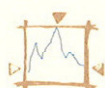


AQUARESO
SYNDICAT D'EAU ET D'ASSAINISSEMENT

SOURCE BLEUES DE SOTURAC
SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE
COMMUNES DE TOUZAC ET SOTURAC (LOT)

Rapport Calligée T11-46107



N° rév	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Approbation	Visa	Date application
2	PH. MONDAIN		PH. MONDAIN				Novembre 2012

CALLIGÉE - SIÈGE SOCIAL
 Site Atlanpole Ecole Centrale
 1, rue de la Noë - BP 82118
 44321 NANTES Cedex 3
 Tél. 02 40 14 33 71 - Fax 02 40 14 33 72
 E-mail : nantes@calligee.fr

CALLIGÉE SUD-OUEST
 Innopole
 Le Prologue 2 - BP 2714
 31312 LABEGE Cedex
 Tél. 05 62 24 36 97 - Fax 05 61 39 07 28
 E-mail : toulouse@calligee.fr

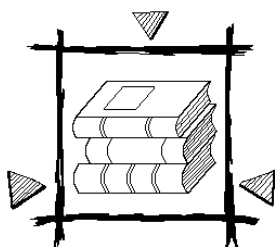


TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS

1 - INTRODUCTION	7
2 – LES SOURCES BLEUES DE SOTURAC-TOUZAC ET LEUR EXPLOITATION	9
2.1 – CONDITIONS D’EMERGENCE DES SOURCES BLEUES	9
2.2 – INVESTIGATIONS EN VUE DE L’EXPLOITATION DES SOURCES	14
2.2.1 – les premiers travaux	14
2.2.2 – Les investigations menées en rive gauche du Lot	16
2.2.3 - Les investigations menées en rive droite du Lot	19
2.3 – EXPLOITATION DE LA RESSOURCE DRAINEE PAR LES DEUX SOURCES BLEUES	23
2.3.1 – Conditions initiales d'exploitation	23
2.3.2 – Conditions actuelles d'exploitation	23
3 – CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	26
3.1 – CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL.....	26
3.1.1 – Contexte géologique d'ensemble.....	26
3.1.2 – Contexte lithologique et stratigraphique.....	26
3.1.3 – Contexte structural.....	27
3.2 – CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL	31
3.2.1 – Approche à partir des forages et sondages proches des sources	31
3.2.2 – Variations lithologiques au sein du Kimméridgien	31
3.2.3 – Enseignements apportés par des forages plus éloignés des sources bleues de Soturac-Touzac	33
3.3 – CONCLUSION	34
4– SYNTHÈSE HYDROGEOLOGIQUE	35
4.1 – CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERAL	35
4.1.1 – l'aquifère régional du jurassique moyen et supérieur	35
4.1.2 – les émergences connues drainant l'aquifère jurassique.....	37
4.1.3 – les affleurements ponctuels de calcaires jurassiques	37
4.2 – ENSEIGNEMENTS TIRES DU SUIVI PIEZOMETRIQUE DES SOURCES BLEUES	38
4.3 – ENSEIGNEMENTS TIRES DU SUIVI HYDROCHIMIQUE DES SOURCES BLEUES	40
4.3.1 – Indications d'ordre général.....	40
4.3.2 – Indications fournies par le suivi en continu mis en place à Soturac	42

4.3.3 – Indications fournies par le suivi au moment d'une crue du Lot en 2003.....	44
4.3.4 – Indications fournies par un suivi hydrochimique mensuel à Soturac.....	46
4.3.5 – Résultats de quelques dosages isotopiques	49
4.4 – ENSEIGNEMENTS TIRES DES TRAÇAGES	51
4.4.1 – Enseignements sur le bassin d'alimentation.....	51
4.4.2 – Enseignements sur les circulations souterraines.....	56
5 – CONCLUSION.....	59

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des documents consultés en bibliographie concernant les sources bleues de Soturac et Touzac

Annexe 2 : Principales données géologiques concernant le secteur de la source de Touzac

Annexe 3 : Données hydrologiques concernant l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac

Annexe 4 : Principales données géologiques concernant le secteur de la source de Soturac

Annexe 5 : Données concernant l'exploitation de la ressource en eau à Soturac

Annexe 6 : Données hydrochimiques

Annexe 7 : Principaux résultats des traçages

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation des sources bleues de Soturac et de Touzac

Figure 2 : Schéma de principe des relations hydrauliques entre les sources bleues de Soturac et Touzac et le Lot (G. de Lavour, 1954)

Figure 3 : Coupe schématique de la vasque de la source bleue de Touzac (Document de la DDAF du Lot)

Figure 4 : Coupe schématique de la vasque de la source bleue de Soturac (Document du Groupement Spéléologique de la Charente)

Figure 5 : Schéma interprétatif des relations hydrauliques entre les sources bleues de Soturac et Touzac et le Lot (DDAF du Lot, 1984)

Figure 6 : Schéma du captage de la source bleue de Soturac pour les besoins de l'A.E.P. (Document de la DDAF du Lot)

Figure 7 : Carte de localisation sur fond cadastral des sondages de reconnaissance et des structures majeures repérées en géophysique

Figure 8 : Coupe géologique validée du sondage S4 (source : InfoTerre, n° 08558X0223/F)

Figure 9 : Coupe technique de projet des forages d'exploitation de Soturac (source : DDAF 46)

Figure 10 : Carte géologique de la bordure nord-est du Bassin Aquitain (source : J-G. Astruc, www.quercy.net/geologie)

Figure 11 : Coupe géologique de l'Ouest du Quercy entre Tarn et Vézère (source : Rapport BRGM 84AGI376MPY, 1984)

Figure 12 : Coupe lithostratigraphique des formations du Jurassique moyen et supérieur (source : Rapport BRGM 56419-FR, 2008)

Figure 13 : Coupe lithostratigraphique des formations du Crétacé et du Tertiaire du Périgord Noir et du Lot-et-Garonne (source : Rapport BRGM 56419-FR, 2008)

Figure 14 : Schéma structural régional (source : Rapport BRGM 84AGI376MPY, 1984)

Figure 15 : Coupe géologique schématique en rive gauche du Lot (source : Note BRGM 07AQI36, 2007)

Figure 16 : Coupe géologique schématique NW-SE à travers le bassin aquitain (source : Rapport BRGM/RP-56419-FR, 2008)

Figure 17 : Evolution des niveaux d'eau sur les Sources Bleues de Touzac et Soturac, le Lot et évolution des débits calculés du système des Sources Bleues

Figure 18 : Granulométrie comparée des particules en suspension dans les eaux brutes et les eaux traitées de la source.

Figure 19 : Suivi continu des niveaux d'eau et des paramètres hydrochimiques à Soturac lors de la crue du Lot du 5 décembre 2003

Figure 20 : Evolution comparative des teneurs en carbonates et en nitrates dans les eaux du captage de Soturac et celles du Lot au cours d'une année

Figure 21 : Variations des teneurs en ^{18}O sur le Lot et les sources de Soturac, de Mazières et de Saint Vincent Rive d'Olt (d'après document EGS, 1999)

Figure 22 : Comparaison entre la restitution du traceur aux sources de Touzac et Soturac, et les fluctuations de niveau d'eau du Lot (d'après document SOLEN-EGS, 2001)

Figure 23 : Esquisse de délimitation de bassin d'alimentation potentiel des sources bleues de Soturac et Touzac.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données de température et de débit des sources de la vallée du Lot (d'après carte d'inventaire des sources du Lot-et-Garonne, 1969)

Tableau 2 : Comparaison de certains paramètres hydrochimiques mesurés sur les exutoires de l'aquifère jurassique et sur le Lot

Tableau 3 : Valeurs extrêmes et moyennes des différents paramètres hydrochimiques et bactériologiques mesurés sur une année (entre mai 1998 et avril 1999, 12 mesures) au captage de Soturac et sur le Lot (d'après EGS, 1999)

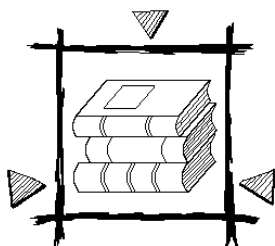
Tableau 4 : Principaux résultats des traçages

AVANT – PROPOS

La Société CALLIGEE remercie tout particulièrement le Syndicat d'eau et d'Assainissement AQUARESO, son Président Monsieur Serge BLADINIERES (Conseiller Général du LOT) et son Directeur Monsieur Laurent JAHAN pour la confiance qu'ils ont bien voulu lui témoigner et sans qui cette synthèse des données acquises sur l'ensemble sourcier des Sources Bleues de Soturac – Touzac, n'aurait jamais vu le jour.

La Société CALLIGEE remercie également toutes les personnes et bureaux d'études qui ont contribué, par leurs travaux et leurs observations, à faire avancer petit à petit depuis une soixantaine d'années la connaissance du fonctionnement et de l'alimentation de cet espace territorial lotois qui demeure assez singulier sur le plan hydrogéologique. Elle tient particulièrement à souligner la ténacité de l'ancien hydrogéologue départemental, Monsieur André TARRISSE qui, attiré par une certaine curiosité scientifique, a souvent été l'instigateur de toutes les études réalisées sur les sources bleues et leur bassin d'alimentation, dans un souci constant de veiller à pourvoir à la satisfaction des besoins en eau de qualité pour l'alimentation en eau potable de cette partie occidentale du Lot.

La Société CALLIGEE n'oublie pas non plus le Conseil Général du Lot et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne qui ont contribué au financement des précédentes études et de cette synthèse qui en découle.



1 - INTRODUCTION

AQUARESO (anciennement Syndicat de la Basse Vallée du Lot) est un Syndicat d'eau et d'assainissement qui est copropriétaire, avec le Syndicat de la Lémance, des installations de production du captage de la source bleue de Soturac. Par convention, c'est lui qui a en charge l'exploitation de ces installations. AQUARESO regroupe 29 communes et assure la distribution d'eau potable à 19 d'entre elles, ce qui représente un total de 7500 abonnés. En plus de ses compétences relatives à la production et à l'alimentation en eau potable, AQUARESO a aussi en charge la collecte et le traitement des eaux usées, ainsi que le contrôle de l'assainissement non collectif. Chaque syndicat est propriétaire de ses installations de reprise vers la distribution.

Le captage de la Source Bleue de Soturac assure une production annuelle qui a atteint presque 2 000 000 m³ en 2011. Cette eau sert à l'alimentation non seulement des 19 communes du syndicat, mais aussi à une partie du syndicat d'alimentation en eau potable voisin de la Lémance et à faire l'appoint en période estivale pour le SIAEP de Cazals.

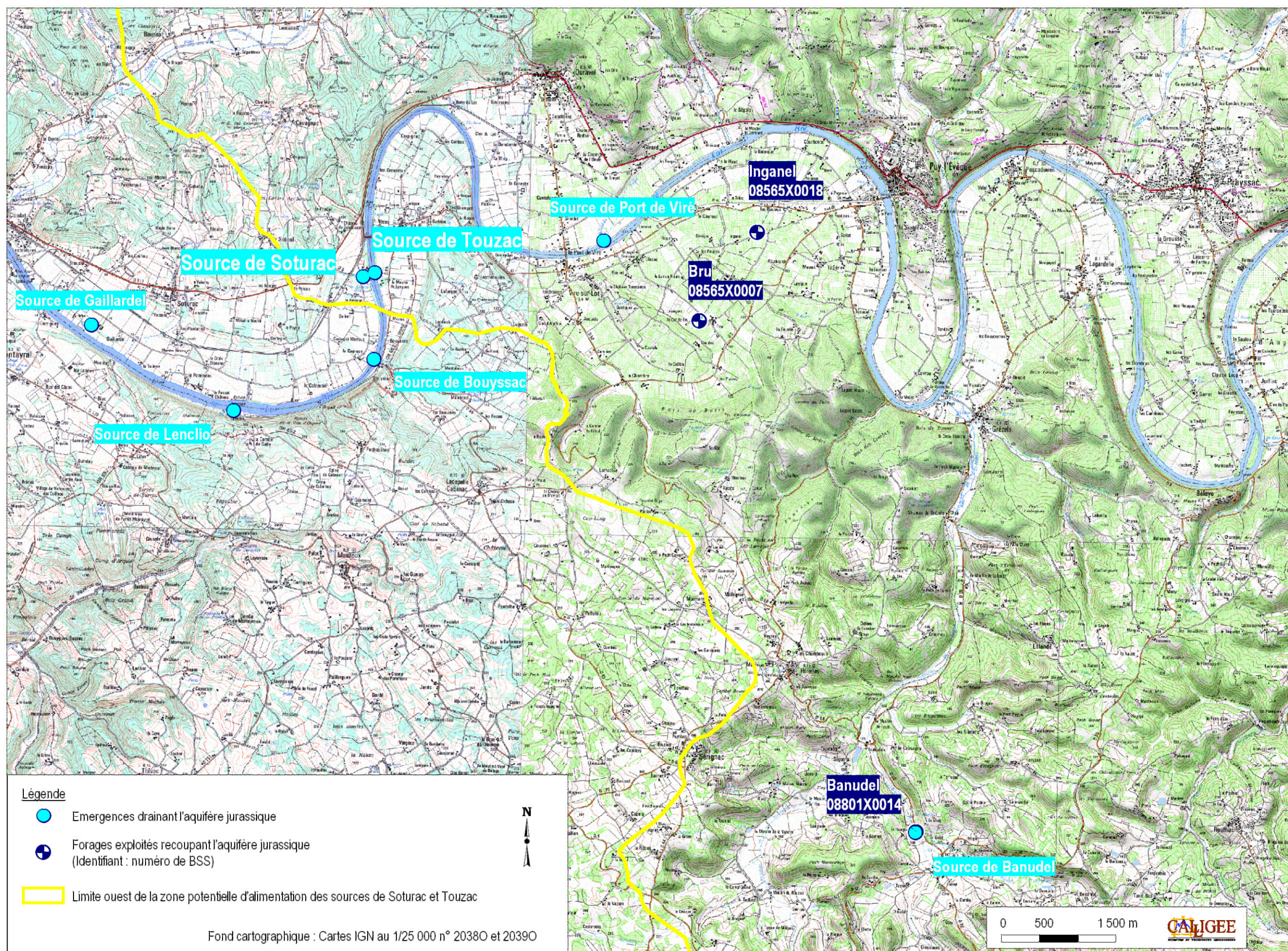
La source bleue de Soturac appartient en réalité à un ensemble sources jaillissant de part et d'autre du Lot, avec également des griffons au fond du lit même de la rivière. C'est actuellement la plus importante source de ce complexe. Elle jaillit au fond d'une vasque établie sur la bordure de la rive droite du Lot juste en aval du village d'Aglan sur la commune de Soturac ([Fig. 1 et 7](#)). Juste en face sur la rive opposée, jaillit au fond d'une autre vasque perchée au-dessus du Lot une autre source : la source bleue de Touzac (ou Fontaine de Leygues) qui a servi par le passé à faire tourner une succession de trois moulins à eau. Le débit naturel de tout cet ensemble a été évalué entre 2 et 3 m³/s à l'étiage.

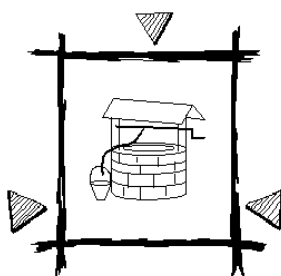
Cet ensemble sourcier constitue donc, avec l'ensemble des émergences de l'Ouyse et la source de Chartreux à Cahors, l'une des trois ressources en eau les plus importantes du Lot. Il a fait l'objet depuis une quarantaine d'années de diverses études destinées à mieux comprendre son fonctionnement et ses modalités d'alimentation. Il est apparu aujourd'hui nécessaire à AQUARESO de réaliser une synthèse de toutes ces connaissances dans le but d'orienter de nouvelles études dans ces mêmes perspectives. Le principal souci d'AQUARESO est en effet de mieux cerner le bassin d'alimentation de l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac de façon à orienter les dispositions à prendre dans le but de préserver la qualité de la ressource en eau captée à Soturac. C'est la réalisation de cette synthèse qui a été confiée par AQUARESO à CALLIGEE et qui fait l'objet du présent rapport.

Pour mener à bien cette mission, Calligée a cherché à réunir le maximum d'information concernant le contexte géologique et hydrogéologique du secteur où sont implantées les sources bleues de Soturac-Touzac en enquêtant auprès des personnes et des services susceptibles de détenir ces informations : AQUARESO, Conseil Général du Lot et DDT du Lot principalement, mais aussi en consultant des bases de données accessibles par internet telles que celles relatives aux données du sous-sol (InfoTerre) ou bien aux eaux souterraines (ADES).

Les références bibliographiques consultées dans le cadre de cette étude sont indiquées dans un tableau en [annexe 1](#) du rapport.

Figure 1 : Carte de localisation des Sources Bleues de Soturac et Touzac





2 – LES SOURCES BLEUES DE SOTURAC-TOUZAC ET LEUR EXPLOITATION

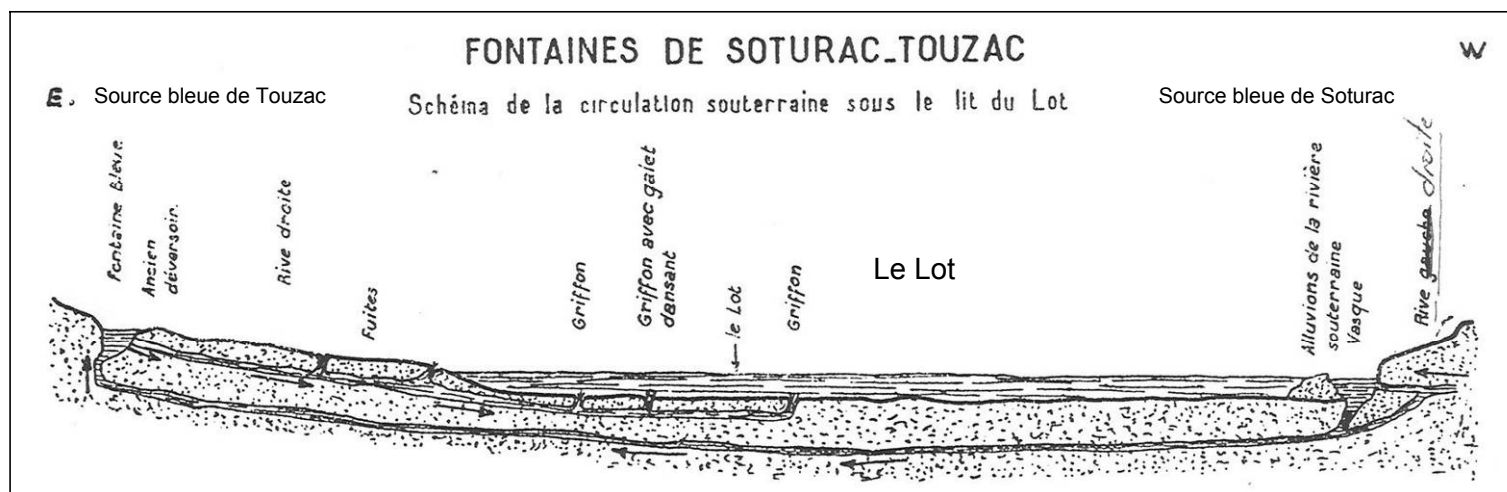
2.1 – CONDITIONS D'ÉMERGENCE DES SOURCES BLEUES

La première description des conditions d'émergence remonte aux travaux de Guy de LAVOUR publiés en 1954 dans un livre intitulé « Toute la Spéléologie – Initiation à l'exploration souterraine ».

L'essentiel du débit du complexe sourcier transitait jusqu'au milieu du siècle dernier par la source bleue de Touzac. Il permettait alors d'assurer le fonctionnement de trois importants moulins disposés en série entre la vasque de l'émergence et le Lot situé quelques mètres en contrebas. L'émergence de Soturac était à cette époque peu marquée, du moins sa manifestation en surface n'était pas perceptible.

Quelques années avant l'intervention de G. de LAVOUR, dans le but de pêcher du poisson, l'utilisation d'explosifs dans la vasque de la source bleue de Touzac est venue perturber le régime d'écoulement des eaux en provoquant un éboulement des parois de la vasque qui a eu pour conséquence d'obstruer de façon significative le conduit d'évacuation des eaux souterraines. Le débit d'exhaure de la source a alors considérablement chuté et s'est reporté sur la source bleue de Soturac qui « se transforma en un émissaire tellement puissant que, peu de temps après, elle avait édifié une sorte de vasque, séparée de la rivière par un rempart de sables et graviers charriés par la violence du courant ». Ses observations faites en plongée dans les deux vasques et dans le lit du Lot lui ont permis d'établir un premier schéma des écoulements souterrains alimentant les deux sources, avec l'existence d'un conduit passant sous le Lot et reliant entre elles les deux sources (Fig. 2).

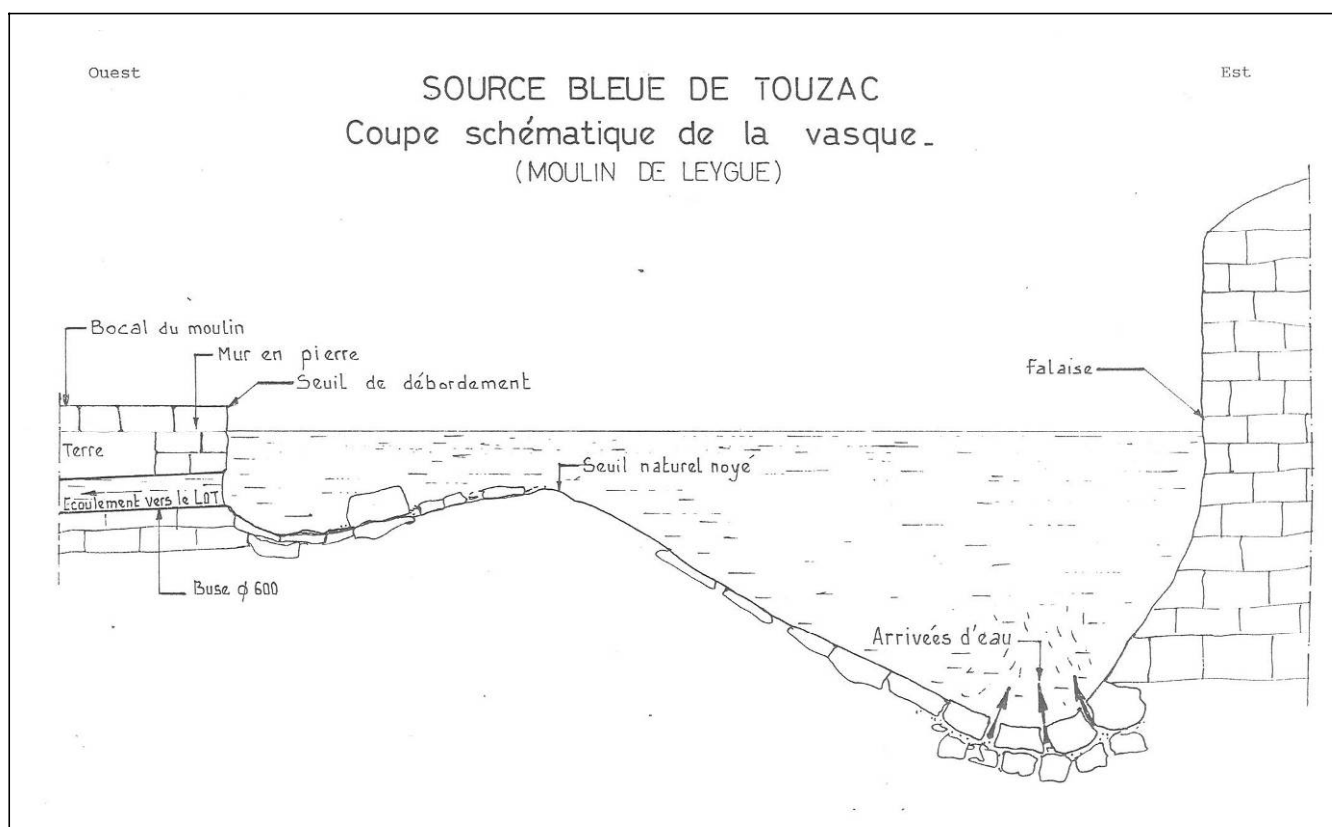
Figure 2 : Schéma de principe des relations hydrauliques entre les sources bleues de Soturac et Touzac et le Lot (G. de Lavour, 1954)



Sur la base des descriptions faites par Guy de Lavour et de quelques mesures bathymétriques faites ensuite, la DDAF du Lot a établi une coupe schématique de la vasque de la source bleue de Touzac (Fig. 3) indiquant :

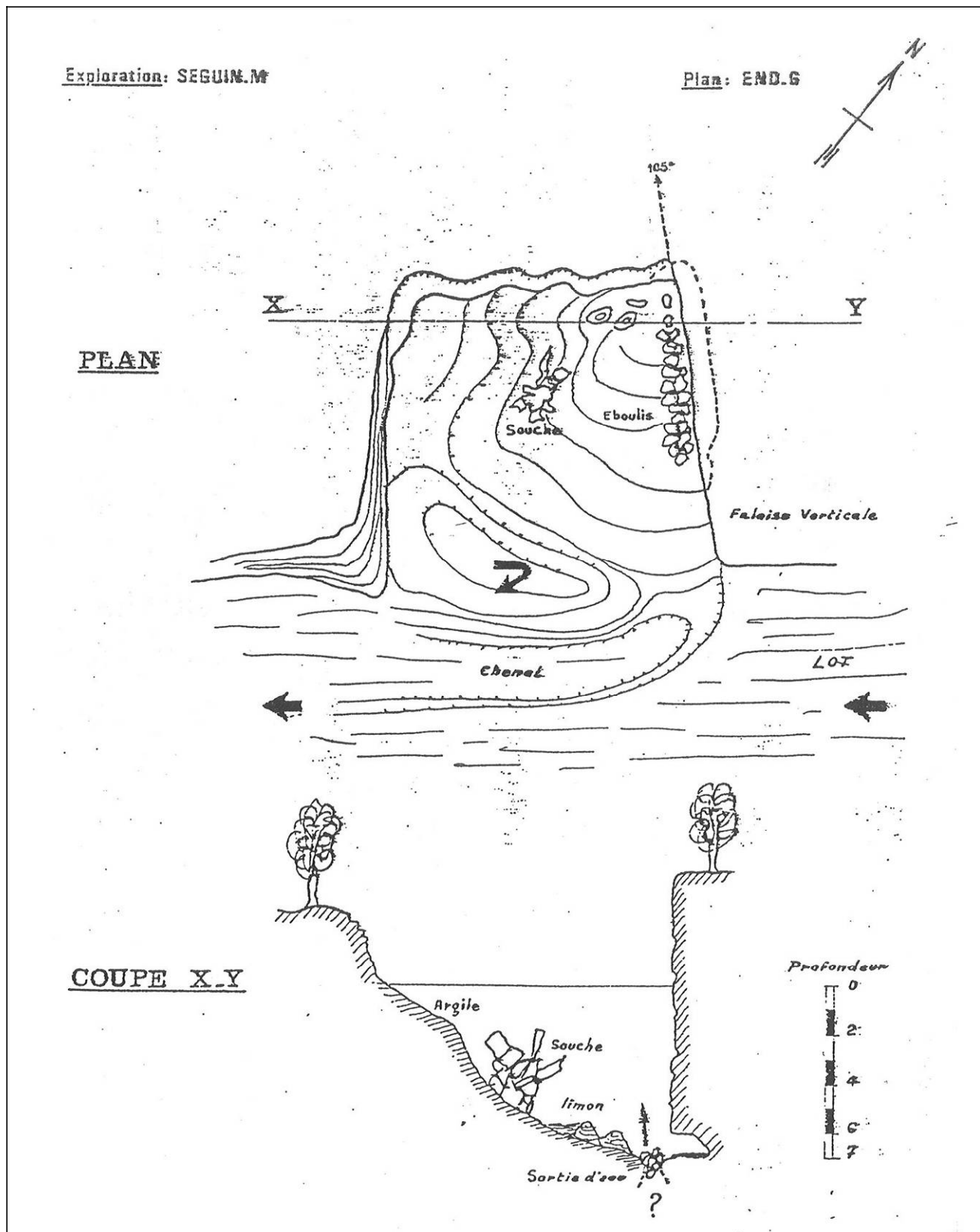
- des arrivées d'eau à travers des blocs au fond de la vasque ;
- l'existence d'un seuil naturel aujourd'hui ennoyé ;
- la présence en aval d'un seuil artificiel en pierre permettant de rehausser le niveau de la vasque ;
- l'existence à la base du seuil d'une conduite d'exhaure ($\varnothing$ 600) assurant l'exhaure du débit de la source

Figure 3 : Coupe schématique de la vasque de la source bleue de Touzac
(Document de la DDAF du Lot)



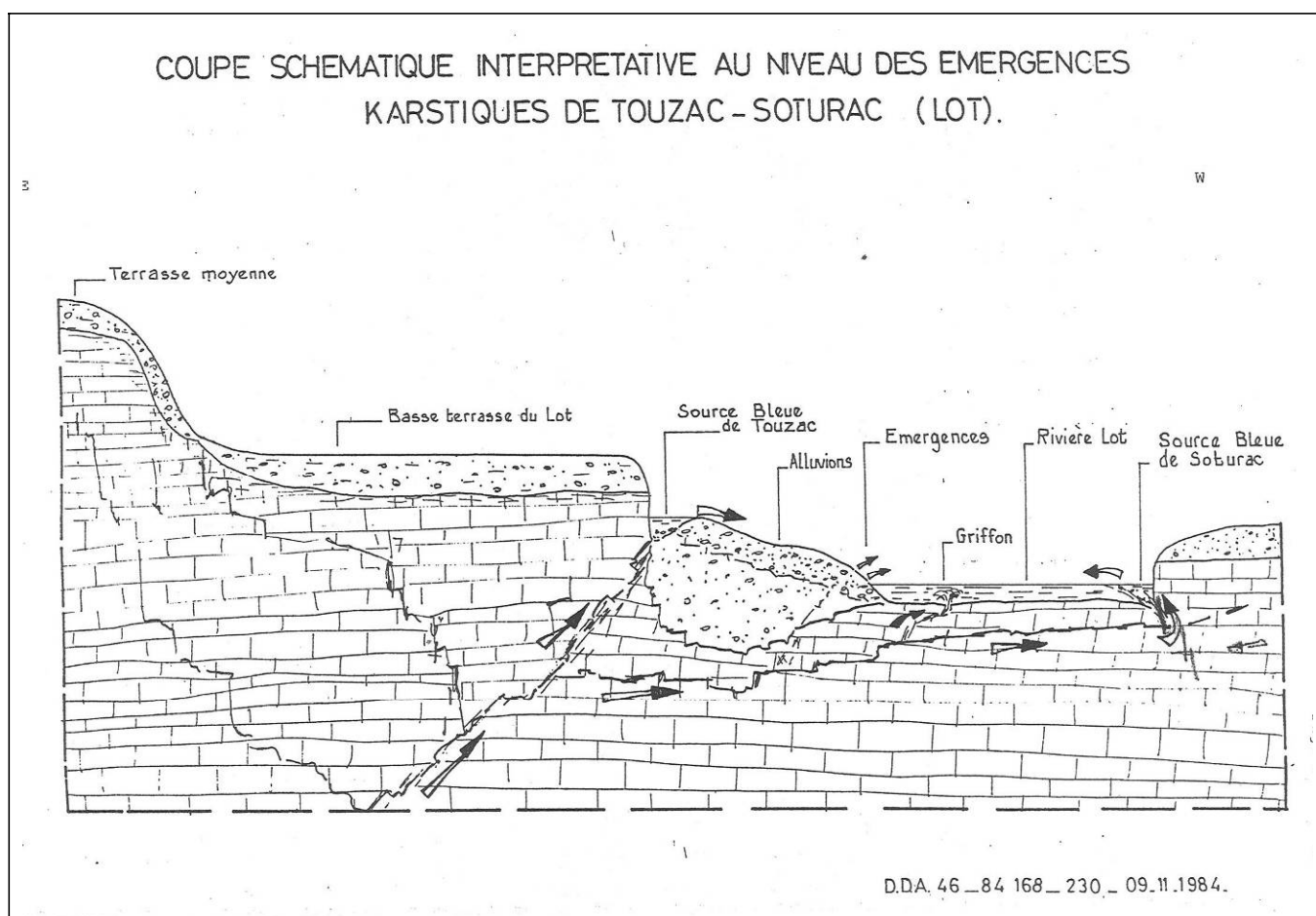
La vasque de la source bleue de Soturac a été également explorée en plongée par Guy de Lavour qui indique la présence au fond d'un « orifice d'environ quatre à cinq centimètres carrés de section » par lequel transitait un courant très violent qui projetait en avant du sable et des gravillons. Une topographie assez précise de cette vasque a été établie une vingtaine d'années plus tard par le Groupement Spéléologique de la Charente (Fig. 4). Le conduit d'alimentation de la vasque décrit ci-avant sort à 7 m de profondeur, au pied d'une falaise verticale correspondant au miroir d'une fracture de direction N105°E. Les granulats éjectés par l'émergence ont constitué un bourrelet qui assure une certaine séparation entre la vasque et le cours naturel du Lot.

Figure 4 : Coupe schématique de la vasque de la source bleue de Soturac
(Document du Groupement Spéléologique de la Charente)



A la suite des premières investigations réalisées dans la perspective du captage de ces sources pour l'alimentation en eau potable, et notamment suite à l'étude conduite par la DDAF du Lot sur les fluctuations des niveaux d'eau dans les vasques et dans le Lot, un nouveau schéma interprétatif des écoulements souterrains a été proposé par la DDAF du Lot (Fig. 5). Ce schéma suggère une alimentation principale du complexe sourcier par un conduit situé en rive gauche du Lot alimentant la source de Touzac, avec un conduit secondaire passant sous le Lot et alimentant la source de Soturac ainsi que les autres griffons secondaires jaillissant dans le Lot ou en bordure de la terrasse alluviale en rive gauche.

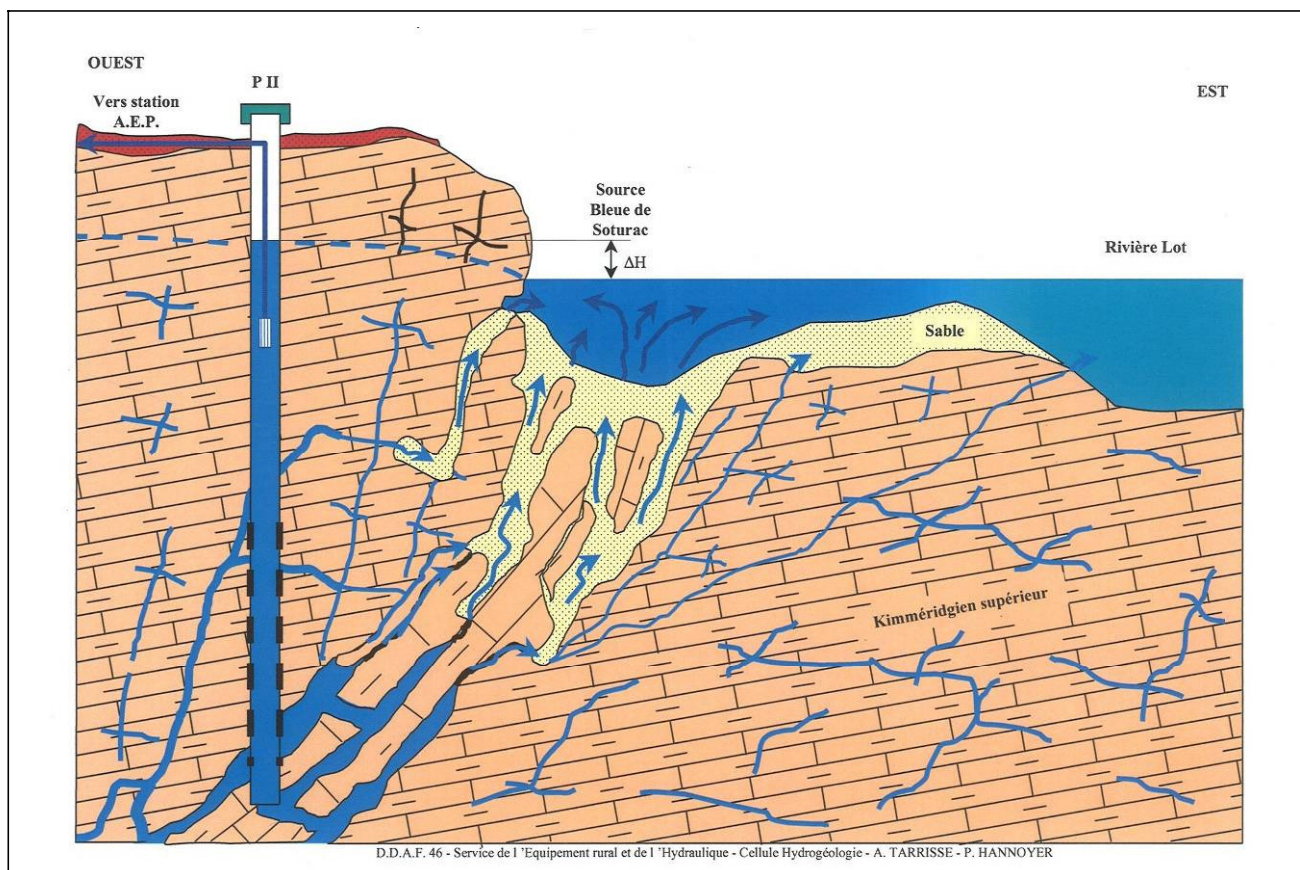
Figure 5 : Schéma interprétatif des relations hydrauliques entre les sources bleues de Soturac et Touzac et le Lot (DDAF du Lot, 1984)



Quelques années plus tard, la DDAF du Lot a proposé un nouveau schéma d'alimentation de la source bleue de Soturac, sur la base des nouvelles connaissances acquises lors de la réalisation des forages permettant de capter le conduit karstique l'alimentant (Fig. 6). Sur ce schéma le principe de plusieurs conduits superposés venant de la rive droite du Lot a été retenu. Ce schéma montre que la partie terminale de ces conduits débouchant dans la vasque est obstruée par des sables qui sont à l'origine de fortes pertes de charge entre la source et le Lot. Ce dispositif crée une zone tampon entre les eaux captées et le Lot qui permet de maintenir la source en charge par rapport au Lot.

Ainsi l'eau de la source doit se frayer un chemin à travers les alluvions sableuses qui colmatent partiellement l'exutoire pour parvenir à se déverser dans le Lot. Ce bouchon sableux constitue donc un filtre protecteur entre les eaux du Lot et celles de la source.

Figure 6 : Schéma du captage de la source bleue de Soturac pour les besoins de l'A.E.P.
(Document de la DDAF du Lot)



La source bleue de Touzac, établie en bordure d'une terrasse alluviale, présente très certainement le même genre de conditions d'émergence, avec la présence de sables obstruant partiellement l'extrémité du (des) conduit(s) d'alimentation. Les blocs calcaires disposés à l'extrémité de ce(s) conduit(s) (suite de l'éboulement provoqué par les explosifs) sont venus exercer une pression supplémentaire sur le bouchon sableux créant ainsi de nouvelles pertes de charge s'opposant à l'écoulement de l'eau, d'où une réduction significative du débit d'émergence. Cet accroissement soudain des pertes de charge s'est alors transmis à la source bleue de Soturac et a provoqué un débouillage partiel des conduits d'exhaure ayant pour effet l'augmentation du débit de la source.

2.2 – INVESTIGATIONS EN VUE DE L'EXPLOITATION DES SOURCES

2.2.1 – les premiers travaux

Les premières informations concernant les sources de Soturac et Touzac remontent à 1969. Dans le cadre d'une étude géologique et hydrogéologique conduite par la DDAF du Lot et Garonne, une carte de l'inventaire des sources du Lot-et-Garonne et des départements voisins à 1/250 000 a été dressée (Planche n°13 de l'étude). Sur cette carte figurent parmi les sources inventoriées celles de Soturac et Touzac, et à chaque source est associée une valeur de température de l'eau et une évaluation du débit d'étiage (Tab. 1). A titre comparatif, les données figurant dans la notice de la carte hydrogéologique du Quercy publiée en 1977 sont également reportées dans le tableau.

Tableau 1 : Données de température et de débit des sources de la vallée du Lot
(d'après carte d'inventaire des sources du Lot-et-Garonne, 1969)

Source	Inventaire des sources du Lot-et-Garonne (1969)		Carte hydrogéologique du Quercy (début des années 1970)	
	Température (°C)	Débit (l/s)	Température (°C)	Débit (l/s)
Touzac	15.0	70		
Soturac	15.2	400	14.8	> 250
Bouyssac	13.5	0.5		5 à 10
Lenclo	14 à 15	11 à 100	14.7	23 à 400
Gaillardel	17	12.5		
Port de Vire	15.1	28		
St Vincent Rive d'Olt				2
Chartreux (Cahors)	13.5	350	14.2	> 100
St Georges (Cahors)			17.4 à 18	0,3 à 2

D'emblée l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac se distingue des autres sources par l'importance de son débit et une température relativement élevée. Ces caractéristiques conduisent à l'époque à classer ces deux sources parmi les exutoires d'aquifères « *sub-profonds* ». Il s'agit donc a priori de sources drainant une ressource en eau importante et susceptibles d'avoir une bonne qualité de fait de son origine profonde.

La DDAF du lot s'est alors attachée à caractériser l'évolution relative des niveaux d'eau dans le Lot et dans les vasques des deux sources. Une relation étroite entre l'évolution des niveaux du Lot influencés quotidiennement par les manœuvres de barrages en amont, et celle du niveau des sources a été mise en évidence. Il en a été déduit à l'époque que le débit des sources était relativement constant et s'établissait autour de 1 m³/s. De plus les quelques analyses d'eau effectuées confirment une bonne qualité de l'eau d'un point de vue chimique, mais révèlent aussi des indices de contaminations bactériologiques (Rapport C.H. 75/30).

La perspective de capter directement l'eau dans les vasques est rapidement abandonnée du fait du risque élevé de mélange avec les eaux du Lot sur la source de Soturac (à l'origine de contaminations bactériologiques) et de la situation en terrain privé pour la source de Touzac. Il est donc préconisé dès 1975 d'effectuer des reconnaissances par forage dans la basse vallée du Lot autour du Moulin de Leygues, donc en rive gauche du Lot.

**Figure 8 : Coupe géologique validée du sondage S4
(source : InfoTerre, n° 08558X0223/F)**

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
2.00			Sable argileux roux		75.73
3.00			Graviers siliceux alluviaux.		74.73
8.00			Graviers siliceux de taille variable alluviaux.		69.73
			Graviers argileux alluviaux.	Quaternaire	
26.00			Graviers siliceux mélangés à quelques graviers calcaires, dépôts de manganèse.		51.73
27.00			Argile plastique marron à graviers siliceux et calcaires.		50.73
30.00			Argile d'altération, marron à débris calcaires.		47.73
36.00			Calcaire micritique gris sombre.	Eocène	
40.00			Argile beige graviers et petits blocs calcaire micritique et sable.	Kimméridgien	41.73
44.00			Sable grossier graviers siliceux, argile et débris calcaire micritiques sombres.		37.73
46.00	Karst		Sable fin rosâtre et débris calcaire micritique gris sombre.	Eocène	33.73
50.00			Sable fin blanc, beige, rose rare débris calcaires.		31.73
52.00			Calcaire micritique gris sombre.		27.73
54.00			Calcaire micritique gris sombre à fines passées argileuses claires.	Kimméridgien	25.73
56.00			Calcaire micritique blanc et gris.		23.73
60.00			Calcaire micritique gris et blanc, sable, graviers et rares galets avec argile.		21.73
64.00	Karst		Argile marron plastique et blocs calcaire micritique fissurés et oxydés par film rougeâtre.		17.73
72.00			Graviers siliceux ronds (1 à 2cm) et calcaire.	Eocène	13.73
74.00			Graviers calcaires.		5.73
78.00			Débris calcaire beige micritique et sable siliceux à grains arrondis.		3.73
80.00	Karst		Débris calcaire beige micritique, sable et argile marron.		-0.27
86.00			Calcaire beige et gris bleu micritique.		-2.27
88.00			Calcaire micritique marron.		-8.27
92.00			Calcaire micritique beige associé à de l'argile carbonatée plastique.	Kimméridgien	-10.27
96.00			Calcaire micritique beige et blanc et faible fraction sableuse.		-14.27
98.00			Calcaire micritique beige et argile marron plastique sableuse.		-18.27
100.00			Calcaire blanc et beige micritique avec un peu d'argile sableuse.		-20.27
106.00			Calcaire beige légère fraction argileuse. Le forage a été testé à 90m3/h.		-22.27
110.00					-28.27
					-32.27

2.2.2 – Les investigations menées en rive gauche du Lot

Ces investigations ont été réalisées à la demande du Syndicat Intercommunal des Eaux de la Lémance et de la DDAF du Lot et Garonne. Elles ont été pilotées par le Centre d'hydrogéologie de l'Université de Bordeaux I.

► Les premiers sondages de reconnaissance :

Dans un premier temps, 4 sondages de reconnaissance au marteau fond de trou ont été réalisés à une profondeur variant entre 50 et 110 m entre décembre 1977 et février 1978 (Fig. 7 et 8). Trois d'entre eux (S1 à S3) sont implantés à l'E-NE presque dans l'alignement des sources de Soturac et Touzac et le dernier (S4) à environ 150 m au Sud de la source de Touzac.

Les coupes géologiques de ces sondages sont données en annexe 2. Elles permettent de faire le constat suivant :

- les alluvions de la très basse terrasse du Lot en rive gauche ont une épaisseur de 5 à 6 m et s'étendent sur environ 400 m à l'Est de la source de Touzac. Elles sont constituées sur 2 à 3 m par des formations plutôt argileuses, avec des passées de sables grossiers siliceux, puis on rencontre à leur base des graviers siliceux dont l'épaisseur varie entre 2 et 3 m. En S3, les dépôts alluviaux sont réduits à une épaisseur de 0,70 m.
- le substratum des alluvions est constitué par des marnes et calcaires argileux du Kimméridgien supérieur. En S1, un banc plus calcaire de 3 m d'épaisseur est intercalé entre les alluvions et la formation marno-calcaire du Kimméridgien.
- Le sondage S4 (indice InfoTerre : 08558X0223/F) se distingue des 3 autres par une importante épaisseur de graviers alluviaux siliceux et argileux (27 m) séparés par 9 m d'argiles de calcaires micritiques du Kimméridgien. Ces calcaires sont recoupés à partir de 40 m de profondeur par des conduits karstiques plus ou moins colmatés par des sables et des argiles (Fig. 8).

Sur ces 4 sondages, seul le sondage S4 s'est avéré productif. Un essai de pompage de 72 h à 90 m³/h sur l'ensemble de la colonne d'eau disponible fournit un débit spécifique intéressant de 8,57 m³/h/m (Rapport C.H. 78/41). La température de l'eau suivie en cours de foration augmente avec l'approfondissement du forage pour obtenir au final une température supérieure de 1 à 2 dixièmes de degré à celle des sources bleues. La cote piézométrique du forage au repos mesurée ponctuellement est très voisine de celle de la source bleue de Touzac : elle est supérieure de 3 cm. Les fluctuations de niveau du Lot se font sentir sur le niveau du forage. Les analyses chimiques effectuées sur l'eau pompée sont satisfaisantes : la qualité chimique est bonne et les indices de contamination bactériologique sont faibles ou nuls suivant les prélèvements.

Tous ces éléments indiquent que le sondage S4 recoupe des conduits karstiques en relation avec le même aquifère profond que drainent les sources bleues de Soturac et Touzac. Il est donc envisagé de réaliser un ouvrage définitif à l'emplacement même ou bien tout à côté du sondage S4.

Cependant quelques incertitudes restent en suspens concernant l'implantation de l'ouvrage définitif :

- quelle est la nature du surcreusement alluvial reconnu en S4 ? Est-ce un entonnoir karstique comblé par des cailloutis, ou bien est-ce un surcreusement témoin d'un paléo chenal du Lot ?
- Existe-t-il une relation hydraulique directe entre le sondage S4 et les sources bleues ?
- Dans quelle direction implanter l'ouvrage définitif dans l'hypothèse où celui-ci sera implanté à côté de S4, de façon à ce qu'il puisse recouper les conduits karstiques reconnus en S4.

Des compléments d'études sont donc prévus pour lever ces incertitudes.

► Campagne de reconnaissance géophysique :

La Compagnie Générale de Géophysique est intervenue en mai 1978 pour reconnaître la nature du comblement alluvial en rive gauche du Lot aux abords de la source de Touzac et des sondages de reconnaissance (Rapport CGG, mai 1978). A cette fin, les investigations suivantes ont été réalisées :

- 4 traînées électriques avec un pas de 10 m, AB = 140 m et Mn = 10 m, sur un linéaire total de 850 m, et orientés globalement Nord-Sud ;

- 48 sondages électriques répartis le long de 8 profils orientés sensiblement Est-Ouest, avec un AB de 200 à 400 m suivant les possibilités d'extension sur le terrain.

Ces mesures ont mis en évidence d'une part une discontinuité électrique reliant la source de Touzac et le Lot et séparant un compartiment nord où les résistivités apparentes sont en général supérieures à 300 $\Omega.m$ (substratum jurassique proche de la surface), et un compartiment sud plus conducteur où les résistivités n'excèdent pas 150 $\Omega.m$. D'autre part, il apparaît distinctement un surcreusement alluvial dont l'axe est globalement orienté Nord-Sud. Il démarre en bordure du Lot à hauteur du confluent avec les écoulements issus de la source de Touzac, passe par S4 et se poursuit vers le Sud (Fig. 7, annexe 2). Ce comblement constitue un ensemble conducteur (40 à 65 $\Omega.m$) et atteint une épaisseur maximale variant entre 30 et 40 m. Selon les observations faites en S4, il serait constitué par des graviers humides associés à des argiles et reposant sur un substratum probablement fracturé.

Il est donc préconisé d'implanter l'ouvrage définitif à l'aplomb de ce surcreusement.

► Traçage dans le forage :

Le 16 décembre 1978, 3 kg de fluorescéine diluée ont été injectés sous pression dans le sondage S4 à 90 m de profondeur, après la mise en place préalable d'un obturateur à 60 m de profondeur. Cette injection a été immédiatement suivie d'une chasse totalisant un volume de 5 m³. L'injection s'est déroulée entre 11h50 et 12h10.

Parallèlement des prélèvements ont été réalisés entre 15 h et 22 h sur les deux sources bleues et se sont poursuivis le lendemain jusqu'à 17h30. La recherche du traceur dans les sources était effectuée directement sur le terrain au moyen d'un fluoroscope ou d'une lampe UV. Des contrôles effectués dans le sondage d'injection au-dessus de l'obturateur ont permis d'attester que celui-ci était bien étanche.

Aucune trace de fluorescéine n'a été décelée sur les échantillons d'eau prélevés, avec les moyens analytiques mis en œuvre. Ce résultat a donc conforté les porteurs du projet sur le fait que *« l'absence de communication entre le sondage et la source du château, distants de 160 m montre que le conduit intercepté ne se situe pas sur un cheminement souterrain branché directement sur la source (sous-entendu de Touzac). »* et que *« il en est de même entre le sondage et la source d'Aglan (c'est-à-dire de Soturac) »*.

D'où la préconisation de réaliser l'ouvrage définitif à l'emplacement de S4. Toutefois le risque de ne pouvoir retirer l'ensemble des tubages en place dans S4 pour permettre son réalésage n'étant pas négligeable. Il convenait aussi de prévoir le cas échéant l'implantation d'un autre sondage à côté de S4. A cette fin la réalisation d'une inspection vidéo de la partie en trou nu du sondage a été programmée.

► Inspection vidéo de S4 :

Une inspection vidéo de l'ouvrage de reconnaissance a été réalisée le 24 juillet 1979 par la société Hydro-Invest.

Elle a permis de constater d'une part que le tubage avait été déformé lors de sa mise en place et qu'il n'était plus possible de la ressortir, d'autre part qu'un bloc calcaire coincé en travers du forage ne permettait pas de poursuivre l'inspection au-delà de 76,80 m de profondeur. Toutefois l'inspection du trou nu entre 74,3 et 76,8 m a mis en évidence que la direction des fractures principales sur ce tronçon était de Nord 260 grades.

Il a donc été décidé de réaliser l'ouvrage définitif à environ 5 m du sondage S4, dans une direction par rapport à S4 correspondant à Nord 260 grades.

► Epilogue :

Un appel d'offres a donc été lancé pour la réalisation d'un ouvrage définitif descendant à 100 m de profondeur équipé d'une crépine de Ø 400 entre 53 et 100 m destinée à permettre une exploitation à un débit d'au moins 200 m³/h. Préalablement une chambre de pompage en Ø 600 était prévue entre 0 et 53 m, le tubage étant cimenté de façon à isoler l'ouvrage des arrivées d'eaux plus superficielles et notamment celles contenues dans les graviers du comblement alluvial.

Cependant ce projet n'a pas abouti en raison d'une forte hostilité de la population locale qui craignait que l'exploitation de l'ouvrage assèche totalement la source bleue de Touzac. C'est alors que les investigations se sont reportées sur l'autre rive du Lot en vue du captage des eaux de la source de Soturac.

2.2.3 - Les investigations menées en rive droite du Lot

Ces investigations ont été menées par la DDAF du Lot et à l'époque par le Syndicat de la Basse Vallée du Lot.

► Etude hydraulique des sources de Soturac-Touzac :

L'approche de la DDAF du Lot a consisté dans un premier temps à acquérir des informations sur les fluctuations concomitantes des niveaux du Lot et des vasques de Touzac et Soturac. A cette fin des stations limnigraphiques ont été installées et des jaugeages ont été réalisés. Il s'agissait de répondre précisément à deux interrogations :

- la charge de l'aquifère drainé par les sources bleues est-elle toujours supérieure à celle du Lot et si oui de combien ? Il s'agit d'apprécier quel est le risque de soutirage des eaux du Lot sous l'influence de pompes réalisés à proximité de la rivière.
- les débits de trop plein évacués par la vasque de Touzac qui varient entre quelques l/s en étiage et plusieurs m³/s en période de fortes crues ne sont qu'une partie du véritable débit de l'ensemble sourcier dont une grande partie se déverse directement dans le Lot. Il convient donc d'évaluer quel est le débit réel d'exhaure des sources afin d'avoir une idée du débit d'exploitation possible.

Le suivi des niveaux d'eau a été réalisé entre novembre 1981 et février 1983. Ces observations ont permis de confirmer celles qui avaient été réalisées lors d'une première phase de suivi conduite au cours de l'année 1975 :

- les variations de niveau de la source de Touzac et de la rivière Lot sont synchrones ;
- la charge des sources est toujours supérieure à celle du Lot ;
- la différence de charge augmente en période d'étiage ou de brusque abaissement du niveau du Lot. Il en résulte une augmentation du débit des sources annexes jaillissant en aval de la source de Touzac.
- à l'inverse en période de crue, la différence de charge diminue du fait de l'élévation importante du niveau du Lot et le débit des sources annexes diminue.

En conséquence il apparaît que le débit global de l'ensemble sourcier varie de façon inversement proportionnelle à la différence de charge constatée entre le niveau de la vasque de Touzac et celui du Lot. C'est alors que A. TARRISSE, hydrogéologue à la DDAF du Lot, s'est attaché à établir une relation régie par les lois de l'hydraulique (écoulement par des ajutages noyés) qui permette de relier le débit d'exhaure à la différence de charge entre la vasque et le Lot. L'explication de ces calculs tirée du rapport BRGM 84AGI376 MPY de décembre 1984 est reproduite en [annexe 3](#).

Cette relation s'écrit de la façon suivante :

$$Q = K \sqrt{(Z_{\text{vasque}} - Z_{\text{Lot}})} \quad \text{avec } K = a - Z_{\text{Lot}}$$

où : Z_{vasque} et Z_{Lot} sont respectivement les cotes du niveau d'eau de la vasque et du Lot

K est un coefficient d'ajutage déterminé expérimentalement en fonction de Z_{Lot}

a est la cote du seuil de débordement de la vasque de Touzac (70,25 m NGF)

Des calculs réalisés à partir de cette formule et des cotes de niveau mesurées sur la période 1981-1983, il ressort que le débit de sous-écoulement est nettement plus important que le débit total mesurable qui est issu de la vasque de Touzac et des sources annexes situées en aval. Le débit global ainsi calculé est assez régulier sur un cycle hydrologique puisqu'il ne varie qu'entre 2,1 et 3 m³/s, avec un débit moyen sur la période de mesure qui est de 2,55 m³/s.

Les besoins en eau du Syndicat de la Basse Vallée du Lot sont évalués à la fin des années 1980 à un prélèvement de l'ordre de 120 l/s, environ 400 m³/h. Il est donc considéré que ce débit peut parfaitement être prélevé sur la ressource en eau souterraine compte tenu de l'importance du débit de l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac, sous réserves toutefois d'éviter de susciter sous l'effet des pompages des apports d'eau du Lot.

► Campagne de reconnaissance géophysique :

L'idée de capter directement l'eau en pompant dans la vasque de Soturac a rapidement été abandonnée. En effet des analyses d'eau comparatives entre des prélèvements synchrones effectués sur les deux sources bleues et sur le Lot, montrent qu'en période de crue on prélève dans la vasque de Soturac un mélange d'eau profonde karstique et d'eau du Lot dont la proportion d'eau du Lot peut atteindre jusqu'à 35 %.

Il est donc envisagé de réaliser des sondages de reconnaissance d'environ 50 m de profondeur destinés à capter en amont de la vasque les chenaux karstiques qui contribuent à son alimentation. Une campagne de prospection géophysique en rive droite du Lot et aux abords de la vasque de Soturac a donc été réalisée afin d'implanter au mieux les sondages.

Ces investigations ont été réalisées en 1987 par le B.I.G.. Elles ont consisté en :

- 69 mesures de potentiel électrique avec mise à la masse de la source de Soturac ;
- 141 stations de mesure VLF
- 12 sondages électriques en AB = 200 m
- 3 dispositifs sismiques 24 traces
- relevés de fractures et diaclases sur les parois calcaires affleurantes

Les mesures de potentiel et VLF n'ont pas révélé d'anomalies notables. Les conductivités apparentes mesurées restent très faibles (< 20 mmho) et ne révèlent pas d'axe conducteur net.

Les sondages électriques distinguent sous la couverture alluviale un horizon conducteur (20 à 45 Ω.m) intercalé entre des terrains plus résistants (400 à 600 Ω.m). Cet horizon se trouve décalé en profondeur au Sud-Ouest de la Source de Soturac, ce qui suggère la présence d'une faille. Cette discontinuité est confirmée par les mesures sismiques qui mettent en évidence vers le Sud une zone à faible vitesse sismique au sein du substratum (1900 à 2100 m/s) par opposition au secteur nord où les vitesses dépassent les 4500 m/s ([annexe 4](#)). Ce contraste est interprété comme la présence au Sud de la discontinuité d'un substratum particulièrement fracturé sous les alluvions.

La discontinuité limitant vers le Nord ce compartiment présente une orientation N70°E. Les sources de Soturac et Touzac sont situées dans son prolongement vers l'Est ([Fig. 7](#)).

► Les sondages de reconnaissance :

En mars 1989, deux forages de reconnaissance au marteau fond de trou (F1 et F2) ont été réalisés en diamètre 216 mm à proximité de la vasque de Soturac (Fig. 7, annexe 4). Ils sont distants l'un de l'autre de 11,5 m.

Le forage F1 a été descendu à 54 m de profondeur. Sous un recouvrement alluvial de 3 m, le forage recoupe des calcaires sublithographiques beiges qui sont fracturés. Il recoupe vers 30 m un premier conduit karstique, puis à partir de 45 m une importante arrivée de sables quartzeux est constatée. Des pertes d'air ont été rencontrées lors du réalésage du sondage à partir de 20 m de profondeur. A partir de cette cote, des remontées d'air et de cuttings étaient observées dans la vasque ainsi que dans le Lot. Les conduits karstiques recoupés par le forage sont donc bien en relation avec la vasque de la source de Soturac.

Le forage F2 n'a été foré que jusqu'à 43 m. Il recoupe des fractures productives en communication avec le Lot à partir de 10 m de profondeur. A partir de 36 m la remontée de sables quartzeux roux indique la présence d'un conduit karstique partiellement comblé par les sables.

Après un équipement des ouvrages en tubages PVC de 160/170 mm, des essais par paliers enchaînés de 30 mn (F1) ou 1 h (F2) sont réalisés sur les deux ouvrages à des débits croissants entre 32 et 105 m³/h. Lors de ces essais, les caractéristiques de l'eau pompée (conductivité, température) restent constantes et la charge dans les forages est toujours restée nettement supérieure à celle du Lot (> 85 cm en fin d'essai).

Les mesures de micro-moulinet montrent que les arrivées d'eau principales sont captives et situées entre 34 et 41m de profondeur. Les conduits dans lesquels elles circulent sont partiellement comblés par des dépôts sableux. Ces mesures initialement réalisées avec un pompage de 14 à 18 m³/h ont été refaites quelques mois plus tard avec un débit de 56 m³/h et ont donné des résultats similaires quant à la position de la principale arrivée d'eau.

Ces résultats satisfaisants laissent alors augurer une possible exploitation de la ressource à un débit de 200 m³/h. Une coupe prévisionnelle pour un futur ouvrage d'exploitation est alors donnée :

- réalisation d'une chambre de pompage en Ø 450 mm avec tubage acier cimenté à l'extrados sur au moins 20 à 25 m de façon à éviter les relations directes de l'ouvrage avec le Lot ;
- aménagement d'une partie captante entre 30 et 40 m de profondeur au moyen d'une crépine inox à fil enroulé avec un slot de 1 mm.

Préalablement un suivi continu des niveaux d'eau du Lot et des forages est prévu afin de s'assurer que quelles que soient les conditions hydrologiques, les forages sont toujours en charge par rapport au Lot.

► Les forages définitifs :

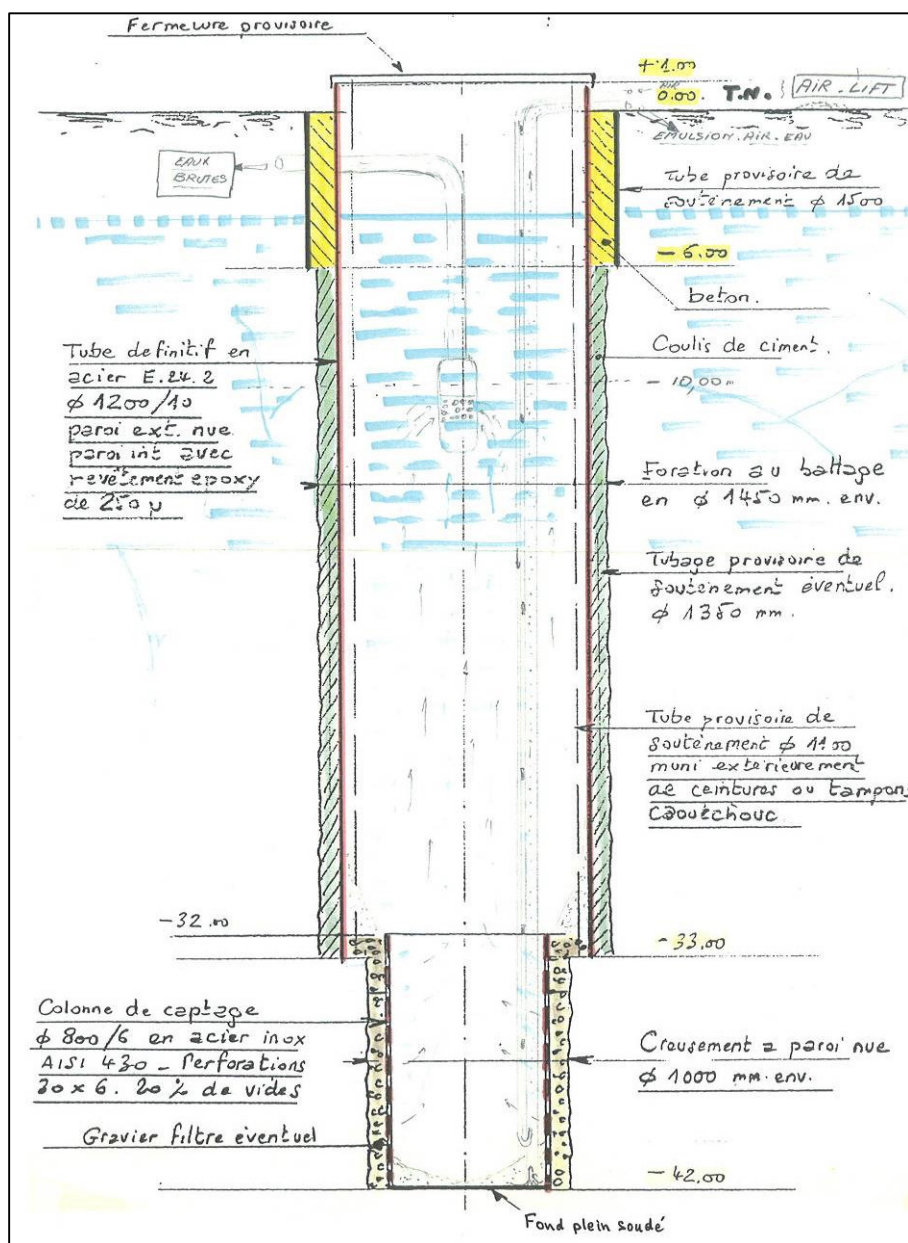
Finalement il a été décidé de réaliser deux forages identiques d'une profondeur de 42 m captant la ressource en eau au moyen d'une crépine perforée (30 x 6 mm) en Ø 800 mm disposée entre 32 et 42 m de profondeur et si besoin d'un massif filtrant additionnel. Après isolation des alluvions par un premier tubage cimenté (Ø 1500 mm), la chambre de pompage sera descendue jusqu'à 33 m et constituée d'un tubage acier en Ø 1200 mm cimenté à l'extrados et protégé à l'intérieur par un revêtement époxy (Fig. 9). Un système d'air lift permettant le dessablage du fond de l'ouvrage sera installé.

Les forages seront réalisés au cours de l'année 1991. Compte tenu des risques encourus par le fait de capter un conduit karstique juste en amont d'une émergence sortant directement en rivière, il a été décidé de réaliser les ouvrages au battage en gros diamètre et à l'emplacement même des sondages de reconnaissance.

Remarque : parmi toute la bibliographie consultée, il n'a pas été retrouvé les documents relatifs aux comptes rendus d'exécution des travaux des forages définitifs. C'est pourquoi on ne dispose pas d'une coupe technique définitive des forages exploités mais seulement de la coupe prévisionnelle.

Un essai de pompage simultané sur les deux forages était prévu à un débit objectif de l'ordre de 600 m³/h. Ces résultats ne figurent pas non plus dans les documents communiqués.

**Figure 9 : Coupe technique de projet des forages d'exploitation de Soturac
(source : DDAF 46)**



2.3 – EXPLOITATION DE LA RESSOURCE DRAINEE PAR LES DEUX SOURCES BLEUES

2.3.1 – Conditions initiales d'exploitation

Un avis d'hydrogéologue agréé a été rendu le 10 juillet 1989, suite à la réalisation des deux sondages de reconnaissance F1 et F2 à Soturac ([annexe 5](#)). Il donne un avis favorable à l'exploitation de cette nouvelle ressource, définit des périmètres de protection autour des forages et préconise des mesures de protection dont une cimentation en tête des ouvrages définitifs sur une hauteur minimale de 20 m, et une stérilisation des eaux.

Sur la base de ces recommandations les ouvrages définitifs sont réalisés et une station de traitement des eaux par ozonation est installée. L'arrêté de D.U.P. est pris par la préfecture du Lot le 21 janvier 1992 avec des délimitations de périmètres de protection immédiate, rapprochée et éloignée conformes aux préconisations de l'hydrogéologue agréé ([annexe 5](#)). Il autorise un débit maximal de prélèvement de 600 m³/h et un volume maximal journalier pompé de 11 200 m³/j.

Chaque forage est équipé de 2 pompes d'exhaure de 150 m³/h et d'un système d'air-lift pour le dessablage du fond des ouvrages. L'eau est désinfectée par ozonation et stockée dans une bache de reprise d'une capacité de 400 m³. Deux jeux de 3 pompes de reprise de 100 m³/h permettent de refouler l'eau vers les réseaux de distribution. Le premier jeu de pompes alimente le Syndicat de la Basse Vallée du Lot pour une production maximale journalière de 5500 m³/j. Le second jeu alimente le Syndicat de la Lémance pour une production identique. Une légère chloration est réalisée sur chaque conduite de refoulement avant mise en distribution des eaux traitées afin d'éviter la dégradation de la qualité de l'eau au cours de son transport dans les canalisations.

Conformément à une convention signée en février 1991 avec le Syndicat de la Lémance, c'est le Syndicat de la Basse Vallée du Lot qui a en charge l'exploitation des forages et de l'usine de traitement des eaux. Il revient ensuite à chaque Syndicat la gestion des installations de refoulement sur son réseau.

La mise en exploitation de cette nouvelle ressource avait pour objectif :

- de se substituer à certains captages défaillants (prise d'eau de Meymes, Albenquats)
- de fournir un appoint aux captages présentant une production insuffisante en période d'étiage sévère (Gadet, Lenclo, Moulin Mignot, Junies, Castelfranc)
- de répondre ponctuellement à des insuffisances quantitatives et qualitatives d'autres syndicats (Cazals, Luzech)

Ce nouvel apport concerne un total de 17 000 abonnés.

2.3.2 – Conditions actuelles d'exploitation

Un nouvel arrêté de DUP a été pris le 14 juin 2006 ([annexe 5](#)) afin de permettre une augmentation de la production des forages et de mettre en place une nouvelle filière de traitement des eaux.

Pour répondre à l'augmentation des besoins, le prélèvement autorisé est ainsi passé à :

- 705 m³/h pour le débit maximum instantané
- 14 200 m³ pour le volume maximal journalier
- 4 450 000 m³ pour le volume maximal annuel

La nouvelle filière de traitement mise en place en 2007 ([annexe 5](#)) est constituée par :

- un tamisage des eaux brutes à 200 µm
- une unité de filtration membranaire d'une capacité maximale de 610 m³/h
- une désinfection au chlore gazeux et une mise à l'équilibre du pH avant distribution

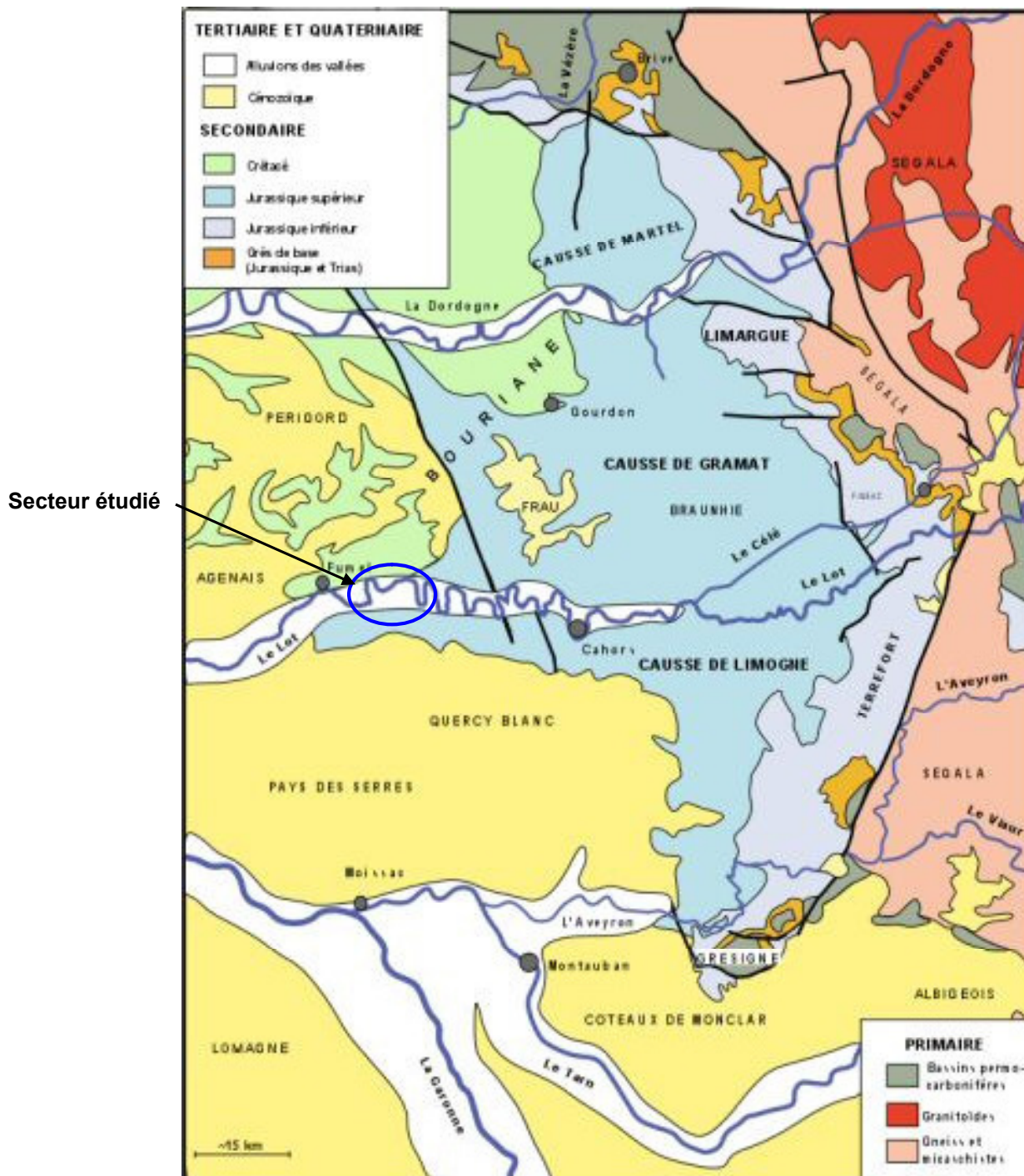
Les eaux de lavage des filtres et des membranes sont préfiltrées mécaniquement et neutralisées par ajout de soude ou de bisulfite de sodium, puis transitent par un filtre planté de roseaux avant rejet au Lot en aval de la station. L'arrêté préfectoral précise les normes de rejet admissibles.

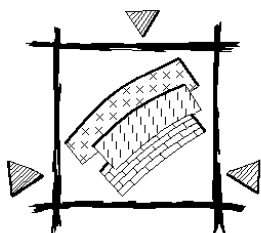
La production moyenne journalière était de 5 400 m³/j en 2011, ce qui représente 45 % de la capacité nominale de l'unité de production ([cf. extraits du rapport du Délégué en annexe 5](#)). Le volume total annuel pompé est passé de 1,47 à 1,97 Mm³ entre 2010 et 2011 (+ 34%) en raison notamment d'une dégradation de la qualité de l'eau prélevée à Lenclio (pesticides). L'eau de Soturac sert alors à diluer les eaux pompées à Lenclio de façon à obtenir en distribution une eau satisfaisant aux normes de qualité exigée pour une eau destinée à la consommation humaine.

En année normale la production mensuelle augmente en général de 70 à 80% en été pour répondre à l'augmentation estivale des besoins et palier aux carences d'eau de certains captages. Par exemple en 2010, entre mars et août, la production mensuelle du captage est passée de 95 825 à 173 083 m³. Mais en 2011, en raison des problèmes qualitatifs rencontrés à Lenclio, cette augmentation est passée à 190%, faisant monter la production mensuelle maximale à 260 460 m³ en juillet 2011.

Sur la production totale annuelle, la part des volumes destinés au Syndicat AQUARESO est passée de 86% en 2010 à 70% en 2011, la part restante étant destinée au Syndicat de la Lémance.

Figure 10 : Carte géologique de la bordure nord-est du Bassin Aquitain
(source : J-G. Astruc, www.quercy.net/geologie)





3 – CONTEXTE GEOLOGIQUE

3.1 – CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL

3.1.1 – Contexte géologique d'ensemble

La zone d'étude appartient au Bassin nord-aquitain. Elle se situe en limite de deux entités :

- les Causses du Quercy à l'Est qui s'étendent sur une vaste zone à l'Ouest du Massif central qui va du Bassin de Brive au Nord jusqu'au dôme de Grésigne au Sud de la vallée de l'Aveyron (Fig. 10). Il s'agit de plateaux calcaires constitués par des formations du Jurassique moyen et supérieur ;
- le Quercy Blanc et l'Agenais au Sud et à l'Ouest qui s'étendent jusqu'à la Garonne et sont représentés par des plateaux de calcaires lacustres tertiaires recoupés par des vallées enfoncées dans les molasses. Au nord du secteur étudié apparaissent les formations carbonatées du Crétacé supérieur qui sont mieux représentées vers le Nord-Ouest en Périgord puis en Charentes.

Les sources de Soturac-Touzac sont établies dans les formations du Kimméridgien, à l'extrémité occidentale des affleurements des terrains jurassiques. Vers l'Ouest et le Nord ces formations s'ennoient en profondeur sous les sédiments crétacés. Vers le Sud ces formations ont été érodées avant le dépôt des molasses de l'Agenais.

A l'échelle du bassin, le pendage général des couches géologiques, qui demeure faible, est dirigé vers le Nord-Ouest. Cependant des rides de grande amplitude et d'orientation Ouest/Nord-Ouest – Est/Sud-Est affectent cette structure générale du bassin. L'une d'entre elle, appelée « Dépression quercynoise », concerne la zone d'étude. L'axe de cette dépression se développe au Nord du Lot, ce qui explique que l'on constate un léger pendage vers le Nord dans le secteur des sources bleues (Fig. 11). Vers le Sud on rencontre le dôme de Castelsarrasin-Montauban (ou Haut-fond du Tarn-et-Garonne).

3.1.2 – Contexte lithologique et stratigraphique

Les formations géologiques qui affleurent au droit de la vallée du Lot en aval de Cahors appartiennent au Kimméridgien. Elles constituent la partie supérieure d'une vaste plateforme carbonatée qui s'est développée durant tout le jurassique moyen et supérieur et atteint une épaisseur totale comprise entre 900 et 1200 m (Fig. 12).

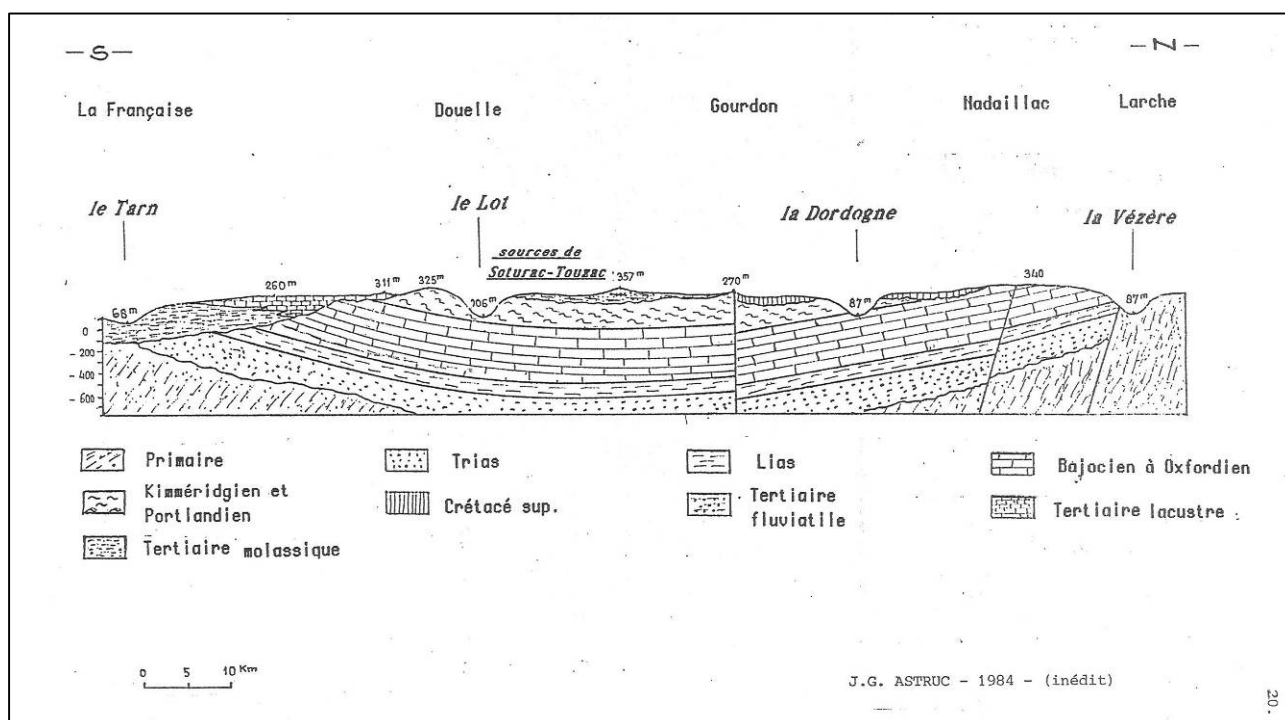
Au droit de la zone étudiée, les formations calcaires qui reposent sur les marnes et argiles noires du Toarcien ont une puissance de l'ordre de 500 m. Elles sont surmontées par des alternances marno-calcaires caractérisant le Kimméridgien supérieur qui peuvent avoir jusqu'à 140 m d'épaisseur.

Au Nord du Lot, les terrains jurassiques sont séparés des terrains crétacés qui les recouvrent par une importante discontinuité stratigraphique correspondant à une période d'émersion d'environ 40 millions d'années. Les formations crétacées sont représentées d'abord par des dépôts variés

(argiles sableuses, sables et grès, calcaire gréseux et marnes) et peu épais du Cénomaniens, puis par des calcaires crayeux et des calcaires plus francs du Turono-Coniacien.

Des dépôts tertiaires d'origine continentale recouvrent le Crétacé. Ils sont constitués à la base de sables fins et localement argileux provenant pour partie de l'altération des dépôts crétacés et communément désignés dans toute la région sous le nom de « sidérolithique ». Au-dessus, viennent les molasses de l'Agenais au sein desquelles s'intercalent des horizons de calcaires lacustres (Fig. 13).

Figure 11 : Coupe géologique de l'Ouest du Quercy entre Tarn et Vézère
(source : Rapport BRGM 84AGI376MPY, 1984)



3.1.3 – Contexte structural

La plate forme carbonatée jurassique est affectée par une tectonique cassante commandée par les rejeux d'accidents plus anciens affectant le socle hercynien.

Les principales structures tectoniques qui affectent les calcaires jurassiques ont été décrites dans l'étude BRGM de 1984 (Fig. 14). Il s'agit :

- de la faille de Cahors appelée aussi faille Ouest-Quercynienne (n° 1 sur la figure 14), de direction « armoricaine » (NW-SE), limite en partie vers l'Ouest les affleurements des terrains jurassiques (Fig. 10) ;
- de la faille de Luzech (n° 2), subparallèle à la précédente, qui recoupe la vallée du Lot entre Luzech et Saint Vincent-Rive-d'Olt ;
- du synclinal de Saint Médard – Les Arques (n° 3) qui jalonne par l'Ouest la faille de Cahors ;

Figure 12 : Coupe lithostratigraphique des formations du Jurassique moyen et supérieur (source : Rapport BRGM 56419-FR, 2008)

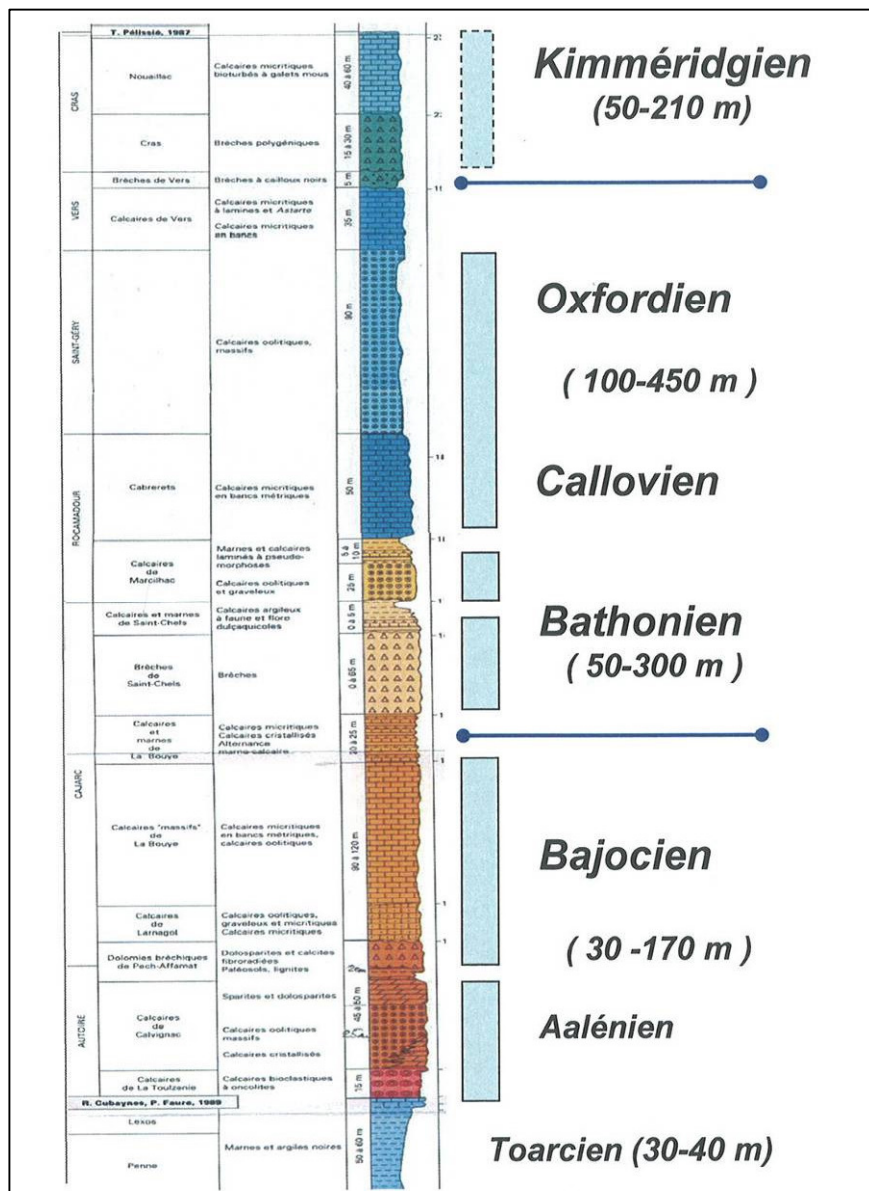
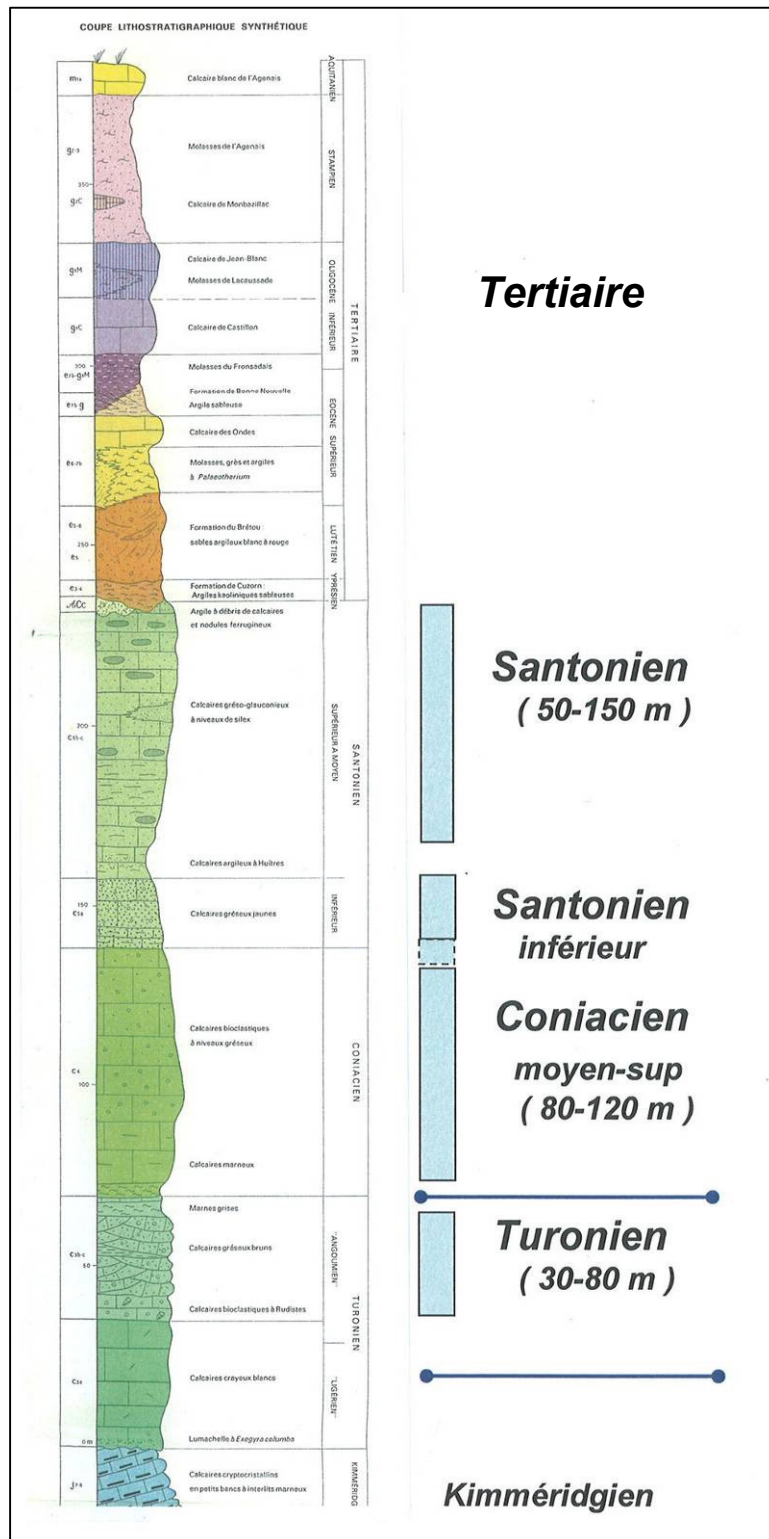
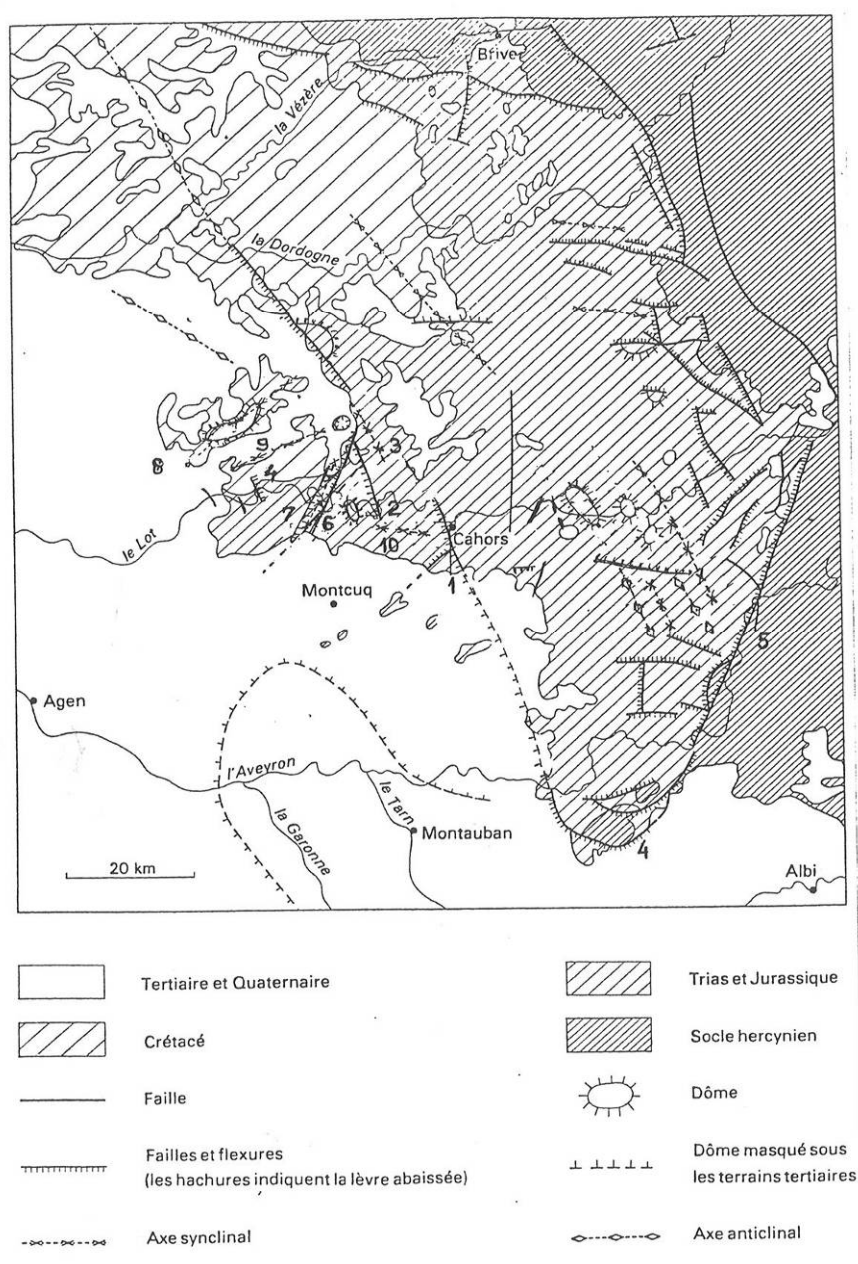


Figure 13 : Coupe lithostratigraphique des formations du Crétacé et du Tertiaire du Périgord Noir et du Lot-et-Garonne (source : Rapport BRGM 56419-FR, 2008)



- de la faille de Castelfranc (n° 6) qui emprunte le cours inférieur de la Masse et du Vert et semble décaler au Nord-Est la faille précédente. Elle est parallèle à la faille de Villefranche (n° 5) qui est de direction SSW-NNE et limite les causses à l'Est ;
- 5 – la flexure de Floressas (n° 7) de même orientation que la faille de Castelfranc ;
- 6 – des fractures orientées parallèlement aux failles de Luzech et de Cahors sont indiquées au niveau des sources de Soturac- Touzac (n° 4).
- 7 – une faille de direction pratiquement E-W, la faille de Cournoux (n° 10) est signalée au Sud du Lot entre les failles de Luzech et de Cahors.

Figure 14 : Schéma structural régional
(source : Rapport BRGM 84AGI376MPY, 1984)



En association avec les fractures reconnues à proximité des sources de Soturac-Touzac, des ondulations anticlinales de direction similaire sont signalées dans la vallée de la Thèze au niveau de Condat, Boussac et Saint Martin-le-Redon (notice carte géologique de Fumel, n°855). Elles sont responsables de l'apparition en rive droite de la vallée de la Thèze et en aval de Saint Martin-le-Redon de l'affleurement des terrains du kimméridgien. On retrouve également de tels affleurements encore plus au Nord-Ouest, dans la vallée de la Lémance, entre Saint Front-sur-Lémance et Sauveterre-la-Lémance.

Un travail de M. Scanvic (BRGM) aurait par ailleurs mis en évidence par photo-interprétation d'images satellitaires qui le tronçon du cours du Lot globalement orienté d'Est en Ouest de Cajarc à Fumel correspondrait à un linéament interprété comme la signature d'un bombement à grand rayon de courbure propice au développement de fractures profondes. La faille de Cournoux viendrait donc étayer cette interprétation.

3.2 – CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL

3.2.1 – Approche à partir des forages et sondages proches des sources

Les différents sondages de reconnaissance réalisés à proximité des sources ([Fig. 8 et 9, annexes 2 et 5](#)) confirment que les sources sont bien établies dans les formations du Kimméridgien. Cependant une distinction dans la lithologie rencontrée apparaît nettement selon que les forages sont implantés au Nord-Est ou au Sud de la ligne reliant entre elles les deux sources, c'est-à-dire de part et d'autre d'une discontinuité observée en géophysique et correspondant à une zone fracturée dont la direction a été confirmée par les mesures structurales faites sur les affleurements bordant les sources. On observe ainsi deux compartiments :

- un compartiment au Nord (sondages S1 à S3) où l'on est en présence des faciès marno-calcaires classiques du Kimméridgien supérieur jusqu'à au moins 70 m de profondeur. Dans ce secteur les reconnaissances se sont avérées infructueuses.
- un compartiment au Sud (sondages S4, F1 et F2) où l'on rencontre des faciès de calcaires micritiques fracturés et karstifiés. En rive droite comme en rive gauche, les horizons karstifiés productifs ont été rencontrés vers 40 m de profondeur.

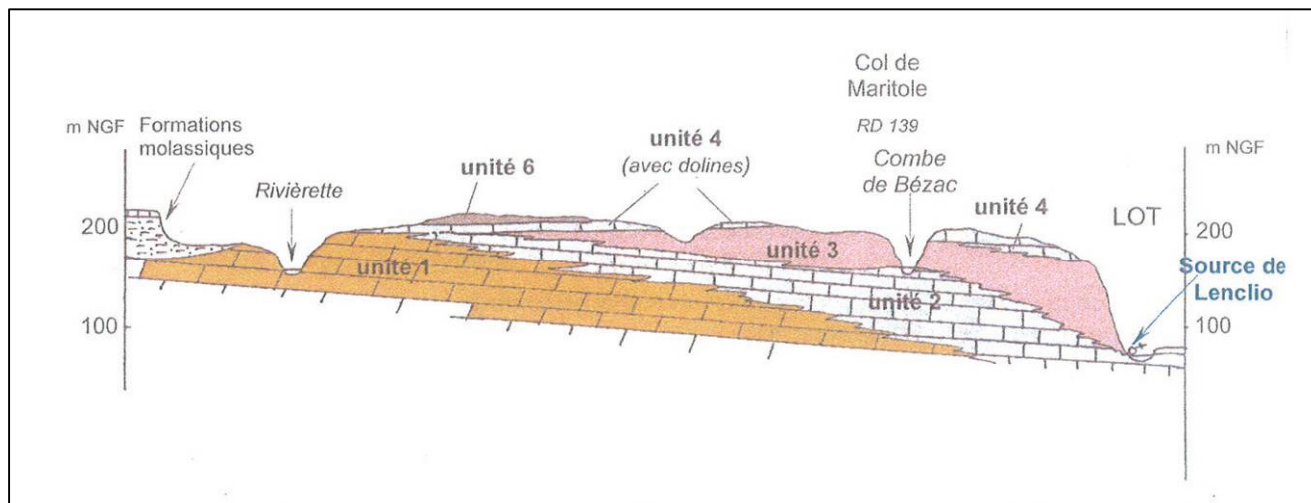
Les alluvions de la très basse terrasse du Lot en rive gauche ont une épaisseur de 5 à 6 m et de seulement 2 à 3 m en rive droite aux abords de la source de Soturac. Elles comportent généralement à leur base un horizon de sables et graviers siliceux dont l'épaisseur est de 2 à 3 m en rive gauche. Un paléo-lit du Lot comblé par de tels graviers sur 27 m d'épaisseur se développe au Sud / Sud-Est des sources ([Fig. 7, annexe 2](#)).

Plus à l'Est, les sondages réalisés en vue de la création de la STEP de Touzac recoupent aussi un horizon de sablo-graveleux à partir de 1,5 m à 2 m de profondeur, sous un recouvrement de limons argileux et plus ou moins sableux (Rapport EGS, 1998). Ces alluvions se trouvaient dénoyées en juillet au moment des investigations.

3.2.2 – Variations lithologiques au sein du Kimméridgien

Une cartographie géologique détaillée a été réalisée récemment par le BRGM au Sud des sources de Lenclio situées à quelques kilomètres en aval des sources de Soturac-Touzac ([Fig. 1](#)) situées dans un contexte géologique analogue ([Note BRGM, 2007](#)). Cette opération, qui avait pour objectif d'aider à la délimitation des périmètres de protection autour de la source captée de Lenclio, a permis de préciser la lithologie du Kimméridgien, en distinguant au sein de celui-ci 6 unités, et en précisant les relations entre celles-ci ([Fig. 15](#)).

**Figure 15 : Coupe géologique schématique en rive gauche du Lot
(source : Note BRGM 07AQI36, 2007)**



Les 6 unités lithologiques superposées reconnues sont les suivantes :

- **Unité 1** : la base de la série kimméridgienne reconnue à l'affleurement est formée de calcaires dolomitiques fissurés avec des brèches intraformationnelles associées. Cet horizon appartenant au Kimméridgien inférieur a une puissance d'au moins 60 m. Il affleure au Sud dans la vallée de la Rivière en amont de Tournon-d'Agenais. Les formations molassiques de l'Agenais reposent sur cette unité. Cette unité est l'équivalent de la formation de Cras bien connue plus à l'Est sur les causses du Quercy (Fig. 12) et le siège d'une karstification développée.
- **Unité 2** : ce sont des calcaires micritiques beiges en bancs moyens formant la base du Kimméridgien supérieur. Ils présentent à l'affleurement un aspect plus ou moins vacuolaire en lien avec leur altération par dissolution. Leur épaisseur est d'au moins 50 m.
- **Unité 3** : elle est constituée à la base par des marnes beiges qui passent ensuite à des alternances de marnes et de calcaires micritiques à huîtres. Cette unité atteint une puissance maximale de 85 m en bordure du Lot. Cette formation qui représente le faciès le plus caractéristique du Kimméridgien supérieur, se biseaute latéralement vers le Sud pour totalement disparaître.
- **Unité 4** : il s'agit de calcaires micritiques beiges en petits bancs qui peuvent atteindre jusqu'à 70 m d'épaisseur et qui présentent une morphologie karstique (Karst de Floressas). Cette unité repose tantôt sur les marno-calcaires de l'unité précédente en bordure du Lot, tantôt sur les calcaires micritiques de l'unité 2 plus au Sud où il devient alors délicat de dissocier ces deux unités tellement leur faciès est proche.
- **Unité 5** : il s'agit d'un banc repère de quelques mètres de calcaires micritiques recristallisés présentant un faciès vacuolaire caractéristique.
- **Unité 6** : ce sont des alternances de marnes et de calcaire micritique en petits bancs comparables à l'unité 3 que l'on rencontre uniquement dans la partie sud, précisément là où l'unité 3 est absente.

Les phénomènes karstiques sont développés dans les unités 2 et 4 et tout particulièrement en périphérie des affleurements plus marneux des unités 3 et 6.

Ainsi dans le secteur de Lenclo le Kimméridgien supérieur n'est-il pas toujours uniformément constitué de marno-calcaires imperméables comme on pouvait se l'imaginer à la lumière des logs stratigraphiques établis plus à L'Est sur les causses du Quercy. Cette disposition est aussi transposable au secteur voisin de Soturac-Touzac.

3.2.3 – Enseignements apportés par des forages plus éloignés des sources bleues de Soturac-Touzac

Les forages assez profonds recoupant les formations du Kimméridgien dans le secteur sont peu nombreux. Il en existe cependant quelques uns répertoriés à la Bande des Données du Sous-Sol du BRGM.

► Les forages situés dans la boucle du Lot à l'aval de Puy-l'Evêque :

Plusieurs forages agricoles implantés dans la vallée du Lot à environ 5 km à l'Est des sources bleues ([Fig. 1](#)), recoupent les terrains du Kimméridgien sur une profondeur comprise entre 100 et 200 m. Selon la coupe géologique du forage de Inganel (n° : 08565X0018/F), les marno-calcaires du Kimméridgien supérieur apparaissent sous la couverture alluviale et possèdent une puissance de 110 m environ (base à la cote NGF de - 10 m). Les brèches polygéniques sont recoupées entre 126 et 167 m de profondeur, puis viennent ensuite des calcaires micritiques et de la dolomie. Aucun indice de karstification n'est signalé sur cet ouvrage et sa productivité reste médiocre (7 m³/h).

Les autres forages profonds de ce secteur s'avèrent peu ou pas productifs. Le forage de Bru fait cependant exception (n° 08565X0007/F) : avec une profondeur de seulement 42 m de profondeur, il est exploité depuis 1996 à un débit moyen de 200 m³/j. Cet ouvrage recoupe sous 7,8 m d'alluvions des marno-calcaires jusqu'à 36 m de profondeur, puis des calcaires micritiques jaunes qui sont productifs à partir d'une cavité rencontrée à la base du forage. Il a été testé sans problème en période de moyennes à hautes eaux à un débit de 57 m³/h.

Dans la boucle les alluvions du Lot ont une épaisseur de 8 à 10 m avec des surcreusements pouvant dépasser localement 20 m de profondeur.

► Les forages situés dans la vallée en aval du bourg du Boulvé :

Il s'agit d'un forage artésien implanté à proximité de la source captée de Banudel qui a été foré jusqu'à 294 m de profondeur. Cet ouvrage (n° 08801X0014/F) a recoupé :

- la base des marno-calcaires du Kimméridgien supérieur à 85 m de profondeur (cote NGF de +53 m NGF)
- les calcaires du Kimméridgien inférieur jusqu'à 150 m de profondeur
- entre 150 et 180 m, un niveau marno-calcaire rattaché également au Kimméridgien inférieur
- entre 180 m et le fond, les calcaires callovo-oxfordiens

L'interface entre les faciès calcaires et marneux du Kimméridgien inférieur s'est avérée très karstifiée entre 151 et 154 m de profondeur. Un second niveau karstifié a été recoupé entre 261 et 262,3 m au sein des calcaires callovo-oxfordiens, mais il est plus ou moins colmaté par des argiles ([Rapport Antéa, 2006](#)).

Dans cette vallée plusieurs autres forages ont été descendus à des profondeurs de 50 à 70 m au sein des marno-calcaires du Kimméridgien supérieur. Ces ouvrages n'ont pas rencontré de niveaux karstifiés et ne sont pas ou très peu productifs.

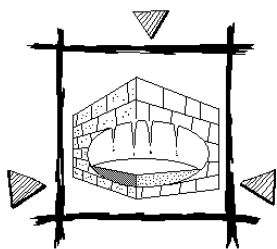
3.3 – CONCLUSION

Les sources de Soturac-Touzac drainent des circulations d'eaux de nature karstique établies au sein des faciès calcaires du Kimméridgien. Généralement ces circulations sont captives sous les faciès marno-calcaires du Kimméridgien supérieur. Elles ne sont drainées en surface que lorsque l'érosion des marno-calcaires met à l'affleurement en fond de vallée le toit des faciès calcaires, ou bien à la faveur de failles ou de zones fracturées qui permettent la remontée de ces eaux captives à travers les formations plus marneuses du Kimméridgien supérieur.

La formation marno-calcaire du Kimméridgien supérieur paraît relativement homogène et suffisamment épaisse vers l'Est dans la région de Cahors pour constituer un écran imperméable au-dessus des écoulements karstiques profonds tels que ceux recoupés sur le forage du Boulvé.

Plus à l'Ouest, entre Puy-l'Evêque et Fumel, le Kimméridgien supérieur est beaucoup moins homogène et des unités calcaires viennent s'intercaler entre les faciès plus marneux (Fig. 15). Lorsque ces unités calcaires affleurent, elles sont soumises à la karstification et sont le siège d'un drainage karstique perché qui admet pour substratum imperméable le toit des unités marneuses. C'est typiquement le cas du Causse de Mauroux - Floressas qui se développe au Sud de Touzac. Si l'érosion recoupe entièrement une unité marneuse, les écoulements superficiels sont alors en mesure d'alimenter d'autres circulations karstiques établies dans les unités calcaires sous-jacentes.

Dans tout ce secteur, nous sommes donc en mesure de rencontrer à la fois des exutoires drainant des circulations karstiques relativement superficielles établies dans le Kimméridgien inférieur et d'autres drainant des circulations karstiques plus profondes intéressant l'aquifère du jurassique moyen et supérieur.



4– SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE

4.1 – CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERAL

4.1.1 – l'aquifère régional du jurassique moyen et supérieur

Il était communément admis que l'ensemble des formations carbonatées du Jurassique moyen et supérieur constituait un seul et unique aquifère régional admettant pour substratum imperméable les marnes du Toarcien, et pour toit les marno-calcaires de Kimméridgien supérieur. Cependant la récente synthèse hydrogéologique réalisée dans le cadre de l'étude prospective sur la gestion des nappes du Secondaire en Agenais-Périgord ([Rapport BRGM/RP-56419-FR, 2008](#)) a conduit à subdiviser cet ensemble en trois sous-ensembles aquifères pouvant, suivant les contextes locaux, être ou non séparés par des horizons plus argileux jouant le rôle d'écran imperméable.

Il s'agit de bas en haut de la succession suivante ([Fig.12](#)) :

- l'aquifère de l'Aalénien et du Bajocien (30 à 170 m)
- les marno-calcaires imperméables du Bathonien inférieur (20 à 25 m)
- l'aquifère du Bathonien, Callovien et Oxfordien (100 à 450 m)
- les marnes imperméables de l'Oxfordien supérieur
- le Kimméridgien inférieur (50 à 210 m)

Ce pendant dans le secteur étudié, le faciès marneux de l'Oxfordien supérieur n'existe pas et il y a donc une continuité hydraulique entre les aquifères du Kimméridgien inférieur, du Callovo-Oxfordien et du Bathonien. Par contre l'horizon imperméable du Bathonien inférieur est bien présent et sépare les aquifères du Bajocien et du Bathonien.

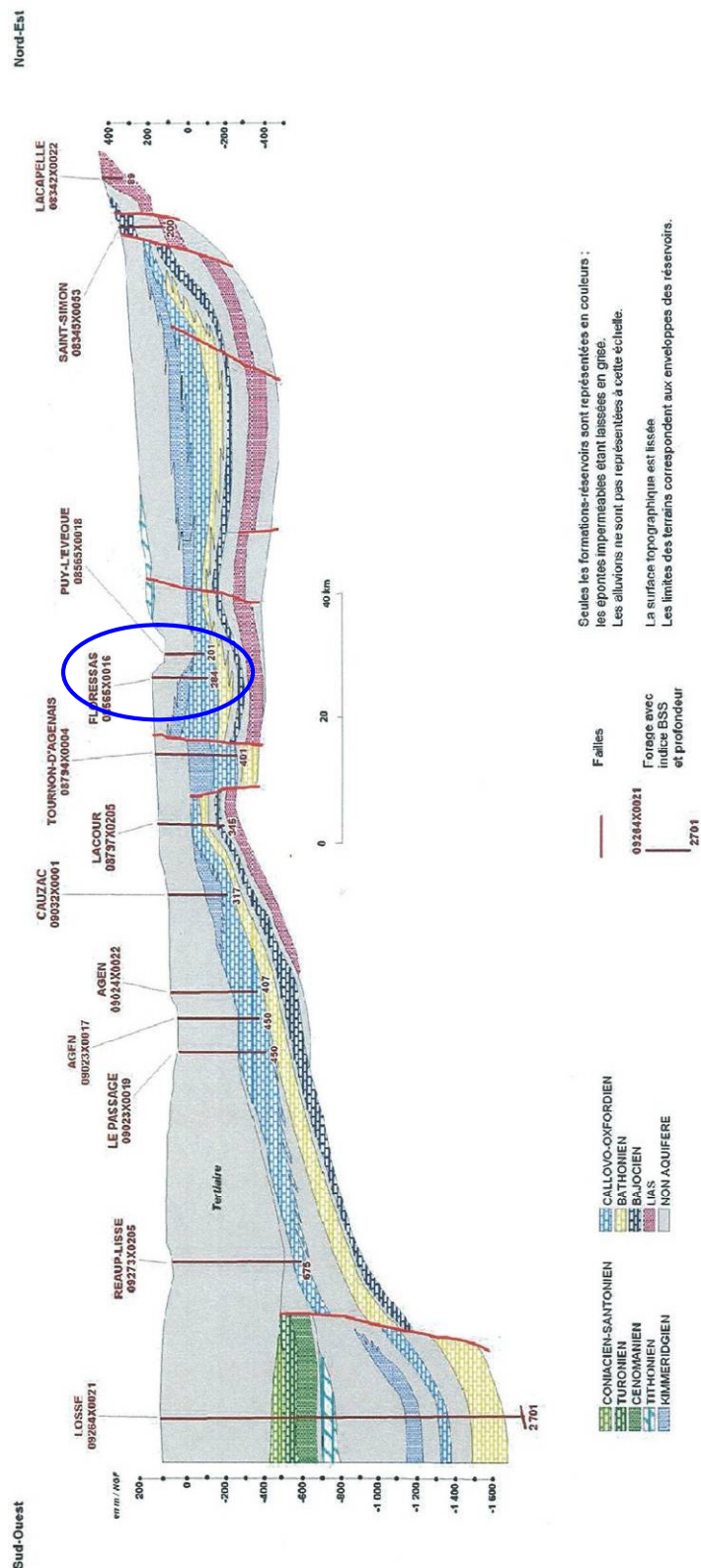
De plus sur les différentes coupes géologiques schématisées établies par le BRGM, il n'apparaît pas de discontinuité majeure qui conduisent à définir des compartiments séparés au sein de l'aquifère. Il ya donc bien continuité hydraulique entre les affleurements du jurassique moyen et supérieur à l'Est et ces mêmes formations enfouies vers l'Ouest sous les formations tertiaires du centre du bassin aquitain ([Fig. 16](#)).

Cet aquifère est drainé par de nombreuses émergences karstiques jaillissant en bordure ou au fond des vallées entaillant le plateau calcaire des causses du Quercy (Dordogne, Ouyse, Célé, Lot, Aveyron...). En aval de Cahors, dans la vallée du Lot l'aquifère est drainé par un nombre réduit d'exutoires du fait de la présence des marno-calcaires du Kimméridgien supérieur qui rend l'aquifère captif.

Une piézométrie générale d'avril 2007 réalisée à l'échelle de l'ensemble de l'aquifère jurassique principal (Bathonien et Callovo-Oxfordien) montre que les écoulements sont dirigés d'Est en Ouest dans la vallée du Lot entre Cahors et Fumel ([Rapport BRGM/RP-56419-FR, 2008](#)). La charge de l'aquifère au niveau des sources du Soturac-Touzac s'établit aux environ de 65 m NGF conformément aux observations faites sur place ([Fig. 17](#)).

Figure 16 : Coupe géologique schématique NW-SE à travers le bassin aquitain
(source : Rapport BRGM/RP-56419-FR, 2008)

Secteur étudié



4.1.2 – les émergences connues drainant l'aquifère jurassique

Les principaux exutoires assurant le drainage de l'aquifère du jurassique moyen et supérieur et recensés dans la vallée du Lot sont, successivement vers l'aval à partir de Cahors, les suivants :

- la Fontaine des Chartreux à Cahors associée à la faille de Cahors
- les sources de Saint Vincent-Rive d'Olt associées à la faille de Luzech
- la source du Port-de-Vire à Vire-sur-Lot
- les sources bleues de Touzac et Soturac associées à une zone fracturée
- la source de Bouyssac à Mauroux
- les sources de Lenclo à Mauroux
- la source de Gaillardel à Fumel

En aval de Fumel les terrains du Jurassique n'affleurent plus et sont définitivement recouverts par les dépôts crétacés et tertiaires occupant le centre du bassin aquitain. Ainsi le secteur étudié constitue-t-il la dernière zone possible de vidange de l'aquifère jurassique.

Un autre exutoire est connu plus au Sud sur la commune du Boulvé, c'est la source de Banudel alimentée par des arrivées d'eau profondes. Le récent forage artésien foré à côté de cette source a effectivement recoupé des circulations karstiques à plus de 150 m de profondeur (cf. § 3.2.3). Les essais de pompage et les données hydrochimiques confirment l'alimentation par l'intermédiaire de fractures de cette source par les arrivées d'eau profondes reconnues en forage.

Compte-tenu du contexte géologique, l'aquifère du Jurassique est un aquifère libre jusqu'en aval de Cahors, il devient semi-captif entre Cahors et Fumel en bordure de la vallée du Lot. Il est captif au Nord sous la couverture crétacée, ainsi qu'à l'Ouest et au Sud sous la couverture molassique de l'Agenais.

4.1.3 – les affleurements ponctuels de calcaires jurassiques

A l'examen des cartes géologiques à 1/50000 de Puy-l'Evêque, Fumel, Moncuq et Penne-d'Agenais, on constate à plusieurs reprises que l'érosion associée parfois à des flexures ou des rejets de faille a permis le décapage des formations marno-calcaires et laisse par endroits affleurer les calcaires aquifères du Kimméridgien inférieur :

- c'est le cas notamment dans la vallée du Lot au niveau des boucles de Luzech, d'Albas et de Grézels ;
- au Sud du Lot dans le fond des vallées affluentes : le ruisseau de Payrols au Sud-Est d'Albas, l'amont des ruisseaux de Bondon et Landorre à Cambayrac, l'amont des ruisseaux de Lissourgues et Baudenque au Sud de Carnac-Rouffiac, la vallée sèche de Méoure débouchant à l'Ouest de la boucle de Grézels et l'amont de la vallée de la Riviérette à l'Est de Tournon d'Agenais.
- au Nord du Lot, à la faveur d'une ride anticlinale secondaire, le Jurassique supérieur affleure aussi au fond de la vallée de la Thèze en aval de Saint Martin-le-Redon, puis encore plus au Nord-Ouest, dans la vallée de la Lémance entre Sauveterre-la-Lémance et Cuzorn.

Tous ces pointements de calcaires jurassiques peuvent constituer à la fois des zones privilégiées de pertes alimentant l'aquifère ou bien encore des zones de décharge de la nappe en période de hautes eaux.

De telles pertes sont bien connues dans les vallées de la Rivière et de la Thèze et ont fait l'objet de traçages (cf. § 4.4).

La différence entre la lame d'eau fournie pour la pluie efficace et celle écoulee sur la Lémance à la station hydrométrique de Cuzorn, n'est pas apparue significative pour en conclure l'existence de pertes alimentant l'aquifère jurassique (BRGM 84AGI376MPY, 1984)

Le Lissourgues paraît avoir un écoulement permanent bien qu'aucune émergence ne soit répertoriée dans sa vallée. Ce cours d'eau n'a apparemment pas fait l'objet de jaugeages sérieux susceptibles de mettre en évidence des pertes vers l'aquifère jurassique.

A noter enfin que quelques zones d'affleurement du Jurassique (Callovo-Oxfordien) sont indiquées plus au Sud au fond de certaines vallées recoupant toute la série molassique : vallées amont du Verdanson et du Barguelonne (carte géologique de Montcuq).

4.2 – ENSEIGNEMENTS TIRES DU SUIVI PIEZOMETRIQUE DES SOURCES BLEUES

Les sources bleues de Touzac et Soturac ont fait l'objet d'un suivi précis de niveau d'eau comparativement avec celui du Lot à plusieurs reprises en 1975 (Rapport C.H. 75/30) et plus particulièrement entre octobre 1981 et février 1983 (BRGM 84AGI376MPY, 1984). Ces suivis ont débouché sur la mise au point d'une formule de calcul du débit de trop-plein des sources alimentant directement le Lot à partir de la différence de charge entre la vasque de Touzac et le Lot (cf. § 2.2.3 et annexe 3).

Depuis le captage de la source de Soturac, un dispositif de suivi en continu des niveaux dans les puits de captage et sur le Lot a été mis en place de façon à connaître en permanence quelle est la différence de charge entre les forages et le Lot et à veiller à ce que les pompes ne viennent inverser la différence de charge naturelle entre la source et le Lot. Ce paramètre est un outil de gestion indispensable pour la production du captage, les pompes ne devant pas inverser la différence de charge et favoriser ainsi l'appel d'eau du Lot vers la ressource karstique captée.

Selon AQUARESO qui assure la gestion du captage, le niveau dans les forages lorsqu'ils sont en pompage est, en régime normal, toujours en charge par rapport au Lot d'environ 70 cm. Cette différence est réduite à une douzaine de centimètres en période de hautes eaux lorsqu'une crue brusque du Lot survient. A ce jour, aucune inversion de charge a été constatée.

Le suivi des niveaux mis en place par EGS à partir 1996 met en évidence sur la période d'octobre 1996 à décembre 1997 une différence de charge maximale oscillant autour de 90 ± 10 cm et une charge minimale d'une quinzaine de centimètres correspondant à une forte crue du Lot (annexe 6).

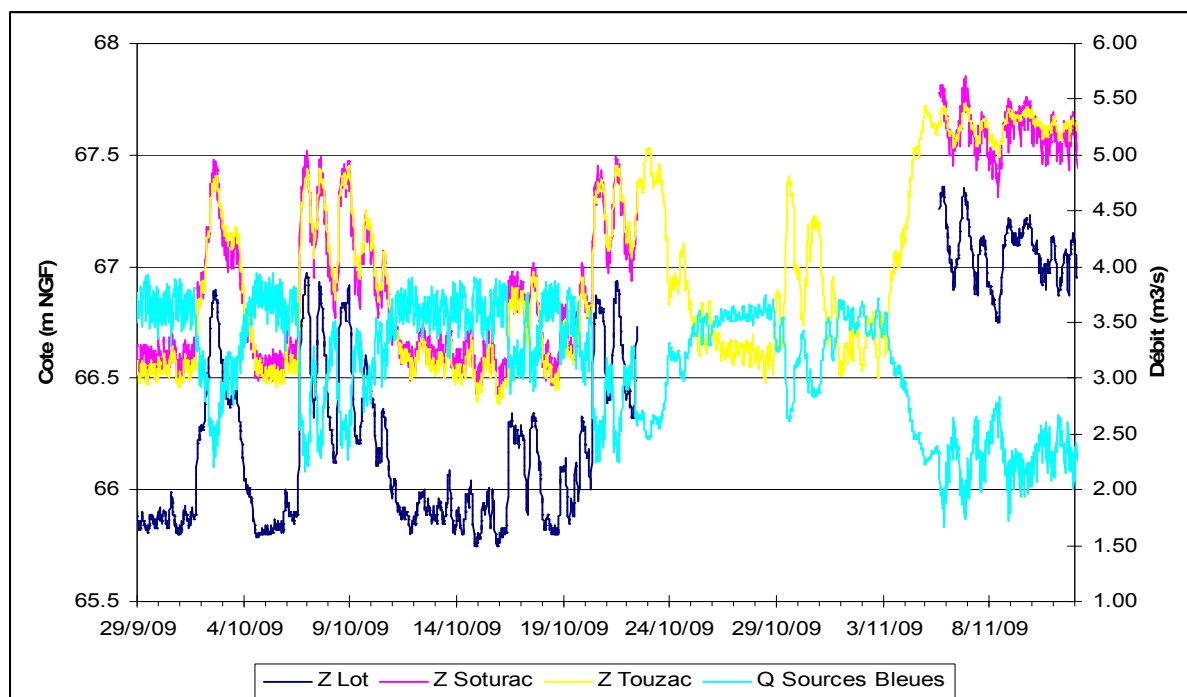
A l'occasion d'une opération de traçages à l'automne 2009 un limnigraphe a été temporairement installé sur la vasque de Touzac afin d'apprécier le débit des sources au moment de la restitution des traceurs entre le 23/10/09 et le 6/11/09 (Rapport Calligée N09-46052). L'analyse des enregistrements de niveau et de débit obtenus (Fig. 17), permet de faire le constat suivant :

- les variations piézométriques dans le drain qui alimente les deux sources sont parfaitement corrélées avec les variations du Lot ;
- à quelques centimètres près les cotes des niveaux d'eau dans les puits de captage et dans la vasque de Touzac sont identiques ;

- le niveau d'eau des sources est toujours supérieur à celui du Lot. La différence de cote est de 85 cm à 1 m pour un niveau bas du Lot (< 66 m NGF) et descend entre 50 et 60 cm lorsque le niveau du Lot remonte d'environ 1 m ;
- l'évolution du débit des sources est inversement proportionnelle au niveau du Lot. Il chute d'environ 1 m³/s lorsque le niveau du Lot remonte de 1 m (entre 66 et 67 m NGF).

On constate donc que les variations de charge du Lot se transmettent instantanément aux sources et que c'est la pression hydrostatique exercée par la rivière qui commande le débit des sources. Toute augmentation de niveau du Lot induit des pertes de charge supplémentaires sur le bouchon sableux qui obstrue partiellement l'exhaure des eaux karstiques et réduit d'autant le débit. A l'opposé, les observations faites entre 1981 et 1983 montrent que lorsqu'en étiage se produit une brusque baisse du Lot, le débit d'exhaure des sources augmente. Dans ce contexte, la charge du Lot sur le bouchon sableux diminue et l'évacuation des eaux du karst à travers le sable est facilitée.

Figure 17 : Evolution des niveaux d'eau sur les Sources Bleues de Touzac et Soturac, le Lot et évolution des débits calculés du système des Sources Bleues



Les débits d'exhaure des sources de Soturac-Touzac au cours d'une période couvrant plus d'un cycle hydrologique (octobre 1981 à février 2003) fluctuent très peu : entre 2,1 et 3 m³/s, soit un coefficient de variabilité très faible pour un exutoire karstique : seulement 1,4. C'est le signe que ces sources drainent un système karstique très inertiel.

L'absence de véritables pics de crues suggère qu'il existe sur ce système des mécanismes de trop plein permettant sa vidange en période de hautes eaux. Des exutoires proches comme ceux des sources de Bouillac et de Lenclo plus à l'Ouest qui présentent des variations de débits plus importantes, peuvent contribuer à exercer ce rôle de trop-plein à l'échelle de l'aquifère jurassique. Un autre phénomène peut aussi favoriser l'écèlement des crues, c'est le drainage du karst en hautes eaux par les vallées affluentes du Lot qui ne sont le siège d'écoulements continus jusqu'au Lot qu'en période de hautes eaux.

Signalons enfin qu'il a été observé en 1975 sur la vasque du Touzac, en période de crue du Lot, des intermittences ([annexe 3](#)). Ce genre de phénomène hydraulique ne s'observe que sur des exutoires de type karstique.

4.3 – ENSEIGNEMENTS TIRES DU SUIVI HYDROCHIMIQUE DES SOURCES BLEUES

4.3.1 – Indications d'ordre général

Les premières mesures de conductivité réalisées sur les sources de Touzac et Soturac entre 1981 et 1984 indiquaient des valeurs comprises entre 360 et 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Soturac contre 368 à 425 à Touzac ([Rapport BRGM, 1984](#)). Les valeurs mesurées à Soturac étaient toujours inférieures ou égales à celles de Touzac, ce qui traduisait un léger mélange des eaux prélevées dans la vasque de Soturac avec les eaux moins minéralisées du Lot. C'est d'ailleurs ce constat qui a conduit à renoncer à implanter le captage directement dans la vasque Soturac, pour préférer un captage par forage plus en amont.

L'étude hydrochimique conduite en 1984 sur les sources de Soturac et Touzac comparativement à celle du Lot et des sources voisines de Lenclo et de Bouyssac, mettaient déjà en évidence pour Soturac-Tourac des caractéristiques hydrochimiques hybrides entre celles de l'ensemble Lenclo-Bouyssac d'un côté et du Lot d'un autre côté, notamment à partir de l'analyse des paramètres suivants : carbonates, nitrates et zinc. Les mesures d'oxygène dissous indiquent plutôt des eaux plus pauvres en oxygène à Soturac-Touzac qu'à Lenclo et Bouyssac qui indiquent une eau d'origine plus profondes.

Les informations plus récentes obtenues dans le cadre du suivi de la qualité des eaux tant souterraines (banque de données ADES) que de surface pour le Lot (SIE de l'Agence de l'Eau Adour Garonne) viennent confirmer et compléter le premier constat dressé en 1984. Il est en effet possible d'établir un tableau comparatif de certains paramètres hydrochimiques caractéristiques qui permet de faire une distinction entre les différents exutoires de l'aquifère jurassique faisant l'objet d'un suivi régulier. De plus il existe en amont de Touzac, une station de suivi de la qualité des eaux du Lot à Pescadoires (station 5088400) dont les données peuvent être comparées avec celles des eaux souterraines ([Tab. 2](#)).

Tableau 2 : Comparaison de certains paramètres hydrochimiques mesurés sur les exutoires de l'aquifère jurassique et sur le Lot

Paramètre hydrochimique	Captage de Soturac (Soturac)	Captage de Lenclo (Mauroux)	Forage du Bru (Vire / Lot)	Source de Banudel (Boulvé)	Captage de Moulin Lavit (Boulvé)	Fontaine des Chartreux (Cahors)	Lot à Pescadoires (Pescadoires)
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	332 à 522 421 (122)	651 à 690 664 (24)	536 à 643 607 (17)	521 à 524 522 (2)	455 à 559 510 (74)	372 à 626 521 (130)	129 à 344 223 (120)
Température ($^{\circ}\text{C}$)	12.4 à 18.1 15.2 (122)	7.6 à 17.2 14.0 (24)	8.0 à 16.2 13.8 (21)	12.0 à 18.0 15.9 (8)	12.0 à 20.0 17.4 (74)	12.0 à 16.6 14.1 (144)	Forte amplitude
Nitrates (mg/l)	0.02 à 12.0 8,0 (122)	0.01 à 64.2 22.8 (29)	12.0 à 21.8 14.1 (23)	6.2 à 9.8 7.6 (10)	3.0 à 14.0 4.3 (74)	4.3 à 20.0 9.9 (151)	2,0 à 10,0 6,4 (30 ans)
Sulfates (mg/l)	6.9 à 12.0 8.8 (122)	7.4 à 22.4 10.0 (28)	13 à 28.5 17.2 (23)	2.5 à 7.9 4.6 (10)	3.0 à 14.0 4.3 (74)	5.7 à 19.0 8.7 (151)	5.7 à 15.9 11.6 (19)
Zinc ($\mu\text{g}/\text{l}$)	0.01 à 40.0 11.3 (15)	10 à 20 11.6 (10)	10 à 20 11.8 (7)	10 à 20 12.1 (6)	0.01 à 130 17.5 (16)	0.01 à 150 14.9 (28)	20 à 54 25 (50)

(première ligne = amplitude de variation sur l'étendue de la chronique disponible ; seconde ligne : chiffre en gras = valeur moyenne, chiffre entre parenthèses = nombre de mesures ou durée de la chronique)

De l'analyse des données de ce tableau, il ressort les éléments suivants :

- la source de Soturac et la Fontaine des Chartreux présentent une forte amplitude de variation de la conductivité, avec un minimum très bas comparativement aux valeurs des autres points captant l'aquifère du Jurassique. La conductivité moyenne des eaux de l'aquifère jurassique s'établit en effet à des valeurs bien supérieures. Ces valeurs minimales sont plus proches des valeurs rencontrées sur le Lot. Elles traduisent une participation du Lot à l'alimentation du captage de Soturac, tout comme la Fontaine des Chartreux à Cahors où le Lot alimente le système karstique bien en amont du point d'émergence à partir de pertes situées dans la région d'Arcambal.
- le minimum et la moyenne des températures observées à Soturac sont élevés comparativement aux autres exutoires proches drainant l'aquifère jurassique comme ceux de Lenclo ou du forage de Bru. C'est la signature d'une participation d'eaux plus chaudes contribuant à l'alimentation du captage, donc d'eaux issues de circulations profondes au sein de l'aquifère jurassique.
- les exutoires de Lenclo et de Bru sont caractérisés par des teneurs maximales et moyennes en nitrates nettement plus élevées qu'à Soturac, aux Chartreux ou à Banudel, traduisant en cela l'alimentation de ces exutoires par des circulations plus superficielles marquées par des apports anthropiques d'origine vraisemblablement agricole.
- des teneurs plus fortes en sulfates caractérisent aussi les exutoires de Lenclo et de Bru. L'origine de ces sulfates est sans doute à rechercher dans les horizons marneux du Kimméridgien supérieur. Elle explique en partie les fortes conductivités observées sur ces deux captages. On ne retrouve pas cette signature à Soturac, ni à Banudel.
- enfin les teneurs en Zinc ne peuvent pas être utilisées ici pour mettre en évidence une alimentation de Soturac à partir du Lot comme cela a été évoqué par le passé dans une note de la DDAF du Lot suite à une campagne de prélèvements réalisés le 27 février 1996. En effet d'une part la source de production du Zinc (traitement de minerais à Decazeville) transporté par les eaux du Lot a cessé entre temps, et le suivi du Lot à Pescadoires n'a débuté qu'à partir de 2002. D'autre part, des teneurs importantes en Zinc sont mises en évidence sur des exutoires qui ne peuvent pas avoir de relation avec le Lot : Banudel et Moulin Lavit ([Tab. 2](#)).

Le forage réalisé à côté de la source de Banudel capte des circulations profondes au sein du Jurassique, lesquelles participent à l'alimentation de la source ([Rapport ANTEA, 2006](#)). Les diagraphies de conductivité et de température réalisées sur la colonne d'eau du forage jusqu'à 260 m de profondeur indiquent que les eaux profondes de l'aquifère jurassique ont des conductivités comprises entre 495 et 515 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et des températures de 18 à 20 °C ([annexe 6](#)). Ces valeurs s'apparentent aux valeurs maximales de température et de conductivité observées à Soturac.

Ajoutons que préalablement à la réalisation de ce forage des analyses hydrochimiques plus poussées avec datations isotopiques avaient été réalisées en 2003 sur la source de Banudel. Elles concluaient à l'alimentation de cette source par des arrivées d'eau profondes et anciennes ([Rapport BRGM, 2004](#)), lesquelles ont par la suite été recoupées par le forage à partir de 150 m de profondeur.

4.3.2 – Indications fournies par le suivi en continu mis en place à Soturac

A partir d'octobre 1996, les eaux brutes pompées à Soturac font l'objet d'un suivi en continu de la conductivité, de la température et de la turbidité, par la mise en place de sondes de mesure spécifiques sur la conduite de refoulement vers l'usine des eaux. Les mesures réalisées entre 1996 et 2001 sont présentées sous la forme de courbes de variation des paramètres enregistrés mois par mois au regard des fluctuations de niveau d'eau dans les forages et sur le Lot ([Rapports EGS, 1998 à 2001, annexe 6](#)). Ainsi est-il possible d'obtenir des informations sur le fonctionnement du système karstique drainé par les sources de Soturac-Touzac.

► Indications fournies par le suivi de la turbidité :

Les fluctuations de turbidité sont très faibles (entre 1,5 et 4,5 NTU), avec une valeur moyenne proche de 2 NTU, et de courte durée (48 à 72 h). Seulement 35 % des turbidités journalières dépassent sur une année le seuil de 2 NTU et ce pourcentage chute à 7% pour une valeur seuil de 2,5 NTU ([EGS, 1999](#)). Il n'apparaît pas de corrélation nette entre cette turbidité et les niveaux du Lot. Même si des pics notables de turbidité sont observés quelques jours après une brusque montée des eaux du Lot, certains pics apparaissent en l'absence de variation significative des niveaux du Lot.

Ce genre de comportement n'est pas très représentatif d'une émergence karstique qui est identifiée généralement par des pics de turbidité élevés en relation avec des épisodes pluvieux générant des crues.

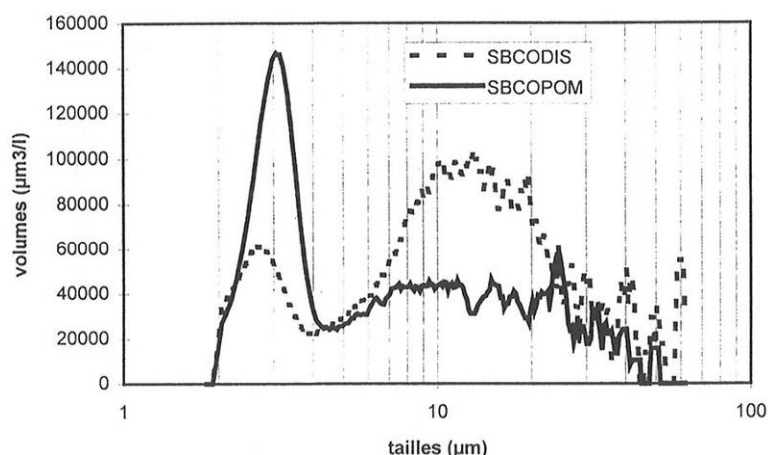
A noter qu'il a été remarqué que les opérations épisodiques de dessablage du fond des puits de pompage, au moyen du dispositif d'air-lift installé à cet effet, génèrent des pics parasites de turbidité de courte durée.

Une étude comparative fine des particules en suspension contenues dans les eaux brutes pompées et dans les eaux traitées en période basses eaux (14/09/98) et hautes eaux (29/03/99) montre que la taille des particules en suspension diffère entre les deux types d'eau prélevée ([Fig. 18](#)). Sur les eaux brutes, les particules les plus fréquentes sont de très petite taille ($\approx 4 \mu\text{m}$) et qu'une seconde famille de particule apparaît avec des tailles comprises entre 8 et 25 μm . Sur les eaux traitées mise en distribution, on retrouve ces deux familles, mais ce sont les particules de plus gros diamètre qui sont les plus fréquentes. Les analyses faites sur ces particules au microscope électronique à balayage (MEB) montrent que la composition des particules reste la même qu'il s'agisse d'eau brute ou d'eau traitée. La seule différence provient d'une agrégation, sous l'influence du traitement appliqué (ozonation), des particules fines présentes dans les eaux brutes pour constituer dans les eaux traitées des particules plus grosses composées d'oxydes et d'hydroxydes métalliques et de carbonates probablement précipités. Que l'on soit en conditions de basses eaux ou de hautes eaux le constat est le même.

Ainsi le traitement des eaux de l'époque était-il à l'origine d'une turbidité additionnelle avec des valeurs passant de 1,3 à 2,9 NTU entre l'échantillon d'eau brute et l'échantillon d'eau traitée. La modification de la filière de traitement à partir de 2007 a changé cette situation.

Notons enfin que sur les échantillons passés au MEB, des diatomées ont été observées, ce qui indique la contribution d'eaux superficielles à l'alimentation de la ressource en eau captée à Soturac. En effet ces organismes ne se développent pas dans le milieu souterrain, mais dans les cours d'eau.

Figure 18 : Granulométrie comparée des particules en suspension dans les eaux brutes et les eaux traitées de la source.
(trait plein = eau brute – trait discontinu = eau traitée)



► Indications fournies par le suivi de la conductivité :

L'évolution de la conductivité ne présente pas de fluctuations brutales (souvent caractéristiques des exutoires karstiques), mais des variations amples et structurées. On observe des variations saisonnières, mais pas de variations à court terme. Outre les faibles valeurs de la conductivité déjà évoquées, les fluctuations annuelles sont de faible amplitude (autour de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$), par exemple :

- entre 350 et 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le cycle hydrologique 1996-1997, soit 75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ d'amplitude
- entre 350 et 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le cycle hydrologique 1998-1999, soit 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ d'amplitude

Les conductivités les plus fortes apparaissent en période de hautes eaux et les plus faibles en basses eaux. C'est la situation inverse que l'on rencontre habituellement sur un exutoire karstique, les eaux à plus long temps de séjour (donc les plus minéralisées) étant observées en étiage et les eaux peu minéralisées, à transit plus rapide, en période de hautes eaux.

Consécutivement à une brusque montée des eaux du Lot, il est fréquent d'observer un pic de conductivité dans les 10 à 15 jours qui suivent le pic de crue. Mais tous les pics de conductivité ne sont pas pour autant associés au passage antérieur d'une crue du Lot.

Tout se passe comme si les épisodes de recharge déplaçaient vers l'exutoire de Soturac des eaux à temps de séjour élevé, alors qu'en période de basses eaux l'arrivée d'eau moins minéralisée traduit la sortie d'une eau à temps de séjour plus court dont les valeurs de conductivité s'approchent de celles observées sur le Lot.

► Indications fournies par le suivi de la température :

Les données de températures ne sont pas mesurées directement dans la colonne d'eau des puits de pompage, mais sur la colonne de refoulement des eaux pompées. Il en découle que les mesures sont influencées par les températures de l'air extérieur :

- les chroniques brutes doivent être filtrées pour éliminer les variations journalières enregistrées ;
- les variations saisonnières se calent parfaitement sur les variations saisonnières de la température de l'air, avec des minima en janvier-février et des maxima en juillet-août.

Indépendamment de cet artéfact, la température moyenne annuelle de l'eau reste supérieure à celle de l'air (qui est autour de 12°C) et dénote l'arrivée à la source de Soturac d'une eau plus chaude traduisant une alimentation par des circulations d'eau profondes. La gamme de variation des températures sur un cycle hydrologique oscille entre 14 et 16,5 °C. Ces valeurs restent toutefois inférieures à celle observées sur le forage de Banudel (> 18 °C) qui est alimenté par des venues d'eau interceptées vers 150 m de profondeur ([annexe 6](#)). Sur la base d'un gradient géothermique moyen de 1°C pour 30 m de profondeur et d'une température moyenne des alimentations de l'ensemble Soturac-Touzac de l'ordre de 15°C, les écoulements souterrains de Soturac chemineraient plutôt vers une profondeur d'environ 90 m avant de remonter le long d'une zone fracturée pour se déverser dans le Lot.

4.3.3 – Indications fournies par le suivi au moment d'une crue du Lot en 2003

Dans une note de décembre 2003 coproduite par la DDAF et le Conseil Général du Lot sont présentées les fluctuations de turbidité, conductivité, température et niveau d'eau des eaux de la source de Soturac à l'occasion d'une importante crue du Lot survenue le 5 décembre suite à des précipitations abondantes qui sont tombées à partir de fin novembre et ont mis fin à l'étiage ([Fig. 19](#)).

Les enregistrements de niveau d'eau effectués tant sur le Lot que sur le puits de pompage de Soturac montrent que la crue mettant fin à l'étiage a débuté à partir du 25 novembre 2003 avec l'observation d'un petit pic de crue le 28 novembre à la mi-journée, suivi d'un pic majeur de crue au cours des journées des 4 et 5 décembre.

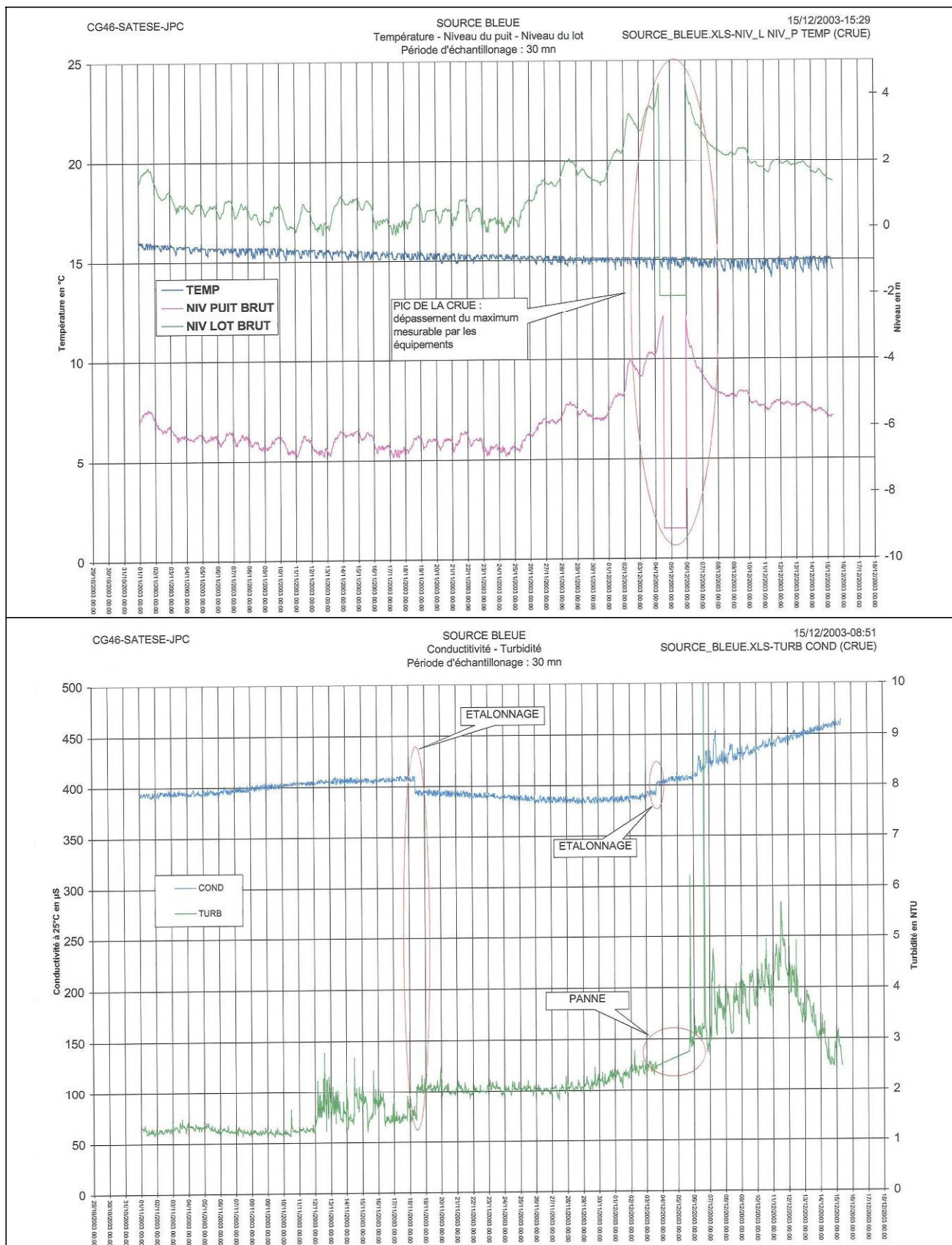
Sur la chronique d'observation disponible (du 1^{er} novembre au 15 décembre), la température de l'eau baisse régulièrement de 1°C en passant de 16 à 15°C, sans que cette évolution ne soit perturbée par le passage de la crue.

La turbidité de l'eau commence à légèrement augmenter 3 à 4 jours après le début de la crue. Cette évolution se poursuit durant toute la montée de la crue pour atteindre 2,7 NTU au moment du pic de crue. A partir de ce moment l'accroissement global du signal de turbidité augmente jusqu'à atteindre un pic moyen aux alentours de 4,5 NTU au bout de 6,5 jours après le passage de la pointe de crue. Ensuite la turbidité redescend assez rapidement, à raison d'environ 0,5 NTU par jour.

L'évolution de la conductivité de l'eau n'évolue pas dans la première phase de la montée de crue : elle continue de diminuer sensiblement pour atteindre des valeurs de 390 à 385 µS/cm. Ce n'est que 7 jours après le début de la montée de crue (et 3 jours avant le pic principal de crue) que la conductivité commence à augmenter régulièrement pour arriver à 460 µS/cm en fin de chronique d'observation, soit le 15 décembre 2003, 10 jours après le passage de la pointe de crue.

Ainsi on constate d'une part que la crue n'a aucune incidence sur les variations de température, et d'autre part que les variations de niveau du Lot (induisant des variations synchrones sur le puits de pompage) n'ont pas d'incidences synchrones sur l'évolution de la turbidité ou de la conductivité. Cependant les fluctuations hydrauliques du Lot sont à l'origine de fluctuations différées dans le temps de la turbidité et de la conductivité.

Figure 19 : Suivi continu des niveaux d'eau et des paramètres hydrochimiques à Soturac lors de la crue du Lot du 5 décembre 2003



L'interprétation que nous faisons de cette évolution est la suivante :

- l'eau qui parvient à l'exutoire conserve une origine profonde puisque la température reste à des valeurs bien supérieures à celles de la température moyenne de l'air des mois de novembre et décembre (respectivement 8,4 et 6,2 °C en moyenne à Gourdon entre 1971 et 2000, Météo-France). La faible baisse constatée durant la période d'observation résulte de l'influence des fluctuations saisonnières de température de l'air sur la conduite de refoulement des eaux pompées (cf. § 4.3.2 ci-dessus). Ainsi la signature d'un apport d'eau froide superficielle en provenance du Lot, auquel on aurait pu s'attendre en raison de la crue, n'est pas perceptible. Si une telle eau participe à l'alimentation de la source, ce qui est très probable compte tenu des valeurs de conductivité mesurées, elle doit donc nécessairement transiter par des écoulements situés à une profondeur suffisante pour se réchauffer et se mettre à l'équilibre thermique avec les eaux transitant en profondeur dans l'aquifère jurassique.
- l'augmentation régulière de la conductivité au cours de la crue et après celle-ci, indique qu'il parvient à l'exutoire de Soturac une eau plus minéralisée, donc à temps de séjour dans l'aquifère plus long. Tout se passe comme si la crue favorisait le déplacement vers l'exutoire d'une eau stockée dans les réserves de l'aquifère, ou *a contrario* faisait obstacle à l'arrivée d'eaux moins minéralisées en provenance d'écoulements superficiels (Lot ou autres cours d'eau).
- l'interprétation du signal de turbidité reste plus délicate à interpréter. On notera toutefois que les turbidités mesurées demeurent modestes au regard de ce qui est classiquement observé sur une émergence karstique en période de crue. L'apparition de cette turbidité est retardée de 3 à 4 jours par rapport à l'onde de crue et avancée par rapport à l'apparition d'une eau plus minéralisée. Il semble que la crue provoque un effet de chasse de l'eau contenue dans les réserves de l'aquifère karstique jurassique. L'onde de crue provoquée par la recharge générale de l'aquifère n'est pas perceptible à Soturac du fait que les variations mesurées au captage sont très fortement sous la dépendance de celles du Lot. On peut supposer que celle-ci soit déphasée de quelques jours par rapport aux précipitations à l'origine de la crue du Lot et que c'est à l'arrivée de celle-ci que les fines particules sédimentées dans les conduits karstiques sont remises en suspensions. De même l'effet de chasse d'eau issue des réserves du karst peut s'accompagner d'une remise en suspension des particules sédimentées dans les conduits qui sont assez communément obstrués en partie par des dépôts sablo-argileux hérités de phases anciennes de karstification (Astruc, 1988). Toutefois cette turbidité reste assez fugace à l'échelle du cycle hydrologique puisqu'elle diminue assez rapidement une fois la crue passée.

4.3.4 – Indications fournies par un suivi hydrochimique mensuel à Soturac

Entre mai 1998 et avril 1999, des prélèvements mensuels synchrones ont été réalisés sur le puits de pompage n°2 de la source de Soturac et sur le Lot juste en amont du pont de Touzac.

Les variations des paramètres hydrochimiques dosés sur les eaux de la source de Soturac n'apportent pas d'éléments nouveaux par rapport aux données du suivi en continu. On constate globalement les mêmes variations saisonnières que celles fournies par le suivi de la conductivité : variations lentes et de faible amplitude avec l'apparition des plus fortes valeurs généralement en fin de période de hautes eaux.

L'intérêt de cette approche réside surtout dans la comparaison avec les résultats des dosages des mêmes éléments réalisés sur les eaux du Lot ([Tab. 3, annexe 6](#)).

Tableau 3 : Valeurs extrêmes et moyennes des différents paramètres hydrochimiques et bactériologiques mesurés sur une année (entre mai 1998 et avril 1999, 12 mesures) au captage de Soturac et sur le Lot (d'après EGS, 1999)

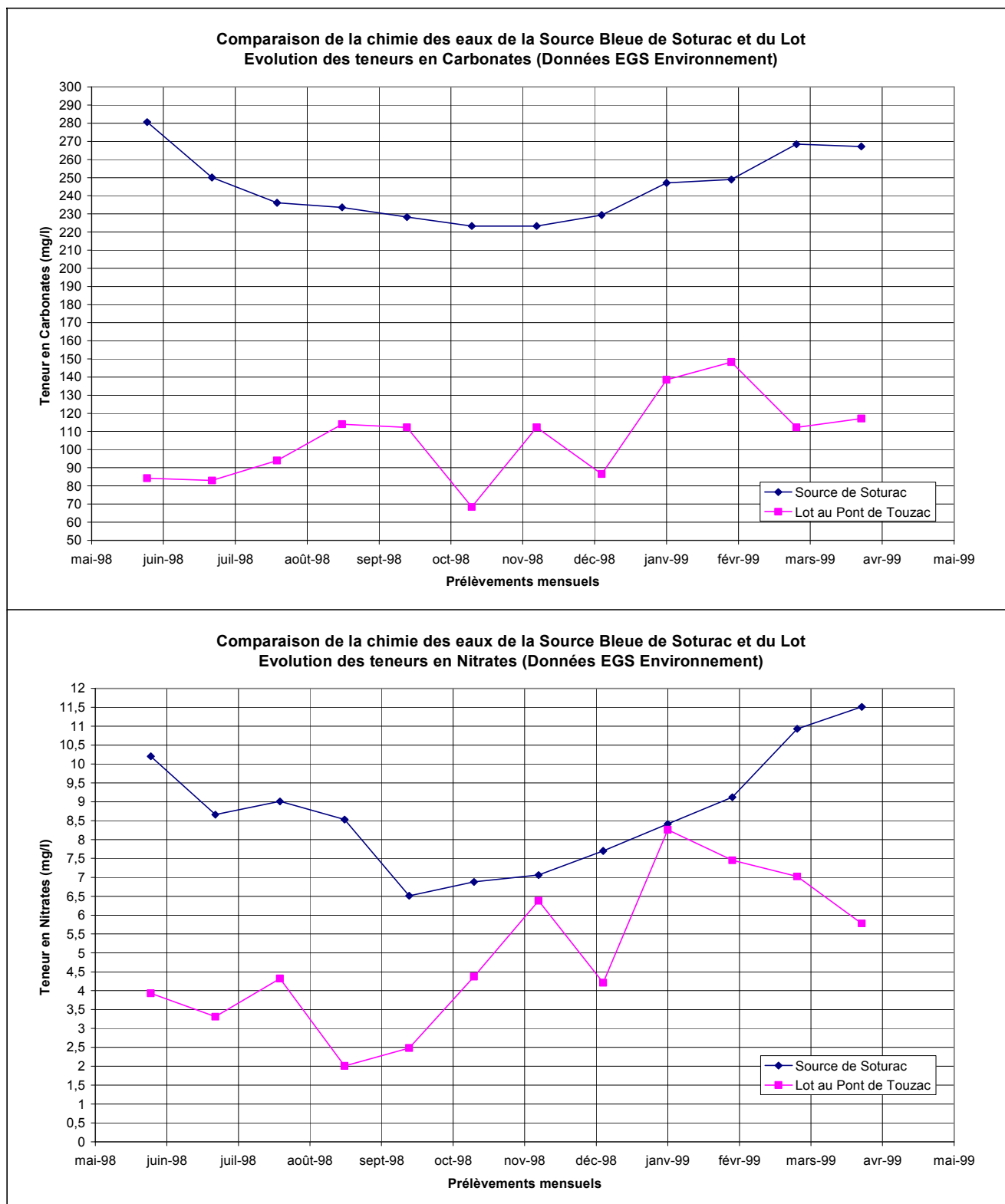
Paramètre dosé (unité)	Soturac			Lot		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
Paramètres hydrochimiques						
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	223.3	244.7	280.6	68.3	105.9	148.3
Cl ⁻ (mg/l)	7.29	7.79	8.30	5.05	5.93	6.93
NO ₃ ⁻ (mg/l)	6.51	8.71	11.51	2.01	4.96	8.26
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.002	0.009	0.016	0.016	0.029	0.043
SO ₄ ⁻⁻ (mg/l)	8.26	9.77	11.67	6.41	9.98	17.85
Ca ⁺⁺ (mg/l)	66.70	77.63	91.40	22.00	32.45	47.50
Na ⁺ (mg/l)	4.20	4.84	5.75	3.60	4.60	5.45
K ⁺ (mg/l)	1.27	1.56	2.50	1.41	2.02	3.40
Mg ⁺⁺ (mg/l)	6.20	7.10	7.98	3.70	4.91	6.15
Mn ⁺⁺ (µg/l)	1.7	7.2	25	1.7	23.7	54
Zn (µg/l)	7.8	63.8	155	14.7	96.4	270.7
Cd (µg/l)	0	3	7			
Paramètres bactériologiques (nombre/100ml)						
Coliformes	0	3	8	80	629	4700
Strepto. Fécaux	0	4	22	24	82	140

Les ions principaux responsables de la minéralisation de l'eau hydrogénocarbonates (HCO₃⁻) et Calcium Ca⁺⁺) ont un comportement analogue à la conductivité de l'eau avec des valeurs minimales en étiage et maximales au moment de la recharge. Les teneurs mesurées sur le captage de Soturac sont toujours supérieures à celles du Lot d'au moins 100 mg/l pour HCO₃⁻ et 30 mg/l pour Ca⁺⁺. Les plus gros écarts sont plutôt observés en fin de période de recharge ou début de période de vidange (avril à juin).

Les chlorures (Cl⁻) et le Magnésium (Mg⁺⁺) ont un comportement s'apparentant beaucoup à celui des précédents ions.

Les nitrates (NO₃⁻) présentent aussi des teneurs supérieures au captage par rapport aux eaux du Lot. Leurs teneurs restent modérées (6,5 à 11,5 mg/l), mais traduisent un apport anthropique de ces ions vraisemblablement en lien avec le lessivage des sols. Les écarts de teneur entre la source et le Lot tendent à se réduire en début de recharge, période au cours de laquelle les eaux du Lot sont les plus chargées en nitrates. L'évolution des teneurs à la source montre que l'apparition de la hausse des teneurs est plus précoce (à partir de septembre) que celle que l'on constate pour les ions HCO₃⁻ et Ca⁺⁺ qui n'intervient que deux mois plus tard ([Fig. 20](#)). Cette différence de comportement, qui demanderait à être vérifiée sur plusieurs cycles hydrologiques, pourrait s'interpréter comme étant la signature d'un apport croissant d'eau du Lot (ou d'autres écoulements superficiels), plus chargée en nitrates, à l'alimentation du captage en tout début de recharge. Par la suite lorsque la recharge se poursuit, un effet de chasse des réserves se traduisant par une augmentation de la minéralisation de l'eau survient et la contribution des eaux du Lot diminue. Cependant, alors que les teneurs en nitrates du Lot diminuent, celles du captage augmentent, ce qui s'explique par un apport de nitrates infiltrés sur le bassin versant participant à l'alimentation du captage.

Figure 20 : Evolution comparative des teneurs en carbonates et en nitrates dans les eaux du captage de Soturac et celles du Lot au cours d'une année



Les teneurs en nitrites du captage restent faibles ($\leq 0,016$ mg/l) et toujours plus faibles que celles mesurées sur le Lot qui peuvent être de 2 à 14 fois plus élevées. On constate une assez bonne corrélation entre les fluctuations des nitrites du Lot et celles du captage ([annexe 6](#)), avec un abattement des teneurs qui oscille au cours de l'année entre 0,013 et 0,027 mg/l.

Les eaux du Lot apparaissent aussi plus chargées en potassium que les eaux du captage de Soturac, même si les écarts demeurent faibles : entre 0,1 à 0,9 mg/l le plus souvent.

On constate aussi sur le Lot des teneurs en Manganèse qui, à deux exceptions près, sont de 3 à 11 fois supérieures à celles observées sur le captage.

Les teneurs en sodium du Lot et du captage restent voisines les unes des autres, leur écart n'excédant pas en valeur absolue 0,8 mg/l.

Pour les sulfates, les eaux du Lot présentent le plus souvent des teneurs sensiblement moins élevées que celles du captage. Cependant des pointes de sulfates nettement supérieures aux teneurs du captage ont été constatées en août, septembre et janvier.

En ce qui concerne les métaux lourds (Zinc et Cadmium), les teneurs du Lot et du captage restent assez proches, avec toutefois quelques pics épisodiques plus marqués sur le Lot en juillet et août pour le Cadmium et en septembre et janvier pour le Zinc.

D'un point de vue bactériologique la qualité des eaux du Lot est passable à médiocre, avec une très forte prolifération bactériologique en été, et une qualité dégradée aussi en période de hautes eaux. A l'opposé, la qualité des eaux brutes du captage de Soturac est bonne, avec une quasi absence de germes en été, la présence de germes un peu plus nombreux en période de recharge et des périodes sans aucun germe décelés dans l'eau ([annexe 6](#)). La quasi absence de contamination bactériologique des eaux captées est la preuve que le transit souterrain des eaux au sein de l'aquifère est suffisamment long pour permettre une épuration satisfaisante des eaux superficielles infiltrées sur le bassin d'alimentation qui sont généralement chargées en germes. Par ailleurs les autres paramètres hydrochimiques tendent à indiquer une participation préférentielle des eaux du Lot à l'alimentation du captage en période d'étiage. L'absence de germes dans les eaux du captage à cette même époque indique donc que ce ne sont pas les eaux du Lot situées à l'amont immédiat de la source bleue de Soturac qui alimentent directement le captage. Ces eaux transitent nécessairement un temps suffisamment long dans l'aquifère jurassique pour qu'elles soient épurées et que les indices de contamination bactériologique disparaissent, ou du moins s'atténuent considérablement.

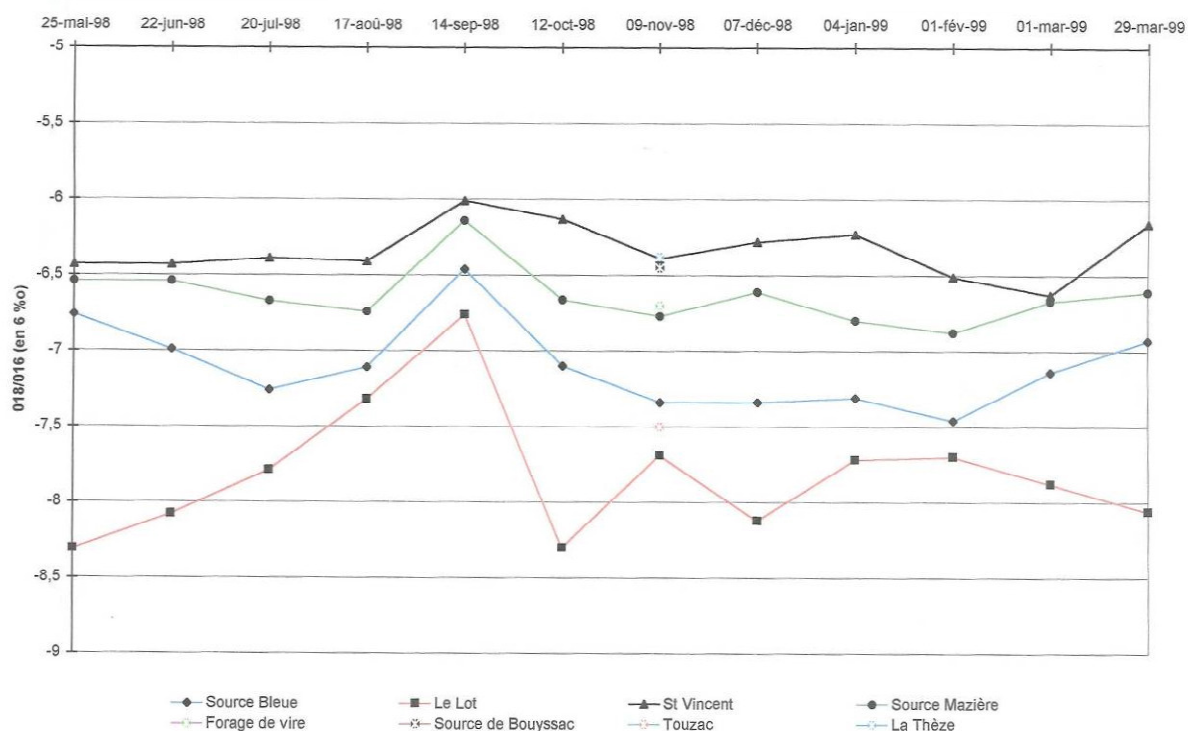
4.3.5 – Résultats de quelques dosages isotopiques

En même temps que les prélèvements mensuels réalisées pour doser les ions majeurs, des prélèvements ont aussi été effectués au pas mensuel entre mai 1998 et mars 1999 sur le captage de Soturac, le Lot et deux autres exutoires karstiques voisins de Soturac, les sources de Saint Vincent Rive d'Olt et de Mazières pour doser les teneurs en ^{18}O , l'isotope stable de l'oxygène dont la teneur dans les eaux de pluie diminue avec l'altitude. Cet isotope est couramment utilisé pour apprécier l'altitude moyenne du bassin d'alimentation d'une source dans les régions à relief contrasté.

Ainsi dans le cas présent, on peut s'attendre à ce que les teneurs en ^{18}O soit plus basses dans les eaux du Lot dont tout le bassin amont est établi dans le Massif Central, que dans celles des sources de la partie ouest du département du Lot, notamment celle de Soturac.

C'est précisément ce que l'on constate (Fig. 21). On remarque également que les deux autres sources proches de Soturac sont caractérisées par des teneurs en ^{18}O plus élevées que celle de Soturac, alors que au contraire on aurait pu s'attendre à ce que leurs teneurs en ^{18}O soit équivalentes à celles mesurées sur Soturac compte tenu d'un relief comparable sur les zones susceptibles de contribuer à l'alimentation des ces trois exutoires relativement proches.

Figure 21 : Variations des teneurs en ^{18}O sur le Lot et les sources de Soturac, de Mazières et de Saint Vincent Rive d'Olt (d'après document EGS, 1999)



En réalité, il n'en est rien. Les teneurs en ^{18}O de la source de Soturac sont intermédiaires entre celles du Lot et des deux autres sources prélevées. Il faut donc en conclure que la source de Soturac a une alimentation duale : d'une part un bassin versant local plus ou moins étendu (qui reste à préciser) et d'autre part un apport d'eaux du Lot appauvries en ^{18}O . Ainsi les dosages isotopiques viennent confirmer ce que laissait déjà supposer l'étude des données hydrochimiques.

De plus en période de hautes eaux, les eaux de Soturac s'enrichissent en ^{18}O et s'écartent des valeurs mesurées sur le Lot. Au contraire en période de basses eaux, se rapprochent des teneurs des eaux du Lot. Ce constat apporte là encore la confirmation que les eaux du Lot participent de façon plus importante à l'alimentation du captage de Soturac en période de basses eaux qu'en période de hautes eaux.

4.4 – ENSEIGNEMENTS TIRES DES TRAÇAGES

4.4.1 – Enseignements sur le bassin d'alimentation

► Evaluation préliminaire du bassin d'alimentation :

L'importance du débit des sources de Soturac-Touzac indique qu'elles sont alimentées par un bassin versant très étendu, mais les limites de ce dernier restent à préciser. Une évaluation de la superficie de l'impluvium a été faite en 1984 ([Etude BRGM – DDAF 46](#)) sur la base d'une étude de bilan hydrique qui a conduit à estimer que la pluie efficace représentait une lame d'eau de 290 mm/an. Compte tenu du calcul de la lame d'eau écoulee pour le système des sources de Soturac-Touzac, la superficie du bassin d'alimentation a ainsi été estimée à 280 km². Toutefois cette estimation constitue une évaluation par défaut de la superficie du bassin d'alimentation des sources. En effet, elle repose sur l'hypothèse que l'intégralité de la pluie efficace s'infiltre pour alimenter le système karstique drainé par les sources de Soturac-Touzac. Or une partie de la pluie efficace ruisselle et est évacuée par les affluents du Lot en période de hautes eaux notamment. Le caractère marneux des formations du Kimméridgien supérieur qui affleurent largement dans le secteur favorise ce ruissellement. C'est d'ailleurs ce ruissellement qui est invoqué pour expliquer l'écrêtement des crues des sources de Soturac-Touzac.

Il faut donc en conclure que la superficie qui contribue à l'alimentation des sources bleues est très probablement supérieure à 300 km². C'est sur la base de l'analyse du contexte hydrogéologique puis au moyen de la réalisation de traçages que cette superficie pourra être précisée.

Les premiers traçages effectués pour apprécier le bassin d'alimentation des sources bleues remontent à 1984. Depuis d'autres opérations de traçage ont été réalisées, les plus récentes remontant à 2009 ([Fig. 22, courbes de restitution en annexe 7](#)).

► Les différents traçages réalisés en rive gauche de la vallée du Lot :

Plusieurs opérations de traçages effectuées à partir de pertes ou de dolines dans les formations du Kimméridgien affleurant au Sud de la boucle de Soturac, sur la commune de Mauroux, ont mis en évidence des circulations souterraines avec les sources karstiques de Bouyssac ou de Lenclio. Le traçage en juin 1984 des pertes totales des écoulements amont la Riviérette dans les calcaires du Kimméridgien inférieur à 7 km au Sud du Lot a prouvé que leur drainage était assuré par les sources de Bouyssac et de Lenclio ([Etude BRGM – DDAF 46](#)).

Plus récemment (mai 2009), le traçage de deux dolines du causse de Floressas a montré que les écoulements souterrains en relation avec la doline de Cap Long étaient drainés par la source de Bouyssac et ceux de la doline de Vayres, située un peu plus à l'Est, par les sources bleues de Soturac-Touzac ([Calligée, rapport T09-46035, 2010](#)). Ces deux traçages permettent donc de placer assez précisément la limite sud-ouest d'alimentation des sources bleues ([Fig. 23](#)). Par contre aucun traçage n'a été réalisé plus vers l'Est en rive gauche du Lot.

► Les différents traçages réalisés en rive droite de la vallée du Lot :

Les études hydrologiques avaient mis en évidence depuis 1984 que la Thèze perdait une partie de son débit entre le Moulin Mignot à Montcabrier et la station hydrométrique de Boussac située plus en aval. Les mesures régulières de cette station ont mis en évidence que la lame d'eau écoulee en ce lieu ne représentait que 45 % de la pluie efficace, ce qui confirme l'existence d'un déficit d'écoulement à l'échelle du bassin topographique de la Thèze.

De ce fait deux traçages ont été réalisés en rive droite du Lot, dans la vallée de la Thèze pour chercher à voir si les pertes de la Thèze participaient ou non à l'alimentation des sources de Soturac-Touzac :

- une première injection de traceur a été réalisée dans un piézomètre spécialement réalisé à cet effet, implanté en bordure de la vallée de la Thèze et descendu à 130 m de profondeur (EGS, août 1999). Cette implantation a été guidée par l'existence dans ce secteur d'une ride anticlinale permettant l'affleurement des formations kimméridgiennes dans le fond du lit de la Thèze (§ 3.1.3, Fig. 14), dont la bordure orientale serait associée à la zone de fracturation reconnue au droit de la zone d'émergence des sources de Soturac-Touzac. Cette opération s'est avérée concluante et a prouvé que les pertes de la Thèze en aval du Moulin Mignot participaient bien à l'alimentation des sources bleues.
- plus récemment, en 2009 en régime de basses eaux, les pertes totales du ruisseau de Frayssinet en aval de Frayssinet-le-Gélat (bassin amont de la Thèze) ont été tracées (Calligée, rapport T09-46052, 2010). Le traceur a été retrouvé assez rapidement sur les sources de Soturac-Touzac.

Ces deux traçages attestent donc qu'une partie non négligeable des eaux collectées par la Thèze est soutirée vers des écoulements souterrains établis au sein des formations du Kimméridgien et qui participent à l'alimentation des sources bleues de Soturac-Touzac. Toutefois ce n'est pas la totalité de l'écoulement de la Thèze qui participe à leur alimentation, puisque la Thèze possède un cours pérenne dans son cours inférieur, y compris en période de basses eaux. En 1984, le débit moyen soutiré à la Thèze par les écoulements souterrains a été évalué à 0,4 m³/s.

Plus au Nord se trouve aussi le bassin de la Lémance où l'on pourrait également suspecter des pertes puisque la rivière recoupe les terrains du Kimméridgien au droit de l'anticlinal de Sauveterre-la-Lémance. En réalité l'étude des données hydrologiques de la rivière menée à partir de la station de Curzon située en aval des affleurements jurassiques, ne permet pas de conclure à l'existence d'un déficit d'écoulement significatif. Le bassin de la Lémance ne paraît donc pas participer à l'alimentation des sources bleues. Dans ce secteur la limite du bassin d'alimentation des sources bleues peut donc s'apparenter à la limite entre les bassins topographiques de la Lémance au Nord et de la Thèze au Sud.

► Les différents traçages réalisés dans le cours du Lot :

Fin septembre 2009, en conditions de fin d'été, l'injection de deux traceurs différents a été réalisée dans le Lot à 24 h d'intervalle, l'une à Camy sur la commune de Luzech, et l'autre à Campastie sur la commune de Puy-l'Evêque, soit en suivant le cours du Lot à des distances respectivement de 37 et 16,8 km en amont des sources bleues de Soturac et Touzac.

Cette opération a été réalisée de façon à préciser les relations hydrauliques suspectées entre le Lot et les sources bleues et faisant l'hypothèse que les zones où le Lot est susceptible d'alimenter l'aquifère jurassique drainé par les sources bleues sont les secteurs des méandres d'Albas et de Grézels où l'on sait que les calcaires karstifiables du Kimméridgien inférieur sont recoupés par le Lot. Dans ces deux boucles des indices de morphologie karstique sont d'ailleurs indiqués sur la carte géologique de Puy-l'Evêque : présence de grottes déconnectées des circulations actuelles. Dans cette hypothèse les distances apparentes entre le point d'injection et les sources se trouvent respectivement ramenées à seulement 17 et 10 km. Elles sont calculées en supposant un transit souterrain rectiligne entre le centre de la boucle du méandre où le traceur est susceptible de s'infiltrer et les sources de Soturac-Touzac (Fig. 23).

Ces deux injections ont donné lieu à des restitutions légèrement décalées dans le temps à la fois à la source de Touzac et à celle de Soturac (Calligée, rapport T09-46052, 2010). Nous avons donc là la démonstration que le Lot contribue bien à l'alimentation des sources bleues.

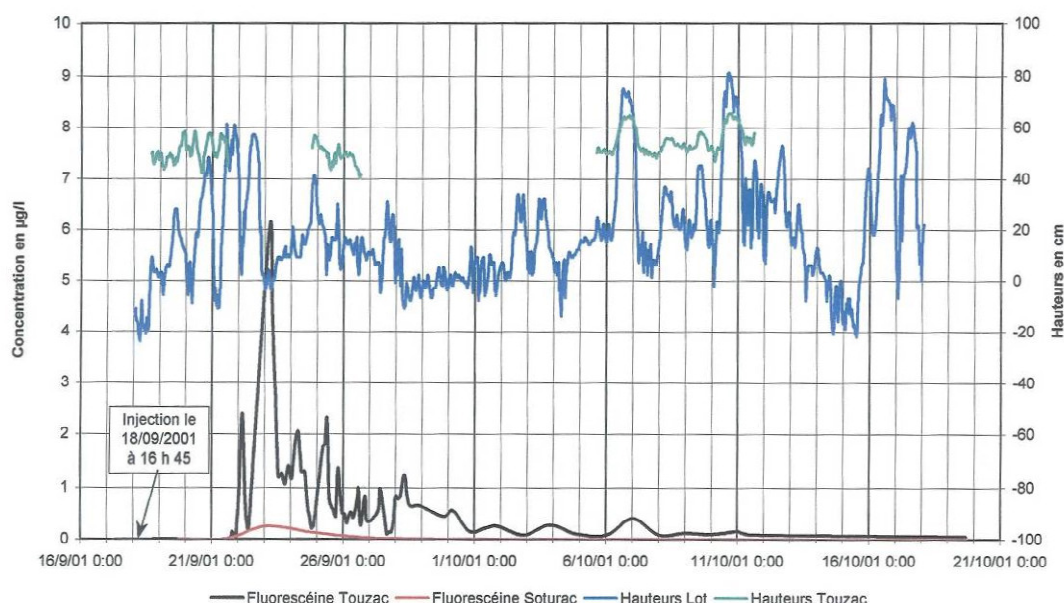
► Le traçage réalisé en amont des sources dans les alluvions du Lot :

Pour apprécier l'impact que pourraient avoir sur les sources d'éventuelles fuites de la station d'épuration de Touzac, une fosse de 2,5 m de profondeur dans les alluvions non saturées du Lot a été creusée à proximité (5m) des installations de traitement des eaux usées qui sont situées à environ 500 m à l'Est de la source bleue de Touzac. Au fond de cette fosse a été injectée de la fluorescéine dont on a retrouvé au bout de quelques jours la présence sur les sources bleues de Touzac et de Soturac.

Ainsi la nappe alluviale de la boucle de Touzac participe également à l'alimentation des sources bleues. Le suivi à un pas de temps serré (1 à 4 h) de la restitution à Touzac montre que celle-ci est très fluctuante. Le suivi en parallèle des niveaux d'eau du Lot montre en réalité que la restitution est facilitée lorsque le Lot est bas (concentrations plus fortes) et celle-ci est plus réduite lorsque le Lot est haut (Fig. 22). On retrouve là une certaine similitude avec ce que laissait entrevoir l'analyse des données hydrochimiques et hydrométriques. Lorsque les niveaux du Lot sont hauts, le débit des sources diminue (Fig. 17), et ce sont alors les eaux issues du karst profond dont l'exhaure est facilitée. La montée des eaux du Lot fait obstacle à l'exhaure d'arrivées d'eau plus superficielles transitant à la fois dans la nappe alluviale, et dans la partie supérieure des formations carbonatées du Kimméridgien.

Figure 22 : Comparaison entre la restitution du traceur aux sources de Touzac et Soturac, et les fluctuations de niveau d'eau du Lot (d'après document SOLEN-EGS, 2001)

Figure 3 : Sources Bleues de Touzac et Soturac - Restitution du traceur



► Synthèse des résultats des traçages sur l'alimentation des sources :

Pour tous les traçages réalisés, à chaque fois qu'une restitution a été observée, celle-ci concerne à la fois la source de Soturac et celle de Touzac. C'est la preuve que ces deux sources sont bien les exutoires d'un même système karstique dont le drain principal qui est relativement profond collecte à la fois les écoulements souterrains établis au sein de l'aquifère jurassique tant en rive droite qu'en rive gauche du Lot.

Les concentrations mesurées à chaque exutoire sont comparables et l'allure des courbes de restitution est similaire ([annexe 7](#)). On constate cependant un déphasage entre les restitutions, la restitution à Touzac arrivant un peu plus tard que celle observée à Soturac. Le déphasage des temps d'arrivée et des temps modaux sont variables suivant les lieux d'injections :

- lors des traçages réalisés sur le Lot et sur les pertes du ruisseau de Frayssinet, il est de l'ordre de 14 à 15 h ;
- lors du traçage de la doline de Vayres, il est plus élevé : 30 h pour le temps d'arrivée et 79 h pour le temps modal ;

La source de Touzac serait ainsi un peu moins bien connectée au drain karstique principal que ne l'est celle de Soturac. La conséquence de l'effondrement survenu dans la vasque de Touzac à la fin des années 40, suite à l'utilisation d'explosifs, ne peut à elle seule expliquer de tels déphasages.

Le traçage réalisé au sein des alluvions du Lot dans la boucle de Touzac constitue cependant une exception à ce comportement général. Il met en évidence une relation privilégiée entre les circulations au sein de la nappe alluviale de rive gauche du Lot et la source de Touzac où s'effectue la majeure partie de la restitution. Les concentrations observées sur le captage de Soturac sont en effet plus faibles ([Fig. 22](#)). Cette relation privilégiée est aussi sous la dépendance des fluctuations de niveau du Lot, ce qui ne transparaît pas sur les restitutions des traçages réalisés à des distances plus élevées qui intéressent directement des circulations souterraines profondes au sein de l'aquifère du jurassique.

► Evaluation de l'extension du bassin d'alimentation des sources bleues:

L'ensemble des traçages réalisés permet de proposer une délimitation de la zone d'alimentation du système karstique drainé par les sources de Soturac et Touzac ([Fig. 23](#)). Cette délimitation repose sur les hypothèses suivantes :

- les traçages du Lot ayant démontré une alimentation du système karstique par le Lot sur les tronçons où son lit recoupe les formations du kimméridgien inférieur (boucles de Grézels et d'Albas), on considère que la limite amont d'alimentation à partir du Lot se situe dans la région de Saint Vincent-Rive-d'Olt où existe une faille majeure le long de laquelle sont établis des circulations karstiques en relation avec l'émergence de Saint Vincent-Rive-d'Olt qui drainent en amont l'aquifère principal du Jurassique. La limite orientale du bassin d'alimentation des sources bleues est donc représentée de part et d'autre de la vallée du Lot par la faille de Luzech ([Fig. 14](#)).
- entre Saint Vincent-Rive-d'Olt et les sources bleues, tous les affluents du Lot sont supposés contribuer à l'alimentation des sources bleues, à l'exception des ruisseaux de la Masse et du Vert en Rive droite qui constituent le niveau de base du drainage de l'aquifère karstique du Jurassique supérieur (plusieurs émergences karstiques jalonnent le cours de ces deux ruisseaux). Le bassin amont du ruisseau de Bondon, au débouché duquel se situe l'émergence de Saint Vincent-Rive-d'Olt, participe peut-être à l'alimentation des sources bleues par l'intermédiaire de la structure faillée de Cournoux susceptible de diriger les écoulements souterrains vers le Nord-Ouest.
- la limite sud du bassin d'alimentation est confondue avec la ligne de crête topographique qui sépare les bassins affluents du Lot de ceux qui se développent sur les formations molassiques de l'Agenais et qui sont drainés au Sud-Ouest par la Garonne. Le bassin amont de la Rivière échappe à cette règle puisque un traçage des pertes a démontré que son drainage est dirigé vers le Lot par l'intermédiaire des sources de Lenclio et de Bouyssac. Toutefois il ne participe pas à l'alimentation des sources bleues.
- au Sud-Ouest, la limite s'appuie sur la flexure qui permet l'ennoiement des formations jurassiques sous les terrains molassiques, entre le hameau de Masquières et Floressas (Carte géologique de Montcuq).

- le traçage des dolines sur le Causse de Mauroux – Floressas permet de faire passer la limite entre les dolines de Cap long et de Vayres et de la poursuivre par la ligne de crête dominant vers le Nord-Est les vallées sèches qui débouchent à Bouyssac, pour rejoindre ensuite les sources bleues dans la vallée du Lot.
- entre Boussac dans la vallée de la Thèze, à l'extrémité aval de la zone de pertes diffuses, et le Lot, la limite correspond tantôt à la ligne de crête qui constitue la limite orientale des bassins des affluents du Lot (ou vallées sèches) débouchant en aval des sources bleues, tantôt à la faille limitant vers l'Ouest la structure anticlinale faillée en relation avec les sources bleues .
- la limite nord à nord-ouest est représentée par la crête topographique qui sépare les bassins de la Thèze et de la Lémance en amont de Boussac.
- la limite nord à nord-est coïncide avec les limites ouest du bassin de la Masse.

La superficie comprise à l'intérieur de ces limites est de l'ordre de 325 à 350 km². Cette valeur est cohérente avec la superficie évaluée à partir du calcul du bilan hydrique, sous réserve que toute la pluie efficace précipitée sur cette surface s'infiltre. Or ce n'est pas le cas car une partie de la pluie efficace ruisselle et tous les écoulements des cours d'eau affluents du Lot ne se réinfiltrent pas dans les calcaires kimméridgiens. De même, la Thèze ne se perd pas en totalité et une partie de son débit est évacuée vers le Lot en aval des sources bleues.

N'oublions pas non plus qu'il existe au moins deux autres exutoires drainant l'aquifère jurassique à l'intérieur du bassin potentiel d'alimentation des sources bleues :

- l'émergence du Port de Vire qui a par le passé été exploitée pour l'AEP ;
- la source de Banudel au Boulvé, relayée maintenant par le forage artésien qui a été implanté à proximité.

En conséquence, la superficie estimée du bassin d'alimentation est insuffisante pour rendre compte du débit total de l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac. La contribution des pertes du Lot au débit global des sources bleues reste très délicate voire même impossible à quantifier. De même une contribution de circulations plus profondes provenant de l'ensemble aquifère du jurassique est très probable.

La DDAF du Lot, sur la base des évaluations d'écoulements issues de l'étude de 1984, avance la répartition suivante des différentes modalités d'alimentation des sources bleues :

- apports des plateaux de Mauroux, Floressas et Thézac en rive gauche : 34 % du débit total
- apports de la vallée de la Thèze au Nord : 14 %
- apports des pertes du Lot et des remontées plus profondes de l'aquifère jurassique (sans faire de distinction entre ces deux origines différentes) : 52 %

Cette estimation grossière comptabilise à la fois les volumes d'eau écoulés aux sources bleues et à Lenclio, mais néglige les volumes écoulés à Bouyssac. Elle a au moins le mérite de donner des ordres de grandeurs. Ceux-ci suggèrent que l'alimentation des sources bleues se ferait de façon prépondérante à partir des pertes du Lot et d'un soutirage en profondeur de l'aquifère jurassique.

Pour espérer disposer d'évaluations plus précises, sans pour autant être certain d'y parvenir compte tenu des incertitudes de mesure, des jaugeages précis seraient nécessaires sur les sources mesurables, mais aussi sur le Lot en divers points (aval de Saint Vincent-Rive-d'Olt, amont des sources bleues, aval de Lenclio), sur la Thèze (aval de Moulin-Mignot, Boussac), ainsi que sur tous les écoulements superficiels parvenant au Lot. Une quantification des débits de pertes en aval de Frayssinet-le-Gélat serait aussi nécessaire. Il serait en outre indispensable d'effectuer ces bilans d'écoulement dans des conditions hydrologiques contrastées, et si possible sur l'ensemble d'un cycle hydrologique. Donc beaucoup de mesures sans être assuré d'obtenir un résultat plus probant.....

4.4.2 – Enseignements sur les circulations souterraines

En examinant le tableau récapitulatif des différents traçages réalisés dans les environs des sources bleues (Tab ; 4), on peut faire le constat suivant :

- les traçages réalisés à partir de pertes actives d'écoulements superficiels, diffuses (Lot) ou non (Riviérette, Frayssinet), sont ceux pour lesquels les plus fortes vitesses d'écoulement sont constatées (45 à 100 m/h). Les vitesses modales de transit à partir des points de pertes supposés du Lot (méandres de Grézels et d'Albas) sont particulièrement élevées pour des écoulements karstiques en période basses eaux : 65 ± 10 m/h ;
- des vitesses d'écoulement plus faibles (2 à 20 m/h) sont constatées lorsque les traçages ont été réalisés à partir de dolines (Cap Long ou Vayres) ou bien à partir du forage implanté en bordure de la Thèze. Ces points d'injection sont probablement moins bien connectés aux drains fonctionnels de drainage des eaux souterraines au sein de l'aquifère jurassique ;
- pour un même traçage, les vitesses de transit restent équivalentes que l'on s'adresse à une restitution sur Touzac ou sur Soturac ;
- quelles que soient les distances de transit souterrain et les masses de traceur injectées, les pourcentages de traceur restitués aux exutoires de Soturac et Touzac restent toujours très modestes : moins de 15 % et le plus souvent moins de 5 %. Les autres exutoires connus dans le secteur du karst jurassique n'ayant pas donné lieu à une restitution, on peut penser que l'origine de ces faibles restitutions est la conséquence d'un piégeage (ou d'une dégradation) du traceur au cours de son transit au sein de l'aquifère. Quoiqu'il en soit, ces résultats suggèrent qu'en cas d'infiltration sur le bassin des sources bleues d'un polluant présentant des caractéristiques analogues aux traceurs utilisés, une faible part de celui-ci parviendrait aux sources. Ceci s'applique aussi au cas de polluants infiltrés au sein de la plaine alluviale du Lot, ainsi que le démontre le traçage réalisé à proximité de la station d'épuration de Touzac. Dans ce dernier cas, la source de Touzac serait plus affectée par la pollution que la source de Soturac ;
- pour la plupart des traçages concernant les sources bleues, on constate des dilutions unitaires très faibles comprises entre 2,0 et $2,8 \cdot 10^{-11} \text{ l}^{-1}$, ce qui signifie que pour 100 kg de substance polluante déversée en un point du bassin d'alimentation des sources, on pourrait s'attendre à observer des concentrations maximales sur les sources comprises entre 2,0 et 2,8 µg/l, sous réserve toujours que le polluant ait un comportement au sein de l'aquifère identique à celui du traceur. Le taux de dilution unitaire est encore plus faible lorsqu'il s'agit des traçages dans le Lot du fait de la dilution exercée par les eaux du Lot ;
- l'ordre de grandeur de la durée des restitutions est de 1 à 1,5 mois. Celui-ci est ramené entre 1 à 3 semaines pour les traçages réalisés dans le Lot.

On retiendra donc que d'une manière générale l'aquifère des sources bleues de Touzac et Soturac est à l'origine d'une forte dilution qui entraîne l'observation de faibles concentrations restituées à l'exutoire. L'ordre de grandeur des concentrations attendues aux deux exutoires est de l'ordre de quelques microgrammes par litres pour une centaine de kilogrammes de substance polluante infiltrée et miscible à l'eau. Cet ordre de grandeur correspond à des quantités de micropolluants qui peuvent être éliminées au moyen d'un traitement temporaire au charbon actif en cas de pollution accidentelle.

Figure 23 : Esquisse de la délimitation du bassin d'alimentation potentiel des Sources Bleues de Soturac et Touzac

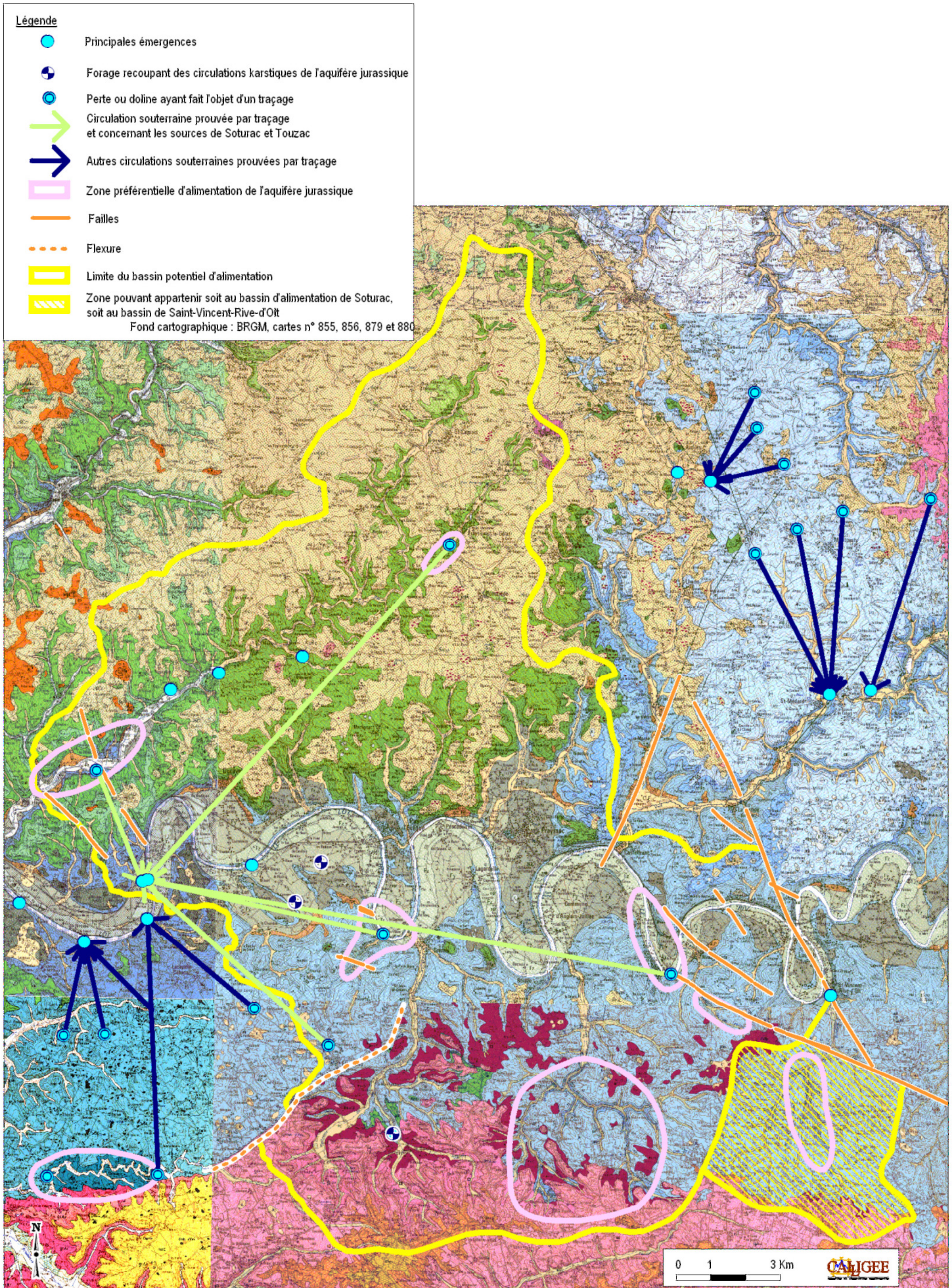
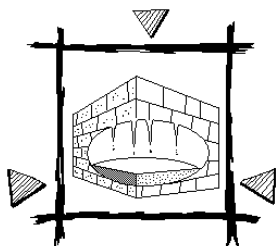


Tableau 4 : Principaux résultats des traçages

Lieu du Traçage	Date et conditions hydrologiques	Traceur et quantité (kg)	Point de restitution	Distance (m)	Vitesse d'arrivée (m/h)	Vitesse modale (m/h)	Vitesse apparente (m/h)	Pourcentage de restitution	Dilution unitaire (l ⁻¹)
Perte de la Riviérette	14/06/84 Moyen. eaux	Fluorescéine 10 kg	<i>Bouyssac</i>	7 200	99,3				
			<i>Lenclio</i>	≥ 7 600	51,3				
Doline de Caplong	19/05/08 Moyen. eaux	Eosine 10 kg	<i>Bouyssac</i>	4 270	7,6	3,0	3,4	28,2 %	1,8 . 10 ⁻¹¹
Doline de Vayres	20/05/08 Moyen. eaux	Sulforhodamine 9,75 kg	Touzac	7 100	18,8	15,4	13,1	0,47 %	2,6 . 10 ⁻¹¹
			Soturac	7 150	20,6	18,7	12,9	11,0 %	2,8 . 10 ⁻¹¹
Ruisseau de Frayssinet	29/09/09 Basses eaux	Duasyne 21 kg	Touzac	12 970	45,4	38,0	23,4	0,18 %	2,6 . 10 ⁻¹¹
			Soturac	13 110	48,4	40,1	23,9	13,3 %	2,6 . 10 ⁻¹¹
Pertes de la Thèze	13/10/98 Basses eaux	Fluorescéine 6,385 kg	Touzac	3 500	2				2,0 . 10 ⁻¹¹
			Soturac	3 500	16	6			2,3 . 10 ⁻¹¹
STEP de Touzac	18/09/01 Basses eaux	Fluorescéine 6,385 kg	Touzac	500	6,5	4,7	2,4	4,6 %	1 . 10 ⁻⁹
			Soturac	650	9,3	6,2	5,1	3,0 %	4,2 . 10 ⁻¹¹
Rivière Lot* à Camy	28/09/09 Basses eaux	Fluorescéine 50 kg	Touzac	17 000*	81	56,4	43,1	3,2 %	1,5 . 10 ⁻¹¹
			Soturac	17 000*	87	59,4	46,8	3,1 %	1,6 . 10 ⁻¹¹
Rivière Lot* à Campastie	29/09/09 Basses eaux	Sulforhodamine 35 kg	Touzac	10 000*	89	65,0	51,4	1,3 %	9,7 . 10 ⁻¹²
			Soturac	10 000*	102	74,5	47,3	4,4	9,7 . 10 ⁻¹²

(* : pour les traçages dans le Lot les distances ont été calculées en prenant d'une part le trajet superficiel entre le point d'injection et la zone de perte présumée (méandre d'Albas ou de Grézels) puis d'autre part le trajet souterrain en ligne droite entre la zone de perte et les sources de Touzac et Soturac)



5 – CONCLUSION

L'ensemble sourcier de Soturac-Touzac :

L'examen de l'ensemble des données bibliographiques disponibles sur la région de Fumel / Puy-l'Evêque concernant la géologie et l'hydrogéologie, permet de se faire une meilleure idée de l'alimentation et du fonctionnement de l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac qui constitue, au regard de l'évaluation de son débit moyen ($2,55 \text{ m}^3/\text{s}$) une des plus importantes zones de résurgence karstique française après les résurgences de la Fontaine de Vaucluse, de la Touvre (Charente) et de Fontaine-l'Evêque aujourd'hui ennoyée dans le retenue du barrage de Sainte Croix dans la vallée du Verdon.

Les divers traçages réalisés ont parfaitement démontré que les sources de Soturac et Touzac sont bien les exutoires d'un seul et unique système karstique drainant un bassin versant étendu établi de part et d'autre de la vallée du Lot. La source de Soturac est aujourd'hui l'exutoire naturel le plus fonctionnel de ce système karstique, le débit d'exhaure de la source de Touzac ne représentant que 1/5 du débit total de l'ensemble sourcier.

Les conditions de captage de la source de Soturac :

Le captage de la source de Soturac se fait au moyen de deux forages recoupant les chenaux karstiques plus ou moins colmatés qui alimentent la vasque de la source située dans le lit même du Lot, côté rive droite. Le bouchon sableux qui obture partiellement le fond de la vasque constitue à la fois l'originalité de cette émergence, mais aussi sa « soupape de sécurité ». Par les pertes de charge qu'il induit sur les écoulements souterrains, il permet en effet de maintenir dans le réseau karstique en amont de la source une charge hydraulique qui demeure en permanence supérieure à celle du Lot, s'opposant ainsi à l'introduction d'eau du Lot vers les forages d'exploitation, y compris lorsque ces derniers sont en pompage. Dans ce contexte, les variations de charges du Lot se transmettent instantanément sur les niveaux d'eau des forages de Soturac et de la vasque de Touzac.

Le maintien au sein de l'aquifère karstique capté d'une charge supérieure à celle du Lot quelles que soient les fluctuations de niveau du Lot est un souci permanent de l'exploitant du captage et un gage de préservation de la qualité des eaux pompées. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle depuis maintenant une quinzaine d'années, les niveaux d'eau dans les forages d'exploitation et dans le Lot sont suivis en permanence.

La conductivité de l'eau pompée, sa température et sa turbidité sont aussi de bons indicateurs de la qualité globale de l'eau et le suivi en continu de ces paramètres permet également d'apprécier en temps réel tout risque d'introduction d'eau du Lot dans le captage, en raison du contraste existant entre les eaux karstiques de la source et les eaux du Lot qui sont moins minéralisées, plus turbides et, suivant les saisons, plus chaudes ou plus froides que l'eau de la source.

En ce qui concerne le suivi qui est réalisé actuellement pour la température, le lieu de prise de mesure n'est pas approprié et ne permet pas d'obtenir des mesures qui soient représentatives strictement des eaux karstiques captées. Il est en effet manifeste, au regard des enregistrements communiqués, que les mesures faites sont influencées par les fluctuations journalières et saisonnières de la température de l'air. Il serait donc nécessaire de déplacer le lieu d'implantation de la sonde de mesure, en n'effectuant plus les mesures sur le conduit d'exhaure reliant les forages à l'usine de traitement, mais en immergeant directement la sonde de mesure dans le puits de pompage.

La diversité d'alimentation en eau des sources bleues :

La comparaison des données hydrochimiques et hydrodynamiques obtenues sur la source de Soturac, avec celles du Lot et d'autres émergences karstiques lotoises montre que le comportement des sources de Soturac-Touzac se distingue très nettement de celui des émergences typiquement karstiques du secteur. Contrairement aux autres émergences, les eaux des sources bleues sont notamment peu minéralisées en période de basses eaux et de plus en plus minéralisées en période de hautes eaux. Bien que les eaux captées possèdent un léger bruit de fond de turbidité, aucun pic élevé de turbidité n'est observé, y compris en période de crue.

Ainsi, bien qu'ayant une origine indéniablement karstique, les sources bleues de Soturac-Touzac ont un comportement atypique qui s'explique par la diversité de leurs modalités d'alimentation :

- alimentation par des circulations d'eau assez profondes au sein de l'aquifère expliquée par une température moyenne de l'eau autour de 15°C. Sur la base d'un gradient géothermique moyen de 1°C pour 30 m de profondeur, les écoulements souterrains de Soturac chemineraient donc vers une profondeur d'environ 90 m avant de remonter le long d'une zone fracturée pour se déverser dans le Lot qui constitue le niveau de base actuel des écoulements. Ces circulations profondes ont très probablement pour origine des phases anciennes de karstification lorsque le niveau de base local était nettement plus bas, notamment lors du Crétacé inférieur, période de 40 millions d'années au cours de laquelle les formations carbonatées jurassiques étaient exondées et soumises à l'érosion. La présence assez commune dans les conduits karstiques recoupés en forage de dépôts sableux argileux semble provenir du colmatage de ces vieux chenaux karstiques par des produits issus du démantèlement au Tertiaire (Paléocène à Eocène moyen) d'une grande partie de la couverture crétacée qui pouvait exister dans le secteur.

- alimentation par les eaux du Lot prouvée à la fois par des traçages et des dosages isotopiques (¹⁸O) bien en amont des sources, vraisemblablement dans les boucles d'Albas et de Grézels où les calcaires du kimméridgien inférieur affleurent. Ce sont ces apports d'eau peu minéralisée qui expliquent pour une bonne part la faible conductivité de l'eau des sources bleues. Ces derniers demeurent toutefois difficilement quantifiables dans la mesure où le Lot tout au long de son cours à des échanges avec l'aquifère karstique du jurassique. Citons entre autre, à l'amont des sources bleues, l'existence de la source du Port de Vire alimentée en partie par les eaux du Lot. Par ailleurs le rôle exercé par la nappe alluviale du Lot est très mal connu. Elle sert probablement d'interface entre le Lot et l'aquifère jurassique sur lequel elle repose. Des phénomènes de suffosions à l'origine d'effondrement sont connus dans la boucle de Pescadoires. Plusieurs remplissages de dolines sont signalées sur la carte géologique de Puy-l'Evêque au sein des basses (Fy) et hautes terrasses (Fx) de la vallée alluviales. Tous ces éléments indiquent que des relations sous-alluviales sont possibles entre l'aquifère jurassique et la nappe alluviale du Lot. Le traçage réalisé à côté de la station d'épuration de Touzac est venu confirmer l'existence de telles relations.

- alimentation à partir de pertes plus ou moins diffuses dans le bassin de la Thèze en rive droite du Lot. Ces pertes semblent réparties tant sur le cours médian du cours d'eau (amont de Boussac) que sur son cours amont (Frayssinet-le-Gélat). A cet égard, la restitution bimodale observée lors du traçage des pertes du ruisseau de Frayssinet peut laisser suggérer l'existence de deux zones de pertes distinctes, chacune en relation avec un drain karstique alimentant les sources bleues. Toutefois lors de ce traçage, on ne peut pas non plus écarter l'hypothèse que l'irruption d'une crue du Lot entre les 20 et le 23/10/09 ([annexe 7](#)) soit à l'origine de cette bimodalité des courbes de restitution observées à Touzac et Soturac (pics modaux observés les 13 et 28/10/09).

- alimentation en rive gauche du Lot à partir de la partie orientale du causse de Mauroux-Floressas où des vitesses de circulation relativement faibles ont été mises en évidence. Tout semble se passer comme si le transit nécessaire à travers les terrains marno-calcaires du Kimméridgien supérieur était à l'origine d'un retard dans les écoulements souterrains. On retiendra en d'autres termes que le point d'injection au fond de doline de Vayres est mal connecté au réseau de drainage souterrain fonctionnel drainé par les sources bleues.

- il existe plus vers le Sud-Est tout un secteur où affleurent les formations calcaires et marno-calcaires du Kimméridgien qui est susceptible de contribuer à l'alimentation des sources bleues. Cette alimentation peut se faire par soutirage à travers les marnes du Kimméridgien supérieur (nombreuses dolines cartographiées), mais aussi par infiltration préférentielle à partir de fonds de vallées d'affluents du Lot où les calcaires du Kimméridgien inférieur affleurent. Plusieurs secteurs d'infiltration possible sont identifiables à partir de l'examen des cartes géologiques de Montcuq et Puy-l'Evêque : cours amont du ruisseau de Lissourgues et des ses affluents dont le ruisseau de Baudenque du côté de Fargues et de Carnac-Rouffiac, ruisseaux de Bondoire et de Landorre au Sud de la structure associée à la faille de Cournou du côté de Cambayrac, ruisseau de Payrols au Sud-Est d'Albas, partie inférieure de la combe de Méoure à l'ouest de Grézels. Un examen attentif du cours de ces ruisseaux, associé à des jaugeages sériés dans différentes conditions hydrologiques, permettrait de mieux mettre en évidence d'éventuelles pertes et préciser leur importance. Un traçage en surface (si des pertes sont constatées) ou à partir d'un forage dans la région de Cambayrac permettrait de savoir si le cours amont du Bondoire est drainé par l'émergence de Saint Vincent-Rive-d'Olt. A défaut, cette zone pourrait appartenir au bassin d'alimentation des sources bleues.

- enfin une alimentation par soutirage des circulations plus profondes établies dans l'aquifère principal du jurassique est indéniable, sans qu'il soit possible d'évaluer la part de sa contribution au débit global de l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac.

Une assez bonne qualité de l'eau captée en lien avec des réserves importantes :

Ainsi l'alimentation des sources bleues est multiple. La part relative de chaque source d'alimentation est pratiquement impossible à quantifier. Ce qu'il faut retenir, c'est qu'en dépit d'une alimentation multiple, les caractéristiques des eaux captées témoignent d'une bonne qualité globale de l'eau associée à une faible variabilité de ses caractéristiques hydrochimiques au cours du cycle hydrologique, comparativement à ce que l'on observe sur la plupart des exutoires karstiques. C'est la preuve que le système drainé par les sources bleues comporte des réserves importantes qui permettent une certaine homogénéisation des eaux parvenant aux exutoires, ainsi qu'une bonne dilution des substances dissoutes infiltrées, ainsi que le démontrent les traçages.

Le principal modulateur de la qualité des eaux semble être le Lot avec ses variations importantes de charge hydraulique. En basses eaux la proportion d'eaux du Lot drainées par les sources bleues est plus importante, alors qu'en période de crue cette proportion diminue et l'on constate plutôt un effet de chasse d'eau à temps de séjour élevé contenue dans les réserves du karst profond.

Un tel comportement indique que la ressource exploitée à Soturac bénéficie globalement d'une assez bonne protection naturelle. Toutefois celle-ci n'est pas parfaite puisque l'on observe des indices de contamination anthropique. Les teneurs moyennes en nitrates de l'ordre de 8 mg/l sont bien la signe de l'existence d'une telle contamination qui reste pour le moment tout-à-fait acceptable.

Des sources bénéficiant d'une assez bonne protection, mais avec quelques zones potentiellement plus vulnérables :

Une délimitation de la superficie susceptible de participer à l'alimentation des sources bleues a été définie (Fig. 23). Sur la majeure partie de cet impluvium, les eaux infiltrées doivent transiter à travers des terrains intermédiaires (alluvions, colluvions, marno-calcaires) avant d'atteindre les écoulements souterrains plus profonds qui sont drainés par les sources bleues. Ces terrains constituent un horizon qui contribue à l'épuration des eaux infiltrées. En termes de protection de cette ressource, il conviendra donc de focaliser les efforts sur les zones où les eaux superficielles sont le plus à même de s'infiltrer directement vers l'aquifère jurassique et sur les causes de contamination possible des eaux situées en amont de ces zones.

Dans ce même esprit de protection, bien que les informations recueillies pour le moment tendent à indiquer que les zones d'alimentation de l'aquifère jurassique à partir du Lot soient situées assez en amont des sources, il conviendrait toutefois de s'assurer que les points potentiels de pollution accidentelle du Lot situés à l'amont proche des sources que sont les ponts de franchissement de la rivière à Touzac (à 650 m) et au Port de Vire (à 5 600 m), ne soient pas en mesure de polluer les eaux captées. A cet effet des tracés du Lot seraient à envisager.

Une nécessité de mieux connaître les écoulements souterrains en amont des sources :

La synthèse hydrogéologique menée par le BRGM en 2008 sur l'aquifère jurassique du Nord-Est du bassin aquitain suggère que les écoulements profonds se font globalement de l'Est vers l'Ouest dans le secteur étudié ici. Mais la piézométrie établie dans l'étude BRGM repose sur très peu de points de mesure. Il est certain que la mise en place de plusieurs piézomètres serait nécessaire pour mieux comprendre comment se font les écoulements au sein des calcaires jurassiques et quel est le rôle du Lot dans l'alimentation et le drainage de cet aquifère régional. Ainsi il serait utile de comparer, au regard des cotes enregistrées sur le Lot, les cotes piézométriques et leurs variations en plusieurs endroits :

- en aval des zones de perte du Lot pressenties, soit en bordure des boucles de Grézels et d'Albas ;
- au cœur de certains méandres où des indices de relations entre nappe alluviale et aquifère karstique sous-jacents sont pressentis : méandres de Pescadoires et Puy-l'Evêque notamment. Les données du forage exploité de Bru, seul piézomètre instrumenté pour le

moment, montrent clairement que ce secteur est drainé par la vallée du Lot. Sur les points retenus, un suivi également de la conductivité et de la température de l'eau serait utile ;

- au fond de la vallée des affluents du Lot, plus particulièrement là où les calcaires du Kimméridgien inférieur affleurent : vallées du Lissourgue, de Baudenque, de Bondonne, de Landorre ou bien encore de Payrols. Dans tout ce secteur les seules données piézométriques dont on dispose sont celles du forage de Banudel au Boulvé qui montrent que l'aquifère jurassique est artésien sous les marnes du Kimméridgien. Où peut-on placer la limite entre les secteurs où l'aquifère est protégé par une couverture marneuse du Kimméridgien suffisamment épaisse pour être imperméable, et les secteurs plus au Nord où le Kimméridgien alimente des circulations jurassiques moins profondes dont le drainage est assuré par le niveau de base local, à savoir la vallée du Lot. ?

Une coexistence dans le secteur de deux types d'exutoires karstiques :

Dans la région occidentale du département du Lot, on peut ainsi distinguer deux principaux types d'exutoires karstiques :

- des exutoires karstiques drainant des circulations souterraines peu profondes mises en place au Plio-Quaternaire qui sont en adéquation avec le niveau de base régional actuel représenté par la vallée du Lot. Ces exutoires sont caractérisés par une assez grande variabilité de leur débit et des paramètres hydrochimiques, et des températures moyennes de l'eau à l'équilibre avec les températures moyennes locales de l'air. Les émergences de Bouyssac et de Lenclio en sont des exemples. Ce sont des aquifères présentant une assez grande vulnérabilité aux pollutions sur leur bassin versant.
- des sources vaclusiennes implantées à la faveur de fractures ouvertes en extension qui recoupent des circulations karstiques beaucoup plus profondes héritées d'une phase de karstification beaucoup plus ancienne (Crétacé inférieur vraisemblablement). Ces exutoires présentent le plus souvent, par rapport aux précédents, des anomalies thermiques, et une meilleure régulation de leur débit et de leurs caractéristiques hydrochimiques. Leur localisation en bordure, ou dans le lit même du Lot, peut faciliter la possibilité d'échanges avec les eaux du Lot. Ces aquifères auxquels appartiennent les sources de Soturac-Touzac, bénéficient généralement d'une meilleure protection par rapport aux pollutions, sous réserves de s'abstenir de soutirer les eaux du Lot en pompant dans la vasque de ces sources ou dans les conduits qui l'alimentent.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des documents consultés en bibliographie concernant les sources bleues de Soturac et Touzac

Annexe 2 : Principales données géologiques concernant le secteur de la source de Touzac

Annexe 3 : Données hydrologiques concernant l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac

Annexe 4 : Principales données géologiques concernant le secteur de la source de Soturac

Annexe 5 : Données concernant l'exploitation de la ressource en eau à Soturac

Annexe 6 : Données hydrochimiques

Annexe 7 : Principaux résultats des traçages

ANNEXE 1 :

Liste des documents consultés en bibliographie concernant les sources bleues de Soturac et Touzac

Annexe 1 : Liste des documents consultés en bibliographie concernant les sources bleues de Soturac et Touzac

Auteur	Date	Référence	Titre	Contenu	Source
Guy de LAVAUR	1954		Initiation à l'exploration souterraine	Histoire des premières explorations spéléologiques des sources de Touzac et Soturac	Editions AMIOT-DUMONT, pp. 118-119
Centre d'Hydrogéologie Université de Bordeaux 1	octobre 1975	C.H. 75/30	Etude hydrogéologique à propos du captage des sources bleues (communes de Soturac et Touzac) au profit du syndicat intercommunal des eaux de la Lémance - Rapport préliminaire	Présentation d'un programme de sondages de reconnaissance avec essais de pompage sur les ouvrages productifs	DDAF 46
DDAF 46 (A. Tarrisse)	octobre 1975		Recherche d'un premier modèle débit-charge pour le complexe sourcier des Fontaines Bleues de Soturac et Touzac	première évaluation du débit des sources de Touzac et Soturac	DDAF 46 Conseil Général 46
BRGM - QUERCY-RECHERCHE (J-G. ASTRUC, J-C. SOULE)	1977	Série Etudes et Travaux, Vol. 3	Hydrogéologie du Quercy - Inventaire des cavités actives et notice explicative de la carte hydrogéologique du Quercy au 1 / 100 000	considérations générales sur la géologie, la climatologie, l'hydrogéologie et l'exploitation des ressources en eau	BRGM
Centre d'Hydrogéologie Université de Bordeaux 1	mai 1978	C.H. 78/41	Alimentation en eau potable du Syndicat des eaux de la Lémance - Rapport préalable à la définition d'un ouvrage définitif	4 sondages de reconnaissance sur Touzac, essais de pompage, analyses d'eau, relation ouvrages-Lot,	DDAF 46
Compagnie Générale de Géophysique	mai 1978		Etude par prospection électrique sur la commune de Touzac du 12 au 22 mai 1978	4 trainés et 48 sondages électriques, mise en évidence d'un surcreusement	Conseil Général 46
DDAF 46	mai 1978		Etude C.G.G. par prospection électrique sur la commune de Touzac - 12 et 13 mai 1978 - Syndicat des Eaux de la Lémance	Résultats de sondages et trainés électriques réalisés autour de la source de Touzac (reprise de l'étude CGG)	DDAF 46
Centre d'Hydrogéologie Université de Bordeaux 1	mai 1979		Note à propos de l'injection de fluorescéine sous packer à 90 m de profondeur sur S4	Aucune restitution observée à Touzac ni sur le Lot, mais suivi très court (< 30 h)	DDAF 46
Centre d'Hydrogéologie Université de Bordeaux 1	août 1979	C.H. 79/83	Compte-rendu de la mission "vidéo" effectuée sur le sondage de Touzac et implantation de l'ouvrage définitif	Descente caméra vidéo par Hydro-Invest montrant la déformation du tubage	Conseil Général 46
DDAF 46	juin 1984		Etude hydrométrique des systèmes de Touzac-Soturac et de Lenclo (Lot)	Variations hydrométriques et évaluation des débits de Touzac-Soturac entre octobre 1981 et février 1983	DDAF 46
BRGM (J-C SOULE)	novembre 1984		Rapport hydrogéologique pour la détermination des périmètres de protection du captage d'eau potable de la source de Vire	Description du captage, mesures de niveau d'eau du captage et du Lot, essai de pompage	InfoTerre
BRGM	décembre 1984	84 AGI 376 MPY	Etude de la vulnérabilité des karsts du Quercy - Problèmes posés par la protection des sources de Touzac-Soturac (46)	Contextes géologique et hydrogéologique, Hydrologie, Climatologie, Thermique, Traçage, Géochimie, Vulnérabilité	DDAF 46 Conseil Général 46
B.I.G.	Novembre 1987	étude n° : 1762	Source Bleue de Soturac - Etude géophysique	Mesures VLF, électriques et sismiques en vue de l'implantation de sondages de reconnaissance en rive droite du Lot	Conseil Général 46
DDAF 46	décembre 1987		Etude géophysique de la source bleue de Soturac	Synthèse des principaux résultats obtenus par la géophysique en rive droite et gauche du Lot	Conseil Général 46
BRGM (J-G. ASTRUC)	1988	Document du BRGM n° 133	Le paléokarst quercynois au Paléogène - Altérations et sédimentations associées	reconstitution de l'évolution paléogéographique du Quercy entre le Crétacé et le Plio-Quaternaire à partir des affleurements observés sur le terrain	BRGM
DDAF 46	1989		Recherche d'eau - Commune de Soturac - Syndicats de la Basse Vallée du Lot et de la Lémance	Description des travaux de foration sur F1 et F2, Coupes géologiques et techniques, essais de pompage par paliers, micromoulinet, diagraphie gamma-ray	Conseil Général 46
Centre d'Hydrogéologie Université de Bordeaux 1	juillet 1989	C.H. 89/16	Logs de vitesses effectués sur les forages F1 et F2 de Soturac (Lot)	Confirmation des arrivées d'eau entre 36 et 41 m sur F1 et 35 et 39 m sur F2	DDAF 46
J. REY - Université Paul Sabatier - Toulouse III	juillet 1989		Rapport d'expertise géologique concernant le captage de la Source Bleue de Soturac	Avis d'hydrogéologue agréé du 10 juillet 1989 sur les forages d'exploitation de Soturac	Conseil Général 46

Auteur	Date	Référence	Titre	Contenu	Source
DDAF 46	mars 1996		Qualité des Eaux Souterraines Lotoises - Analyses comparées des teneurs en Zinc	Teneur en Zinc (traceur d'un apport du Lot) en régime de Moyennes eaux des principales sources du Lot	Conseil Général 46
E.G.S. (P. MUET)	janvier 1998	LH/98/995	Source Bleue de Soturac - Suivi de la qualité de la ressource - Synthèse des résultats - Cycle hydrologique 1996-1997	Graphes d'évolution turbidité, température, conductivité et niveaux d'eau	AQUARESO
E.G.S. (P. MUET)	juillet 1998	LEX/98/874	Expertise hydrogéologique - Projet d'assainissement collectif du Bourg - Commune de Touzac (Lot)	Faisabilité du projet au regard de quatre sondages à 2,5 m dans les alluvions	AQUARESO
E.G.S. (P. MUET)	novembre 1998	LH/98/811	Traçage des eaux souterraines depuis la vallée de la Thèze - Compte-rendu - Injection du traceur	Descriptif des modalités d'injection et de suivi - Aucune restitution au 05/11/98	Conseil Général 46
E.G.S. (P. MUET)	janvier 1999	LH/99/991	Traçage des eaux souterraines depuis la vallée de la Thèze - Résultats des 2 premiers mois de suivi	Aucune restitution observée au 12/12/98	Conseil Général 46
E.G.S. (P. MUET)	août 1999	LH/99/991	Traçage des eaux souterraines depuis la vallée de la Thèze - Rapport final	Résultats d'un traçage réalisé à partir d'un forage	Conseil Général 46
E.G.S. (P. MUET)	octobre 1999	LH/99/977	Source Bleue de Soturac - Suivi de la qualité de la ressource - Année 1998-1999	Graphes du suivi en continu, fluctuations mensuelles des ions majeurs, analyses fine des particules en suspension et synthèse des résultats	AQUARESO
E.G.S. (P. MUET)	janvier 2000		Source Bleue de Soturac - Suivi de la qualité de la ressource - Mai à décembre 1999	Graphes d'évolution des différents paramètres suivis	AQUARESO
E.G.S. (P. MUET)	janvier 2001		Source Bleue de Soturac - Suivi de la qualité de la ressource - Année 2000	Graphes d'évolution des différents paramètres suivis	AQUARESO
E.G.S. (P. MUET)	juillet 2001		Source Bleue de Soturac - Suivi de la qualité de la ressource - Janvier à Juin 2001	Graphes d'évolution des différents paramètres suivis	AQUARESO
SOLEN Environnement (P. MUET)	novembre 2001	V00046LG/LG/I/01	Traçage des eaux souterraines depuis la Station d'Épuration de TOUZAC	Résultats d'un traçage réalisé à partir d'une fosse creusée dans les alluvions à proximité des installations de la STEP	Syndicat de la Basse Vallée du Lot (AQUARESO)
Direction Technique Régionale de la SAUR	novembre 2002		Essais des exhaures de la station de la Source Bleue de Soturac	Graphiques d'évolution des cotes des puits P1 et P2 en fonction des pompages	Conseil Général 46
DDAF 46 Conseil Général 46	décembre 2003	AT/ABC 05/01/04	Evolution de la qualité des eaux émises par la Source Bleue de Soturac (Lot) - Données du 29 octobre au 15 décembre 2003	interprétation des données conductivité et de turbidité de la source lors de la crue du Lot du 05/12/03	Conseil Général 46
BRGM (M. GHYSELINCK et L. CHERY)	juillet 2004	RP-53244-FR	Etude préalable à l'établissement des périmètres de protection de captage. Datations des écoulements souterrains de la source de Banudel (Commune de Boulvé)	Datation des eaux à l'aide du tritium et du carbone 14	BRGM
ANTEA	juillet 2006	A42595/A	Forages de reconnaissance "Banudel" F1, F2, F3 - Le Boulvé (46) Diagnostics par caméra-vidéo, diagraphies et pompages d'essai	Caractéristiques des trois forages de reconnaissance réalisés à proximité de la source captée de Banudel à Le Boulvé	SAEPA du Quercy Blanc
BRGM	décembre 2007	07 AQI 36	Cartographie détaillée des terrains du Kimméridgien au sud de la source de Lenclo, commune de Maurox (Lot)	Cartographie des différentes unités constituant le Kimméridgien au sud de la boucle de Soturac	BRGM
BRGM (J-P. PLATEL, E. GOMEZ, N. PEDRON)	décembre 2008	RP-56419-FR	Perspectives de Gestion des nappes du Secondaire de l'Agenais-Périgord - Partie 1 : Synthèse géologique et hydrogéologique (Rapport intermédiaire)	Délimitation et extension des principaux aquifères du Secondaire de la partie nord du Bassin Aquitain	BRGM
CALLIGEE (C. SUBIAS)	janvier 2010	T09-46035	Etudes Préalables à la création des Périmètres de Protection de la Source Bleue de Soturac (46)	Généralités sur le contexte de la source Résultats de traçages	CALLIGEE
CALLIGEE (D. DOUAY)	février 2010	T09-46052	Traçage hydrologique du Lot en Basses Eaux - Suivi du Lot et des Souces Bleues de Touzac et Soturac (46)	Connaissances sur le système des sources bleues de Touzac et Soturac, Résultats du traçage du Lot	CALLIGEE
BRGM (J-P. PLATEL, E. GOMEZ, N. PEDRON, M. SALTEL)	décembre 2010	RP-56419-FR	Perspectives de Gestion des nappes du Secondaire de l'Agenais-Périgord - Partie 2 : Modélisation hydrogéologique	Simulation de plusieurs scénarios d'exploitation des nappes profondes du Secondaire	BRGM

ANNEXE 2 :

Principales données géologiques concernant le secteur de la source bleue de Touzac

Coupes géologiques des sondages de reconnaissance S1 à S4 à Touzac

Carte du toit du substratum résistant en rive gauche du Lot

Coupe technique prévisionnelle de l'ouvrage définitif projeté au Sud
de la source de Touzac



Fiche descriptive de la donnée
Fiche Dossier du sous-sol

**Point n° 08558X0220/F****Sondage S1****Log validés**

Identifiant du point 08558X0220/F

Profondeur De 0.0 à 58.0 m

Rafraîchir

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
1.00	Sol (terre végétale)		Terre végétale argileuse roux	Holocène	75.25
3.00	Fx		Argile, sable grossier siliceux	Riss	73.25
5.00			Graviers siliceux		71.25
8.00			Calcaire en plaquettes gris bleu		68.25
13.00			Calcaire argileux blanc (série de Francoulès)		63.25
			Alternance de marne brun clair et de calcaire argileux (série de Francoulès)		
24.00			Marne crème (série de Francoulès)		52.25
27.00			Alternance de marne gris bleu et de calcaire argileux (série de Francoulès)		49.25
58.00				Kimméridgien supérieur	18.25

Point n° 08558X0221/F

Sondage S2

Log validés

Identifiant du point

08558X0221/F

Profondeur

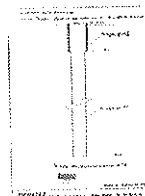
De 0.0

à 70.0

m

Rafraîchir

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
1.00			Terre argileuse, rousse.		76.35
2.00			Argile et sable grossier, siliceux.	Quaternaire	75.35
5.80			Gravier siliceux, blanc crème.		71.55
30.00	Formation de Cahors		Marne gris bleu et calcaire argileux.	Kimméridgien supérieur	47.35
35.00			Marne gris clair.		42.35
70.00			Marne et calcaire argileux.		7.35



Sondage S3

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 6

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0.5 m	SUPERF: TERRE, ARGILEUX BRUN	QUATERNAIRE
De 0.5 à 0.7 m	SUPERF: CAILLOUTIS, SILICEUX	QUATERNAIRE
De 0.7 à 21 m	ALT/MARNE, GRIS FONCE/CALCAIRE, ARGILEUX/	KIMMERIDGIEN
De 21 à 23 m	ALT/MARNE, CREME CLAIR/CALCAIRE, ARGILEUX/	KIMMERIDGIEN
De 23 à 37 m	ALT/MARNE, GRIS NOIR COMPACT/CALCAIRE, ARGILEUX/	KIMMERIDGIEN
De 37 à 50 m	ALT/MARNE, BLANC/CALCAIRE, ARGILEUX/	KIMMERIDGIEN



Fiche descriptive de la donnée
Fiche Dossier du sous-sol

**Point n° 08558X0223/F****Sondage S4****Log validés**

Identifiant du point

08558X0223/F

Profondeur

De 0.0

à 110.0

m

Rafraîchir

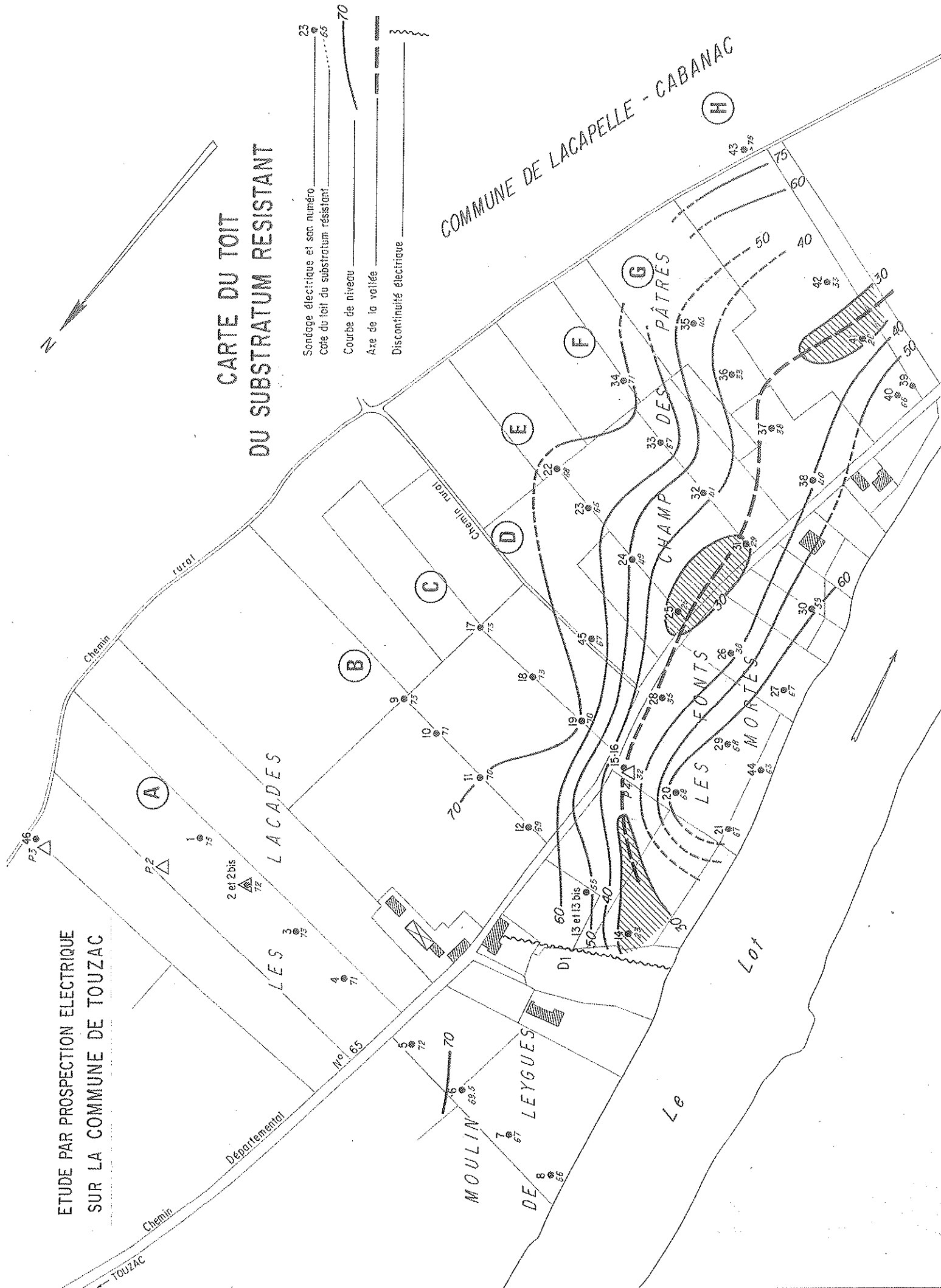
Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
2.00			Sable argileux roux.		75.73
3.00			Graviers siliceux alluviaux.		74.73
8.00			Graviers siliceux de taille variable alluviaux.		69.73
			Graviers argileux alluviaux.	Quaternaire	
26.00			Graviers siliceux mélangés à quelques graviers calcaires, dépôts de manganèse.		51.73
27.00			Argile plastique marron à graviers siliceux et calcaires.		50.73
30.00			Argile d'altération, marron à débris calcaires.		47.73
36.00			Calcaire micritique gris sombre.	Eocène	
40.00			Argile beige graviers et petits blocs calcaire micritique et sable.	Kimméridgien	41.73
44.00			Sable grossier graviers siliceux, argile et débris calcaire micritiques sombres.		37.73
46.00	Karst		Sable fin rosâtre et débris calcaire micritique gris sombre.	Eocène	33.73
50.00			Sable fin blanc, beige, rose rare débris calcaires.		31.73
52.00			Calcaire micritique gris sombre.		27.73
54.00			Calcaire micritique gris sombre à fines passées argileuses claires.	Kimméridgien	25.73
56.00			Calcaire micritique blanc et gris.		23.73
60.00			Calcaire micritique gris et blanc, sable, graviers et rares galets avec argile.		21.73
64.00	Karst		Argile marron plastique et blocs calcaire micritique fissurés et oxydés par film rougeâtre.		17.73
72.00			Graviers siliceux ronds (1 à 2cm) et calcaire.	Eocène	13.73
74.00			Graviers calcaires.		5.73
78.00			Débris calcaire beige micritique et sable siliceux à grains arrondis.		3.73
80.00	Karst		Débris calcaire beige micritique, sable et argile marron.		-0.27
86.00			Calcaire beige et gris bleu micritique.		-2.27
88.00			Calcaire micritique marron.		-8.27
92.00			Calcaire micritique beige associé à de l'argile carbonatée plastique.		-10.27
96.00			Calcaire micritique beige et blanc et faible fraction sableuse.		-14.27
98.00			Calcaire micritique beige et argile marron plastique sableuse.	Kimméridgien	-18.27
100.00			Calcaire blanc et beige micritique avec un peu d'argile sableuse.		-20.27
106.00			Calcaire beige légère fraction argileuse. Le forage a été testé à 90m3h.		-22.27
110.00					-28.27
					-32.27

ETUDE PAR PROSPECTION ELECTRIQUE SUR LA COMMUNE DE TOUZAC

CARTE DU TOIT DU SUBSTRATUM RESISTANT

- Sondage électrique et son numéro
- Cote du toit du substratum résistant
- Courbe de niveau
- Axe de la vallée
- Discontinuité électrique

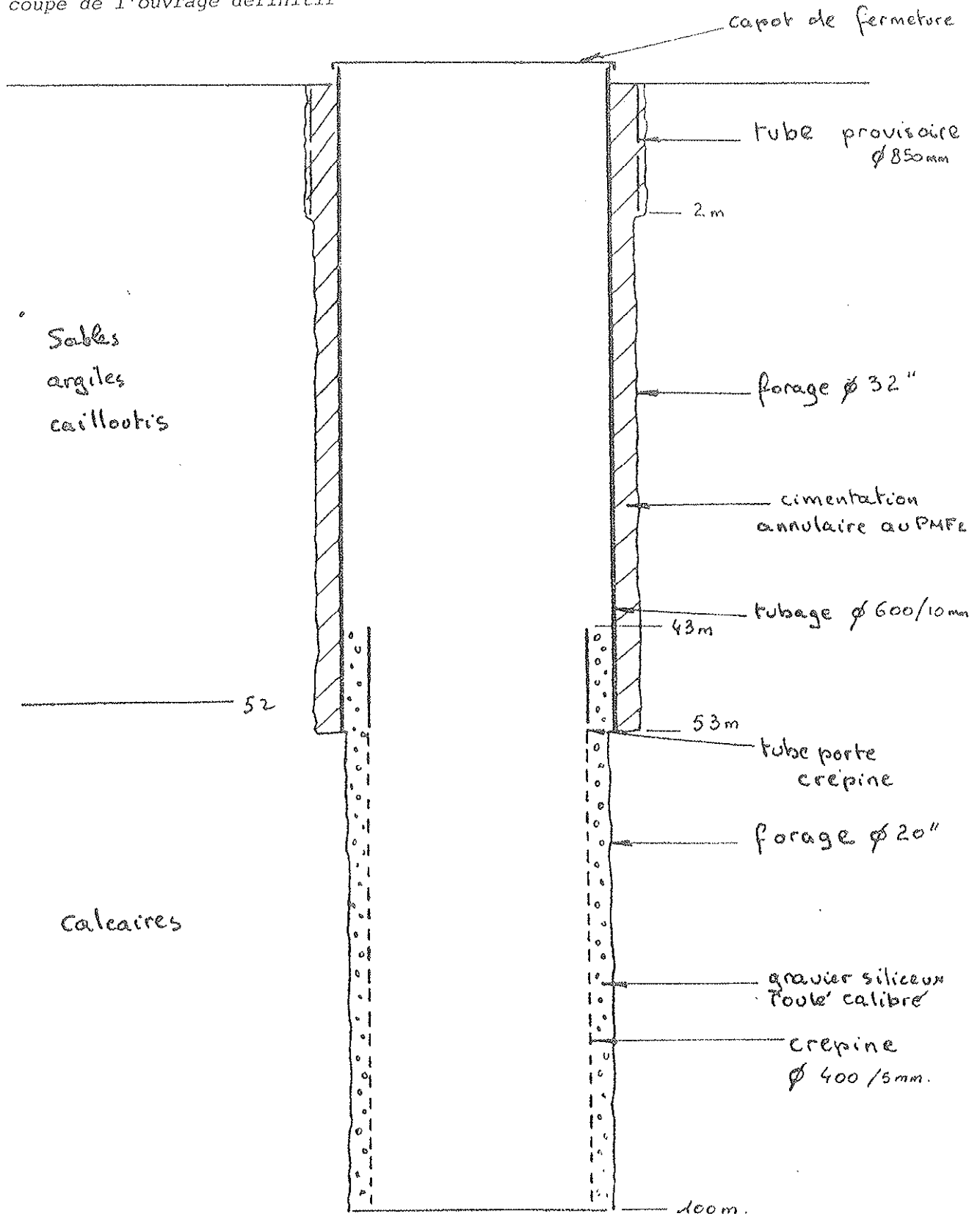
COMMUNE DE LACAPELLE - CABANAC



Projet d'ouvrage définitif à côté du S4
Coupe technique prévisionnelle

S.I LEMANCE

coupe de l'ouvrage définitif



ANNEXE 3 :

Données hydrologiques concernant l'ensemble sourcier de Soturac-Touzac

Méthode de calcul indirecte du débit global des sources de Touzac et Soturac
(d'après document DDAF , 1984)

Exemple de phénomènes d'intermittences observé sur la vasque de Touzac
(données DDAF du Lot)

5 - HYDROLOGIE

Les mesures de débit, effectuées par la DDA dans le cadre de la présente étude, ont concerné, de 1981 à 1983, les sources de Touzac et Soturac, la rivière Lot et la source de Lenclio. Des mesures de débit ont aussi été réalisées sur la source de Bouyssac. Elles ont malheureusement dû être interrompues en cours de cycle hydrologique, le propriétaire de la source considérant les installations comme inesthétiques.

5.1. ETUDE HYDRAULIQUE DES SOURCES DE TOUZAC-SOTURAC

5.1.1. Considérations générales

Avant que la source de Soturac ne prenne naissance vers les années 1948, les écrits anciens nous indiquent que la source de Touzac, appelée encore Fontaine de Leygue, faisait tourner trois moulins placés en série. Les estimations faites au début du siècle attribuaient à cette émergence un débit de :

- 1,9 m³/s à l'étiage
- 2,0 m³/s en débit moyen
- 2,1 m³/s en période de hautes eaux.

Le débit qui s'échappe actuellement de la vasque de Touzac varie de quelques l/s à l'étiage à plusieurs m³/s en période de fortes crues. Par moyennes et basses eaux, on note la présence d'écoulements annexes, en aval de la vasque. Lors de très basses eaux du Lot, deux sources pérennes déversent leurs écoulements sur les dalles calcaires qui se trouvent découvertes, en bordure rive gauche de la rivière.

De la berge, rive gauche du Lot, on aperçoit sur la rive opposée les importantes venues d'eau bleue de la source de Soturac. Cette source se place dans le prolongement d'une importante fracture, bien visible en rive gauche, qui affecte les calcaires kimméridgiens (substratum de la rivière).

Sur le trajet de cet accident, par très basses eaux du Lot (débit $\leq 3 \text{ m}^3/\text{s}$), un griffon important produit, à la surface des eaux troubles du Lot, une série d'intumescences à l'origine de multiples ondes concentriques.

C'est à la suite des travaux et des expériences de G. de Lavour, en 1949, que les différents griffons de sortie, placés en bordure du Lot ou dans le lit même de la rivière, ainsi que la source de Soturac ont été rattachés aux écoulements de Touzac (cf. annexe 1). G. de Lavour proposa, à l'époque, un schéma hydraulique qui plaçait l'alimentation générale du système en rive droite du Lot. Actuellement, certaines observations hydrauliques incitent à penser que l'alimentation principale des sources de TOUZAC-SOTURAC provient de la rive gauche du LOT.

Ces différentes observations suggèrent l'existence de relations hydrauliques complexes entre la source de Touzac, les différentes émergences annexes et la rivière Lot. Le schéma de la fig.8 explicite ces relations hydrauliques telles que l'on peut les appréhender actuellement.

On a effectué un suivi limnigraphique continu à la source de Touzac et sur le Lot, afin de tenter de quantifier ces relations : deux enregistreurs OTT XX ont été installés et calés en cote NGF de façon à pouvoir faire des comparaisons de niveaux.

Toutes les observations et calculs hydrologiques présentés ci-après ont été effectués par A. TARISSE (DDA).

5.1.2. Estimation des débits des sources de Touzac-Soturac

- Exposé du problème

L'examen des variations des niveaux de la source de Touzac et du Lot met en évidence les faits suivants :

- les variations de niveau qui affectent la source et la rivière sont synchrones.

- en période d'étiage, ou lors de brusques baisses de débit du Lot, la charge hydraulique qui existe entre la source et la rivière s'élève et peut, temporairement, devenir très importante. Il en résulte une augmentation du débit des sources annexes situées à des cotes topographiques plus basses (débit de sous-écoulement de la source de Touzac)

- en période de crue, par contre, le niveau de base (niveau du Lot) s'élevant, les débits de sous-écoulement, en aval de la source de Touzac diminuent.

Ces faits ont été établis par observation des variations de niveau naturelles et par des expérimentations complémentaires, effectuées au cours de l'année 1975 (cf. ci-après).

Il résulte de ces observations que le débit de la source de Touzac et des sources annexes ne peut être appréhendé qu'indirectement :

Il s'agit, en effet, d'un système qui se vidange par des écoulements de "trop plein" dont les eaux rejoignent gravitairement le Lot et par des sous-écoulements qui se déversent directement dans la rivière par l'intermédiaire d'un réseau "noyé".

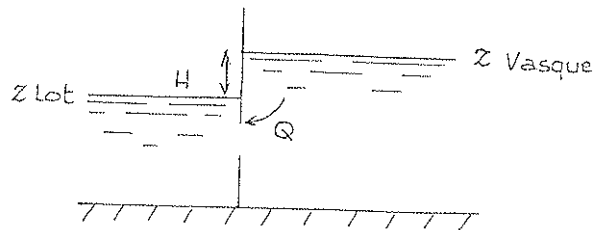
Si les écoulements de trop-plein sont accessibles à des mesures directes - qui ont été réalisées -, l'estimation des sous-écoulements n'a pu être tentée que par un calcul théorique et les résultats ainsi obtenus par A. TARISSE sont donnés ci-après.

Calcul des débits de sous-écoulement

On a admis que le débit Q au travers des conduits noyés (assimilables à des ajutages noyés) varie, en fonction de la différence de niveaux entre la vasque "Zvasque" et le Lot "ZLot", selon une relation de la forme suivante :

$$Q = K \sqrt{Z_{\text{vasque}} - Z_{\text{Lot}}}$$

avec K = coefficient d'ajutage



On a donc cherché à déterminer expérimentalement le "coefficient d'ajutage" K grâce à des expériences de mise en charge artificielle du système, pour différents états hydrauliques de celui-ci.

Cette mise en charge a été obtenue (cf. schéma fig. 9) en diminuant, grâce à une vanne, les débits de trop-plein de la source de Touzac. Les variations de niveau du Lot et de la source étaient alors enregistrées simultanément et les débits de trop-plein de la source étaient contrôlés pendant toute la durée de l'expérimentation, jusqu'à ce que la stabilisation du plan d'eau de la source soit pratiquement obtenue.

Connaissant la charge ($H = Z \text{ vasque} - Z \text{ Lot}$) et le débit (Q) correspondant pour deux états hydrauliques distincts (H_1 et Q_1 d'une part et H_2 et Q_2 d'autre part) on a calculé K à partir de la relation suivante :

$$K = \frac{Q_1 - Q_2}{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}} = \frac{\Delta Q}{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}$$

Quatre expérimentations distinctes ont fourni les résultats suiv

- 1) niveau initial de la vasque = 68,69 m
 niveau initial du Lot = 66,70 m
 d'où $H_1 = 68,69 - 66,70 = 1,99 \text{ m}$
 niveau stabilisé de la vasque
 après fermeture de la vanne = 68,89 m
 d'où $H_2 = 68,89 - 66,70 = 2,19 \text{ m}$
 différence de débit de trop-plein $Q_1 - Q_2 = - 0,240 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\text{On en tire } K = \frac{Q_1 - Q_2}{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}} = \frac{- 0,240}{\sqrt{1,99} - \sqrt{2,19}} = \underline{3,468}$$

- 2) niveau initial de la vasque = 68,72 m
 niveau initial du Lot = 66,41 m
 d'où $H_1 = 68,72 - 66,41 = 2,31 \text{ m}$
 niveau stabilisé de la vasque
 après fermeture de la vanne = 68,90 m
 d'où $H_2 = 68,90 - 66,41 = 2,49 \text{ m}$
 différence de débit de trop-plein $Q_1 - Q_2 = - 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\text{On en tire } K = \frac{Q_1 - Q_2}{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}} = \frac{- 0,21}{\sqrt{2,31} - \sqrt{2,49}} = \underline{3,614}$$

3) niveau initial de la vasque = 69,73 m
 niveau initial du Lot = 68,90 m
 d'où $H1 = 69,73 - 68,90 = 0,83$ m
 niveau stabilisé de la vasque
 après fermeture de la vanne = 70,03 m
 d'où $H2 = 70,03 - 68,90 = 1,13$ m
 différence de débit de trop-plein $Q1 - Q2 = - 0,197$ m³/s

$$\text{On en tire } K = \frac{Q1 - Q2}{\sqrt{H1} - \sqrt{H2}} = \frac{- 0,197}{\sqrt{0,83} - \sqrt{1,13}} = 1,296$$

4) niveau initial de la vasque = 69,94 m
 niveau initial du Lot = 67,95 m
 d'où $H1 = 69,94 - 67,95 = 1,99$ m
 niveau stabilisé de la vasque
 après fermeture de la vanne = 70,20 m
 d'où $H2 = 70,20 - 67,95 = 2,25$ m
 différence de débit de trop-plein $Q1 - Q2 = - 0,2$ m³/s

$$\text{On en tire } K = \frac{Q1 - Q2}{\sqrt{H1} - \sqrt{H2}} = \frac{- 0,2}{\sqrt{1,99} - \sqrt{2,25}} = 2,240$$

Les valeurs de K obtenues ont été reportées sur un graphique (cf. fig. 10) en fonction des cotes du Lot. On observe que 3 des 4 valeurs calculées de K sont alignées et donc proportionnelles aux cotes du Lot (Zlot).

Si l'on poursuit cette droite, elle coupe l'axe des y en un point correspondant à $Z_{Lot} = 70,18$ m, valeur très voisine de l'altitude NGF du seuil de débordement de la vasque de Touzac (70,25 m NGF).

Il s'agit là d'un résultat expérimental qui a été utilisé en tant que tel : dans l'impossibilité de pouvoir mieux préciser le comportement hydraulique du système, on a admis que, pour les différences de cote les plus fréquemment observées entre le Lot et la vasque, le coefficient K varie linéairement et qu'il est fonction de la cote du Lot.

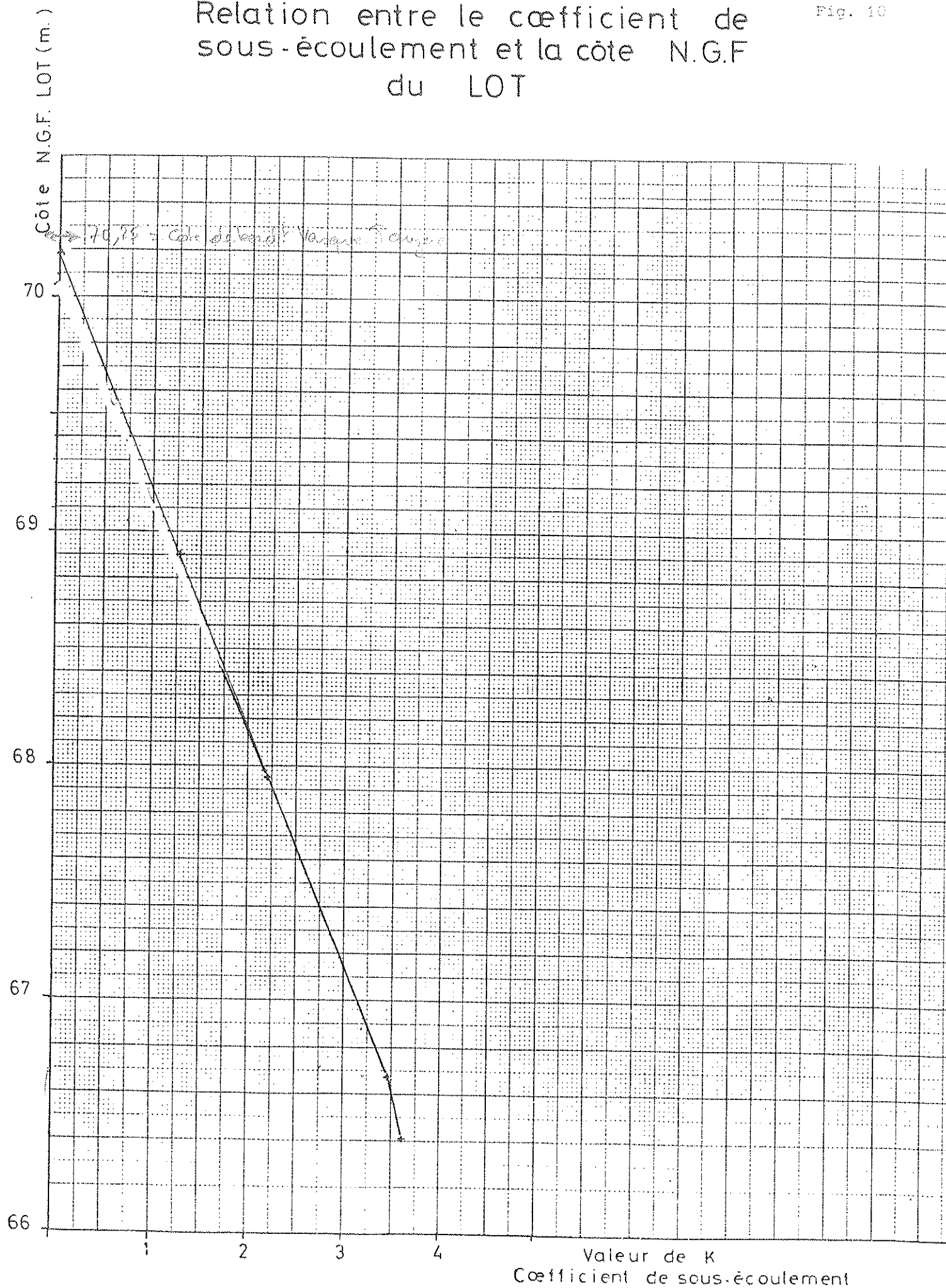
On aurait donc une relation de la forme.

$$K = a - Z_{lot}$$

où a se trouve correspondre expérimentalement à la cote NGF du seuil de débordement de la vasque.

Relation entre le coefficient de
sous-écoulement et la côte N.G.F.
du LOT

Fig. 10



Même si cette relation expérimentale n'est pas totalement satisfaisante sur le plan théorique, elle a été utilisée de façon empirique afin de tenter d'appréhender des écoulements que l'on sait être importants mais que l'on n'a, malheureusement, aucun moyen direct de mesurer.

Les seuls relevés limnigraphiques effectués sur le Lot et sur la vasque ont alors permis de calculer les débits de sous-écoulement en procédant de la façon suivante :

- on a vu que

$$Q = K\sqrt{Z_{\text{vasque}} - Z_{\text{lot}}}$$

- en remplaçant K par sa valeur on a :

$$Q = (a - Z_{\text{lot}}) \sqrt{Z_{\text{vasque}} - Z_{\text{lot}}}$$

où la valeur de a est l'altitude NGF du seuil de débordement de la vasque.

Cette démarche a permis à A. Tarris de constituer, grâce à un programme de calcul automatique, une chronique des débits de sous-écoulement du système karstique de Touzac-Soturac.

- Reconstitution des débits globaux

La chronique de débit global des sources du système de Touzac-Soturac a été obtenue par addition des débits de "trop-plein" mesurés et des débits de sous-écoulement calculés.

Elle concerne la période d'octobre 1981 à février 1983, et elle est présentée en annexe (cf. tableau annexe n° 2 et graphique annexe n° 3).

On observera que le débit de sous-écoulement, tel qu'il a été calculé, est beaucoup plus important que le débit de trop-plein mesuré. Il présente, en effet, des valeurs deux à cinq fois supérieures à ce dernier. est donc particulièrement délicat d'évaluer la marge d'erreur avec laquelle débits sont estimés et qui dépend essentiellement de la précision que l'on attend d'une méthode de calcul forcément empirique.

Touge

(f d'intensité
à Touge et Svin 1985)
DOBF 16

16

DIMANCHE 1 JUIN 1985

LUNDI 2 JUIN

MARDI 3

ANNEXE 4 :

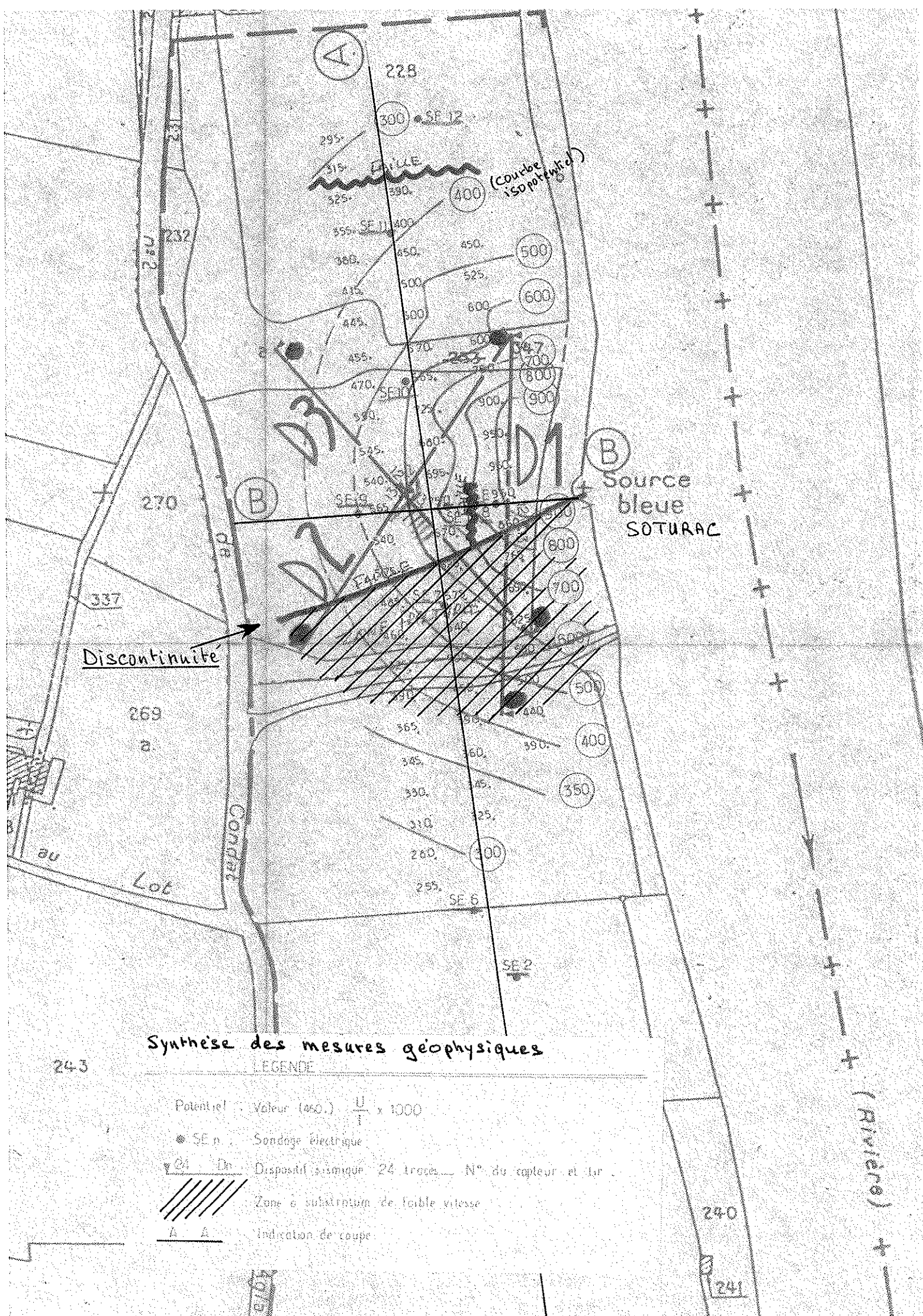
Principales données géologiques concernant le secteur de la source bleue de Soturac

Résultats des mesures géophysiques sismiques, électriques et synthèse générale
(d'après document DDAF , 1984)

Coupes géologiques des sondages de reconnaissance F1 et F2

Diagraphies réalisées sur les sondages F1 et F2

Résultats des tests au micromoulinet sur F1 et F2

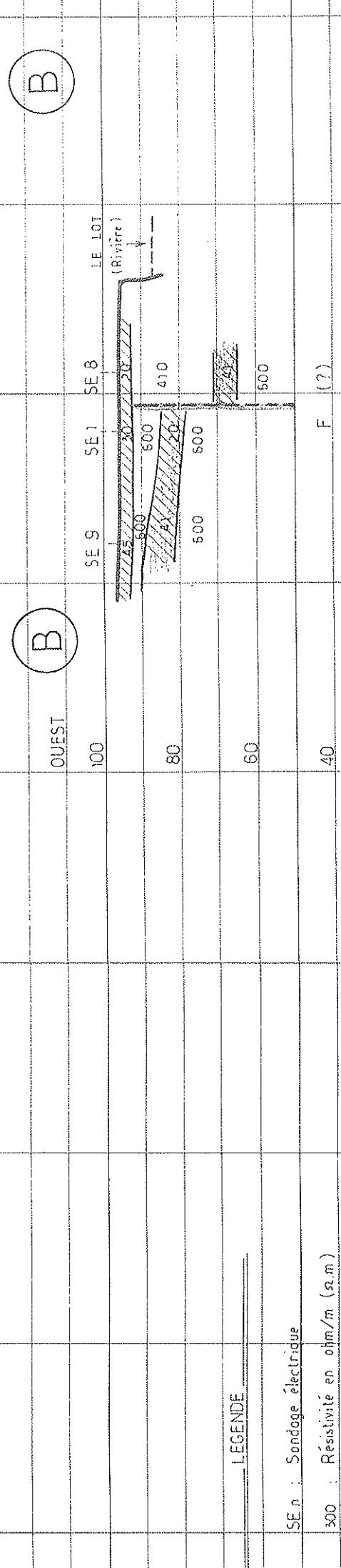
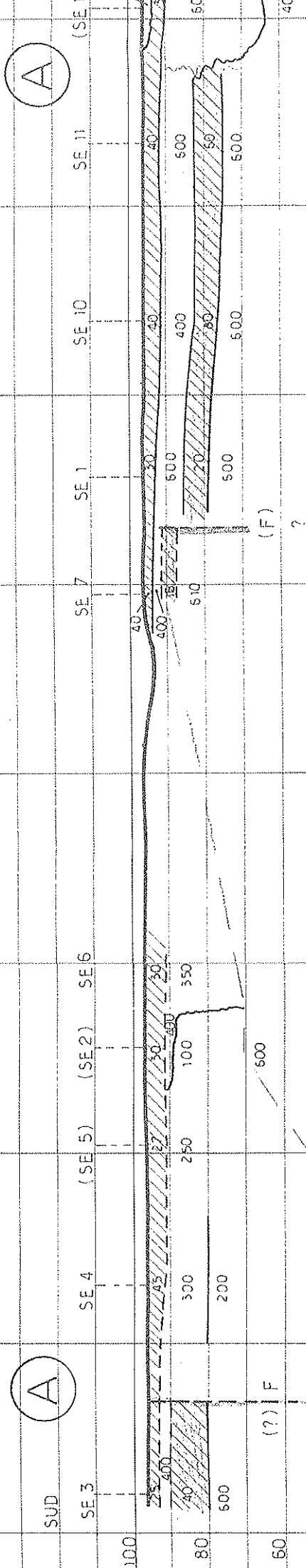


Synthèse des mesures géophysiques

LEGENDE

- Potentiel : Valeur (450.) $\frac{U}{I} \times 1000$
- SE n : Sondage électrique
- ▽ 24 Dn : Dispositif sismique 24 traces — N° du capteur et tir
- //// : Zone à substratum de faible vitesse
- A A : Indication de coupe

Source Bleue SOTURAC Coupes électriques



LEGENDE

- SE n : Sondage électrique
- 300 : Résistivité en ohm/m (Ω.m)
- /// : Zone à basse résistivité
- 100 : Cote arbitraire

Source Bleue
SOTURAC

Profils sismiques

120

NORD

100

D2 (1)

12 13

24

100

80

4600

1950

400

80

60

60

D2

120 NORD-EST

SUD-OUEST 120

100

D1 (1)

12 13

24

100

80

4500

1500

4500

550

2100

80

LEGENDE

60

60

24 Dn : Dispositif sismique

24 traces

N° du capteur Tir

1500 : Vitesse sismique

en m/s

120 NORD-OUEST

SUD-EST 120

2000 : Zone à substratum de faible vitesse

100

1450

12 13

22 24

400

100

80

4500

1500

3500

2000

400

80

60

60

D2 (12,13)

D1 (18)

I/SITUATION DES TRAVAUX

En bordure du Lot, à l'Ouest immédiat de la "Source Bleue" (cf plan à 1/10.000 et plan schématique avec les points cotés).

II/FORAGE F1 (tête de tube acier à + 72,896 N.G.F.)

Après un sondage de faible diamètre, ce forage à été repris au marteau fond de trou diamètre 216 mm, jusqu'à une profondeur de 54 mètres.

1 / Coupe des terrains

- 0 à 1 m : terre végétale, limon sableux à quelques galets de calcaire marneux gris.
- 1 à 2 m : galets polygéniques (quartz, calcaire...) dans une gangue argilo-sableuse marron - Présence de lignite
- 2 à 3 m : Idem + sableux
- 3 à 4 m : Calcaire sublithographique beige à filonnets de calcite (sables dans les fissures?).
- 4 à 5 m : Passage argileux
- 5 à 6 m : Calcaire fissuré avec argile
- 6 à 10 m : Calcaire sublithographique avec quelques passages "grumeleux". Oxydations marquées vers 9 m et 10 m.
- 10 à 13 m : Calcaire lithographique beige
- 13 à 14 m : Argile ?
- 14 à 18 m : Calcaire légèrement fracturé et argile
- 18 à 30 m : Calcaire lithographique beige légèrement fissuré

A 30 mètres, pertes d'air et de cuttings (remontée des échantillons non significative).

A partir de 45 mètres, arrivée importante de sables quartzeux roux.

.../...

SOTURAC - Source Bleue

F1

sol + 72,61 N.G.F.

RAYONNEMENT GAMMA NATUREL

RESISTIVITE NORMALE 16"

raccord de tubages

900 Ω.m

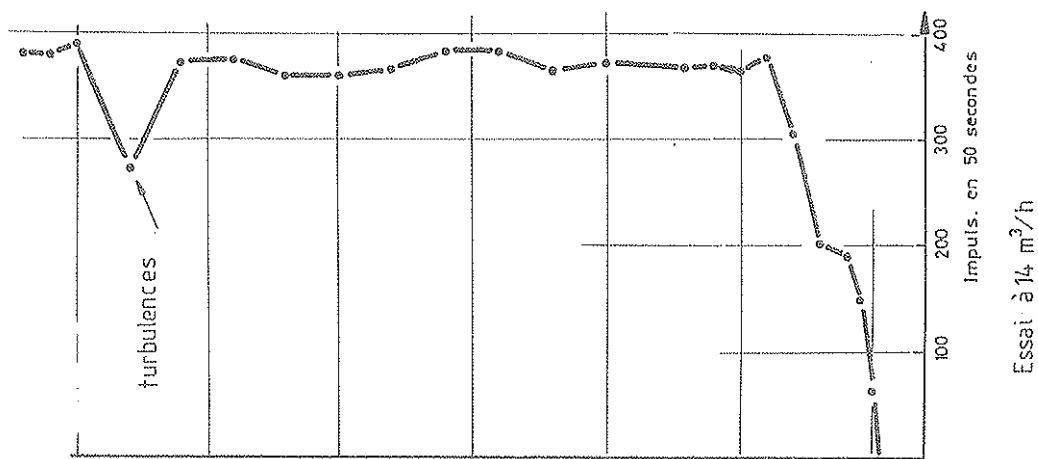
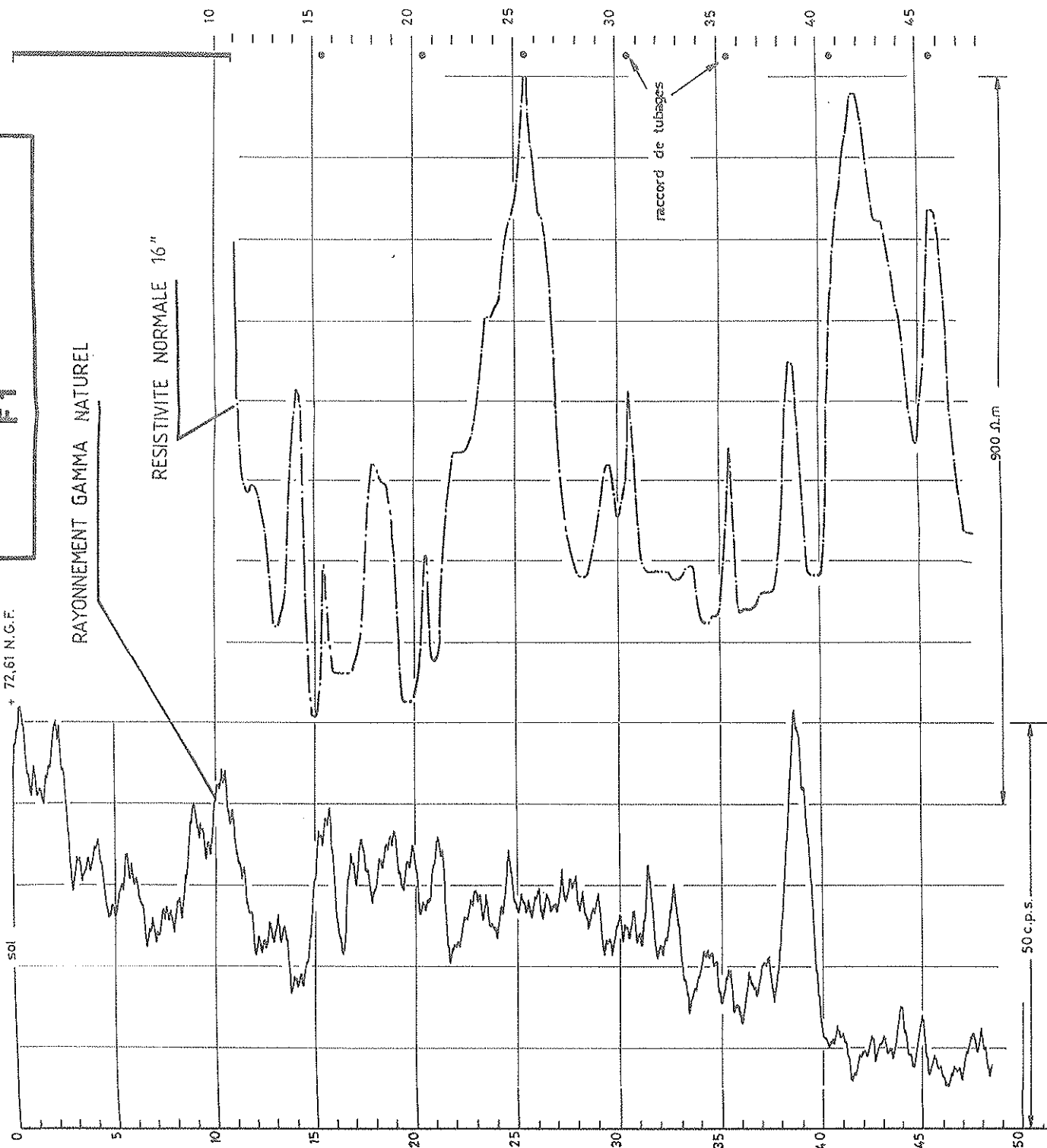
50 c.p.s.

TEST AU MICROMOULINET

turbulences

Impuls. en 50 secondes

Essai à 14 m³/h



III/ FORAGE F2

Situé à 11,50 m de F1 au nord de celui-ci.
 - diamètre de foration Ø 216 mm
 - profondeur forée 43 mètres
 - profondeur équipée 40,5 mètres

1- Coupe des terrains

0 à 2 m : terre végétale et limon argileux à quelques galets
 2 à 4 m : calcaire blanchâtre à beige clair sublithographique
 4 à 12 m : calcaire et marnocalcaire beige à joints argileux
 12 à 13 m : passage argileux
 13 à 20 m : calcaire sub et lithographique gris
 20 à 27 m : calcaire assez compact gris clair et beiget
 27 à 32 m : calcaire gris à oxydations marquées vers 32 m
 32 à 36 m : calcaire gris clair et blanc à passées oxydées (joints argileux et sableux ?)
 36 à 38 m : sables quartzeux roux à muscovite abondante
 38 à 39 m : calcaire blanchâtre
 39 à 43 m : ? retombées de sable...

Remarques

Calcaire altéré à partir de 10 m/sol avec arrivées d'eau , communications avec le LOT (remontée d'air en surface de la rivière).

2/Equipement

En tubage P V C " Charentes Plastiques "
 Diamètre 160/170 mm
 tubes pleins de 0 à 6 m/sol
 tubes crépinés de 6 à 40,5 m/sol
 tubage acier à + 73,021 N G F

.../...

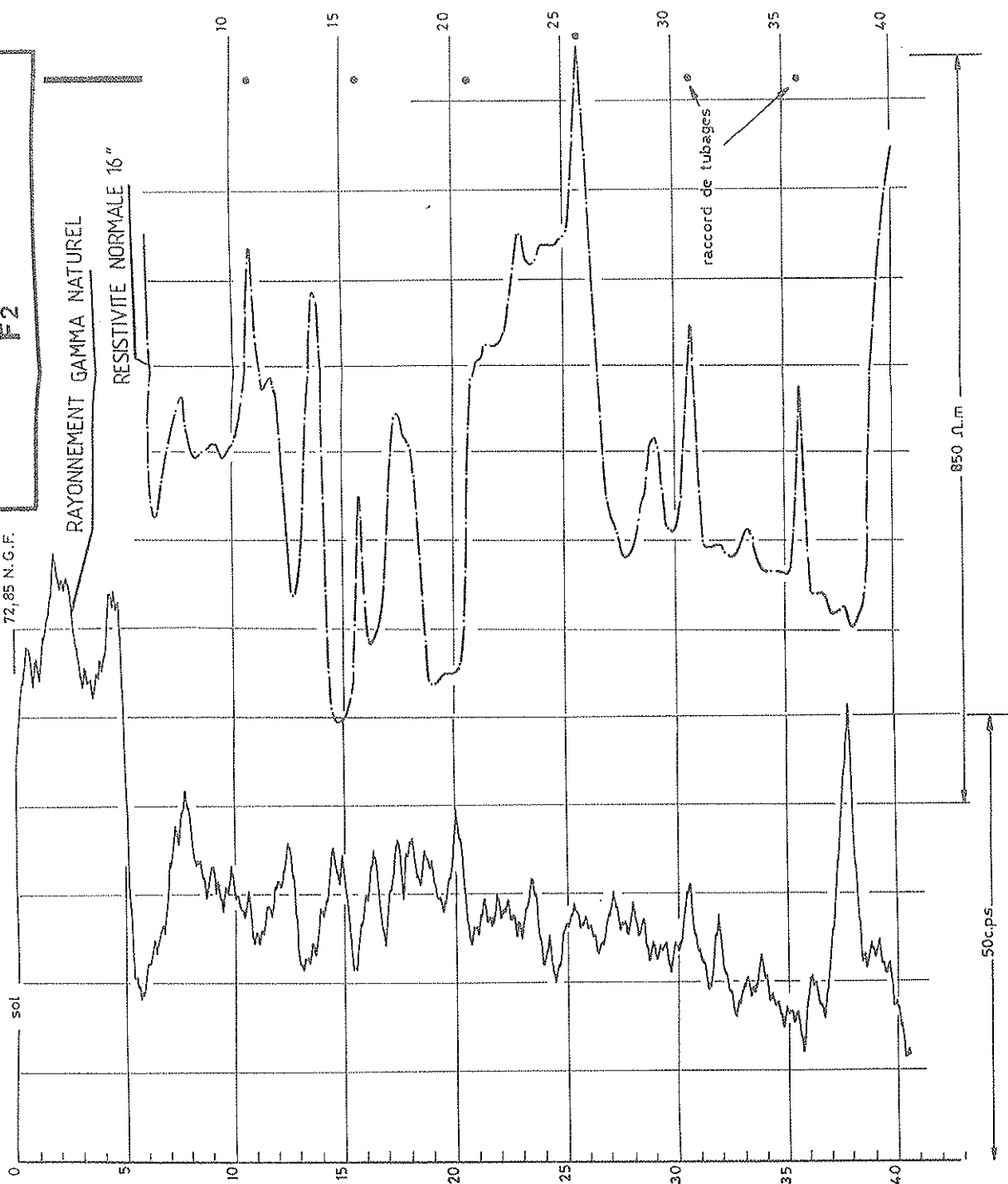
SOTURAC - Source Bleue

F2

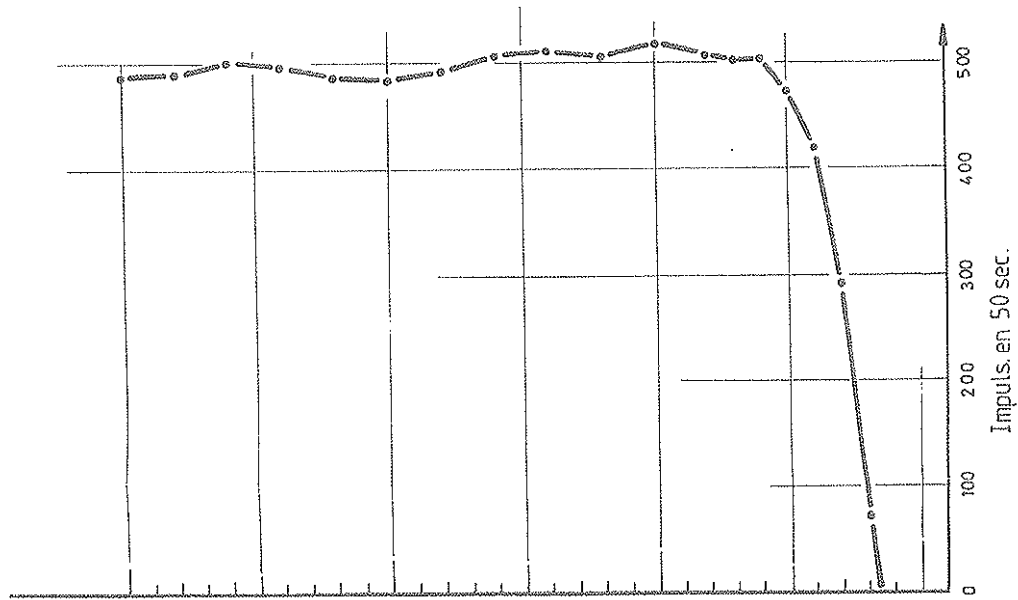
72,85 N.G.F.

RAYONNEMENT GAMMA NATUREL

RESISTIVITE NORMALE 16"



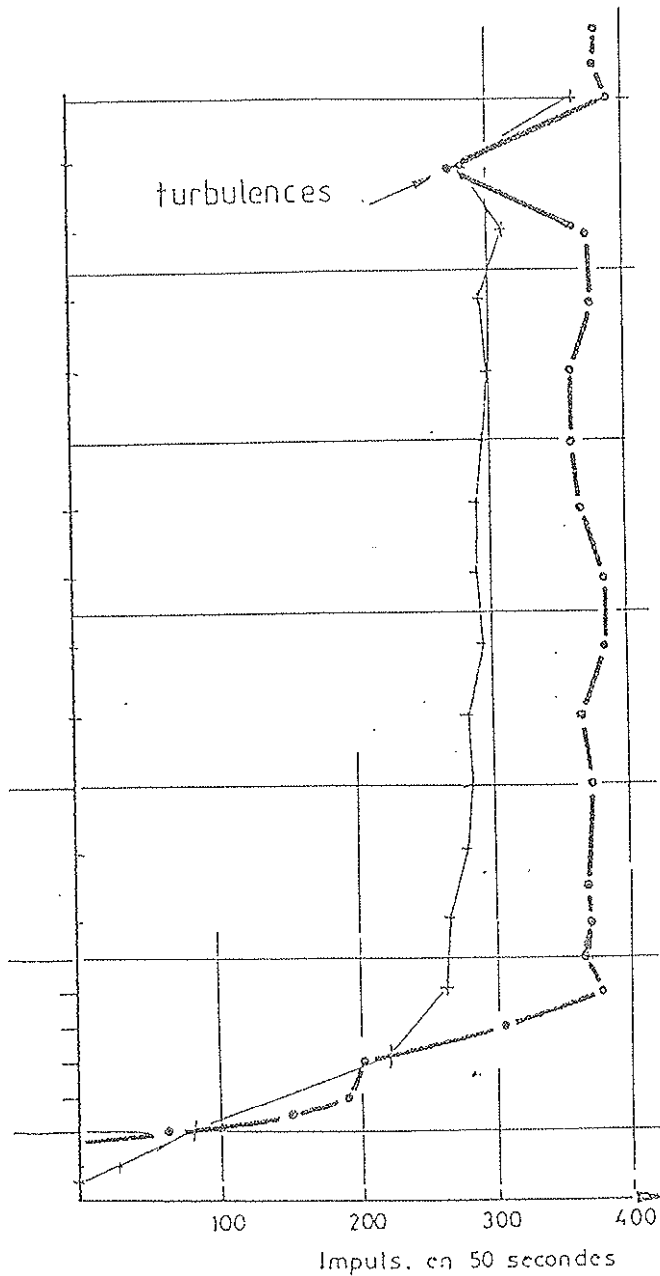
TEST AU MICROMOUINET



SOTURAC -- SOURCE BLEUE

TEST AU MICROMOULINET

F1



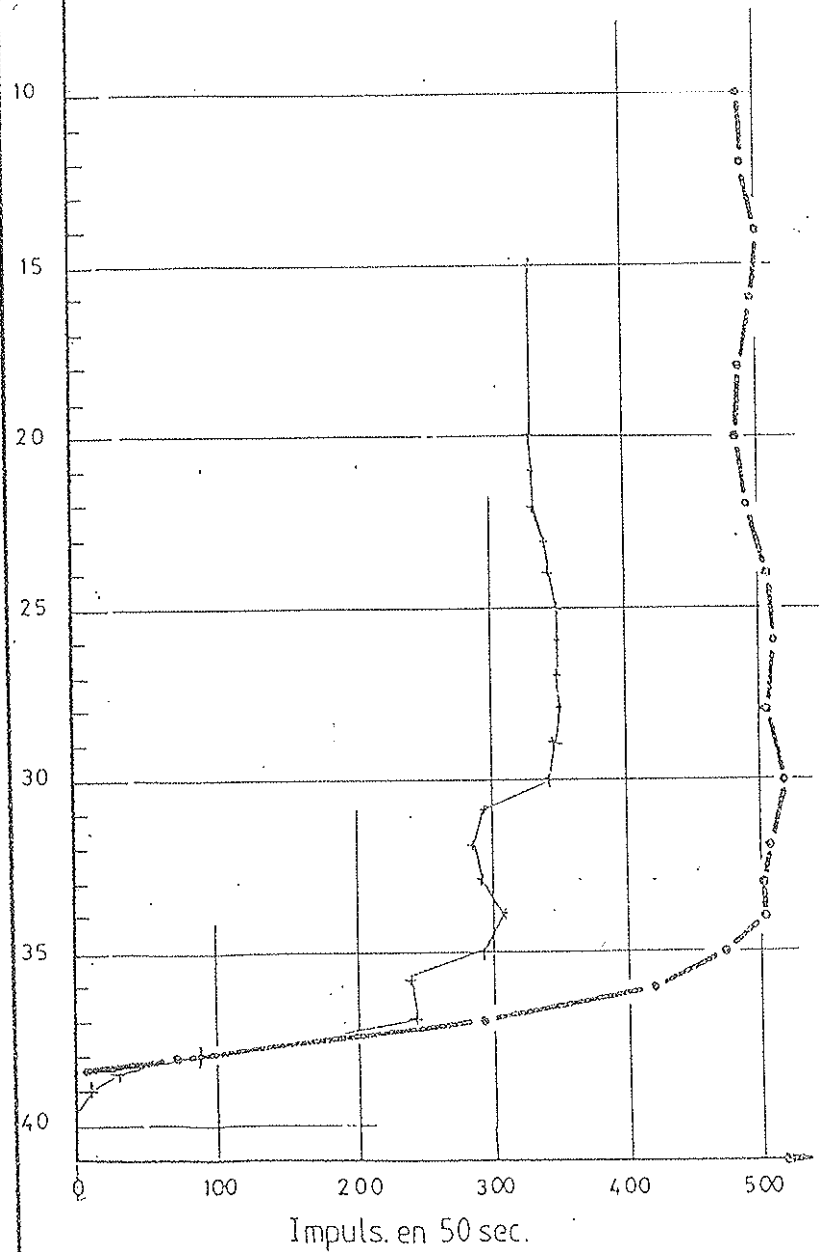
Essai à $14 \text{ m}^3/\text{h}$: Pierson

$56 \text{ m}^3/\text{h}$: C.H.

— + C.H. - 26-06-89

— • Pierson - 21-03-89

F2



Essai à $18 \text{ m}^3/\text{h}$: Pierson

$56 \text{ m}^3/\text{h}$: C.H.

ANNEXE 5 :

Données concernant l'exploitation de la ressource en eau à Soturac

Avis de l'Hydrogéologue agréé du 10 juillet 1989

Arrêté de D.U.P. du 17 juin 1992

Schéma synoptique des installations de production

Schéma du réseau de distribution alimenté par la source bleue de Soturac

Résultats des tests au micromoulinet sur F1 et F2

Arrêté de D.U.P. du 14 juin 2006

UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER
TOULOUSE III

LABORATOIRE DE GÉOLOGIE SÉDIMENTAIRE
ET PALÉONTOLOGIE

29, ALLÉES JULES-GUESDE - 31062 CÉDEX

TEL. : (05) 33.02.33

SYNDICAT DES Eaux DE LA BASSE VALLEE DU LOT (Lot)

RAPPORT D'EXPERTISE GEOLOGIQUE
CONCERNANT LE CAPTAGE
DE LA SOURCE BLEUE, A SOTURAC

Par

Jacques REY

Hydrogéologue agréé
pour le Département du Lot

10 Juillet 1989

Je soussigné Jacques REY, Professeur de Géologie à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse, Hydrogéologue agréé pour le Département du Lot, certifie avoir procédé le Vendredi 07 Juillet 1980, conformément à la demande de la Direction Départementale de l'Agriculture, à l'expertise géologique concernant le captage de la "source bleue", sur le territoire de la Commune de Soturac (Lot).

Monsieur TARISSE, Hydrogéologue à la Direction Départementale de l'Agriculture, m'accompagnait sur le terrain pendant la visite des lieux.

Le Syndicat des Eaux de la Basse Vallée du Lot regroupe 14 Communes et dessert plus de 4.000 branchements. Il exploite les eaux des sources de Mazières et de Moulin-Mignot, ainsi qu'une prise sur le Lot à Meyme. Le captage de la source bleue permettrait d'accroître les ressources du Syndicat, d'abandonner la prise d'eau de Meyme et de fournir un appoint au Syndicat des Eaux de la Lemance. Deux forages d'essai ont été réalisés à l'emplacement des forages définitifs. Notre expertise géologique a pour objet de définir les diverses mesures de protection qu'il conviendrait de prendre afin que les eaux distribuées au public soient, en permanence, de bonne qualité.

SITUATION GEOGRAPHIQUE

La source bleue est située sur la berge droite (Ouest) du Lot, 2.500 m à l'Est et en amont du village de Soturac. Les eaux arrivent en charge dans la rivière, au niveau d'une vasque profonde de 6 à 7 m, d'un diamètre de 8 m, entaillant la berge. Les eaux de la source se distinguent des eaux du Lot par leur couleur plus claire et par des tourbillons remontant des paillottes de mica.

En arrière de la source se développe une bande de ramiars, surmontant le Lot de 3 à 5 m, large de 10 m (parcelles 348 et 364, section AD). Les deux forages F1 et F2, espacés de 11,50 m, ont été implantés à l'angle Sud Ouest de la parcelle 364. Au-delà, vers l'Ouest, s'étendent des prairies fréquentées par des chevaux (parcelles 345 et 346 AD), sur des terrains plats ou à pente douce vers le Lot. Un gradin de terrasse longé par la route V.C. n° 2, 50 m à l'Ouest de la source bleue, sépare le lit majeur du plateau cultivé et habité du Fournié. Le hameau du Fournié, 200 m au Sud-Ouest de la source, se

composé d'une dizaine de maisons et d'une ferme avec bâtiments d'élevage. Il est en cours d'urbanisation.

Au droit de la source, le lit du Lot est large de 100 m. L'écoulement des eaux est régulier. Plusieurs griffons apparaissent dans le fond de la rivière, à proximité de la berge orientale. Une source importante se place sur cette rive gauche, au Moulin de Laygues ("source bleue de Touzac").

SITUATION GEOLOGIQUE

La vasque de la "source bleue" entaille des calcaires en bancs minces, onduleux, à texture noduleuse, du Kimmeridgien. Les strates plongent à 5° vers l'Ouest. Elles sont affectées par des failles normales, distensives, couvertes, espacées de 1 à 2 m et orientées à N 50° E. Une autre fracturation, moins dense, apparaît selon une direction Nord-Sud. Sur le substratum calcaire se développe, en arrière de la berge, un placage d'alluvions fluviatiles épais de 2,50 m, limoneux en surface et sablo-graveleux à plus grande profondeur. Ces alluvions occupent toute la plaine du lit majeur, la terrasse plus élevée de Fournié et forment une couche solifluée sur le gradin.

Dans un cadre plus général, on notera que la source est localisée sur une ride anticlinale à large rayon de courbure, orientée Nord-Ouest-Sud-Est, dont l'axe passe par Saint-Front (vallée de la Lémance), le dôme de Soussac et à l'Ouest de Saint-Martin-Le-Rédon (vallée de la Thèze) et, au Sud du Lot, par Lacapelle-Cabanac.

Le forage F1, le plus méridional, a traversé les alluvions fluviatiles sur 3 m. Au-dessous et jusqu'à 50 m de profondeur ont été recoupés les calcaires à grain fin, intercalés de niveaux plus argileux. A plus grande profondeur et jusqu'à la profondeur finale de 54 m, le sondage était dans une cavité avec remontées des sables quartzeux fins, micacés. Il s'agissait probablement là d'une poche karstique remplie par des sables bien lavés d'origine altéritique ou fluviatile.

Le forage F2 a entaillé 2 m d'alluvions fluviatiles, 37 m de calcaire (avec passées marneuses) puis 4 m de sables dans une cavité karstique.

HYDROGEOLOGIE

Les deux forages ont atteint l'eau du réseau de la source bleue. En Juin, les eaux des deux forages étaient en charge de 0,90 m par rapport au niveau de résurgence de la source dans le Lot. En période de crues de la rivière, le niveau piézométrique du réseau est 0,40 m au-dessus du niveau de la source. Donc, en l'état naturel des lieux, les eaux de la source bleue sont en charge par rapport aux eaux du Lot, en toutes saisons. Il ne peut donc pas y avoir de contamination des eaux des forages par les eaux de la rivière.

À la résurgence, le débit d'étiage est de 1,5 m³/seconde.

Le forage F1 fournissait lors d'essais de pompage un débit de 105 m³/heure (obtenu en 4 paliers de 30 mn) avec un rabattement de 0,47 m. Le forage F2 a donné le même débit avec un rabattement de 0,41 m.

On peut supposer que le système karstique emprunte essentiellement la direction de la charnière anticlinale orientée N 160° E, à fracturation ouverte liée à la flexure des couches. Ces sources des deux rives du Lot (Soturac et Touzac) sont issues du même réseau car leurs caractéristiques physiques sont semblables. La source de Touzac (rive gauche) évacue actuellement le trop-plein du système. Le réseau serait donc essentiellement alimenté :

- par l'infiltration des eaux météoriques sur les causses crétacés de Cavagnac et de Bonaguil ;
- par les pertes de la Thèze entre Saint-Martin-de-Radon et Boussac (de l'ordre de 100 l/seconde à l'étiage) ;
- par des pertes probables de la Lémance ;
- par l'infiltration des eaux météoriques sur les reliefs jurassiques de Lacapelle-Cabânac et de Floressas, au Sud du Lot et à l'Ouest de la source de Boussac ;
- par les infiltrations des nappes phréatiques qui baignent les alluvions des plaines et terrasses du Lot, sur les deux rives ;
- par de possibles pertes du Lot dans la région d'Albas, avec drainage suivant la fracturation des calcaires orientée Est-Ouest ("linéament de la vallée du Lot").

HYGIENE PUBLIQUE

Les écoulements en systèmes karstiques ne permettent généralement pas une épuration bactérienne naturelle des eaux qui les traversent. Comme aucun écran imperméable ne sépare l'aquifère de la surface du sol, les eaux de la source bleue sont vulnérables aux pollutions superficielles. Or, divers facteurs de contamination (habitations, activités agricoles) peuvent être recensés à proximité de la source ou dans les zones d'infiltration des vallées de la Lomance, de la Thèze et du Lot. Il sera donc nécessaire de procéder à divers aménagements pour que l'eau livrée à la population soit, en permanence, de bonne qualité :

- 1 - Traitement complet par ~~filtration~~ stérilisation, ce traitement étant effectué sous le contrôle et la responsabilité du Syndicat.
- 2 - Etablissement pour chaque forage d'une zone de protection immédiate, surface circulaire de 10 m de rayon ayant pour centre le captage. Le terrain sera acheté par le Syndicat. Il sera clôturé afin que son accès soit rendu impossible à tout animal. Toutes cultures, fumures, irrigations, tous passages y seront interdits, de même que la construction de tout édifice à usage particulier. Chaque forage sera cimenté jusqu'à 20 m de profondeur minimum pour éviter les contaminations directes par les eaux du Lot ou par des infiltrations verticales.
- 3 - Définition d'une zone de protection rapprochée constituée par les parcelles n° 345, 346, 348, 235 et 364, section AD, de Soturac. A l'intérieur de ce périmètre seront interdits : l'ouverture et l'exploitation de carrières ; le dépôt d'ordures ménagères, immondices, détritiques, produits radioactifs et de tous produits et matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux ; le déversement d'eaux usées de toutes natures ; le forage de puits ; l'épandage d'engrais à des doses supérieures à celles nécessaires pour la conduite rationnelle des cultures pratiquées dans la zone considérée ; l'épandage de pesticides à des doses supérieures à celles fixées lors de l'homologation des produits et mentionnées dans leurs conditions d'emploi ; l'installation de canalisations, réservoirs ou dépôts d'hydrocarbures liquides ou gazeux ; et tout fait susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement, à la qualité des eaux.

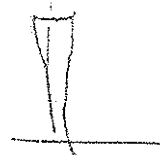
4 - Définition d'une zone de protection Alcides formée par le bassin-versant jusqu'à la Thèze au Nord, par les reliefs dominant Touzac, au Sud, et par le lit du Lot entre la "source bleue" et Albas, conformément au plan joint en annexe. On veillera à ce que les Administrations délivrant les autorisations nécessaires à l'établissement d'activités polluantes quelles qu'elles soient, y appliquent rigoureusement la réglementation en vigueur.

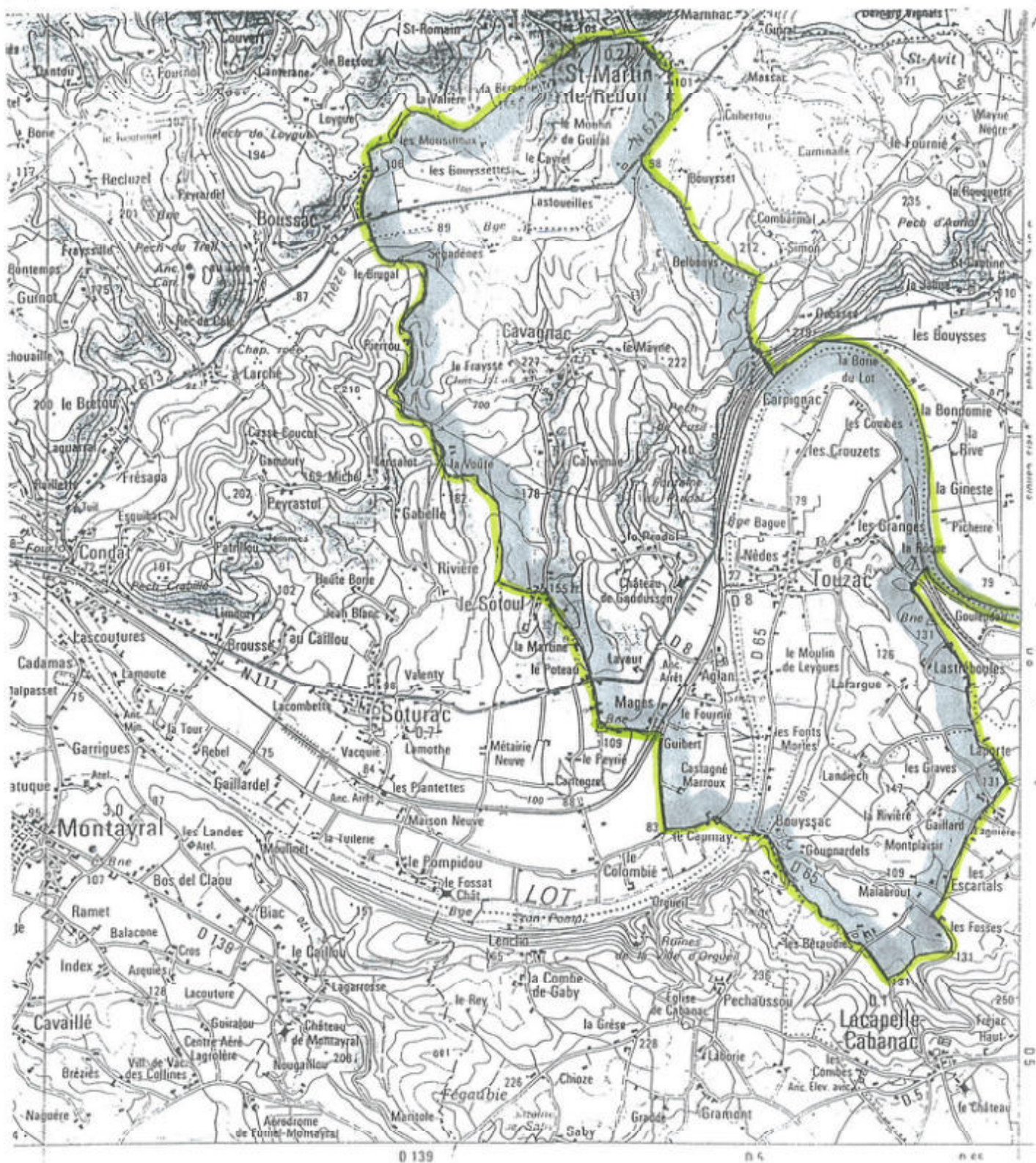
Enfin, il sera vivement conseillé d'installer un réseau d'assainissement collectif au hameau de Fournié, les effluents traités étant rejetés dans le milieu naturel en aval de la source.

CONCLUSION

Je donne avis favorable au captage de la "source bleue" à Soturac pour le renforcement de capacité du réseau d'adduction d'eau potable du Syndicat de la Basse Vallée du Lot, sous réserve du résultat des analyses chimiques et bactériologiques des eaux et à la condition que soient respectées toutes les prescriptions précédemment énoncées.

Fait à Toulouse, le 10 Juillet 1952

A handwritten signature, possibly 'L', consisting of a vertical line with a horizontal crossbar and a small loop at the top.



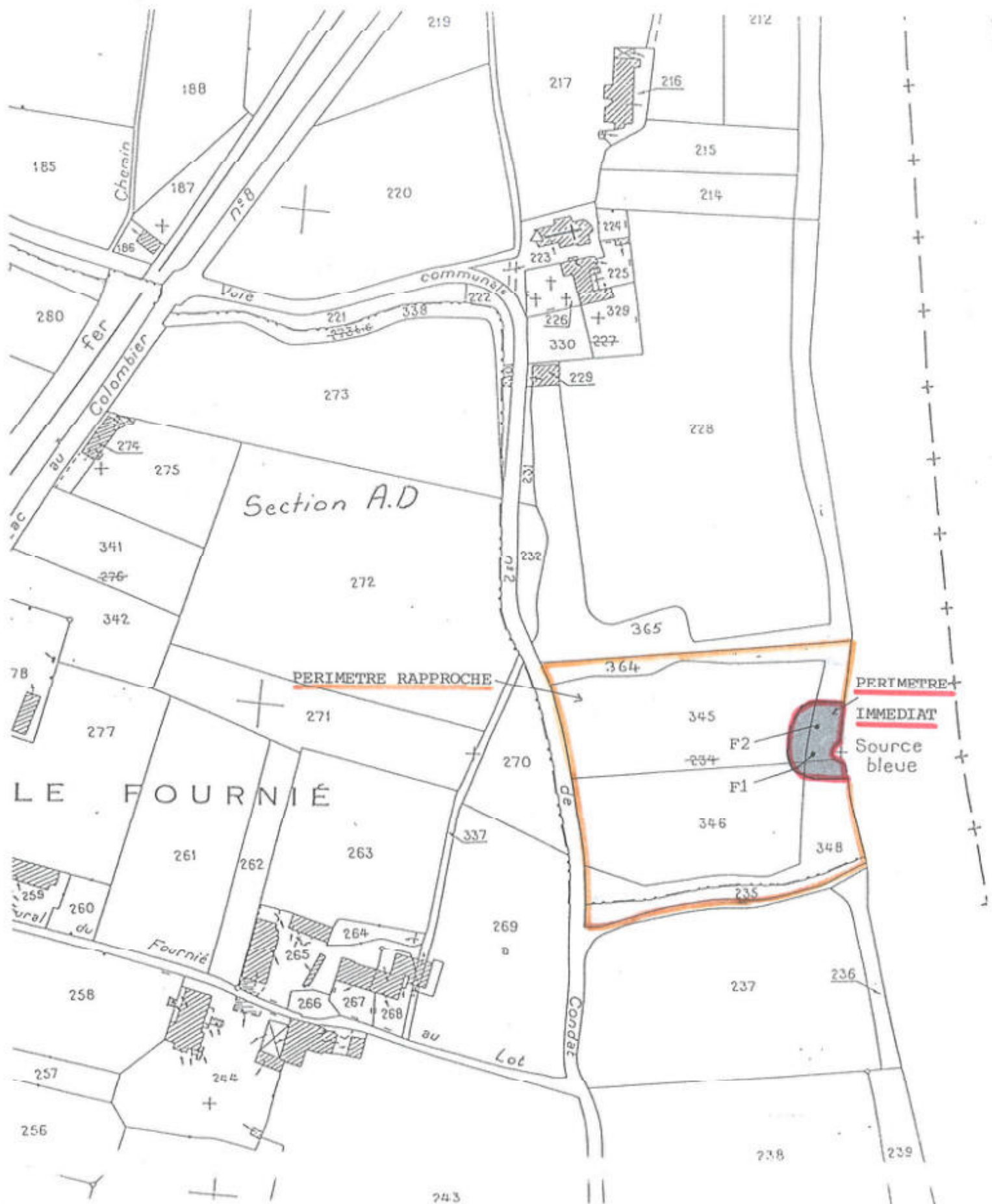
PERIMETRE DE PROTECTION ELOIGNEE

SYNDICAT DE
LA BASSE VALLEE DU LOT

Commune de SOTURAC

Recherche d'eau

Echelle : 1 / 2 000°



Arrêté de D.U.P. du 17 juin 1992

DIRECTION GÉNÉRALE DES IMPÔTS

Formule de publication

N° 5265

(pour l'établissement d'expéditions, copies ou extraits d'actes ou décisions judiciaires à publier)
BUREAU DES HYPOTHEQUES

CERTIFICAT de
FORMALITE

DEPOT

DATE

SALAIRES

Vol

N°

Ne rien écrire dans la partie foncée réservée à l'Administration
et inscrire les renvois à la suite du texte.

PUBLICATION (1)

PREFECTURE DU LOT

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE
ET DE LA FORET

SYNDICAT de la BASSE VALLEE du LOT

Renforcement de la production d'eau potable des
Syndicats de la BASSE VALLEE du LOT et de la LEMANCE, à
partir de la SOURCE BLEUE à SOTURAC

ARRETE PREFECTORAL PORTANT DECLARATION d'UTILITE
PUBLIQUE des PERIMETRES de PROTECTION du
POINT d'EAU et des TRAVAUX pour son EXPLOITATION
PROJETES par le SYNDICAT de la BASSE VALLEE du LOT

---+---+---

Le Préfet du LOT,
Chevalier de la Légion d'Honneur.

VU l'article 113 du Code Rural sur la dérivation des
eaux de source ou souterraines;

VU les articles L.20 et L.20-1 du Code de la Santé
Publique;

VU le Code d'expropriation pour cause d'utilité
publique;

VU la loi n° 64.125 du 16 décembre 1964 relative au
régime et à la répartition des eaux et à la lutte
contre la pollution;

VU le décret n° 67.1094 du 15 décembre 1967
sanctionnant les infractions à la loi n° 64.125 du
16 décembre 1964;

./..

Remarques
recommandations
pages autorisées
en marge

- VU le décret n° 73.219 du 23 février 1973 portant application de l'article 40 de la loi n° 64.1245 du 16 décembre 1964;
- VU la loi n° 83.630 du 12 Juillet 1983, relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement et son décret d'application n° 85.453 du 23 Avril 1985;
- VU le décret n° 61.859 du 1er août 1961 complété et modifié par le décret n° 67.1093 du 15 décembre 1967 portant règlement d'administration publique pour l'application de l'article L.20 du Code de la Santé Publique;
- VU le décret n° 89.3 du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles;
- VU l'arrêté ministériel du 10 juillet 1989 relatif à la définition des procédures administratives fixées par les articles 4 - 5 - 15 - 16 et 17 du décret n° 89.3 du 3 janvier 1989 concernant les eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales;
- VU la loi n° 92.3 du 3 janvier 1992 sur l'eau;
- VU l'avis favorable du Conseil Départemental d'hygiène en date du 21 décembre 1990;
- VU l'arrêté préfectoral du 19 septembre 1991 portant ouverture durant la période du 21 octobre 1991 au 8 novembre 1991 de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique des périmètres de protection de la Source Bleue de SOTURAC et de l'institution des servitudes afférentes à ceux-ci;
- VU l'arrêté préfectoral du 16 septembre 1991 d'ouverture durant la période du 7 octobre 1991 au 8 novembre 1991 de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique des travaux de captage de la Source Bleue de SOTURAC et de renforcement du réseau de réalimentation du Syndicat de la Basse Vallée du Lot;
- VU le plan des lieux et notamment le plan et l'état parcellaire des terrains compris dans les périmètres de protection du captage;
- VU l'avis favorable de l'hydrogéologue agréé en date du 10 juillet 1989;
- VU la consistance des travaux prévus au projet du Syndicat de la Basse Vallée du Lot;
- VU l'avis favorable de M. l'Architecte des Bâtiments de France;

LA CAS DES AOTIS SOU
MIS A LA SEULE FORMALITE
DE PUBLICITE ET DES DEC
SIONS JUDICIAIRES

1. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

2. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

3. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

4. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

5. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

6. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

7. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

8. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

9. L'hygiène de l'environne
ment dans le cadre de la
protection de l'eau

VU la délibération du Comité Syndical en date du 6 juillet 1991;

VU la convention en date du 20 février 1991, relative aux modalités de mise en place et d'exploitation des ouvrages, intervenue entre les Syndicats de la Basse Vallée du Lot et de la Lémance;

VU les dossiers et pièces jointes des enquêtes préalables ouvertes dans la totalité des communes intéressées, conformément aux arrêtés précités,

VU l'avis favorable du Commissaire Enquêteur;

VU le rapport de l'Ingénieur en Chef du Génie Rural des Eaux et Forêts, Directeur Départemental de l'Agriculture et de la Forêt du Lot en date du 14 janvier 1992 sur les résultats de l'enquête,

SUR proposition du Secrétaire Général de la Préfecture du LOT,

A R R E T E :

ARTICLE 1 : Les périmètres de protection des ouvrages de captage de la Source Bleue de Soturac sont déclarés d'utilité publique.

ARTICLE 2 : Conformément à l'article L 20 du Code de la Santé Publique et en application des dispositions du décret n° 61.859 du 1er août 1961, modifié par le décret n° 67.1093 du 15 décembre 1967, un périmètre de protection immédiate et un périmètre de protection rapprochée sont établis autour du captage conformément aux indications du plan et de l'état parcellaire joints et du rapport géologique.

Un périmètre de protection éloignée est également déterminé conformément au rapport géologique.

ARTICLE 3 : La clôture du périmètre de protection immédiate étendue à la totalité de la parcelle n° 404 englobe également une partie de la parcelle n° 401 de la section AD de la commune de Soturac.

Toute activité, autre que celles en rapport avec la production d'eau potable, est interdite à l'intérieur du périmètre clôturé.

/...

Personne physique : nom, prénoms, date et lieu de naissance, état civil, domicile, profession.

Personne morale : dénomination, avec, pour les sociétés, forme juridique et siège social, les sociétés commerciales, n° d'immatriculation au registre du commerce et des sociétés, les syndicats, siège, date et lieu de dépôt des statuts.

Le nom patronymique ou la dénomination ou obligation d'imprimerie : chaque prénom, en lettres minuscules.

DÉSIGNATION DES IMMEUBLES

Dans l'acte (ou la décision judiciaire), les immeubles doivent être désignés individuellement par l'indication des éléments suivants :

- commune, section et n° du plan cadastral, le cas échéant, voie et n° de l'immeuble dont cette voie et n° de lot avec quote part dans la propriété du sol ;
- nature, lieu dit, contenance.

APPLICATION DE L'EFFET RELATIF DE LA PUBLICITÉ

Déposer dans l'acte (ou la décision judiciaire) le titre de disposition (ou l'attestation notariale de la transcription ou constitution par décret) en déposant la date et les références (vol. n°) de la formalité correspondante.

La loi échéant, préciser que la publication du titre est requise simultanément.

Si le droit grevé a été acquis sans titre ou après le 1^{er} janvier 1956, se conformer aux dispositions de l'article 35 du décret du 14 octobre 1955.

Acte dressé ou décision rendue sans le concours du titulaire du droit, voir art. 36 et 37 du même décret.

A l'intérieur du périmètre de protection rapprochée constitué des parcelles n° 345, 346, 348, 235 et 364 de la section AD - selon la numérotation parcellaire existante au moment de la rédaction du rapport géologique, ou des parcelles n° 401, 402, 403, 404, 346, 348, et 235 de la section AD - selon la numérotation parcellaire résultant des acquisitions syndicales - sont interdites les activités suivantes relevant de la réglementation générale :

- . l'ouverture et l'exploitation de carrières,
- . le dépôt d'ordures ménagères, immondices, détritiques, produits radioactifs et tous produits susceptibles d'altérer la qualité des eaux,
- . le déversement d'eaux usées de toutes natures,
- . l'épandage d'engrais à des doses supérieures à celles nécessaires à la conduite rationnelle des cultures,
- . l'épandage de pesticides et herbicides à des doses supérieures à celles fixées lors de l'homologation des produits utilisés et précisées dans leurs conditions d'emploi,
- . le forage de puits ou ouvrages à d'autres fins que la production d'eau potable destinée à la distribution publique,
- . l'installation de canalisations, réservoirs ou dépôts d'hydrocarbures liquides ou gazeux.

A l'intérieur du périmètre de protection éloignée, les administrations délivrant les autorisations nécessaires à l'établissement d'activités polluantes quelles qu'elles soient veilleront à la stricte application de la réglementation en vigueur.

ARTICLE 4 : Les servitudes instituées dans le périmètre de protection rapprochée du point de prélèvement seront soumises aux formalités de la publication foncière par publication du présent arrêté à la Conservation des Hypothèques,

Notification individuelle du présent arrêté sera faite par M.le Président du Syndicat de la Basse Vallée du Lot aux propriétaires des terrains compris dans le périmètre de protection rapprochée.

./...

CERTIFICATS
DE COLLATIONNEMENT
ET D'IDENTITÉ

1°) RÈGLES GÉNÉRALES

a) Le certificat de collationnement doit contenir l'indication du nom, prénom, profession, domicile du titulaire, l'appellation des travaux et des

travaux, la signature manuscrite du titulaire, précédée de la mention du lieu et de la date de collation et accompagnée d'un échantillon de l'empreinte acquiescé de l'officier public.

D'autre part, si les parties sont pas des personnes physiques nées en France métropolitaine dans l'un des départements d'Outre-Mer, le certificat d'identité doit énoncer les pièces ou renseignements au vu desquels est établi.

b) Lorsque le signataire du certificat de collationnement a été pour contrôler l'identité des parties les deux certificats peuvent être réunis en un seul, du moment qu'il s'agit de les adapter à des documents déposés ne sont de la même nature.

c) Le certificat de collationnement est établi en deux exemplaires (ou en un seul) dont l'un est remis au titulaire et l'autre est conservé par le service de l'officier public. Le certificat de collationnement est établi en deux exemplaires (ou en un seul) dont l'un est remis au titulaire et l'autre est conservé par le service de l'officier public.

d) Il certifie également l'identité complète des parties dénommées dans le présent document, telle qu'elle est indiquée en tête, à la suite du nom (ou de la dénomination) (1) ou est régulièrement fixée.

e) Dans le cas contraire, la seconde certification doit être distinctement par une personne habilitée.

2°) CAS PARTICULIERS

Actes ou décisions communales. Dépôt simultané. Certificat de collationnement qui (décret du 14 octobre 1957 art. 67-3, al. 2).

Possibilité de faire figurer le certificat d'identité à la fin du document (même décret, art. 1, al. 2).

(1) Ou : acte établi en trois ou quatre pages, ou acte établi en une ou deux pages, ou acte établi en une ou deux pages, ou acte établi en une ou deux pages.

Quiconque aura contrevenu aux dispositions de l'article 3 du présent arrêté sera passible des peines prévues par le décret 67.1094 du 15 décembre 1967 pris en application de la loi n° 64.1245 du 16 décembre 1964.

ARTICLE 5 : Les travaux à entreprendre par le Syndicat de la Basse Vallée du Lot, maître d'ouvrage unique pour son propre compte et pour le compte du Syndicat de la Lémance et ceci pour l'amélioration de la desserte en eau potable des communes regroupées au sein de ces deux Syndicats sont déclarés d'utilité publique et comprennent :

. la création des périmètres de protection visés aux articles 2 à 4 du présent arrêté,

. le captage par deux puits de 42 m de profondeur d'une partie des eaux de la Source Bleue de Soturac,

. les installations de traitement et de désinfection des eaux prélevées,

. les installations de reprise des eaux ainsi traitées à destination des ouvrages de stockage existants, propriété des deux syndicats associés,

. la desserte en énergie électrique des installations précitées,

. le réseau de canalisations de réalimentation des ouvrages de stockage du Syndicat de la Basse Vallée du Lot.

ARTICLE 6 : Le Syndicat de la Basse Vallée du Lot est autorisé, pour satisfaire les besoins en eau potable du Syndicat de la Lémance ainsi que ses propres besoins à prélever sur l'aquifère de la Source Bleue de Soturac :

- un débit horaire maximum de 600 m³/h soit 166,6 l/s,
- un volume journalier maximum de 11 200 m³/j.

Le Syndicat de la Basse Vallée du Lot devra mettre à disposition de toutes autres collectivités que celles associées à la réalisation initiale et dûment autorisées par arrêté préfectoral tout ou partie des eaux surabondantes. Les modalités financières d'une telle cession d'une part des volumes produits seront réglées par voie de convention.

./...

Les dispositions techniques prévues pour le prélèvement ainsi que les matériels de contrôle destinés à vérifier que le débit et les volumes prélevés n'excèdent pas ceux autorisés seront soumis à l'agrément du Directeur Départemental de l'Agriculture et de la Forêt du LOT.

ARTICLE 7 : Conformément aux engagements pris par délibération de son Comité en date du 6 juillet 1991, le Syndicat de la Basse Vallée du Lot sera redevable des indemnités diverses dûment justifiées et pouvant résulter de l'exécution du projet.

ARTICLE 8 : Le Syndicat de la Basse Vallée du Lot est autorisé à acquérir à l'amiable ou par voie d'expropriation les terrains nécessaires à la réalisation de son projet.

Le Syndicat de la Basse Vallée du Lot est autorisé à créer les servitudes sur les fonds privés résultant de l'institution des périmètres de protection des ouvrages de prélèvement prévus au projet.

Le Syndicat de la Basse Vallée du Lot est autorisé à créer les servitudes de passage sur les fonds privés des canalisations du réseau de réalimentation objet du projet.

ARTICLE 9 : Il sera pourvu aux dépenses au moyen des subventions de l'Etat, du Département et de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne ainsi que par emprunt représentant sensiblement 50 % des montants.

ARTICLE 10 : Le Secrétaire Général de la Préfecture du Lot, le Président du Syndicat de la Basse Vallée du Lot, Mme le Maire de Soturac, l'Ingénieur en Chef du Génie Rural des Eaux et Forêts, Directeur Départemental de l'Agriculture et de la Forêt du LOT, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté dont ampliation sera adressée à :
1. le Directeur Régional de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, et à M. le Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales.

CERTIFICAT DE COLATIONNEMENT ET D'IDENTITE

1°) REGLES GENERALES

a) Le certificat de colationnement est établi par l'administration des eaux, par la préfecture et le département de l'agriculture et de la forêt, par la préfecture et le département de l'industrie, de la recherche et de l'environnement.

Le certificat de colationnement est établi par la préfecture et le département de l'agriculture et de la forêt, par la préfecture et le département de l'industrie, de la recherche et de l'environnement, le cas échéant, de l'empêchement du service de l'office public.

D'autre part, si les parties ne sont pas des personnes physiques nées en France métropolitaine ou dans l'un des départements d'Outre-Mer, le certificat d'identité doit énoncer les pièces ou les renseignements au vu desquels il est établi.

b) Lorsque le signataire du certificat de colationnement a qualifié pour certifier l'identité des parties les deux certificats peuvent être réunis en un seul document suivant la nature et le contenu des documents déposés ne sont pas de la même nature.

c) Le signataire du certificat de colationnement et du certificat d'identité doit, à l'original, les deux exemplaires de la présente expédition (ou copie) du présent arrêté (établi) sur feuille(s) et approuver.

d) Il certifie également que l'identité complète des parties énoncées dans le présent document, telle qu'elle est indiquée en tête, à la suite de leur nom (ou dénomination) (1), lui a été régulièrement justifiée (2).

e) Dans le cas contraire, la seconde certification doit être faite distinctement par une personne habilitée.

2°) CAS PARTICULIERS

Actes ou décisions complémentaires. Dépôt simultané. Certificat de colationnement unique (décret du 14 octobre 1955, art. 67-3, al. 2).

Possibilité de faire figurer le certificat d'identité à la fin des présentes (même décret, art. 38, § 1, al. 2).

(1) Ou : « telle qu'elle est indiquée à la page... », « ainsi », « après ».

(2) Ajouter, si le fait : « par la production de... ».

COMMUNE de : SOTURAC

- 7

ETAT PARCELLAIRE DES PERIMETRES DE PROTECTION IMMEDIATE ET RAPPROCHEE

IDENTITE DES PROPRIETAIRES	INDICATIONS CADASTRALES				SERVITUDES		
	Sec- tion	N°	Lieu-dit	Contenance			Surface
				ha	a	ca	
SYNDICAT INTERCANTONNAL de la BASSE VALLEE du LOT - Mairie 46700 PUY L'EVEQUE Origine de la propriété : Appartienement au Syndicat par acquisition réalisée le 22.01.1990 par devant Maître DEVEZAC, notaire à PUY L'EVEQUE et publiée le 4.12.1990 au Bureau des Hypothèques de CAHORS, volume 1990, P numéro 8500	AD	401	Aglan	5	14	5	14
	AD	404	Aglan	38	67	38	67

COMMUNE de : SOTURAC

ETAT PARCELLAIRE DES PERIMETRES DE PROTECTION IMMEDIATE ET RAPPROCHEE

IDENTITE DES PROPRIETAIRES	INDICATIONS CADASTRALES				SERVITUDES		
	Sec- tion	N°	Lieu-dit	Contenance	Surface		
					ha	a	ca
M. REY Guy Georges, époux MARTINET Raymonde Georges, né à SOTURAC le 12.04.34 et demeu- rant au lieu-dit Aglan, commune de SOTURAC Origine de la propriété : Division de la parcelle 364, Section AD en parcelles 401 et 402 Division de la parcelle 345, Section AD en parcelles 403 et 404 Appartienement à M. REY par acquisition réalisée par devant Maître CHAMPION, notaire et publiée le 17.07.1978 au Bureau des Hypothèques de CAHORS, volume 5584 numéro J	AD	402	Aglan	12 16		12	16
	AD	403	Aglan	2 10		2	10

COMMUNE de : SOTURAC

- 9

ETAT PARCELLAIRE DES PERIMETRES DE PROTECTION IMMEDIATE ET RAPPROCHES

IDENTITE DES PROPRIETAIRES	INDICATIONS CADASTRALES				SERVITUDES		
	Sec- tion	N°	Lieu-dit	Contenance	Surface		
				ha	a	ca	ha
M. REY Guy Georges, époux MARTINET Raymonde Georges, né à SOTURAC le 12.04.34 et demeurant au lieu-dit Aglan, commune de SOTURAC Origine de la propriété : Appartient à M. REY par donation faite le 11.08.66 par devant Maître DAVEZAC notaire à PUY L'EVÊQUE et publiée le 5.10.1966 au Bureau des Hypothèques de CAHORS, volume 3480, numéro 2	AD	235	Le Fournie	6	05	6	05

COMMUNE de : SOTURAC

- 10

Dont acte établi le 21 Janvier 1992

ETAT PARCELLAIRE DES PERIMETRES DE PROTECTION IMMEDIATE ET RAPPROCHEE

IDENTITE DES PROPRIETAIRES	INDICATIONS CADASTRALES				SERVITUDES		
	Sec- tion	N°	Lieu-dit	Contenance	Surface		
					ha	a	ca
M. DURUPT André, Marie, Robert époux COGNOT né à FUMEL (47) le 16.10.1917 et demeurant 10, rue Cyrano de Bergerac 95110 SANNOIS Origine de la propriété : Appartiennent à M. DURUPT par donation par- tage faite le 17.02 et 9.05.1973 et publiée le 24 Mai 1973 au bureau des Hypothèques de CAHORS, volume 4595, numéro 29							
	AD 346		Aglan	40 78		40	78
	AD 348		Aglan	14 87		14	87

Le soussigné Jean-François BOUDY Directeur
Départemental de l'Agriculture et de la Forêt du Lot,
certifie exactement la présente copie établi sur 10
feuilles et approuve.

Il certifie également que l'identité complète
du ou des propriétaires telles qu'elle est indiquée au
cadre prévu à cet effet lui a été régulièrement
justifiée.

A CAHORS, le 17 Juin 1992

Le Directeur Départemental de
L'Agriculture et de la Forêt du Lot

J.F. Boudy

J.F. BOUDY

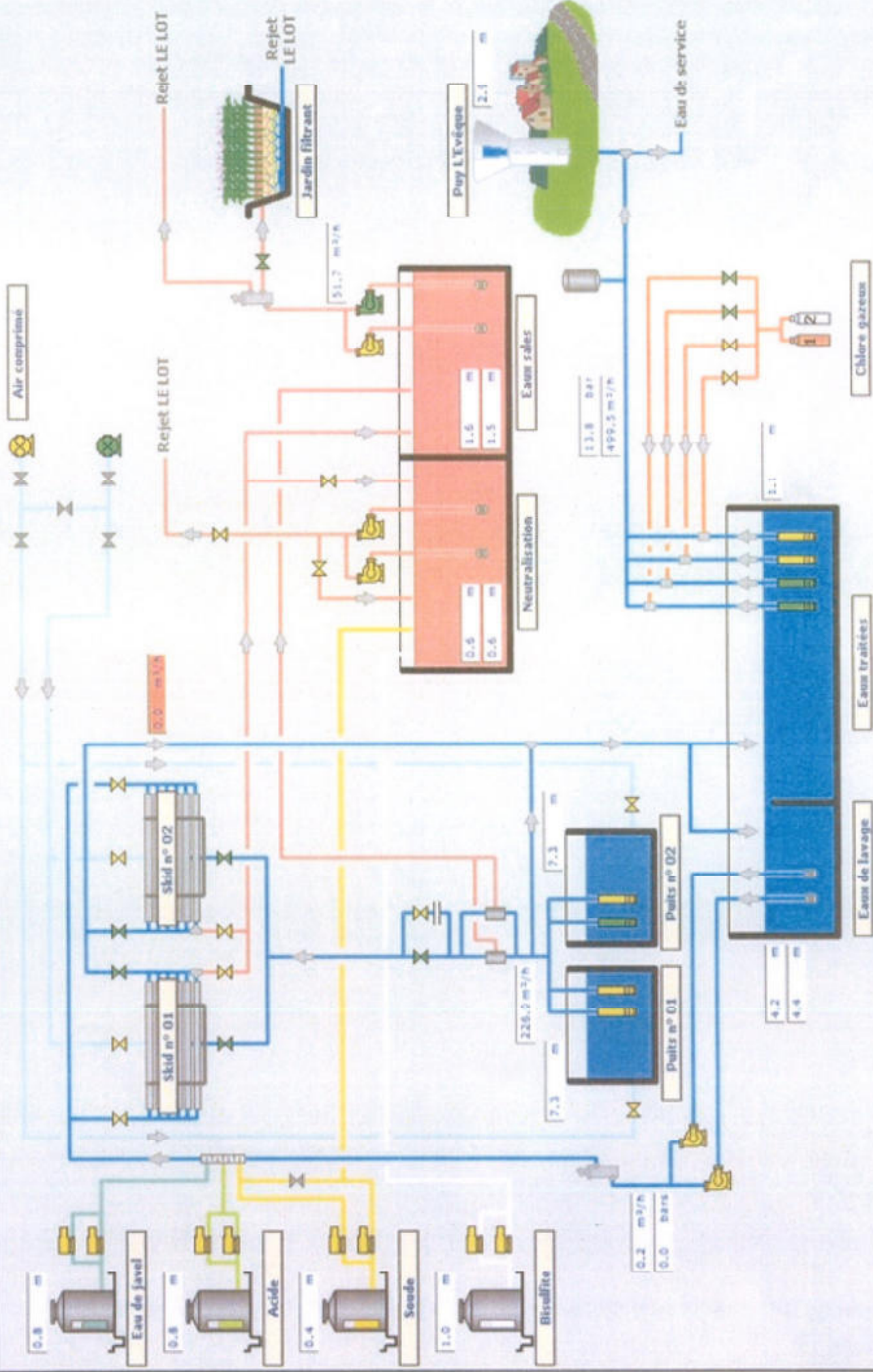
Surveillance n° 1443

CONSERVATION DES HYPOTHEQUES DE CAHORS

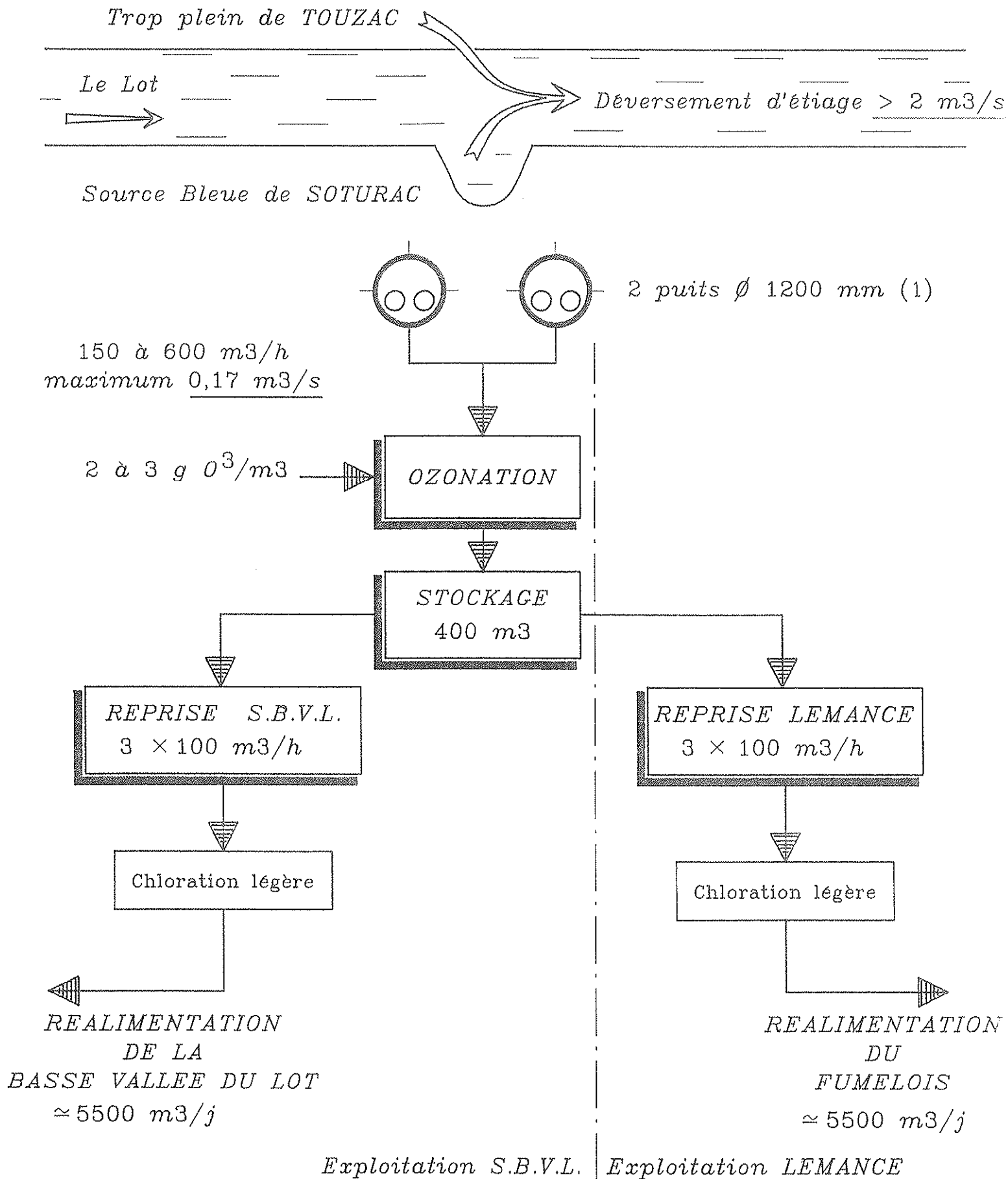
TAXE	<u> / </u>	PUBLIE OU INSCRIT LE	<u>24 JUIN 1992</u>
SAL.	<u>50</u>	DEPOT <u>5856</u> VOL <u>1992</u> N° <u>4366</u>	
T.V.A.	<u> </u>	RECU <u>cinquante francs pour</u>	
TOTAL	<u>50</u>	<u>certificat de formalité</u>	
		Le Conservateur :	<u> </u>

[Signature]

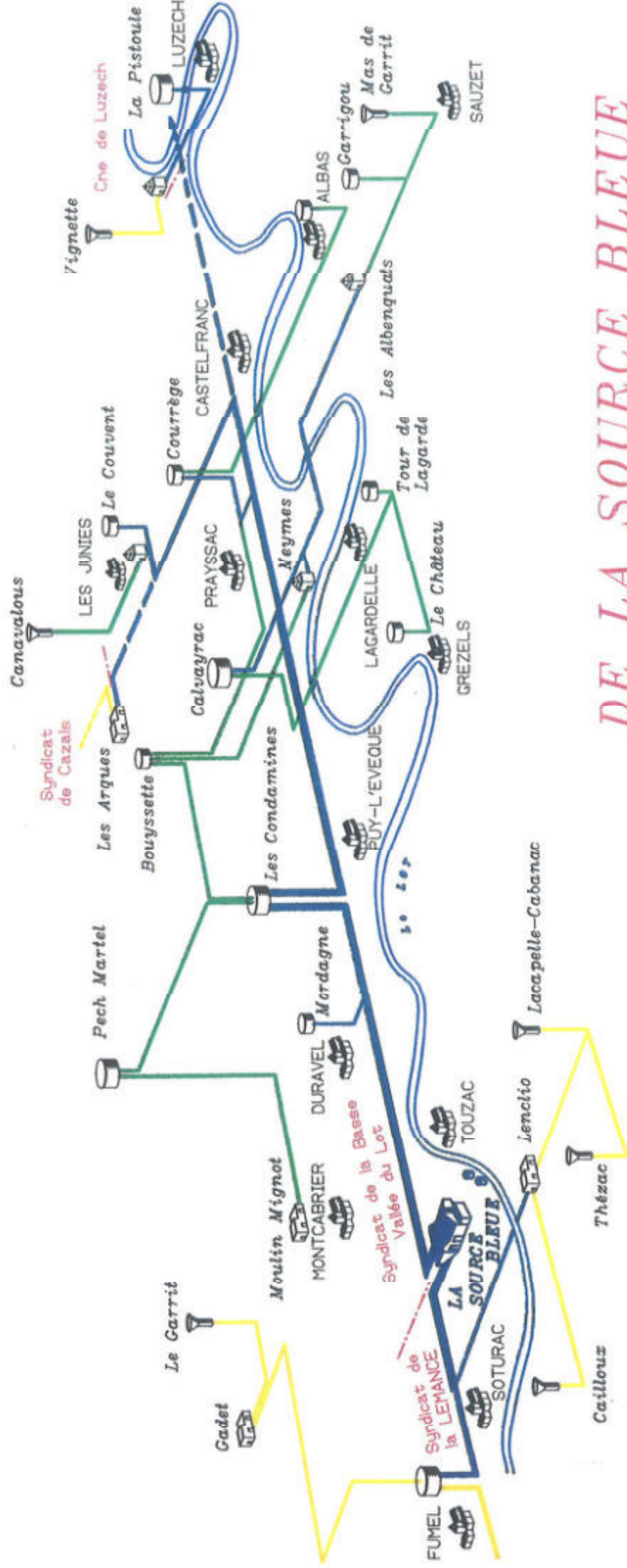
FILIÈRE DE TRAITEMENT



SCHEMA DE LA PRODUCTION



(1) - 2 puits Ø 1200 mm Isolés des eaux superficielles, captant l'aquifère entre 33 et 42 m de profondeur. Equipement unitaire - Pompage : 2 * 150 m³/h
Dessablage : air-lift



DE LA SOURCE BLEUE
AUX RESERVOIRS

COPIE



PRÉFECTURE DU LOT

DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DES AFFAIRES SANITAIRES
ET SOCIALES

*Donner lieu à
l'augmentation de
la prélev*

ARRETE n° S-05-06-225

modificatif portant autorisation de prélever et de traiter les
eaux de la Source Bleue sur la commune de Soturac en vue
pour la distribution publique et la consommation humaine par
le Syndicat de la Basse Vallée du Lot

LE PREFET DU LOT
CHEVALIER DE LA LEGION D'HONNEUR,
CHEVALIER DE L'ORDRE NATIONAL DU MERITE

- VU le Code général des collectivités territoriales ;
- VU le Code de l'expropriation ;
- VU le Code de l'environnement et notamment l'article L.215-13 relatif à l'autorisation de dérivation des eaux dans un but d'intérêt général et les articles L.214-1 à L.214-6 ;
- VU le Code de la santé publique ;
- VU le Code de justice administrative ;
- VU le décret n° 93-742 du 29 mars 1993 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues par les articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'environnement ;

- VU le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'environnement modifié ;
- VU le décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles ;
- VU l'arrêté du 11 septembre 2003 fixant les prescriptions générales applicables aux prélèvements soumis à autorisation en application des articles L 214-1 à L 214-6 du code de l'environnement et relevant des rubriques 1.1.1, 2.1.0, 2.1.1 ou 4.3.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié ;
- VU l'arrêté du 26 juillet 2002 relatif à la constitution des dossiers mentionnés aux articles R 1321-6, 1321-7, 1321-14, 1321-42 et 1321-60 du Code de la santé publique ;
- VU l'arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine (*modifié par les arrêtés des 24 juin 1998, 13 janvier 2000 et 22 août 2002*) ;
- VU l'arrêté du 16 septembre 2004 modifiant l'arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine ;
- VU l'arrêté du 4 novembre 2002 relatif aux modalités d'évaluation du potentiel de dissolution du plomb pris en application de l'article 36 du décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles ;
- VU la circulaire DGS/SD7A/2004/557 du 25 novembre 2004 relative aux mesures correctives à mettre en œuvre pour réduire la dissolution du plomb dans l'eau destinée à la consommation humaine ;
- VU l'arrêté préfectoral 21 janvier 1992 portant déclaration d'utilité publique des périmètres de protection de la Source Bleue et des travaux pour son exploitation par le syndicat de la Basse Vallée du Lot
- VU la convention en date du 20 février 1991, relative aux modalités de mise en place et d'exploitation des ouvrages, intervenus entre les syndicats de la Basse Vallée du Lot et de la Lémance ;
- VU la convention en date du 16/01/2006, relative aux modalités de mise en place et d'exploitation des ouvrages, intervenus entre les syndicats de la Basse Vallée du Lot et de la Lémance ;
- VU le dossier présenté par le Syndicat de la Basse Vallée du Lot ;
- VU le rapport de la Directrice Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales en date du 06/04/2006 ;
- VU l'avis du Conseil départemental d'hygiène en date du 27/04/2006,

CONSIDERANT QUE l'augmentation du volume de prélèvement à la ressource et la modification de la filière de traitement de l'eau destinée à la consommation nécessite une modification de l'arrêté préfectoral 21 janvier 1992 portant déclaration d'utilité publique des périmètres de protection de la Source Bleue et des travaux pour son exploitation par le syndicat de la Basse Vallée du Lot

CONSIDERANT QUE les travaux projetés ne remettent pas en cause la déclaration d'utilité publique des périmètres de protection de la ressource

SUR proposition de Monsieur le secrétaire général de la préfecture

ARRETE

ARTICLE 1^{er} : Capacité de pompage autorisée

L'article 6 de l'arrêté préfectoral 21 janvier 1992 portant déclaration d'utilité publique des périmètres de protection de la Source Bleue et des travaux pour son exploitation par le syndicat de la Basse Vallée du Lot est modifié comme indiqué ci-dessous :

Le syndicat de la Basse Vallée du Lot est autorisé, pour satisfaire ses propres besoins en eau potable ainsi que ceux du syndicat de la Lémance et du Syndicat de Cazals, à prélever sur l'aquifère de la Source Bleue de Soturac :

- un débit maximum instantané de 705 m³/h ;
- un volume journalier maximum de 14 200 m³ ;
- un volume annuel maximum de 4 450 000 m³ ;

L'installation de prélèvement d'eau sera équipée d'un compteur volumétrique (ou débitmètre) permettant de mesurer en continu le débit et les volumes prélevés.

Le permissionnaire consigne sur un registre ou cahier les éléments du suivi de l'exploitation de l'installation de prélèvement ci-après :

- les volumes prélevés mensuellement et annuellement et le relevé de l'index du compteur volumétrique à la fin de chaque année civile ;
- les incidents survenus au niveau de l'exploitation et, selon le cas, au niveau de la mesure des débits et volumes prélevés ;
- les entretiens, contrôles et remplacements des moyens de mesure des débits et volumes prélevés.

Ce registre ou cahier est tenu à la disposition de l'autorité administrative. Les données qu'il contient doivent être conservées 3 ans par le permissionnaire.

Le permissionnaire est tenu de communiquer au service de police de l'eau dans les deux mois suivant la fin de chaque année civile un extrait ou une synthèse du registre ou cahier indiquant :

- les valeurs des volumes prélevés mensuellement et sur l'année civile ;
- le relevé de l'index du compteur volumétrique en fin d'année civile ;
- les incidents d'exploitation rencontrés ayant pu porter atteinte à la ressource en eau et les mesures mises en œuvre pour y remédier.

Toutes dispositions utiles seront prises pour assurer la protection des ouvrages de pompage et en interdire l'accès aux autres personnes que celles responsables de l'exploitation et du contrôle sanitaire.

ARTICLE 2 : filière de traitement

L'article 5 de l'arrêté préfectoral 21 janvier 1992 portant déclaration d'utilité publique des périmètres de protection de la Source Bleue et des travaux pour son exploitation par le syndicat de la Basse Vallée du Lot est complété comme indiqué ci-dessous :

Le syndicat de la Basse Vallée du Lot est autorisé à traiter les eaux brutes selon les étapes suivantes :

- Tamisage à 200 µm,
- unité de traitement par ultrafiltration membranaire
 - mode de filtration : frontale
 - nombre d'unités (skids) : deux
 - surface membranaire totale : 7040 m²
 - flux moyen de filtration : 93l/h/m²
 - type de membrane : X flow UFC 225/0.8 agréée sous la référence UFS 225
- désinfection au chlore gazeux et mise au pH d'équilibre

Dans le cas d'une modification significative de la qualité de l'eau brute mettant en cause l'efficacité du traitement, la présente autorisation est à reconsidérer.

Le syndicat de la Basse Vallée du Lot déposera auprès des services de la Préfecture (DDASS) dans un délai de six à compter de la date de signature du présent arrêté, un dossier complémentaire définissant avec précision les besoins et les moyens correctifs destinés à garantir à l'eau mise en distribution un caractère non agressif.

ARTICLE 3 : Surveillance de la qualité de l'eau

Le syndicat de la Basse Vallée du Lot veille au bon fonctionnement des systèmes de production et de traitement. Il organise la surveillance de la qualité de l'eau produite.

En cas de difficultés particulières ou de dépassements des exigences de qualité, le syndicat de la Basse Vallée du Lot prévient la DDASS dès qu'il en a connaissance. Dans ce cas, des analyses complémentaires peuvent être prescrites aux frais de l'exploitant.

Tout dépassement des normes de qualité devra faire l'objet d'une enquête pour en rechercher l'origine. En cas de persistance de ces dépassements, l'autorisation pourra être retirée.

Le maître d'ouvrage responsable de la distribution d'eau adresse chaque année au Préfet (DDASS), un bilan de fonctionnement du système de distribution (surveillance et travaux) et indique le plan de surveillance pour l'année suivante.

L'exploitant s'assure de la présence permanente d'un résiduel de désinfectant en tout point du réseau. A cet effet, il dispose de matériel de terrain permettant la mesure de résiduel de chlore. L'ensemble de ces mesures est consigné dans un registre d'exploitation mis à disposition des agents des services de l'Etat.

ARTICLE 4 : Contrôle sanitaire de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau est contrôlée selon un programme annuel défini par la réglementation en vigueur. Les frais d'analyses et de prélèvements sont à la charge du syndicat de la Basse Vallée du Lot selon les tarifs et modalités fixés par la réglementation en vigueur.

ARTICLE 5 : Dispositions permettant les prélèvements et le contrôle des installations

Des possibilités de prise d'échantillon sont prévues selon les modalités suivantes :

- un robinet de prise d'échantillon d'eau brute est installé
- un robinet de prise d'échantillon de l'eau traitée est installé
- Ces robinets sont aménagés de façon à permettre le remplissage des flacons (hauteur libre d'au moins 40 cm entre le robinet et le réceptacle permettant l'évacuation des eaux d'écoulement à l'extérieur du bâti), le flambage du robinet et l'identification de la nature et de la provenance de l'eau qui s'écoule (panonceau, plaque gravée).

Les agents des services de l'Etat chargés de l'application du Code de la santé publique et du Code de l'environnement ont constamment libre accès aux installations autorisées. Les exploitants responsables des installations sont tenus de laisser à leur disposition le registre d'exploitation.

ARTICLE 6 : Rejets liés au traitement des eaux destinées à la consommation humaine

Les rejets relèvent de la rubrique 230 de la nomenclature annexée au décret 93-743 du 29 mars 1993 modifié :

« rejets dans les eaux superficielles à l'exclusion des rejets visés aux rubriques 340,510,520 et 530 dont le flux total de pollution brute est compris entre les valeurs suivantes :

- matières en suspension (MES) : 9 à 90 kg/j
- DBO5 : 6 à 60 kg/j
- DCO : 12 à 120 kg/j
- Matières inhibitrices (MI) : 25 à 100 équitox/j
- Azote total (N) : 1.2 à 12 kg/j
- Phosphore total (P) : 0.3 à 3 kg/j
- Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX) 7.5 à 25 g/j
- Métaux et métalloïdes (METOX) : 30 à 125 g/j
- Hydrocarbures : 100g à 0.5 kg/j »

Le présent arrêté vaut récépissé de déclaration au titre des articles L 214-1 à L 214-3 du code de l'environnement.

La construction et l'exploitation des ouvrages de traitement des rejets sont conformes au dossier présenté.

Les eaux de trempage d'acide chlorhydrique ou d'eau de javel utilisées pour le dégrassage des membranes ainsi que les eaux de premier rinçage seront neutralisées par injection de soude ou de bisulfite de sodium puis rejetées au Lot.

Les eaux de purge du préfiltre automatique situé en amont de l'ultrafiltration, les eaux des rétrolavages ainsi que les eaux de second et troisième rinçage des membranes après décrassage seront dirigées vers un système de traitement composé :

- d'un filtre automatique dont le filtrat sera rejeté dans la rivière Lot ;
- d'un filtre planté de roseaux recevant les eaux de purge du filtre automatique.

La concentration en Matières En Suspension des effluents rejetés à la rivière Lot, que ce soit en sortie du filtre automatique (filtrat) ou en aval du filtre planté de roseaux, ne devra pas dépasser la valeur de 30 mg/l.

Une autorisation d'occupation temporaire du domaine public fluvial devra être sollicitée par le syndicat de la Basse Vallée du Lot auprès du service administratif chargé de la gestion du domaine public fluvial pour permettre le rejet des eaux dans la rivière Lot.

ARTICLE 7 : Plan et visite de récolement

Le syndicat de la Basse Vallée du Lot établit un plan de récolement des installations à l'issue de la réalisation des travaux. Celui-ci est adressé au Préfet (DDASS) dans un *délai de 3 mois* suivant l'achèvement des travaux.

ARTICLE 8 : Délais de recours et droits des tiers

Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours devant le Tribunal Administratif dans un délai de 2 mois à compter de sa publication.

ARTICLE 9 :

Monsieur le Secrétaire Général de la préfecture, Madame la Directrice départementale des affaires sanitaires et sociales, Monsieur le Directeur départemental de l'agriculture et de la forêt, Monsieur le Directeur départemental de l'équipement, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au recueil des actes administratifs de la Préfecture du Lot.

14 JUIN 2006

Le Préfet du Lot

Georges GEOFFREY

2011

7 BILAN DE L'ACTIVITE

7.1 LES VOLUMES D'EAU

7.1.1 La production

7.1.1.1 Synthèse annuelle par station

Libellé de la station	Volume annuel		Volume journalier		
	2010	2011	Volume moyen	Capacité nominale	Taux de mobilisation
Station La Source Bleue	1 473 124	1 970 265	5 397	12 000	44,9%
Total	1 473 124	1 970 265	5 397	12 000	

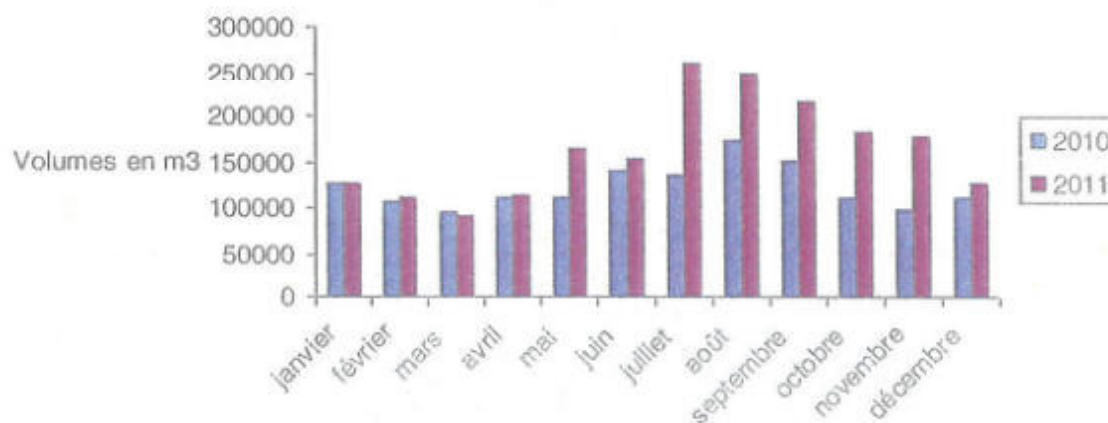
7.1.2 Les exportations

7.1.2.1 Volumes globaux

Volumes mensuels exprimés en m3

Volumes mensuels en m3	2010	2011
Janvier	126 539	125 913
Février	107 151	111 013
Mars	95 825	90 135
Avril	112 203	113 662
Mai	110 490	164 130
Juin	141 035	153 343
Juillet	136 054	260 460
Août	173 083	247 944
Septembre	150 231	215 724
Octobre	111 803	183 151
Novembre	98 417	178 580
Décembre	110 293	126 210
Total	1 473 124	1 970 265
Evolution N / N-1	-	33,75 %

volumes globaux

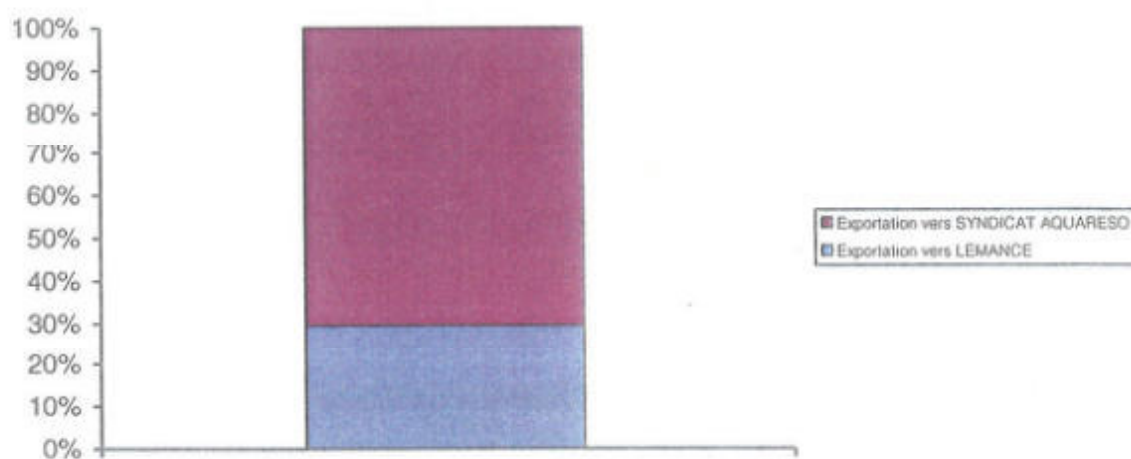


7.1.2.2 Synthèse par destination

Volumes annuels exportés exprimés en m3

Désignation destination	2010	2011
Exportation vers LEMANCE	198 974	583 075
Exportation vers SYNDICAT AQUARESO	1 274 150	1 387 190
Total	1 473 124	1 970 265

synthèse par destination



8 LA QUALITE DU PRODUIT

8.1 GENERALITES

Seuls, les dépassements des limites de qualité ressortent en non conformités. Des commentaires seront toutefois apportés sur les dépassements des références de qualité.

Synthèse qualitative de l'eau mise en distribution :

NATURE DE L'ANALYSE	TOTAL ANNUEL		
	Nombre analysé	Nombre conforme	% conformité
Contrôle sanitaire			
Bactériologique	10	10	100,0
Physico-chimique	10	8	80,0
Nombre total d'échantillons	10	8	80,0
Surveillance de l'exploitant			
Physico-chimique	3	3	100,0
Nombre total d'échantillons	3	3	100,0
TOTAL échantillons	13	11	84,6

Il est à noter un écart entre le nombre de rapports d'analyses ARS présents dans le bilan de la qualité de l'eau distribuée par l'ARS et le chiffre annoncé dans le RAD. Pour un même prélèvement, l'ARS peut sous-traiter à deux voire à trois laboratoires différents. L'ARS raisonne donc en nombre de prélèvements effectués sur le terrain alors que SAUR montre un chiffre résultant d'un nombre de rapports d'analyse réalisés sur le Syndicat (le nombre de paramètres analysés reste identique).

8.2 L'EAU BRUTE

Synthèse quantitative de l'eau brute :

NATURE DE L'ANALYSE	Nombre d'analyses
Contrôle sanitaire	
Bactériologique	1
Physico-chimique	1
Nombre total d'échantillons	1
TOTAL échantillons	1

8.3 L'EAU POINT DE MISE EN DISTRIBUTION

8.3.1 Synthèse

Synthèse qualitative de l'eau point de mise en distribution :

NATURE DE L'ANALYSE	TOTAL ANNUEL		
	Nombre analysé	Nombre conforme	% conformité
Contrôle sanitaire			
Bactériologique	10	10	100,0
Physico-chimique	10	8	80,0
Nombre total d'échantillons	10	8	80,0
Surveillance de l'exploitant			
Physico-chimique	3	3	100,0
Nombre total d'échantillons	3	3	100,0
TOTAL échantillons	13	11	84,6

8.3.2 Les analyses de pilotage

Station de la Source Bleue
- Eau brute

Paramètre	Turbidité	pH	Ammonium	Fer	Manganèse	Nitrates
Unité	NFU	unité pH	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l
Nombre d'analyses réalisées	365	365	12	12	12	12
Minimum	0,10	6,70	0,01	50,00	0,00	6,90
Maximum	5,00	8,50	0,30	460,00	50,00	12,00
Moyenne	0,99	7,47	0,06	110,00	36,17	8,80

Station de la Source Bleue - Eau de point de mise en distribution

Paramètre	Turbidité	Chlore libre
Unité	NFU	mg/l
Nombre d'analyses réalisées	365	365
Minimum	0,01	0,10
Maximum	1,40	1,60
Moyenne	0,16	0,58

P.S. : les valeurs enregistrées par les analyseurs en continu ne sont pas intégrées dans ce suivi.

Le suivi d'autocontrôle consiste également en un suivi de certains paramètres analysés régulièrement en laboratoire (Laboratoire Saur accrédité COFFRAC).

Ce suivi effectué en 2011 par Saur n'a pas mis de non-conformité en évidence. Les résultats étaient tous conformes à la réglementation (Code de la Santé Publique).

ANNEXE 6 :

Données hydrochimiques

Graphiques d'évolution de la conductivité, de la température et de la turbidité à Soturac
au regard des fluctuations de niveau dans le Lot et au forage F2

Cycle hydrologique 1996-1997

Graphiques d'évolution de la conductivité, de la température et de la turbidité à Soturac
au regard des fluctuations de niveau dans le Lot et au forage F2

du printemps 1998 au printemps 1999

Tableaux des résultats d'analyses hydrochimiques mensuelles réalisées entre mai
1998 et mars 1999 à la source bleue de Soturac et sur le Lot

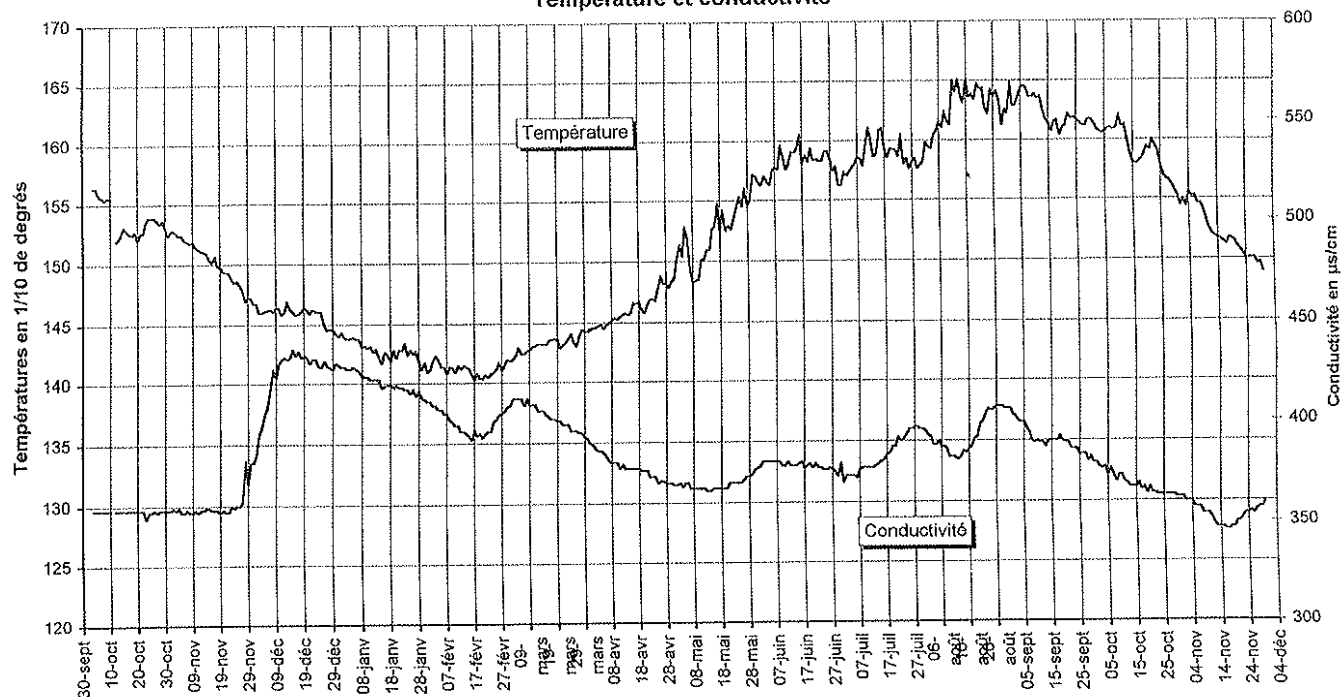
Graphiques de l'évolution comparative du Lot et de la source bleue de Soturac pour
certains paramètres hydrochimiques

Graphique récapitulatif des diagraphies effectuées sur le forage de Banudel
en avril 2006

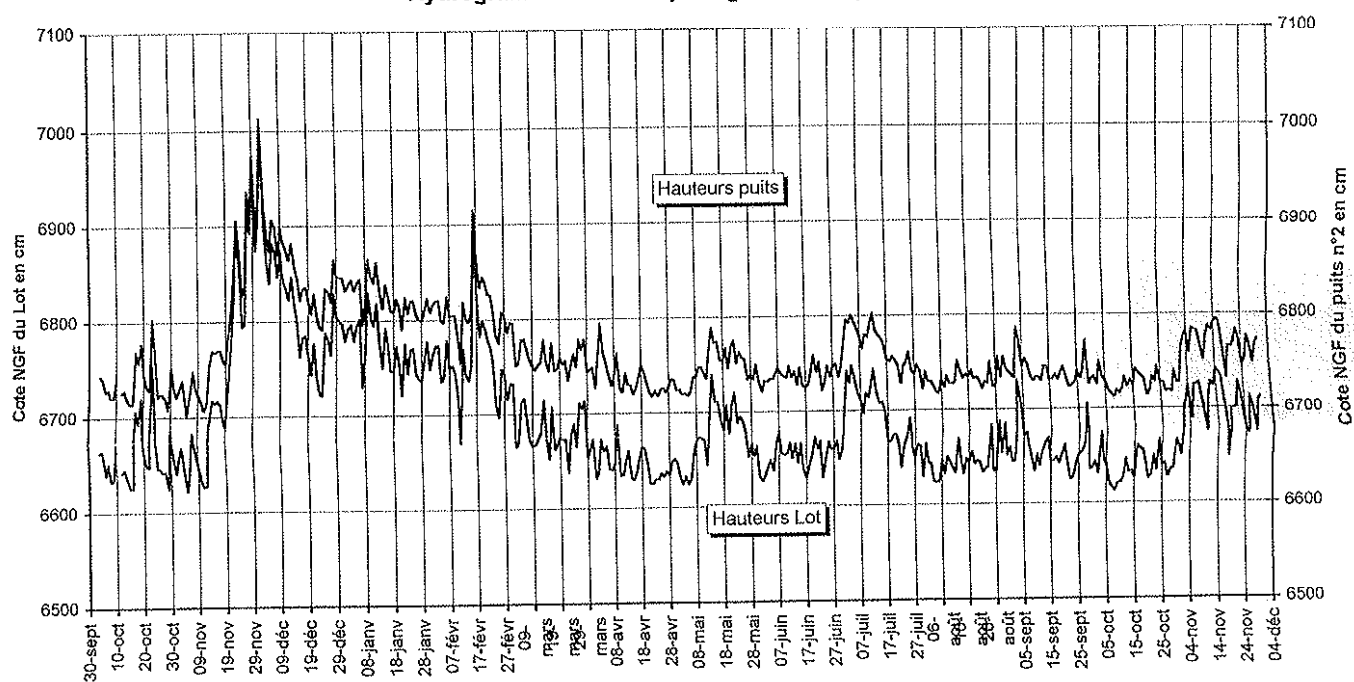
Source Bleue de Soturac - Syndicat de la Basse Vallée du Lot

Cycle hydrologique 1996-1997

Température et conductivité



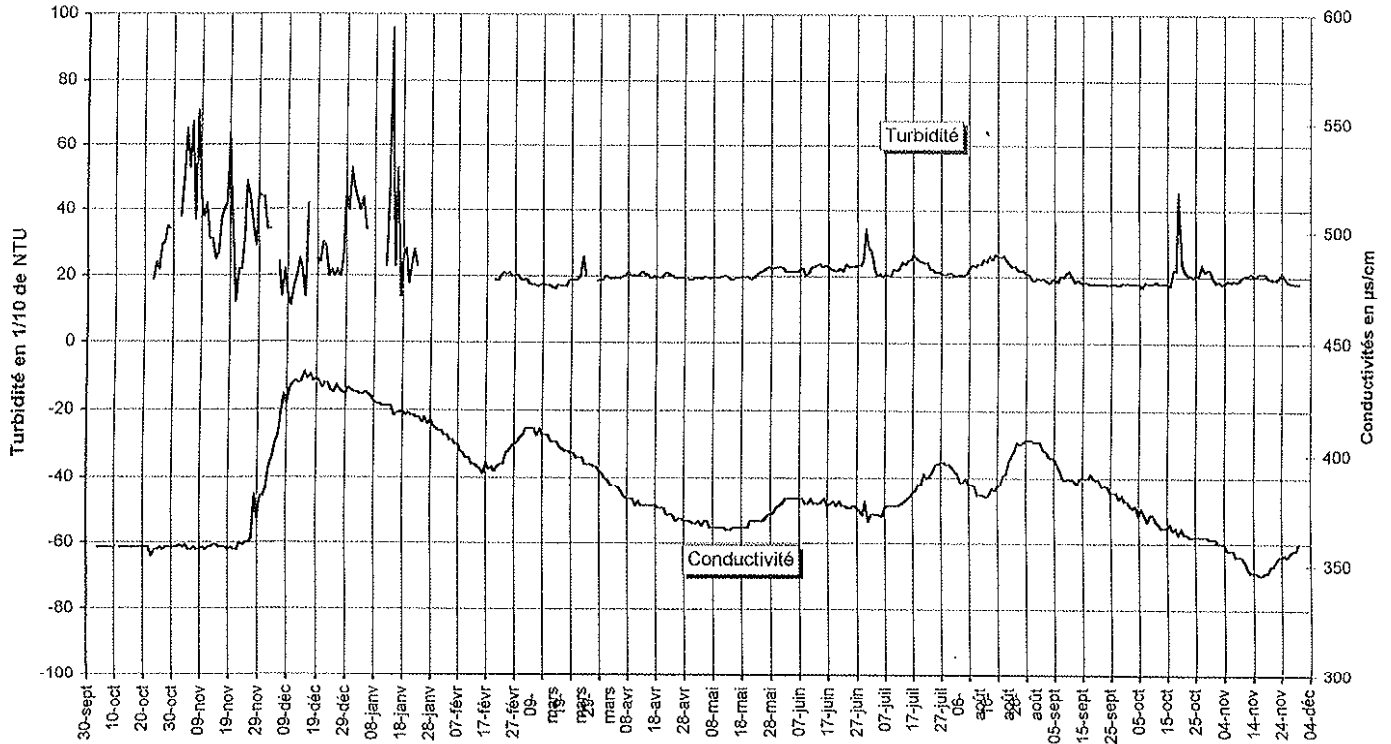
Hydrogramme du Lot et piézogramme du puits n°2



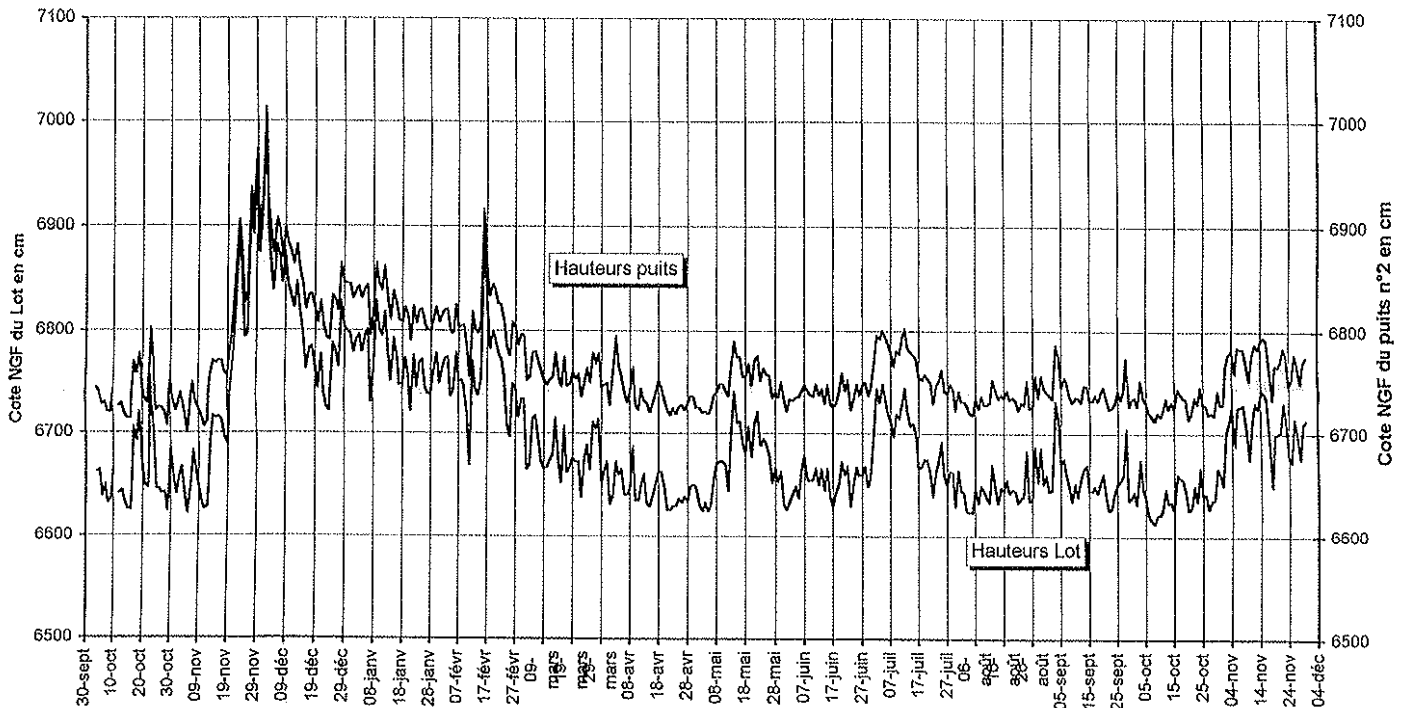
Source Bleue de Soturac - Syndicat de la Basse Vallée du Lot

Cycle hydrologique 1996-1997

Turbidité et conductivité

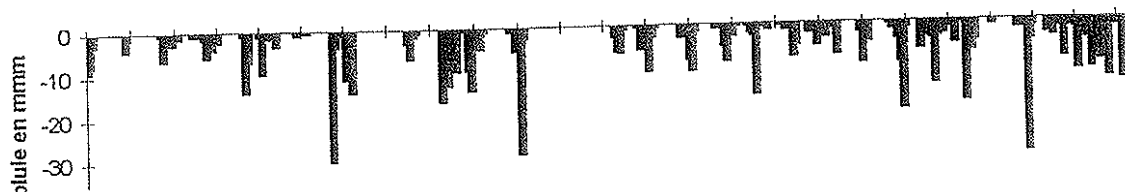


Hydrogramme du Lot et piézogramme du puits n°2

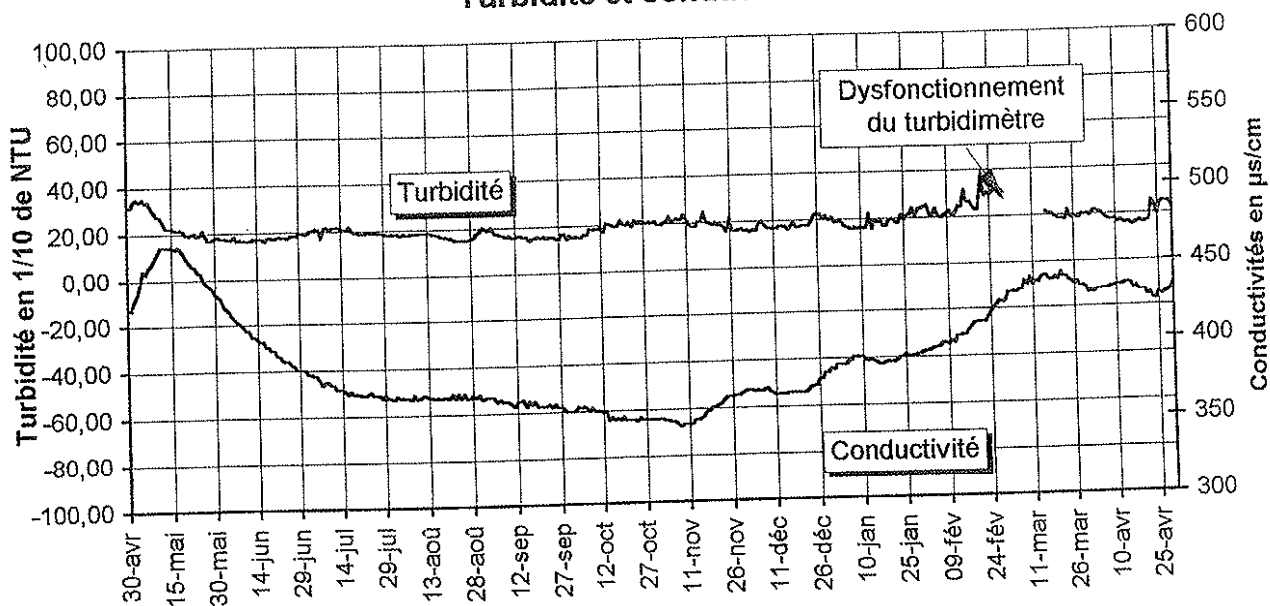


Source Bleue de Soturac - Syndicat de la Basse Vallée du Lot

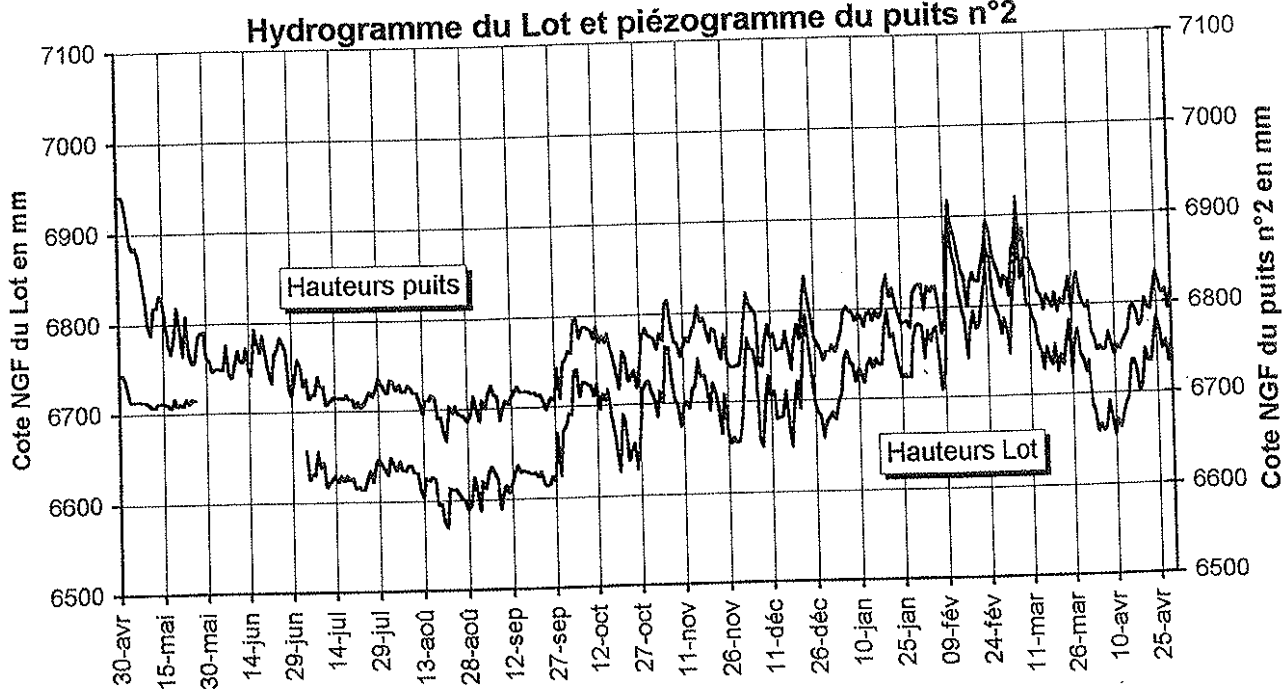
Cycle - Printemps 1998 - Printemps 1999



Turbidité et conductivité



Hydrogramme du Lot et piézogramme du puits n°2

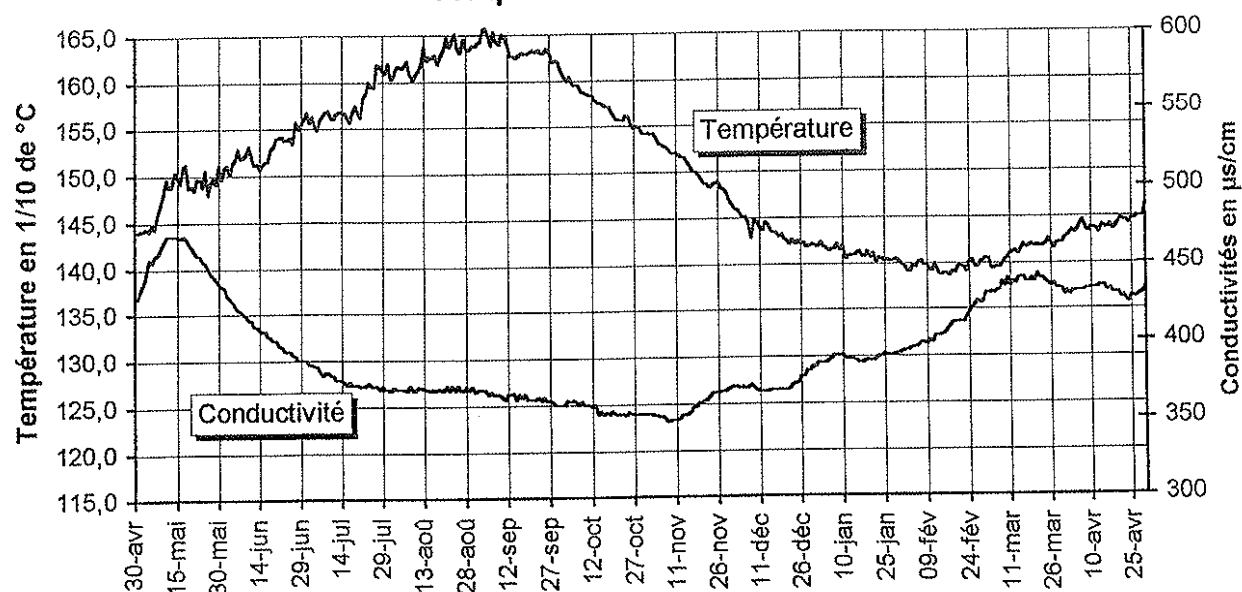


Source Bleue de Soturac - Syndicat de la Basse Vallée du Lot

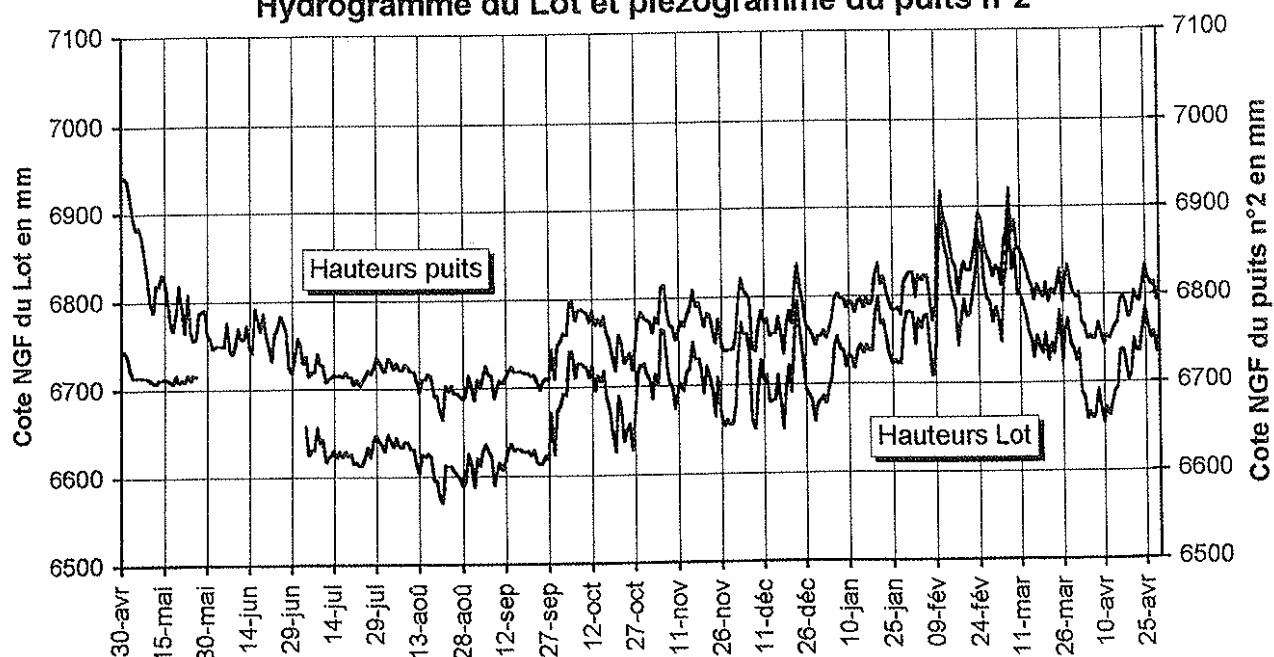
Cycle - Printemps 1998 - Printemps 1999



Température et conductivité

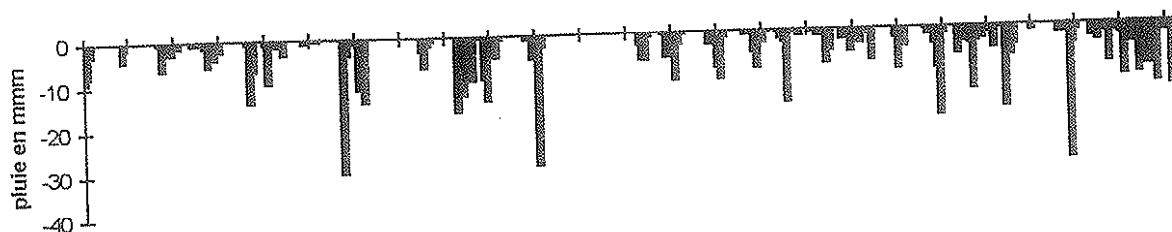


Hydrogramme du Lot et piézogramme du puits n°2

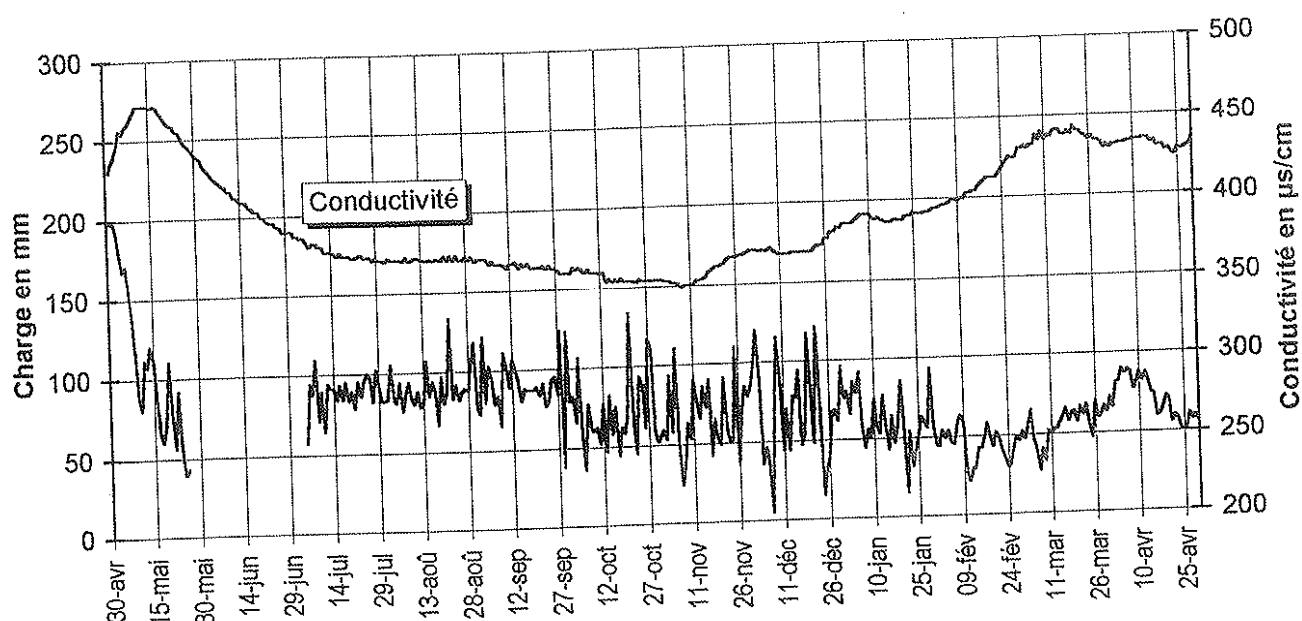


Source Bleue de Soturac - Syndicat de la Basse Vallée du Lot

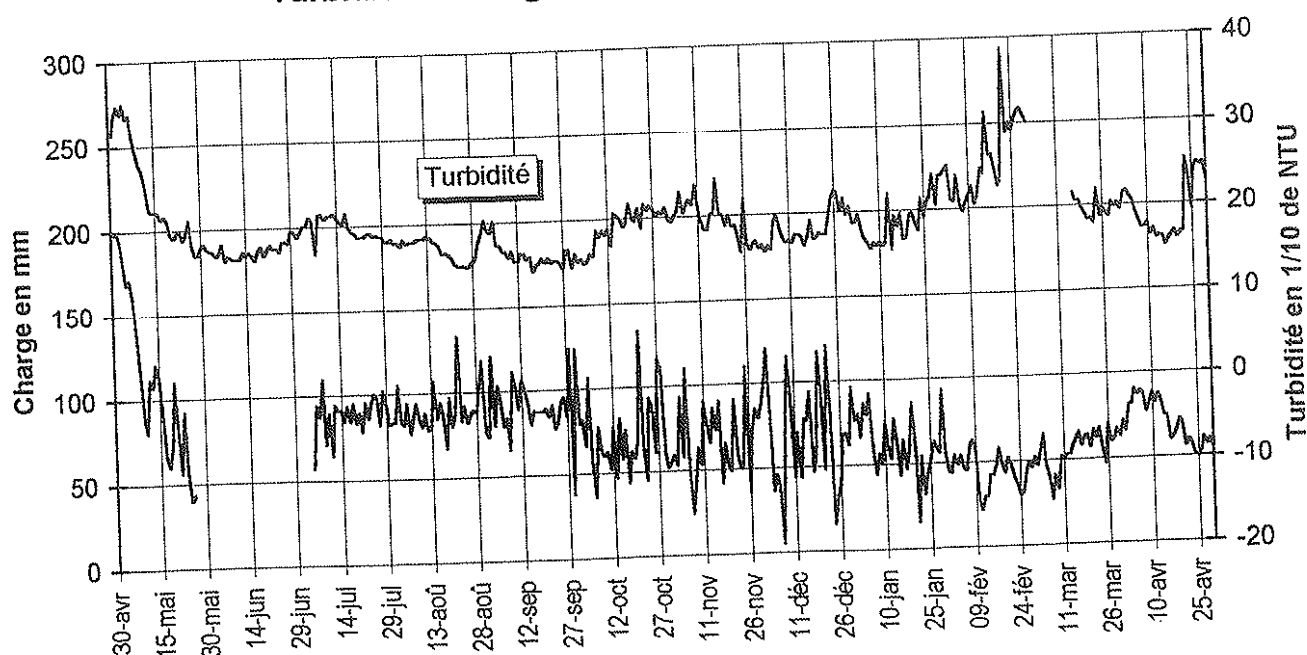
Cycle - Printemps 1998 - Printemps 1999



Conductivité et charge hydraulique entre Puits et Lot



Turbidité et charge hydraulique entre Puits et Lot



SOURCE BLEUE DE SOTURAC (Commune de SOTURAC - 46)

Usages de l'eau Alimentation en eau potable

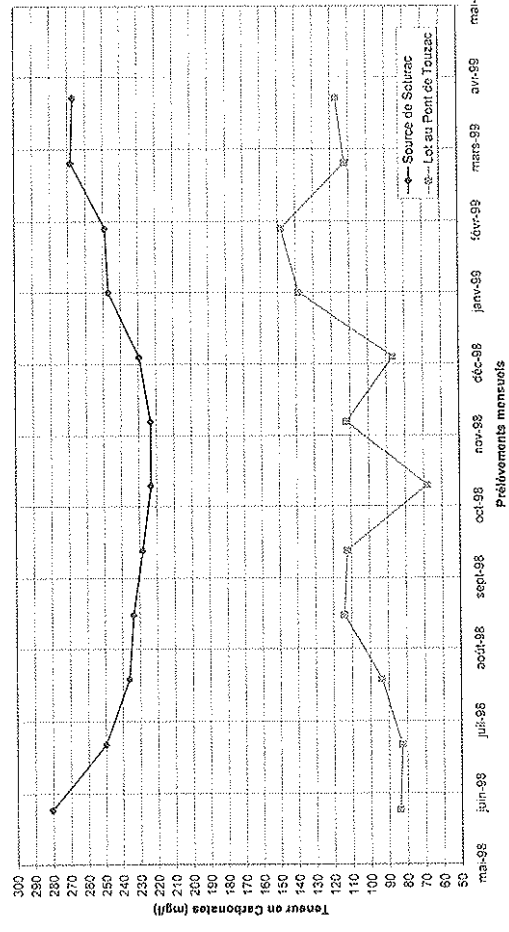
Date des mesures et du prélèvement	N°	Cond. 20°C (µs/cm)	hauteurs (m)	Ions majeurs (mg/l)							Métaux (mg/l)			Bactériologie (n/100 ml)			
				HCO3-	Cl-	NO3-	NO2-	SO4--	Ca++	Na+	K+	Mg2+	Zinc	Cadmium	Manganèse	Coliformes	Stépto.Fécaux
25-mai-98	1	450	6762	280,6	8,30	10,20	0,008	10,60	91,40	4,30	1,27	7,85	0,0350	0,0040	0,0250	8	4
22-jun-98	2	397	6737	250,1	7,68	8,66	0,005	9,38	79,00	4,20	1,32	7,10	0,0820	0,0041	0,0046	4	0
20-jul-98	3	374	6711	236,1	8,08	9,01	0,016	9,40	73,80	4,86	1,58	6,20	0,0761	0,0074	0,0040	2	0
17-aou-98	4	373	6697	233,6	8,15	8,53	0,015	11,67	74,20	4,92	1,40	6,63	0,0277	0,0057	0,0020	0	0
14-sep-98	5	368	6717	228,2	7,55	6,51	0,010	11,02	71,10	4,64	1,42	6,80	0,0191	0,0026	0,0017	0	0
12-oct-98	6	359	6746	223,3	7,55	6,88	0,010	10,98	70,90	4,70	1,38	6,72	0,0900	0,0042	0,0112	0	4
09-nov-98	7	350	6759	223,3	7,29	7,06	0,003	8,39	66,70	5,50	1,40	6,68	0,1040	0,0010	0,0060	8	6
07-déc-98	8	370	6719	228,4	7,40	7,70	0,003	8,30	74,50	5,75	2,50	7,41	0,1550	0,0030	0,0180	2	2
04-jan-99	9	386	6774	247,1	7,57	8,41	0,016	8,26	76,80	5,20	1,90	6,80	0,0347	0,0001	0,0020	6	2
01-fév-99	10	393	6805	248,9	7,72	9,12	0,016	8,89	78,00	4,80	1,80	7,10	0,1039	0,0001	0,0063	4	8
01-mar-99	11	427	6812	268,4	8,01	10,93	0,002	10,01	85,00	4,58	1,33	7,98	0,0078	0,0033	0,0042	0	5
29-mar-99	12	434	6781	267,20	8,14	11,51	0,002	10,32	90,20	4,64	1,41	7,98	0,0304	0,0017	0,0019	6	22

Rivière de Lot au Pont de Touzac

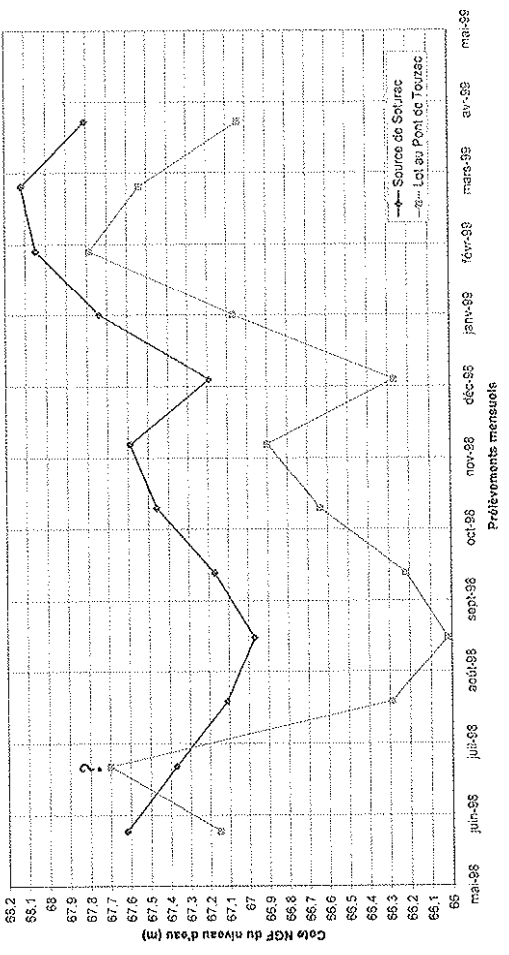
Usages de l'eau: Aucun

Date des mesures et du prélèvement	N°	Cond. 20°C (µs/cm)	hauteurs (m)	Ions majeurs (mg/l)								Métaux (mg/l)			Bactériologie (n/100 ml)		
				HCO3-	Cl-	NO3-	NO2-	SO4-	Ca++	Na+	K+	Mg2+	Zinc	Cadmium	Manganèse	Coliformes	Stépto.Fécaux
25-mai-98	1	175,6	6715	84,2	5,31	3,93	0,021	7,34	25,50	3,60	1,41	3,90	0,0147	0,0042	0,0017	472	96
22-jun-98	2	170,1	6770	83,0	5,45	3,31	0,025	8,82	22,80	3,90	1,52	4,30	0,0970	0,0042	0,0230	188	84
20-jul-98	3	201,0	6629	94,0	6,35	4,32	0,037	8,84	29,30	4,80	1,70	4,00	0,0660	0,0107	0,0129	4 700	32
17-aoû-98	4	245,0	6602	114,1	6,11	2,01	0,030	17,85	36,90	5,02	2,00	6,10	0,0488	0,0082	0,0121	80	24
14-sep-98	5	216,0	6622	112,3	6,93	2,48	0,028	17,06	34,30	5,45	2,11	6,15	0,2282	0,0001	0,0017	512	94
12-oct-98	6	136,0	6664	68,3	5,30	4,37	0,025	7,07	22,00	3,92	1,73	3,70	0,0872	0,0030	0,0324	280	68
09-nov-98	7	195,5	6690	112,3	5,87	6,38	0,023	8,03	31,30	5,02	2,29	5,02	0,1240	0,0010	0,0250	130	90
07-déc-98	8	160,5	6627	86,6	5,05	4,21	0,016	6,41	26,30	5,20	2,37	4,52	0,0620	0,0030	0,0540	560	90
04-jan-99	9	251,0	6707	138,5	6,89	8,26	0,043	13,02	43,50	5,10	2,50	5,80	0,1043	0,0001	0,0222	186	108
01-fév-99	10	260,0	6779	148,3	6,78	7,45	0,043	9,99	47,50	5,20	3,40	5,90	0,2707	0,0001	0,0466	120	140
01-mar-99	11	204,0	6754	112,3	5,69	7,02	0,029	7,98	34,90	3,98	1,69	5,11	0,0372	0,0044	0,0333	88	90
29-mar-99	12	208,0	6704	117,1	5,40	5,78	0,022	7,39	36,10	3,97	1,50	4,37	0,0166	0,0012	0,0193	236	68

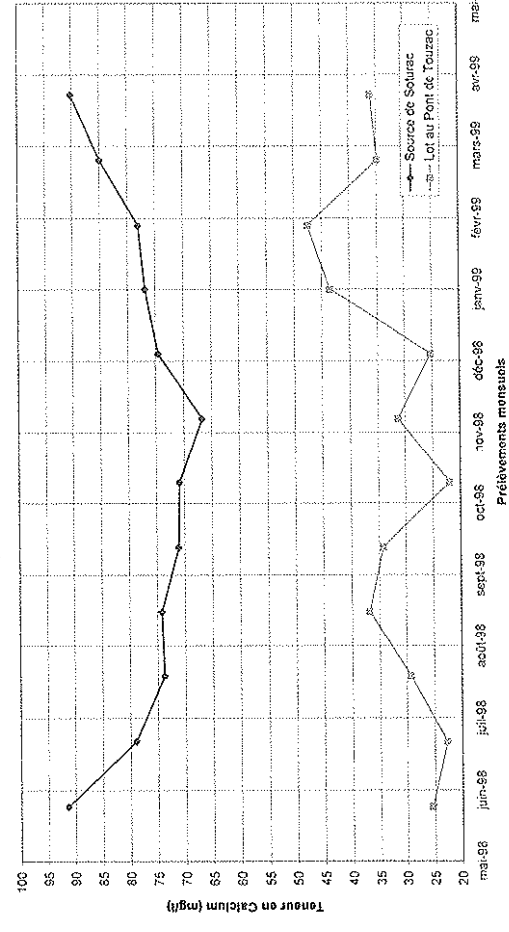
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



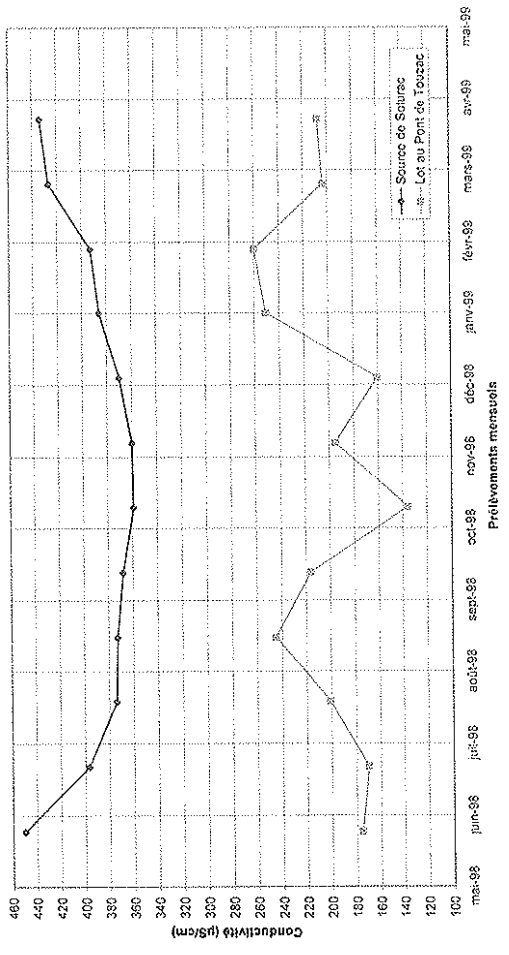
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



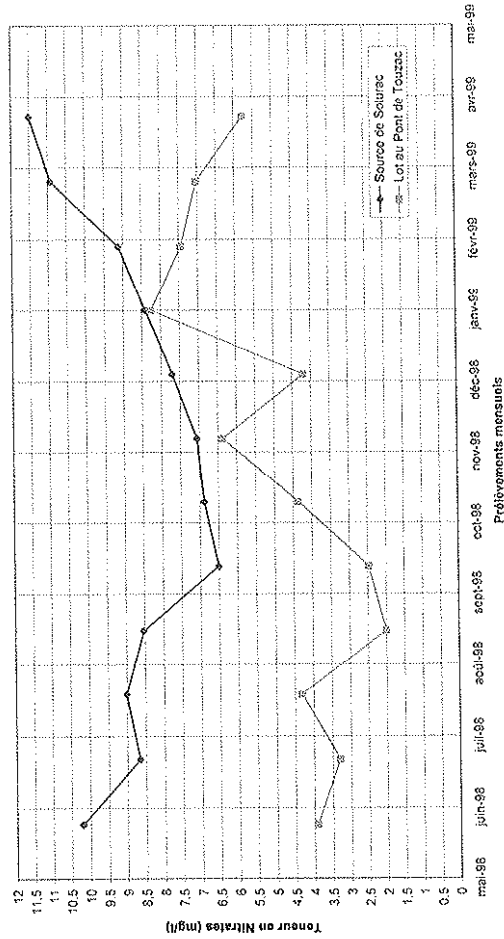
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



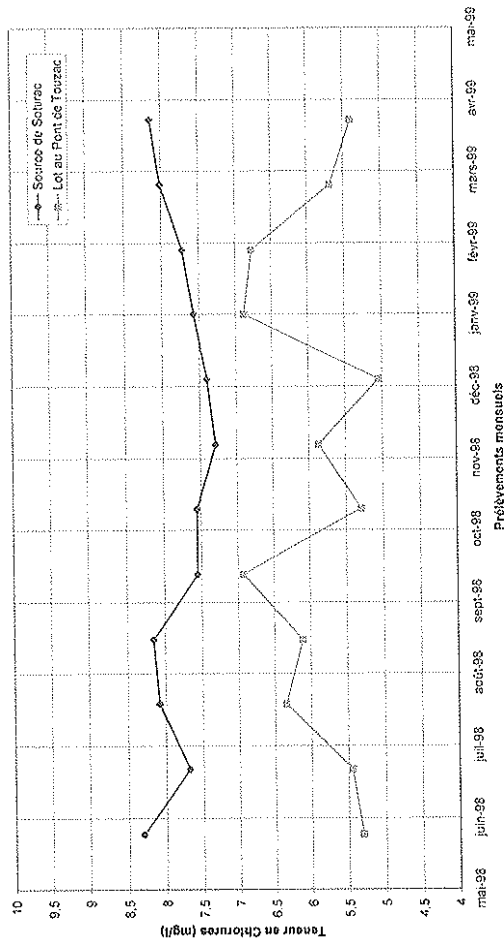
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



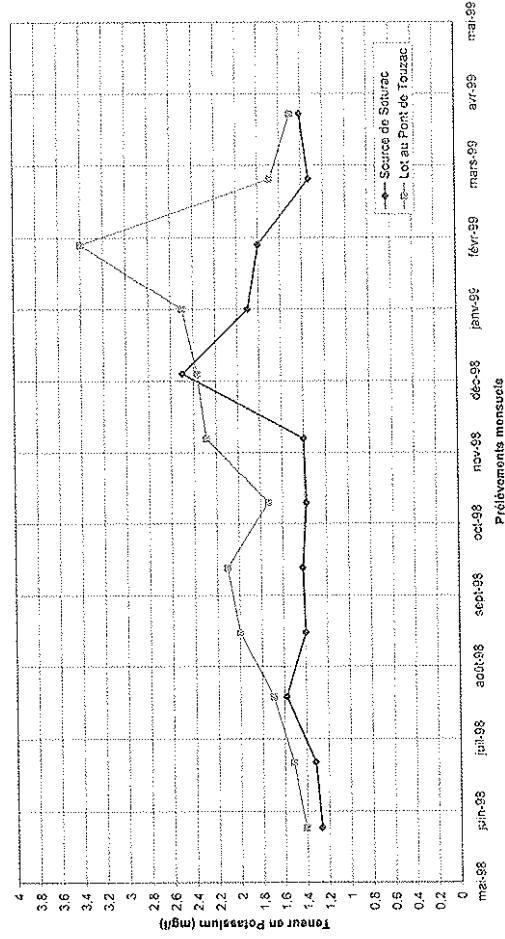
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



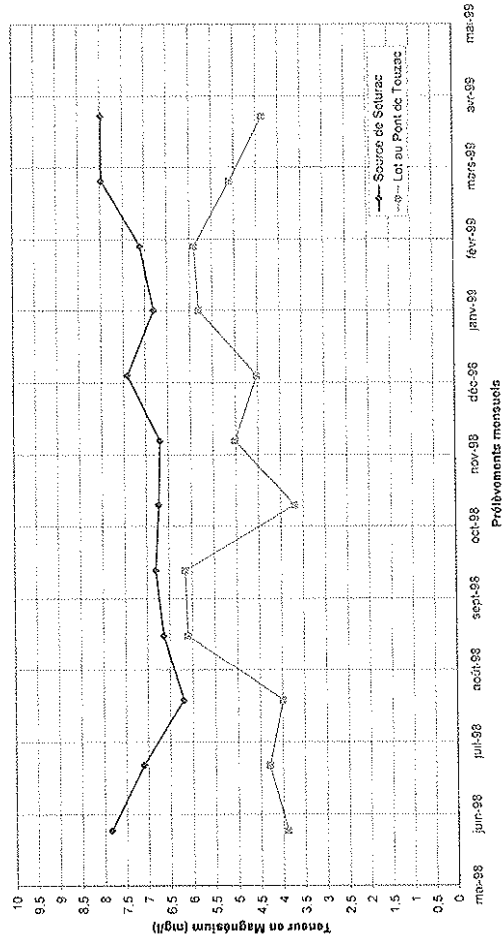
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



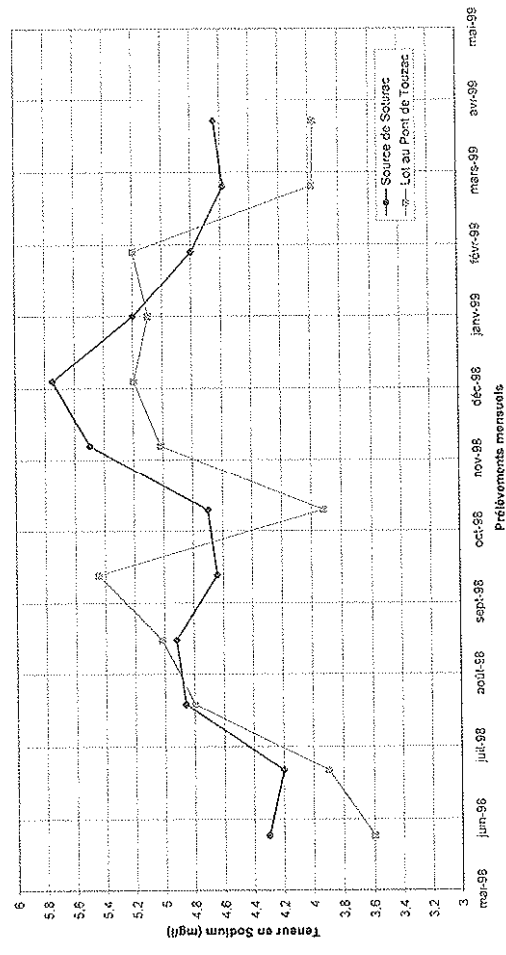
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



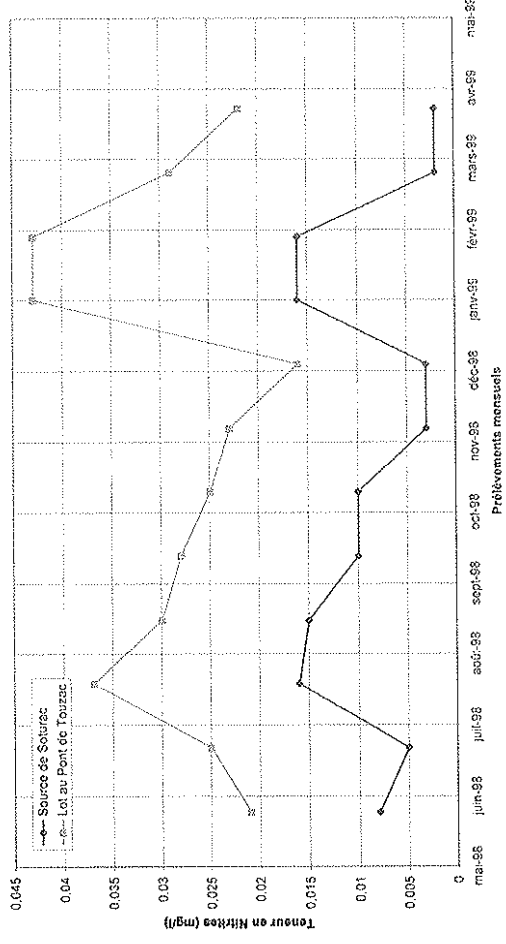
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



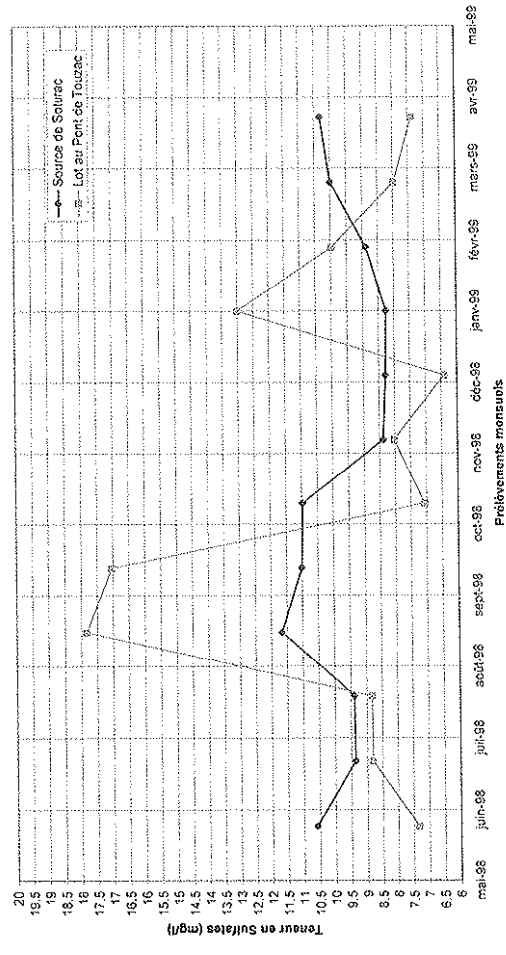
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



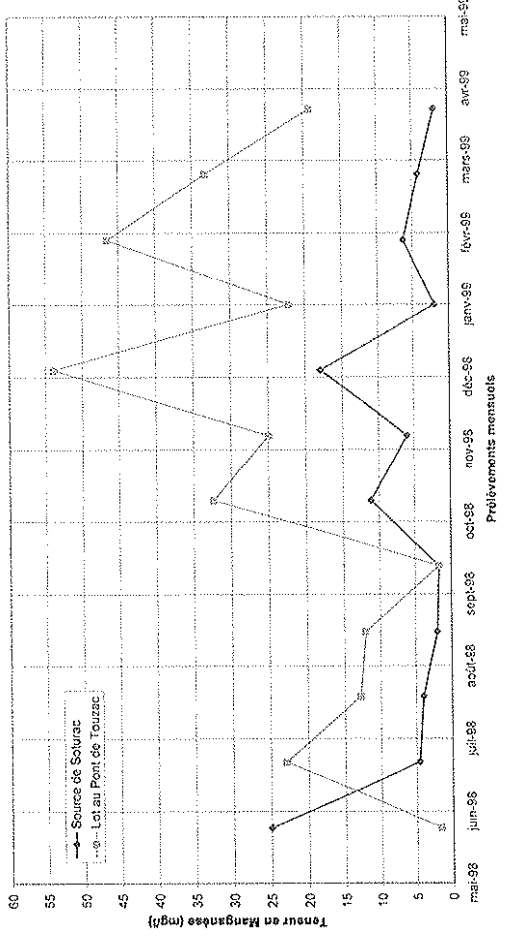
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



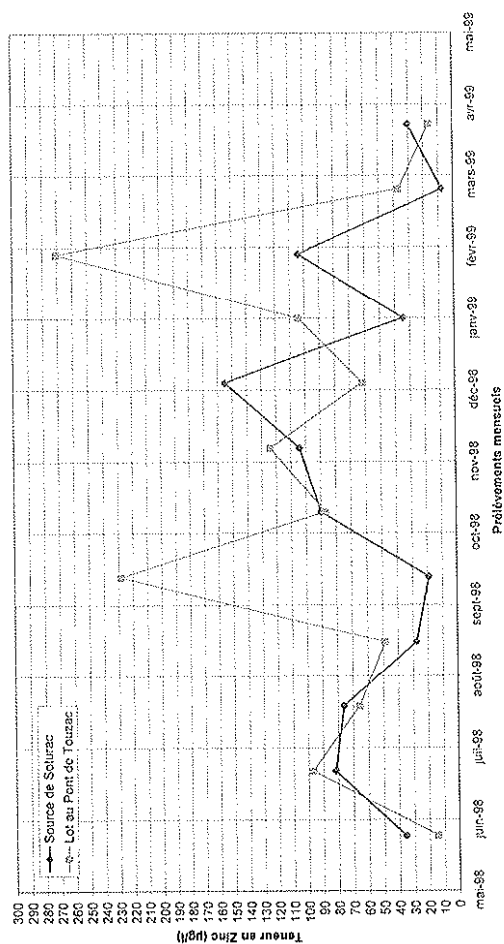
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



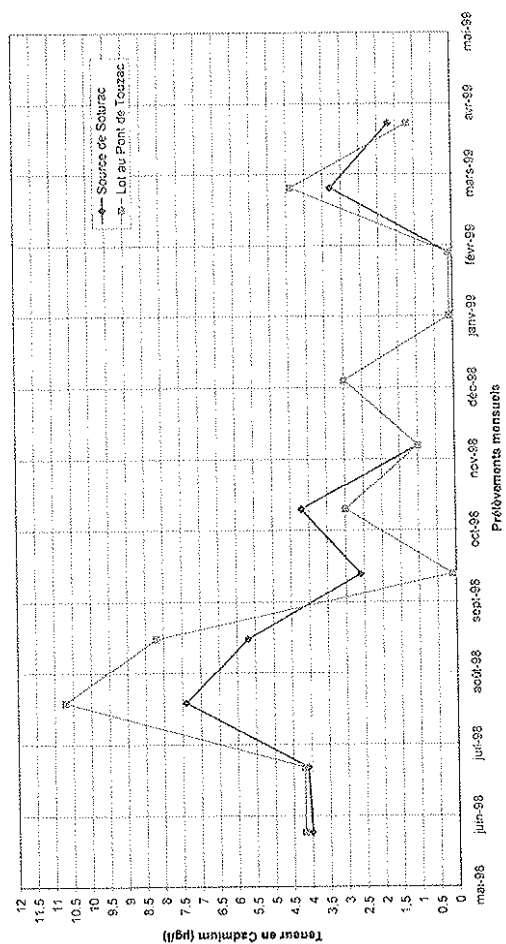
Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)



Comparaison de la chimie des eaux de la Source Bleue de Soturac et du Lot
(Données EGS Environnement)





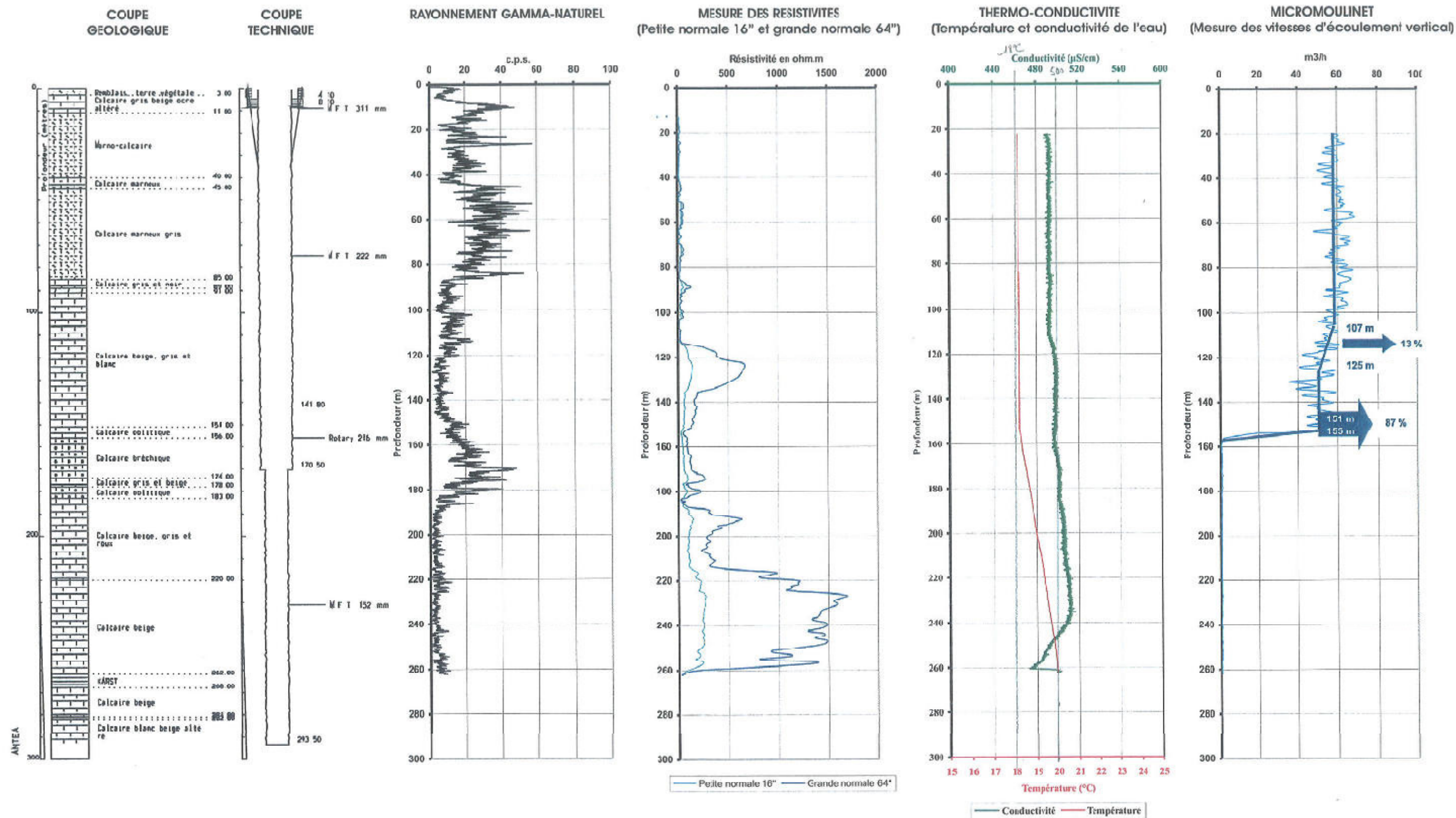
S.A.E.P.A. DU QUERCY-BLANC (46)
Forage de reconnaissance F1 à "Banudel" - LE BOULVE
DIAGRAPHIES REALISEES SUR LE FORAGE
(24 et 25 Avril 2006)

ANNEXE

Juin 2006

n° projet : BOP05 0381

n° rapport : A



ANNEXE 7 :

Principaux résultats de traçages

Carte des circulations souterraines mises en évidence lors du traçage des pertes de la Riviérette (juin 1984 – DDAF du Lot)

Carte et courbes de restitution du traçage des eaux souterraines depuis la vallée de la Thèze (octobre 1998 – EGS)

Courbes de restitution et principaux résultats du traçage des alluvions à côté de la station d'épuration de Touzac (septembre 2001 – EGS-SOLEN)

Courbes de restitution et principaux résultats du traçage de la Doline de Vayres (Mai 2009 – CALLIGEE)

Courbes de restitution et principaux résultats du traçage des pertes du ruisseau de Frayssinet (septembre 2009 – CALLIGEE)

Débits moyens journaliers du Lot à Cahors en octobre 2009 pendant la restitution du traçage des pertes du ruisseau de Frayssinet

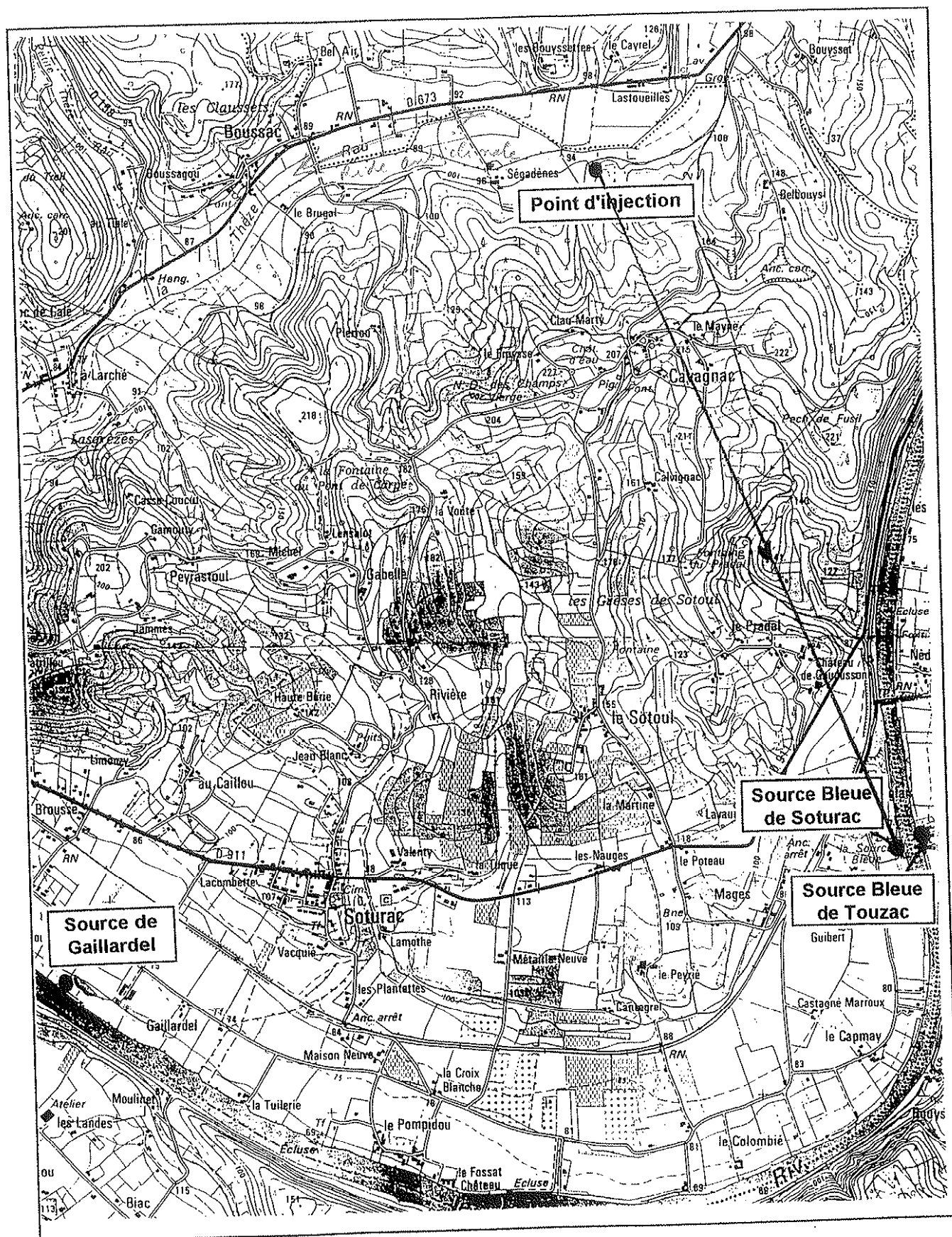
Courbes de restitution et principaux résultats du traçage des eaux du Lot à Camy et Campastie (octobre 2009 – CALLIGEE)



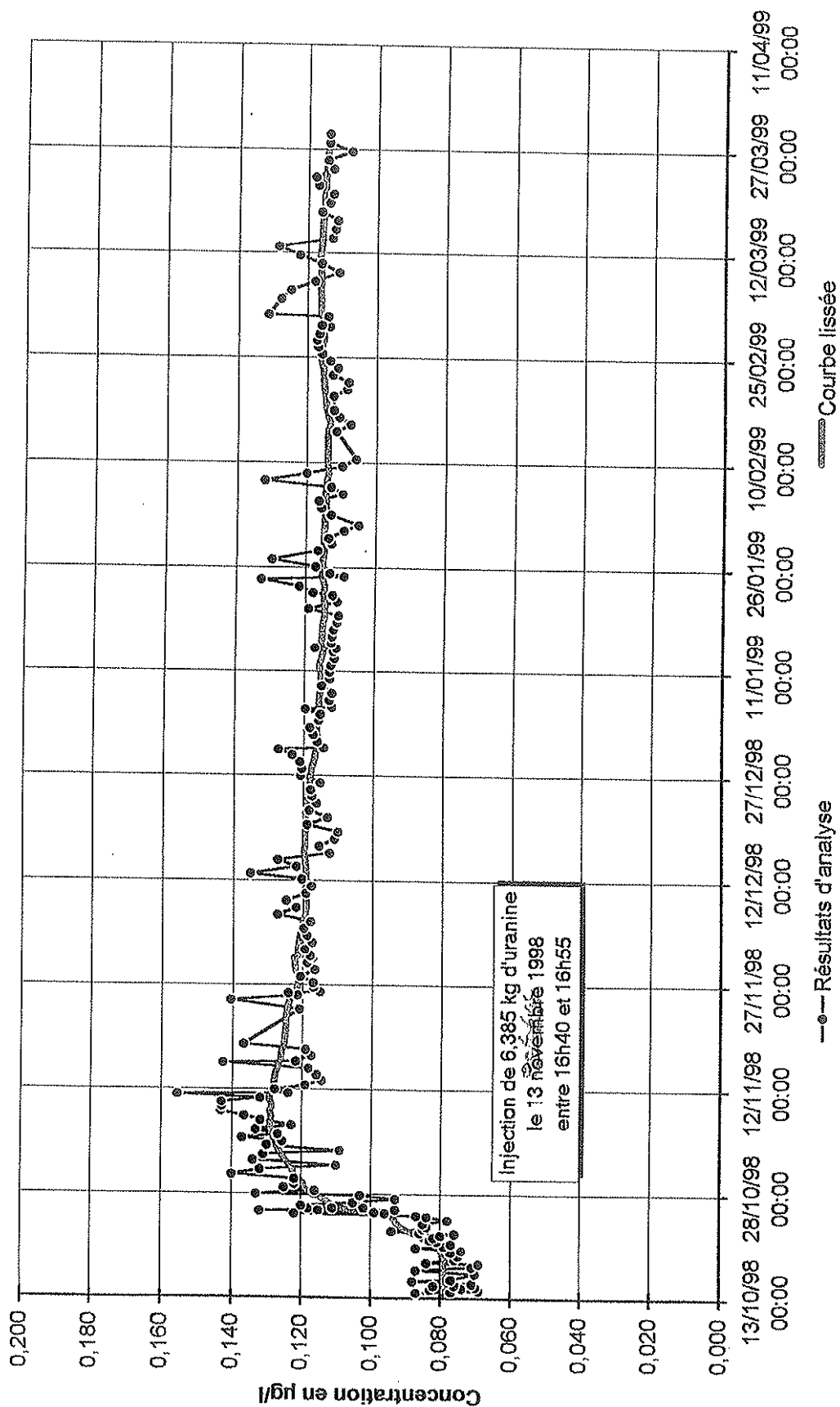
FIG. 16 : COLORATION DE LA RIVIÉRETTE

Echelle : 1/50 000

Figure 1 : Points d'injection et de suivi de la restitution du traceur



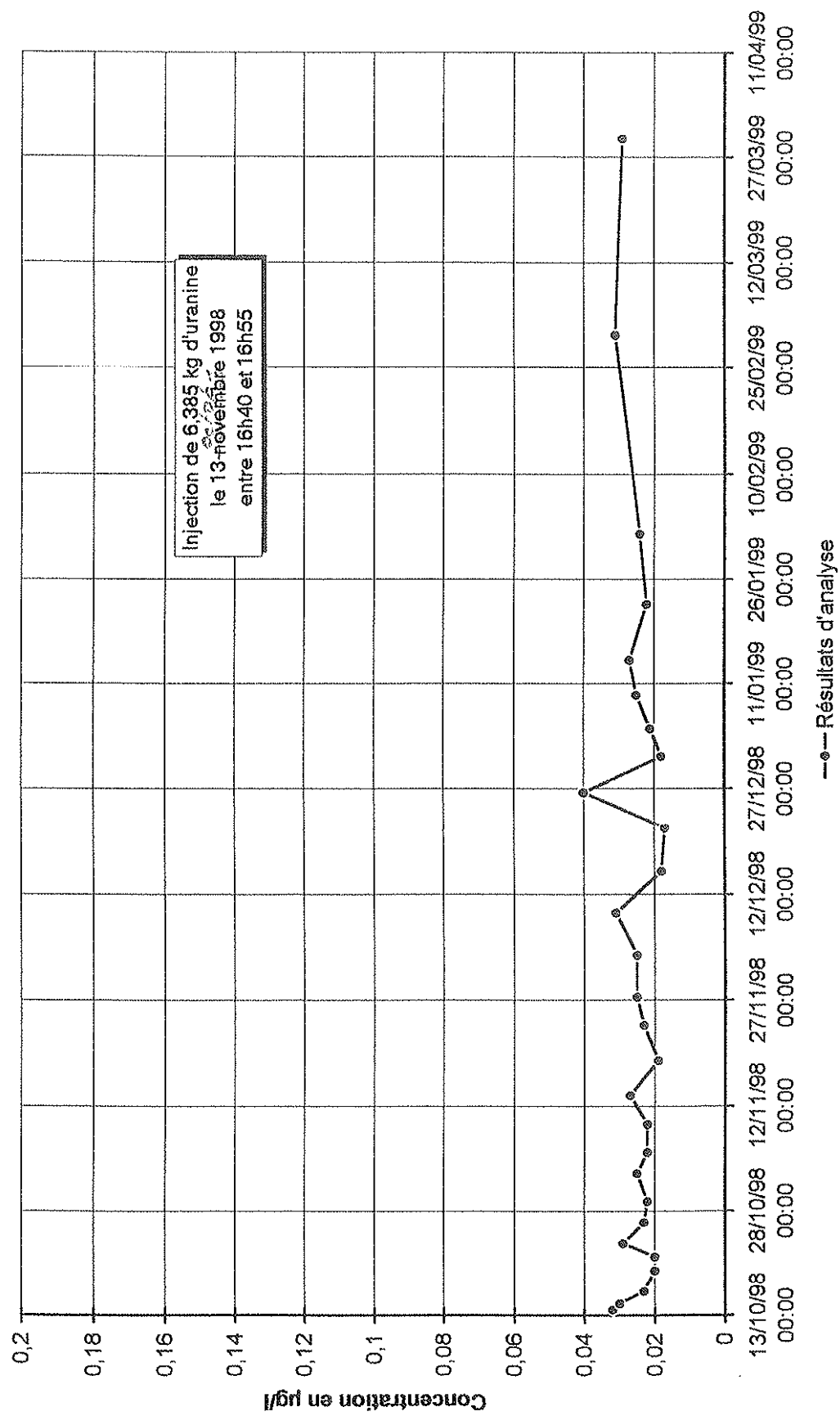
Source Bleue de SOTURAC - Restitution de l'uranine



Trasage des eaux souterraines depuis la vallée de la Thèze



Source de Gaillardelle - Restitution de l'uranine

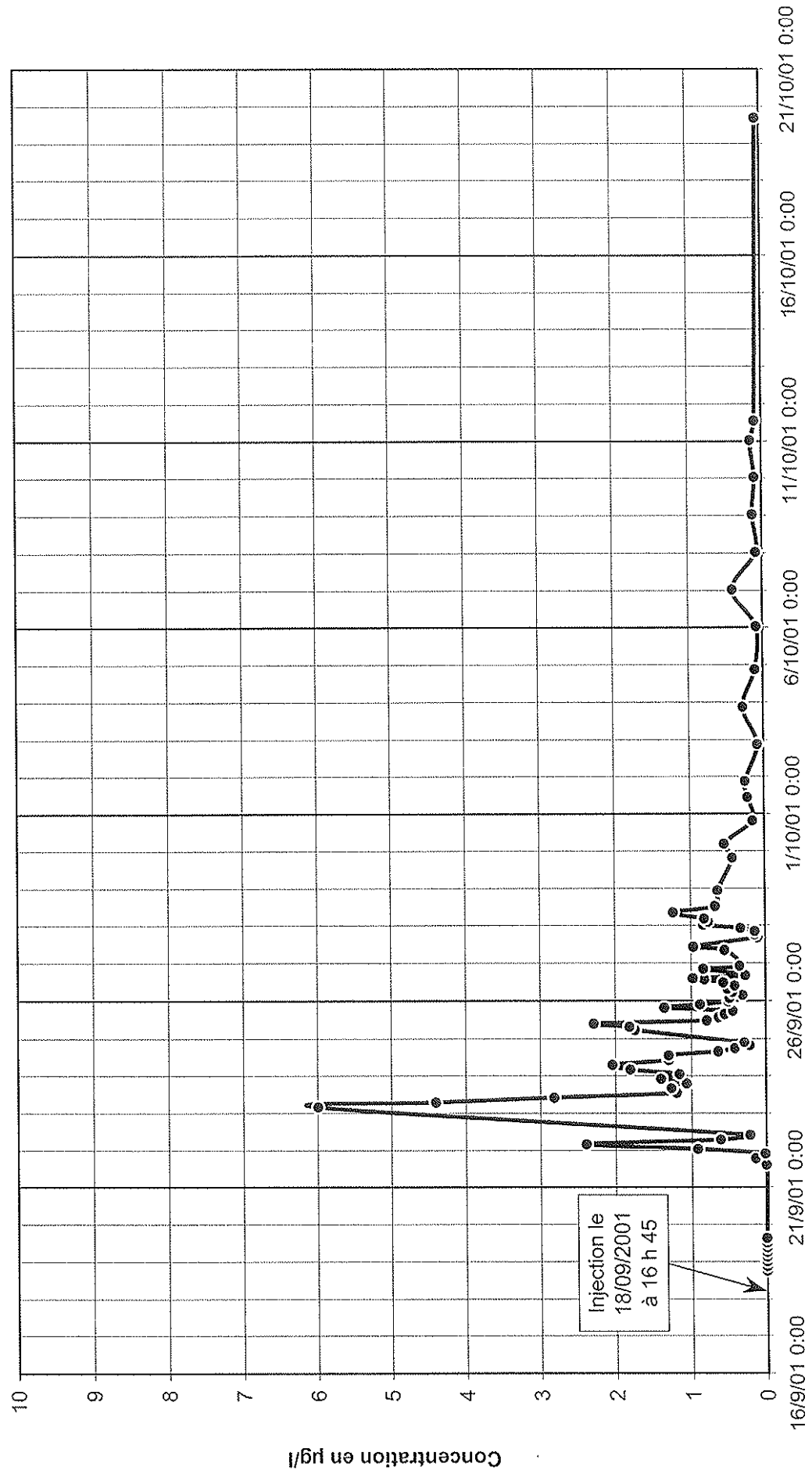


Injection de 6,385 kg d'urarine
le 13 novembre 1998
entre 16h40 et 16h55

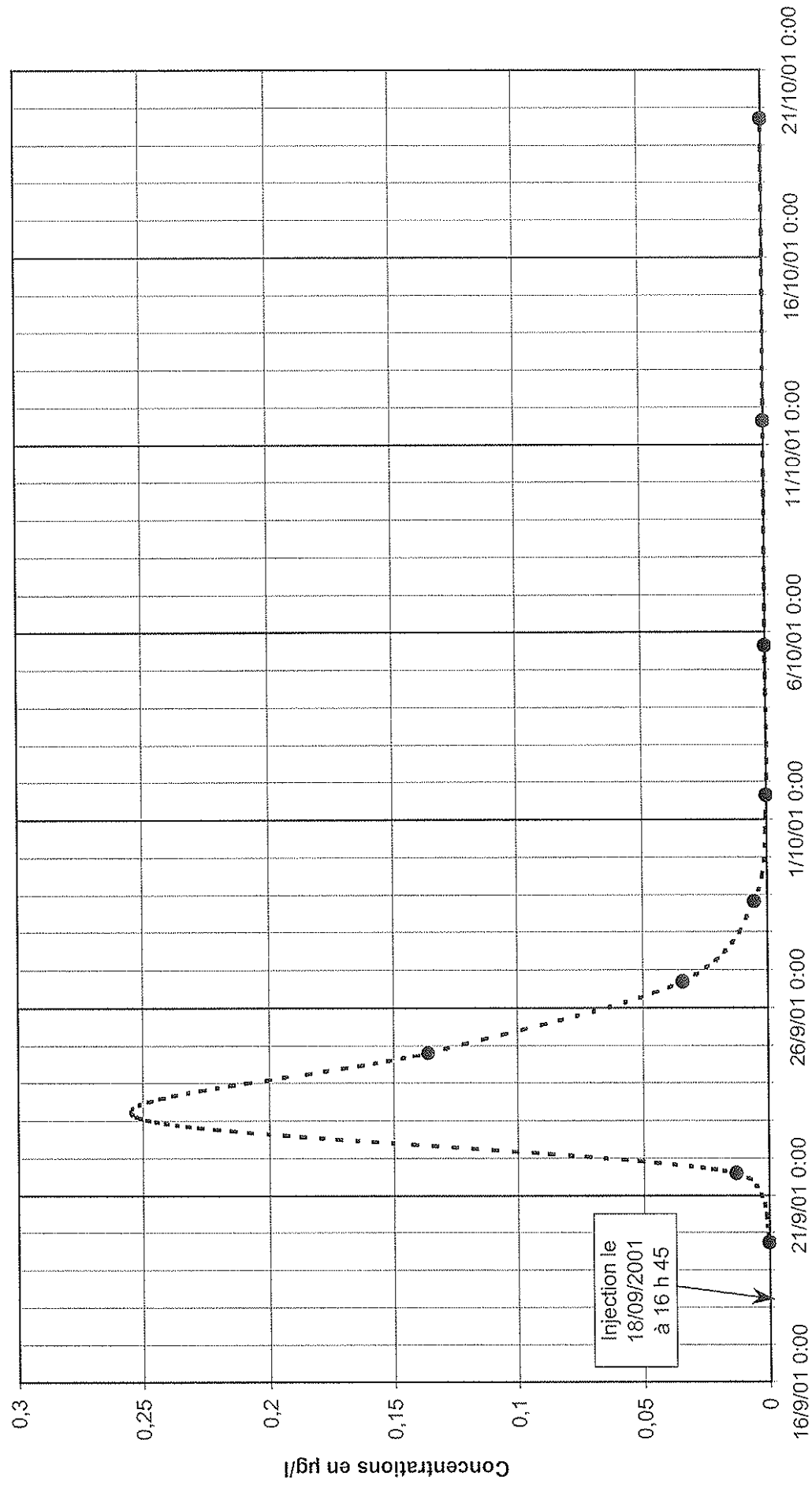
--- Résultats d'analyse

Trasage a côté de la station d'épuration de Touzac

Source Bleue de Touzac - Restitution du traceur

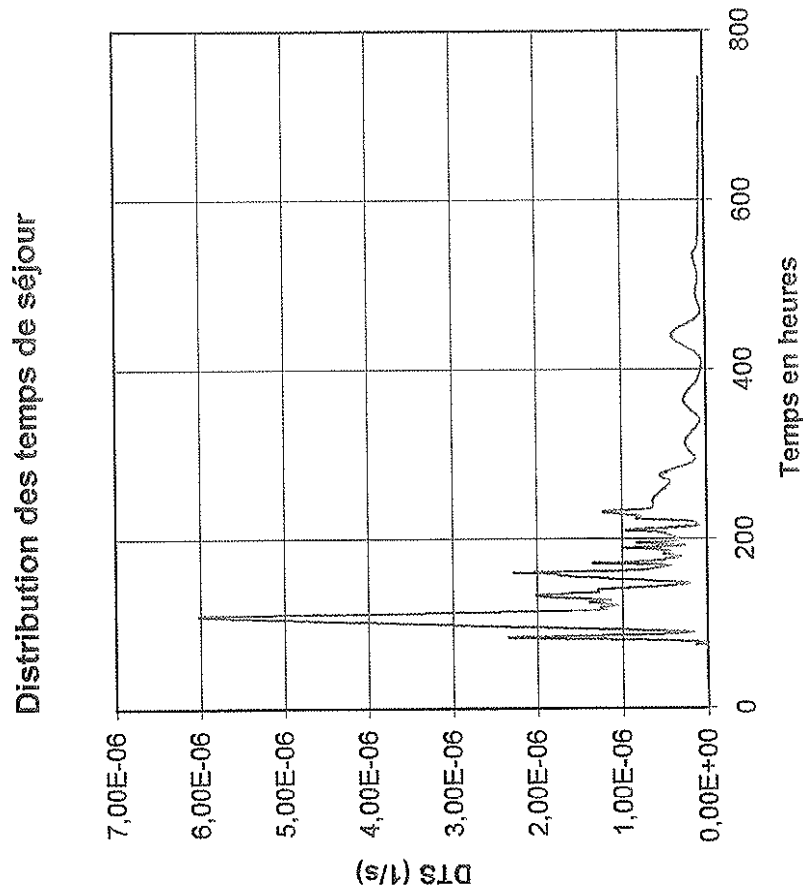


Source Bleue de Soturac - Restitution du traceur



FICHE DE SYNTHÈSE DES RESULTATS

Point d'injection :	STEP de TOUZAC
Point de restitution :	Source Bleue de Touzac
Distance entre ces deux points :	500 mètres
Date et heure d'injection :	18 sept 2001 16:45
Traceur utilisé :	fluorescéine
Quantité de colorant injectée :	5975 grammes
Quantité de colorant restituée :	276 grammes
Bilan de restitution :	4,6 %
Temps minimum de transit :	77,3 heures
Vitesse maximale de transit :	6,5 m/h
Temps modal de transit :	107,3 heures
Vitesse modale de transit :	4,7 m/h
Temps moyen de séjour :	210,0 heures
Vitesse moyenne de transit :	3,2 m/h
Vitesse apparente de transit :	2,4 m/h
Maximum de la DTS :	5,86E-06 s ⁻¹
Maximum de la restitution unitaire :	1,00E-09 l ⁻¹



FICHE DE SYNTHÈSE DES RESULTATS

Point d'injection :	STEP de TOUZAC
Point de restitution :	Source Bleue de Soturac
Distance entre ces deux points :	650 mètres
Date et heure d'injection :	18 sept 2001 16:45
Traceur utilisé :	fluorescéine
Quantité de colorant injectée :	5975 grammes
Quantité de colorant restituée :	177 grammes
Bilan de restitution :	3,0 %
Temps minimum de transit :	69,8 heures
Vitesse maximale de transit :	9,3 m/h
Temps modal de transit :	105,4 heures
Vitesse modale de transit :	6,2 m/h
Temps moyen de séjour :	127,9 heures
Vitesse moyenne de transit :	5,4 m/h
Vitesse apparente de transit :	5,1 m/h
Maximum de la DTS :	$3,89E-06 \text{ s}^{-1}$
Maximum de la restitution unitaire :	$4,22E-11 \text{ l}^{-1}$

Distribution des temps de séjour

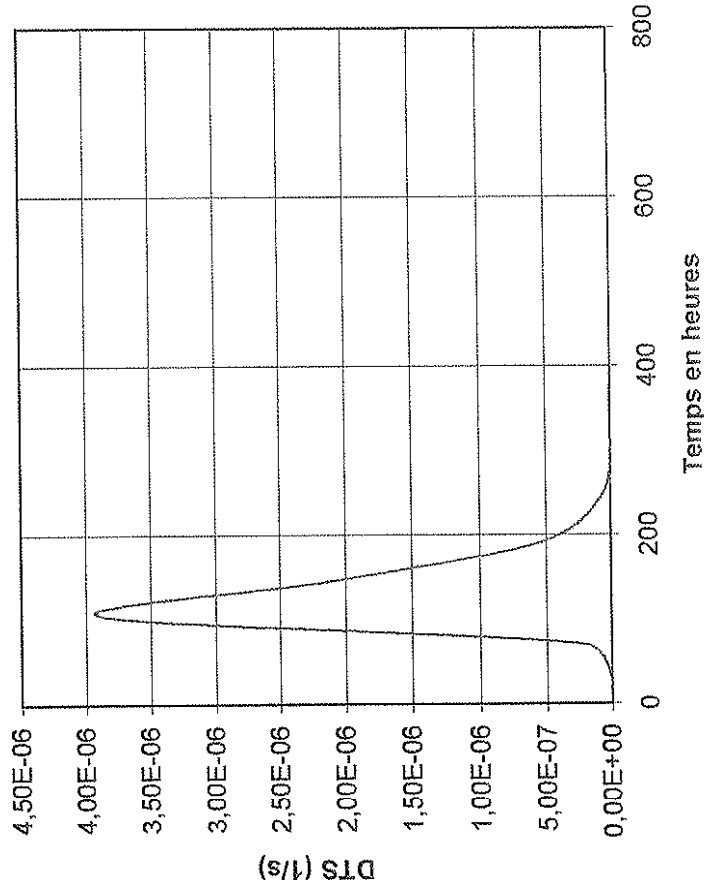
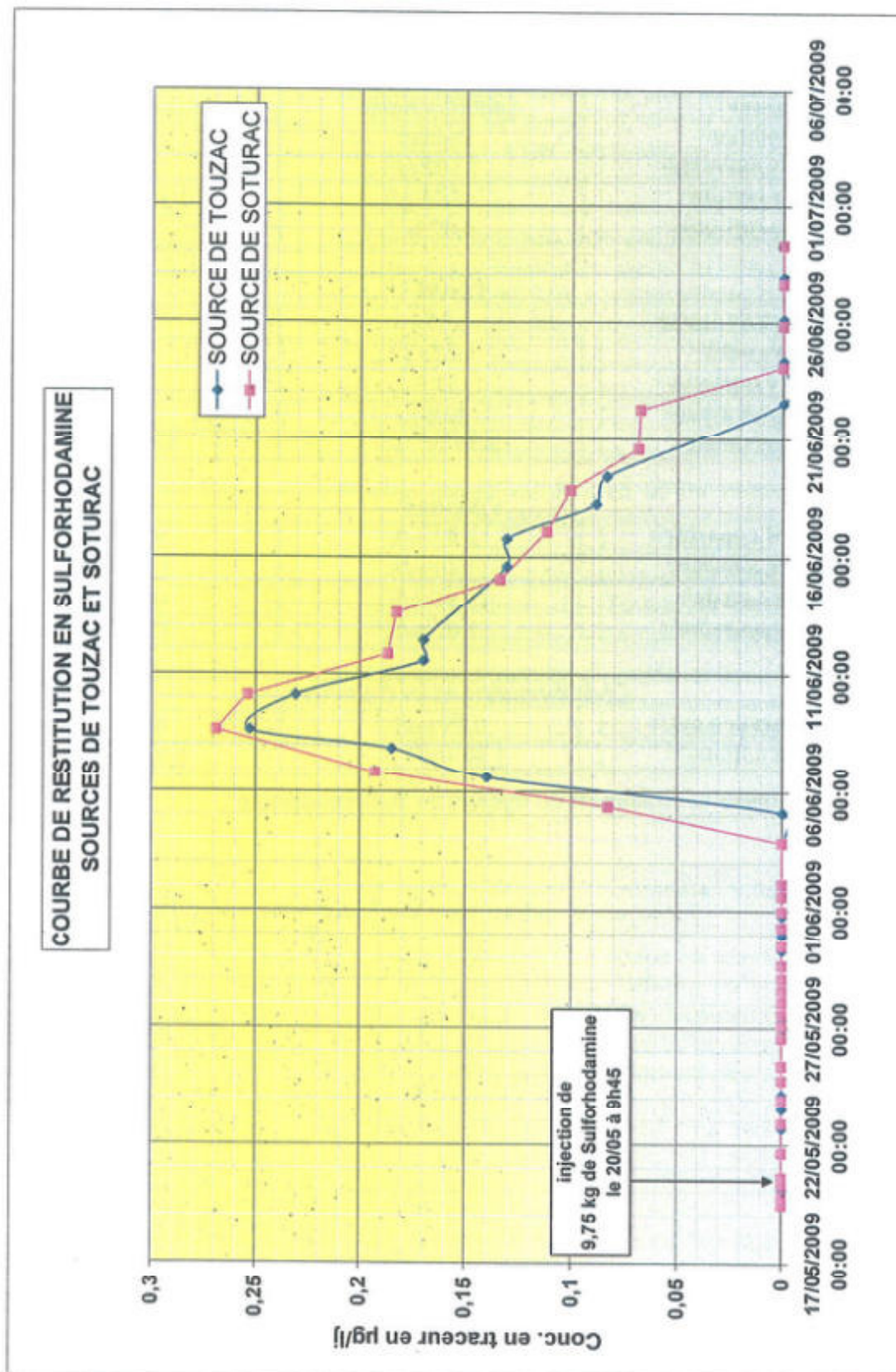


Figure 6 : Courbe de restitution en Sulforhodamine – Sources de Touzac et Soturac



Les résultats détaillés sont résumés dans le tableau suivant :

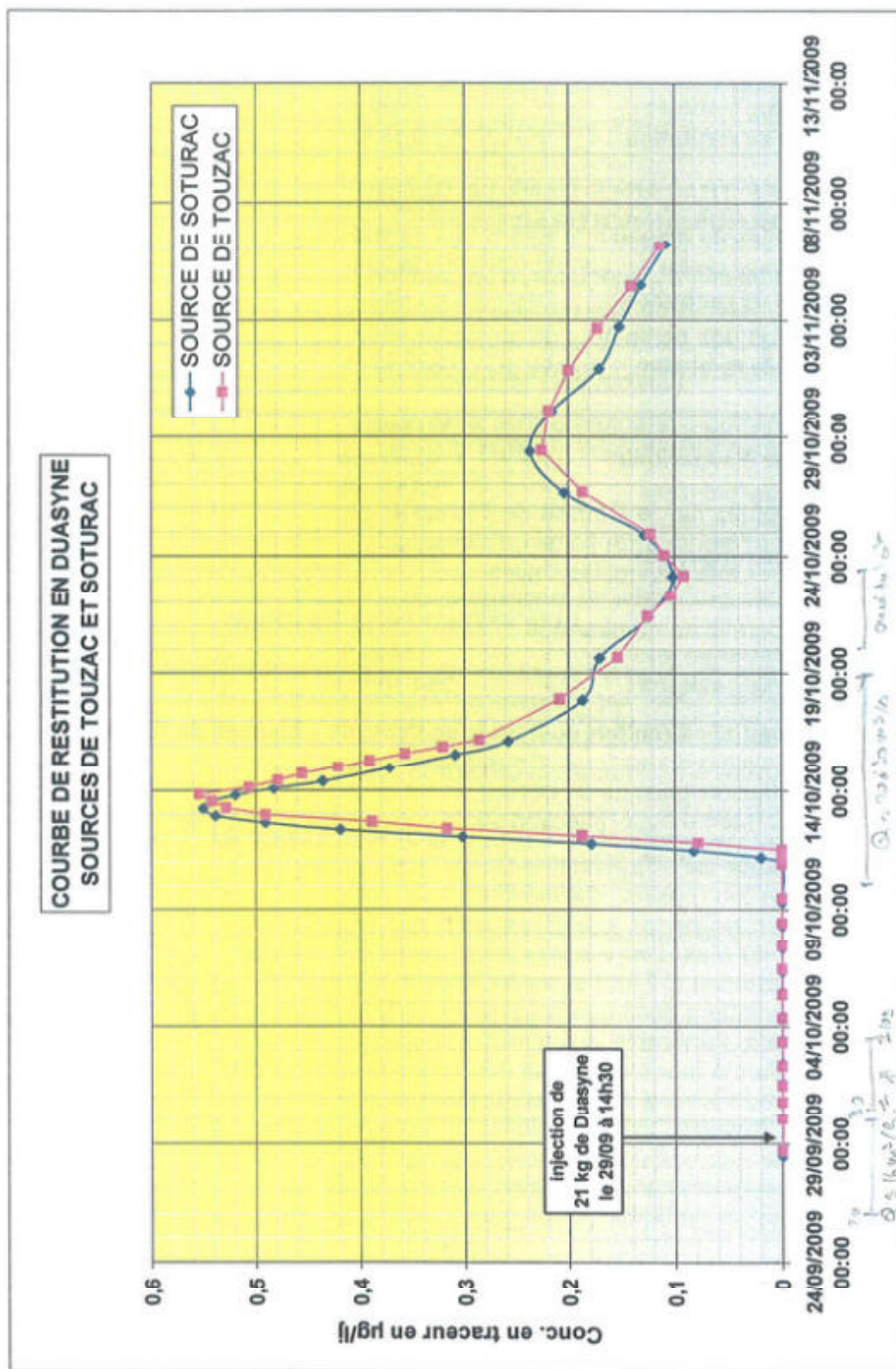
	TOUZAC	SOTURAC
Injection	20/05/2009 à 9h45	20/05/2009 à 9h45
Traceur	Sulforhodamine	Sulforhodamine
Restitution	Touzac	Soturac
Distance apparente	7 100 m	7 150 m
Masse restituée	45,64 g	1074,31 g
Taux de restitution	0,47 %	11 %
TEMPS		
apparition du traceur	15,7 j	14,46 j
temps modal	19,25 j	15,96 j
durée de restitution	33 j	34,71 j
temps moyen séjour	22,6 j	23,15 j
D.T.S. maximale	$5,30 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$	$5,47 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
VITESSES		
Vitesse d'apparition	18,82 m/h	20,59 m/h
Vitesse moyenne	13,40 m/h	13,43 m/h
Vitesse modale	15,36 m/h	18,66 m/h
Vitesse apparente	13,07 m/h	12,87 m/h
CONCENTRATIONS ET DILUTIONS		
Concentration maxi.	0,25 µg/l	0,27 µg/l
Dilution unitaire	$2,59 \cdot 10^{-11} \text{ l}^{-1}$	$2,76 \cdot 10^{-11} \text{ l}^{-1}$

Tableau 12 : Résultats du traçage en Sulforhodamine

Trasage de la Doline de Vayres

Tracage des Pertes du Ruisseau de Fraissinet

Figure 7 : Courbe de restitution en Duasynne aux sources de Touzac et Soturac



	TOUZAC	SOTURAC
Injection	29/10/2009 à 14h30	29/10/2009 à 14h30
Traceur	Duasyne	Duasyne
Restitution	Touzac	Soturac
Distance apparente	12 970 m	13 110 m
Masse restituée	35,50 g	2786,44 g
Taux de restitution	0,18 %	13,27 %
TEMPS		
apparition du traceur	11,90 j	11,28 j
temps modal	14,23 j	13,61 j
durée de restitution	44 j	47 j
temps moyen séjour	23 j	22,79 j
D.T.S. maximale	$5,77 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$	$5,76 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
VITESSES		
Vitesse d'apparition	45,40 m/h	48,42 m/h
Vitesse moyenne	26,53 m/h	27,27 m/h
Vitesse modale	37,96 m/h	40,12 m/h
Vitesse apparente	23,44 m/h	23,94 m/h
CONCENTRATIONS ET DILUTIONS		
Concentration maxi.	0,56 µg/l	0,55 µg/l
Dilution unitaire	$2,64 \cdot 10^{-11} \text{ l}^{-1}$	$2,62 \cdot 10^{-11} \text{ l}^{-1}$

Tableau 13 : Résultats du traçage en Duasyne – Sources de Touzac et Soturac

Tragage des Pertes du Ruisseau de Fraissinet

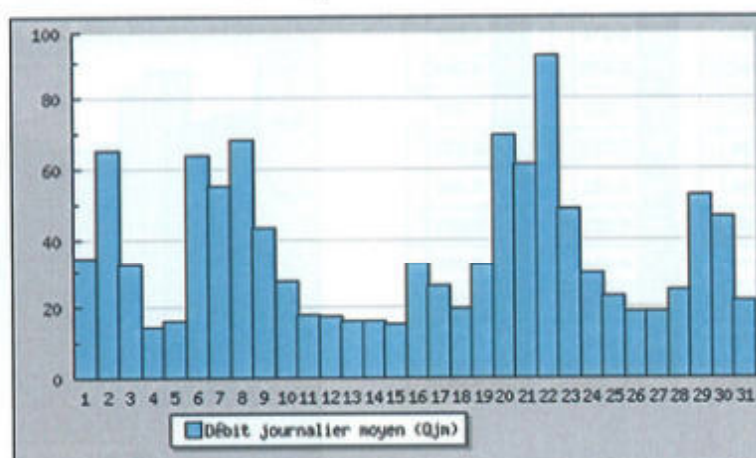
Débits du Lot à Cahors

Octobre 2009

Débits journaliers en m3/s

1	34.80		11	17.80		21	61.20	
2	65.40		12	17.60		22	93.30	
3	32.30		13	16.00		23	48.70	
4	14.30	#	14	16.00		24	29.60	
5	16.30		15	15.20		25	23.00	
6	64.00		16	32.40		26	18.90	
7	65.40		17	26.00		27	18.50	
8	68.20		18	19.50		28	24.90	
9	43.50		19	32.20		29	52.40	
10	27.60		20	69.50		30	46.50	
						31	21.70	

Débits journaliers en m3/s



Statistiques

Ecoulement mensuel : # débit moyen : 36.20 m3/s débit moyen spécifique : 3.95 l/s/km2 lame d'eau : 10.6 mm
Ecoulement naturel reconstitué : # débit moyen : 36.20 m3/s débit moyen spécifique : 3.95 l/s/km2 lame d'eau : 10.6 mm
Maximum instantané : débit : 150.0 m3/s Le 22/10/2009 à 12:17 hauteur : 2140. mm Le 22/10/2009 à 12:17

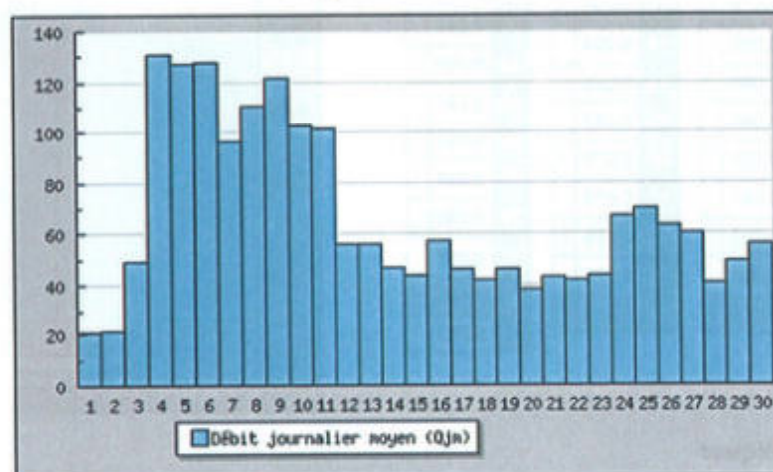
Novembre 2009

Novembre 2009

Débits journaliers en m3/s

1	20.70		11	101.0		21	43.50	
2	21.40		12	56.20		22	42.20	
3	49.10		13	55.90		23	44.00	
4	131.0		14	46.60		24	66.80	
5	127.0		15	43.90		25	70.30	
6	128.0		16	57.00		26	63.50	
7	96.30		17	46.20		27	60.40	
8	111.0		18	42.00		28	40.90	
9	122.0		19	46.20		29	49.30	
10	102.0		20	38.20		30	56.20	

Débits journaliers en m3/s



Statistiques

Ecoulement mensuel : débit moyen : 66.00 m3/s débit moyen spécifique : 7.20 l/s/km2 lame d'eau : 18.7 mm
Ecoulement naturel reconstitué : débit moyen : 66.00 m3/s débit moyen spécifique : 7.20 l/s/km2 lame d'eau : 18.7 mm

Notation: 08346020

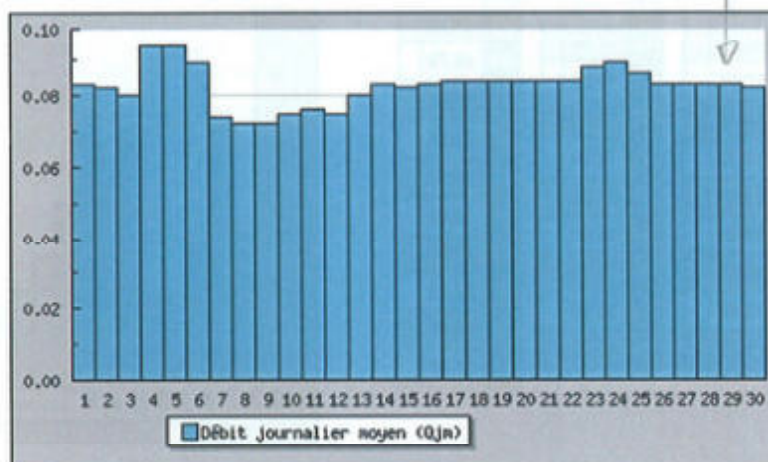
Débits de la Thèse à Boussac

Septembre 2009

Débits journaliers en m3/s

1	0.083	11	0.076	21	0.084
2	0.082	12	0.075	22	0.084
3	0.080	13	0.080	23	0.088
4	0.094	14	0.083	24	0.089
5	0.094	15	0.082	25	0.086
6	0.089	16	0.083	26	0.083
7	0.074	17	0.084	27	0.083
8	0.072	18	0.084	28	0.083
9	0.072	19	0.084	29	0.083
10	0.075	20	0.084	30	0.082

Débits journaliers en m3/s



Statistiques

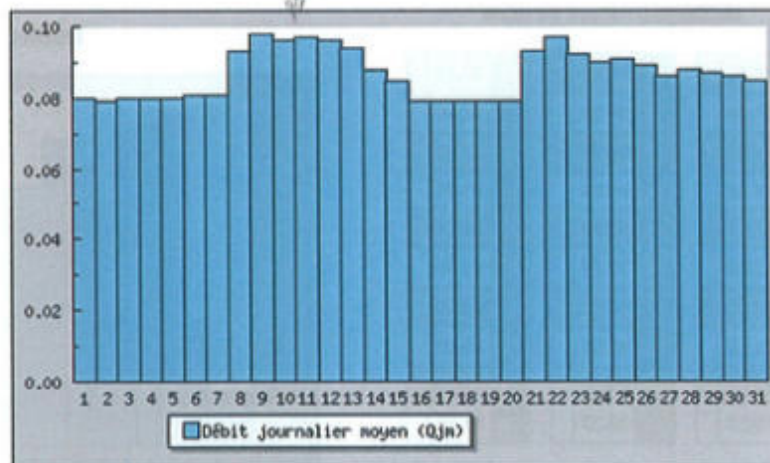
Ecoulement mensuel : débit moyen : 0.083 m3/s débit moyen spécifique : 0.81 l/s/km2 lame d'eau : 2.1 mm
Ecoulement naturel reconstitué : débit moyen : 0.083 m3/s débit moyen spécifique : 0.81 l/s/km2 lame d'eau : 2.1 mm

Octobre 2009

Débits journaliers en m3/s

1	0.080	11	0.097	21	0.093
2	0.079	12	0.096	22	0.097
3	0.080	13	0.094	23	0.092
4	0.080	14	0.088	24	0.090
5	0.080	15	0.085	25	0.091
6	0.081	16	0.079	26	0.089
7	0.081	17	0.079	27	0.086
8	0.093	18	0.079	28	0.088
9	0.098	19	0.079	29	0.087
10	0.096	20	0.079	30	0.086
				31	0.085

Débits journaliers en m3/s



Statistiques

Ecoulement mensuel : débit moyen : 0.087 m3/s débit moyen spécifique : 0.85 l/s/km2 lame d'eau : 2.3 mm

② pas de D significative de Q à Boussac

Restitution aux Sources Bleues

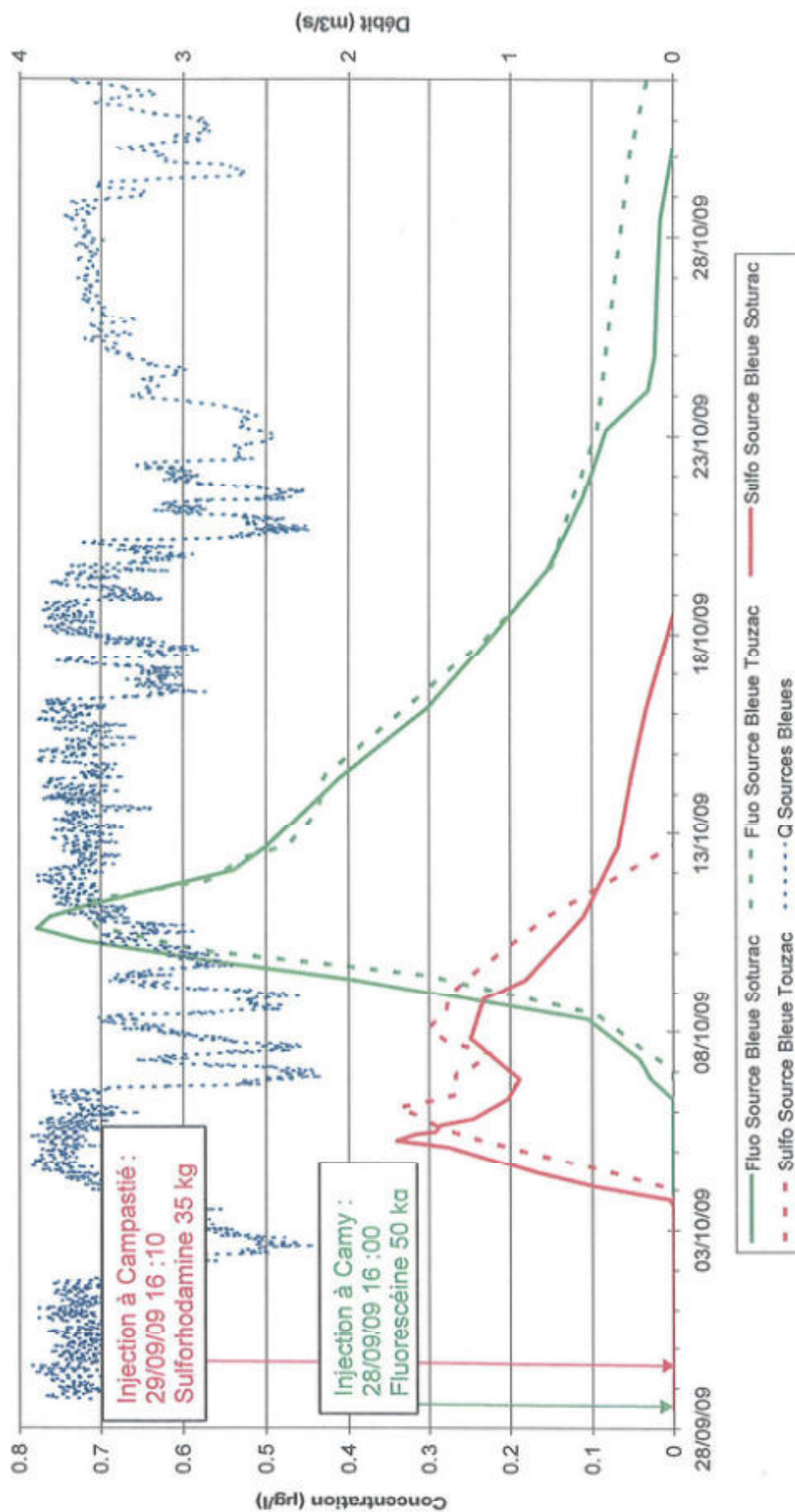


Figure 11 : Courbes de restitution de Fluorescéine et Sulfurhodamine aux Sources Bleues