09200 SAINT-GIRONS (France)

RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES D'EAU.

Référence de l'échantillon.

Lieu de prélèvement: COURSAN, FORAGE

Date et heure: 28/4/1989

Hauteur d'eau ou débit: 13,4 l/mn

Remarques: prélèvement effectué après avoir laissé couler l'eau pendant un quart d'heure (forage artésien jaillissant).

Mesures au prélèvement.

Température: 15,6°C

pH : 5,50

eh (redox) : -130 mvolts

pE: 2,13

Analyses au laboratoire.

pH : 6,20

Dureté totale: 220,0 °F

Alcalinité : 275,0 °F

Eléments majeurs.

Calcium : 291 mg/l

Magnésium : 358 mg/l

Sodium : 667 mg/l

Potassium : 487 mg/l

Strontium : 3,70 mg/l

Bicarbonates: 3355 mg/l

Chlorures : 385 mg/l

Sulfates : 742 mg/l

Nitrates : 1,5 mg/l

Silice : 29,0 mg/l

Teneur en CO² (gaz carbonique) dissous: 14,36 g/l

Autres gaz dissous: H₂S (hydrogène sulfuré), teneur > 5 mg/l.

Eléments en traces.

Fer : 173 µg/l

Aluminium: <5 µg/l

Baryum : <5 µg/l

Lithium : non déterminé

Bore : <5 µg/l

Brome : non déterminé

Arsenic : non déterminé

Plomb : 1 µg/l

Chrome : 26 µg/l

Zinc : 203 µg/l

Nickel : non déterminé

Cuivre : 25 µg/l

Manganèse: 304 µg/l

Mercuré : non déterminé

Cadmium : 1 µg/l

Remarques.

La teneur en manganèse dépasse largement la norme légale de 50 µg/l.

LABORATOIRE SOUTERRAIN DU C.N.R.S.
Service de Chimie des Eaux
MOULIS 09200 SAINT-GIRONS (France)

RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES D'EAU.

Référence de l'échantillon.

Lieu de prélèvement: COURSAN, la Fontaine.
Date et heure: 28/4/1989
Hauteur d'eau ou débit: 14,3 l/mn.
Remarques: -

Mesures au prélèvement.

Température: 19,0 °C
pH : 5,79
eh (redox) : -370 mvolts pE: 1,89

Analyses au laboratoire.

pH : 6,28
Dureté totale: 214,5 °F
Alcalinité : 223,5 °F

Eléments majeurs.

Calcium : 283 mg/l
Magnésium : 350 mg/l
Sodium : 600 mg/l
Potassium : 491 mg/l
Strontium : 4,2 mg/l

Bicarbonates: 2727 mg/l
Chlorures : 360 mg/l
Sulfates : 727 mg/l
Nitrates : 0,5 mg/l
Silice : 28 mg/l

Teneur en CO² (gaz carbonique) dissous: 5,66 g/l
Autres gaz dissous: absence de H₂S

Eléments en traces. non déterminés

Fer :
Aluminium:
Baryum :
Lithium :
Bore :
Brome :
Arsenic :

Plomb :
Chrome :
Zinc :
Nickel :
Cuivre :
Manganèse:
Mercure :

Remarques. Les éléments en traces n'ont pas été déterminés; en effet, l'écoulement dans la fontaine n'assure pas la conservation de ces éléments et les matériaux utilisés sont susceptibles de modifier profondément la composition initiale, compte tenu du potentiel redox négatif.