

# Bilan d'une expérience de 20 ans d'exploitation des réserves karstiques en eau potable publique, pour la commune de Penne de Tarn (Tarn)

Par Claude BOU

À la suite de la crise climatique de 1976, la commune de Penne de Tarn, qui possède une grande partie de son territoire dans le karst traversé par le canyon de l'Aveyron, a pris la décision d'exploiter trois ruisseaux souterrains. Les spéléologues ont été sollicités pour fournir leurs connaissances, mais également pour participer activement à la conception et à l'aménagement des sites de captages d'eau potable. C'est l'occasion de faire un bilan au bout de 25 ans de fonctionnement de ce système qui est confronté au problème de la validation des mises aux normes européennes de la santé publique.

## Introduction

Le territoire de Penne (36 km<sup>2</sup> et 500 habitants) est situé à l'extrémité méridionale des causses du Quercy, dans le Sud-Ouest du Massif Central. Les plateaux calcaires du Lias, incisés par le canyon de l'Aveyron, s'appuient sur le dôme permien qui est couvert par la forêt domaniale de la Grésigne (fig. 1).

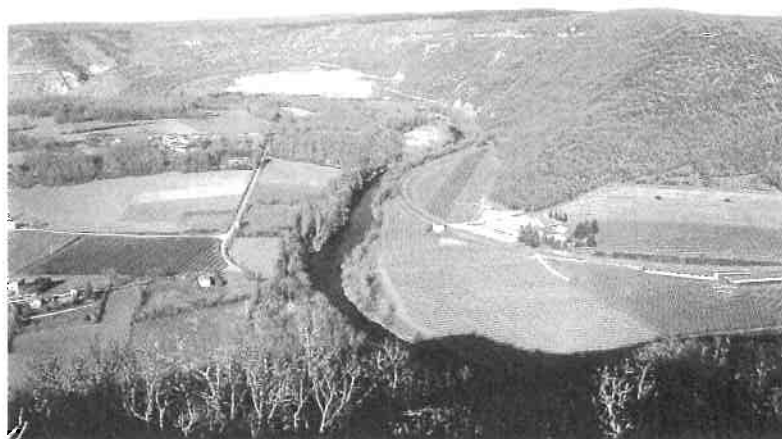
Jusqu'en 1982, le pittoresque village, perché sur une butte témoin découpée par un méandre de l'Aveyron, et les hameaux situés au pied de la crête de la Grésigne étaient alimentés en eau potable par huit sources situées à la base de couches calcaires, en tête des ravins marneux du Lias. En été, les réserves se révélaient insuffisantes. En période humide, la turbidité et la qualité bactériologique disqualifiaient la potabilité selon les normes du ministère de la Santé. Sur la rive droite de l'Aveyron, les hameaux du causse de la Garrigue n'étaient alimentés que par des citernes pluviales... et par

les camions des pompiers ou du laitier en période déficitaire (si on excepte quelques sources épikarstiques temporaires situées le long des surfaces supérieures de niveaux marneux).

Les explorations spéléologiques effectuées par les groupes de Montauban et d'Albi depuis les années 1930 avaient révélé d'importantes sources karstiques faisant émerger les eaux issues de l'infiltration rapide du plateau dans la vallée de l'Aveyron. Déjà en 1976, la crise liée à la sécheresse exceptionnelle avait eu pour effet de mettre en avant l'action de quelques spéléologues proposant une solution immédiate pour remédier à l'insuffisance de la partie du territoire communal particulièrement défavorisée. En 1984, une petite histoire d'eau digne d'un roman de Marcel Pagnol remettait en évidence les difficultés d'approvisionnement en eau potable de cette commune.



Photographie 1 : Le village de Penne et la barre bajocienne du causse d'Anglars avec la reculée d'Amiel.



Photographie 2 : Méandre des gorges de l'Aveyron dans le Bas-Quercy avec le plateau de la Garrigue en rive droite et le causse d'Anglars en rive gauche.  
Clichés Claude Bou.

# Les trois sites de captages

## Le ruisseau souterrain de Cabéou

### Ses caractéristiques

Cette source, située dans une reculée en tête de la vallée sèche de Cabéou, draine un karst perché du causse de la Garrigue. Son lavoir était désaffecté depuis la fin de la Première Guerre mondiale qui dépeupla le plateau. Les quatre exploitations voisines l'utilisaient pour réalimenter les réservoirs pluviaux avec des citernes remorquées. Avec la réhabilitation dans les hameaux de certains bâtiments en résidences secondaires, le projet d'une quarantaine de branchements portait l'attention sur cette ressource. Le site de Cabéou présentait l'avantage d'éviter 120 m de refoulement (contre 230 m depuis le niveau de l'Aveyron), mais le faible débit apparent (5 à 10 m<sup>3</sup> par jour en période d'étiage) faisait hésiter les Services départementaux de l'agriculture chargés de l'aménagement hydraulique.

### Préparation par plongée, étude et validation du projet (1976)

Dans une première phase, en 1976, les spéléologues furent chargés d'installer un limnigraphe au déversoir

du siphon. Un pluviomètre surveillé par un exploitant agricole du causse complétait l'équipement dont le bilan établi entre 1976 et 1982 validait le projet d'investissement d'un futur réseau pour l'alimentation en eau potable (AEP).

Des explorations par plongée avaient confirmé les données d'une tentative de pompage réalisée en novembre 1956 par Albert Cavallé du Groupe spéléologique de Montauban (premier président et cofondateur de la Fédération française de spéléologie (FFS) : Yves Besset en mai 1975, puis Daniel Andrès en 1977 (alors directeur de la commission plongée de la FFS) avaient franchi ce premier siphon et ajouté plus de 100 m de galerie non noyée jusqu'à un second siphon, donnant ainsi la certitude d'un volume d'eau non négligeable (fig. 2).

### Aménagements préliminaires (1977)

Dans une deuxième phase, la construction d'un barrage (juin 1977) a permis un stockage de 400 m<sup>3</sup> dans la galerie amont. Cet ouvrage fut réalisé par les spéléologues du Spéléo-club d'Albi, rapidement et à moindre frais (1000 francs, soit 152 euros), par

ancrage d'une digue en béton obturant totalement la galerie déversoir du siphon. Il créait une mise en charge de deux mètres avec un déversoir naturel par un diverticule latéral où fut réinstallé le limnigraphe. Cet aménagement permit, avec la création d'une nouvelle piste d'accès dans la vallée sèche, d'assurer l'approvisionnement par citerne mobile des exploitations à partir d'un point d'eau permanent.



Photographie 3 : Le barrage de Cabéou. Cliché Claude Bou.

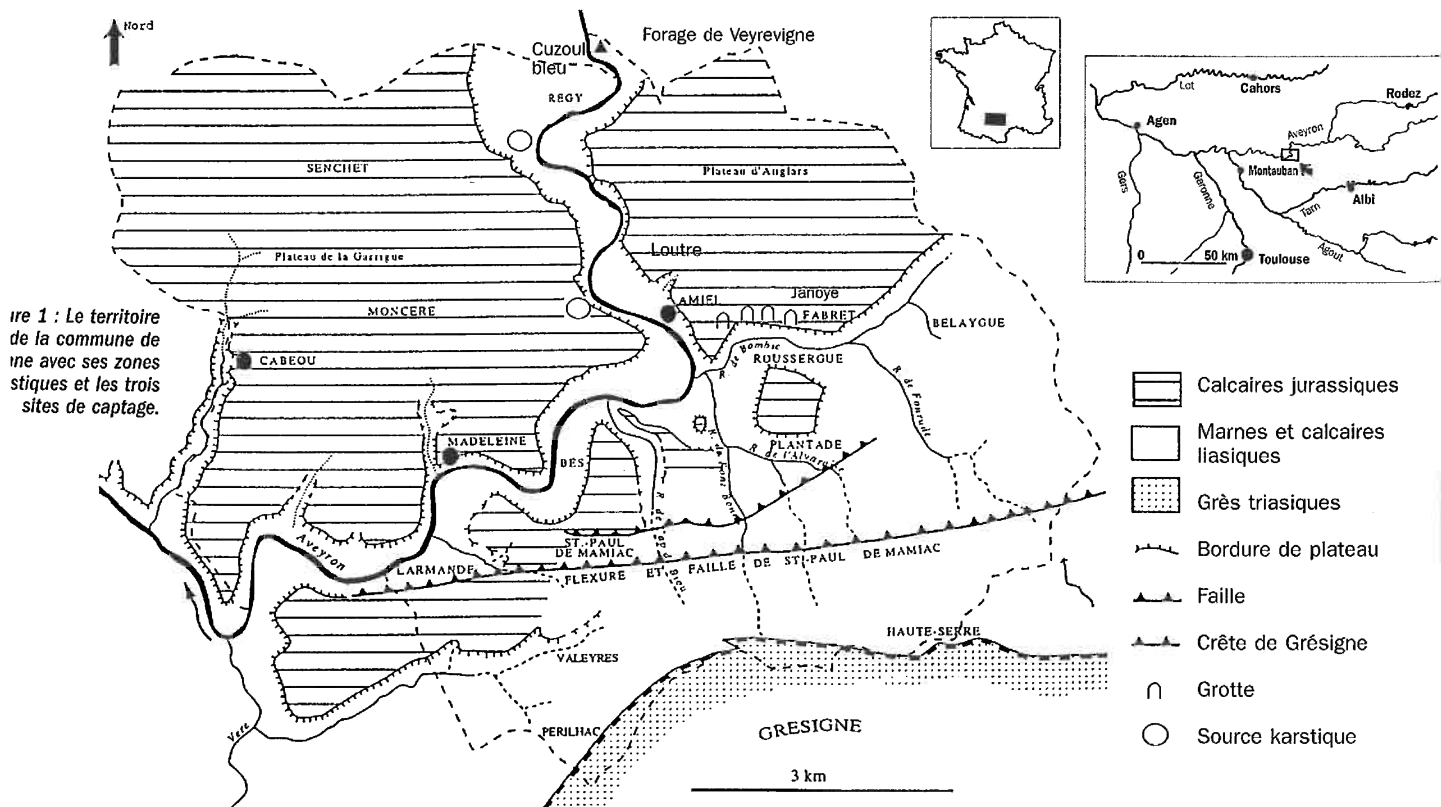
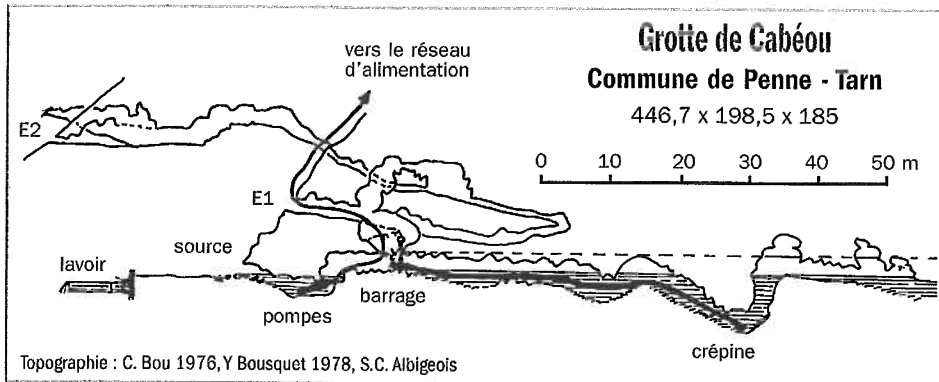


Figure 2 : Le ruisseau souterrain de la grotte de Cabéou avec la situation du barrage et de sa mise en charge.



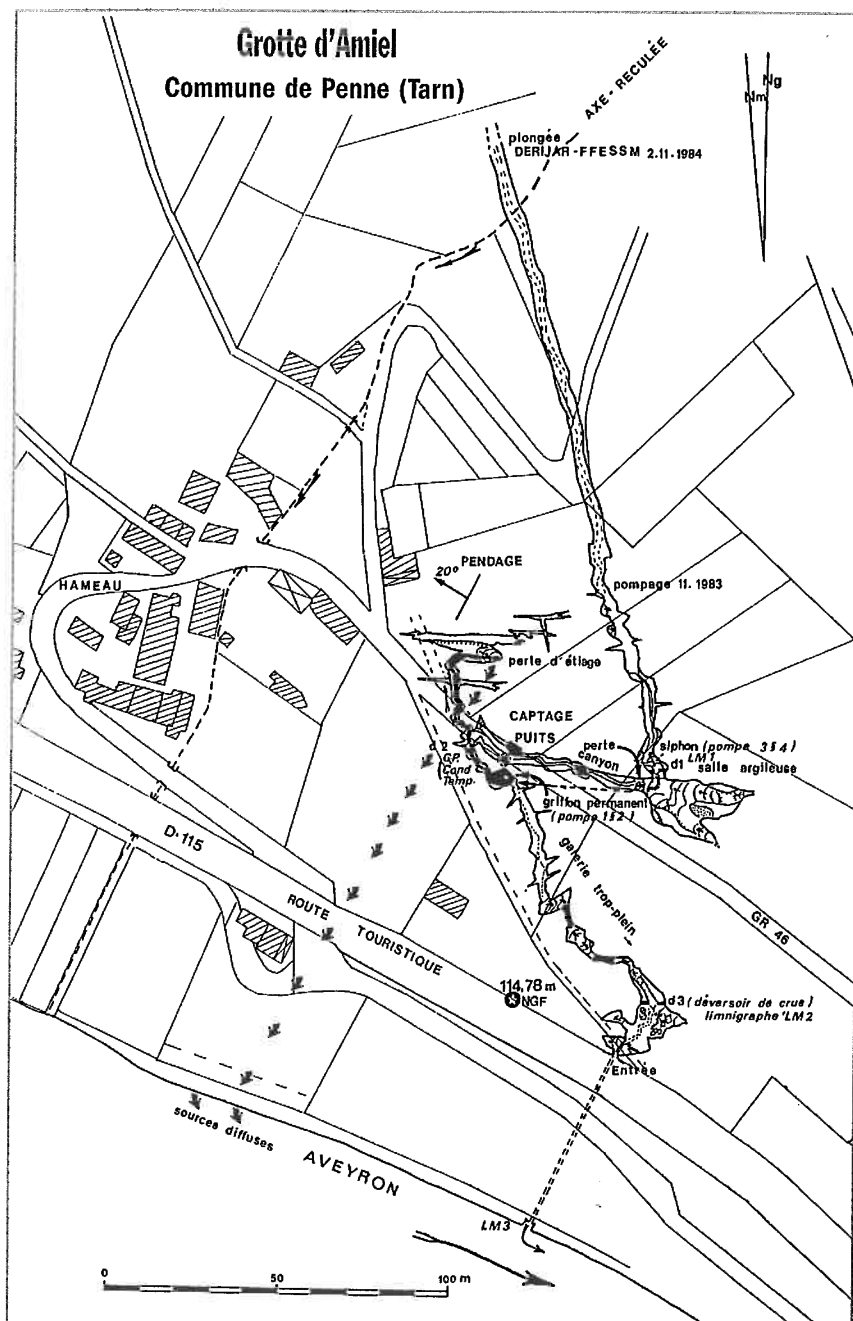
### Expériences de pompages (1978) et aménagement définitif (1982)

Une troisième phase consista en une expérience de pompage lors du sévère étiage de l'hiver 1978. Cette expérience fut entreprise par les spéléologues du Tarn, qui assurèrent l'exhaure de 900 m<sup>3</sup> dans le premier siphon. Deux pompes immergées de faible puissance (10 et 30 m<sup>3</sup>/h) alimentées par un groupe électrogène étaient déplacées pendant la progression, permettant l'évacuation de 3000 m<sup>3</sup> et une progression de 180 mètres (longueur cumulée du premier siphon et de la

galerie non noyée) jusqu'au siphon reconnu par Andrès.

L'équipement hydraulique fut réalisé en régie par la commune en 1982 après un coûteux travail d'infrastructure effectué sur le plateau : l'électrification du site isolé en bordure du

territoire départemental et la création d'un réseau de distribution d'eau de 12 km. Un groupe de deux pompes installées dans la vasque située en aval du barrage (2 m<sup>3</sup>/h à 12 bars) alimente un réservoir de 20 m<sup>3</sup> situé sur un point haut de plateau. Un bilan sur 20 ans démontre la validité de la solution, toujours exploitée et jamais mise en défaut. La moyenne des débits de l'émergence est de 11,7 litres par seconde, avec des variations de 5 m<sup>3</sup>/jour en étiage exceptionnel à 50 000 m<sup>3</sup>/jour. La consommation annuelle calculée sur les 10 premières années ne dépasse pas 3500 m<sup>3</sup>/an (soit 10 m<sup>3</sup>/jour). L'autonomie de la zone de la commune située sur la rive droite de l'Aveyron est ainsi assurée. Les réserves du barrage estimées à 400 m<sup>3</sup> sont augmentées par la pose d'une crépine dans le point bas du siphon portant le volume disponible à 1200 m<sup>3</sup> (soit 5 mois d'autonomie en débit minimum), jamais utilisées jusqu'à maintenant.



### Le ruisseau souterrain d'Amiel

#### Caractéristiques et historique des travaux

L'émergence de ce ruisseau (fig. 3) draine un vaste système karstique s'étendant sur une dizaine de kilomètres carrés dans la zone méridionale du causse d'Anglars, en rive gauche des gorges de l'Aveyron. Les griffons permanents diffusent leur eau dans le lit de la rivière, tandis que le trop-plein des hautes eaux est évacué par un porche sus-jacent, qui est partiellement obturé par l'établissement du ballast de l'ancienne voie ferrée transformée en route touristique depuis 1960.

Depuis 1965, la municipalité de Penne espérait trouver une solution

Figure 3 : Topographie de la grotte d'Amiel.

Photographie 4 :  
Forage de  
reconnaissance  
et emplacement  
du puits d'Amiel.  
Cliché  
Claude Bou.



Photographie 5 :  
Puits artificiel  
d'Amiel. Cliché  
Claude Bou.



Photographie 6 : Galerie en trou de  
serrure du canyon d'Amiel.  
Cliché Claude Bou.

Photographie 7 : Groupe de pompes du  
griffon permanent d'Amiel.  
Cliché Claude Bou.



pour exploiter cette source et remplacer ainsi le captage de Fontrude situé dans un ravin marneux vulnérable et insuffisant. L'enjeu était l'approvisionnement du village et des hameaux de la vallée.

Explorée depuis les années 1950 par A. Cavallé et C. Domont de Montauban, la galerie de trop-plein avait été remontée sur 200 mètres, révélant un griffon permanent alimenté par le siphon terminal. La galerie encombrée d'argile fluide avec des points bas en voûte semi-mouillante se révélait peu accessible pour un aménagement hydraulique en eau potable. Les explorations reprises en 1977 permirent d'effectuer de nouvelles découvertes (galerie aval du griffon par le maire et le fontainier) et une bonne topographie. Elles ont confirmé les difficultés d'aménagement d'un captage permanent, liées à :

- l'impossibilité d'acheminer du matériel lourd sur plus de 100 mètres de distance par une galerie argileuse étroite ;
- l'existence de mises en charge de plus de 8 mètres pendant les grandes crues ;
- l'accessibilité nulle plus de deux mois par an, y compris par plongée, rendant tout dépannage impossible après une période de crues.

En 1981, une solution fut proposée par les spéléologues : elle s'inspirait des méthodes proposées pour renforcer l'alimentation de Marseille en prélevant l'eau de l'émergence de Port-Miou (Bouches-du-Rhône) en amont de la zone de mélange entre l'eau douce et l'eau de mer (tentative inachevée) mais surtout du réaménagement de la source d'eau douce karstique du Lez (Hérault), qui alimente Montpellier. Cette méthode consistait à forer un puits pour exploiter la partie noyée de la galerie, explorée par plongée depuis la source.

Le cahier des charges du maître d'œuvre (Direction départementale de l'agriculture, DDA) exigeait une exhaure sécurisée, accessible en permanence par le personnel d'entretien : la solution du puits fut donc adoptée. La réalisation fut déléguée aux spéléologues qui assurèrent pendant quatre ans les différents travaux de mise en service du captage, à l'exclusion de la conception électromécanique dont ils effectuèrent la pose en 1985.



Photographie 8 : Déversoir LM2 d'Amiel pendant une crue. Cliché Claude Bou.

### La phase de topographie et forage d'exploration

En novembre 1980, une topographie précise fut relevée dans l'axe des voûtes, grâce aux techniques bien rodées de la spéléologie. Sa projection sur le plan cadastral disponible ne permettait pas une précision suffisante pour sa localisation en surface. Aussi, le principe d'un forage de reconnaissance destiné au calage du cheminement topographique fut-il adopté. L'opération fut réalisée en juillet 1981 sur l'emplacement repéré par les topographes spéléologues, grâce au travail bénévole de M. Audard, carrier et maire de la commune voisine de Larroque. Le forage au marteau fond de trou, en diamètre 125 mm, permit d'atteindre, 25 m sous le chemin communal voisin,



Photographie 9 : Aménagement du déversoir LM1 du siphon d'Amiel (limnigraphe et filet à plancton). Cliché Claude Bou.

la voûte du canyon souterrain donnant accès à la salle du siphon.

Les services hydrauliques de la DDA préconisèrent à ce stade une galerie d'accès à la salle du siphon, mais la décision de l'élargissement du forage fut vite adoptée en raison de ses multiples avantages :

- pas de procédure d'expropriation, parce que le puits est situé dans l'assise du chemin communal ;
- pas de terrassement pour préparer les accès ;
- une épaisseur réduite de roche à percer reconnue avec précision par le forage ;
- un aménagement facile et discret en tête de puits.

### Le creusement du puits d'accès

Les travaux débutèrent en octobre 1981, après consultation d'entreprises qui toutes se désistèrent. Un réalésage nécessitait en effet le déplacement d'une machine dont le coût et les difficultés d'acheminement excédaient largement le prix du travail de perçement. Les spéléologues (Bou, 1992) prirent alors en charge la réalisation d'un puits de 1,2 m de diamètre, avec les encouragements du Service départemental des mines, les conseils des pyrotechniciens de France-Explosifs et surtout un plan de tir préconisé par C. Saint-Arroman, spéléologue et artificier professionnel, ingénieur à la COGEMA.

Une vingtaine d'interventions utilisant un total de 170 kg d'explosif ont permis de broyer le calcaire massif. Le plan de tir comprenait 18 trous concentriques en bouchon pyramidal, permettant une avance de 1,2 m par séance.

Les déblais ont été évacués dans le ruisseau souterrain, par le forage initial. Cette technique originale a permis d'éviter leur évacuation plus difficile vers la surface. Le ruisseau souterrain devint accessible le 24 avril 1982. Une échelle métallique fixe de 27 m fut posée depuis le local technique édifié par le service technique municipal au-dessus du puits.

### L'aménagement des déversoirs et pompage

Avec le dénoyage progressif des galeries abritant un plan d'eau à surface libre, divers travaux furent menés afin de faciliter la progression dans les zones argileuses molles : pose de passerelles et de mains courantes, mise en place de trottoirs, calibrage des voûtes mouillantes pour diminuer les mises en charge.

Des déversoirs à ouverture calibrée triangulaire furent installés sur des seuils en béton : au déversement du siphon (LM1), en aval du griffon permanent (LMO) et en déversoir de crue (LM2). Ces aménagements devaient permettre de mesurer les débits dans différentes conditions de mises en charge, mais surtout de constituer des seuils pour la régulation de la station de pompage.

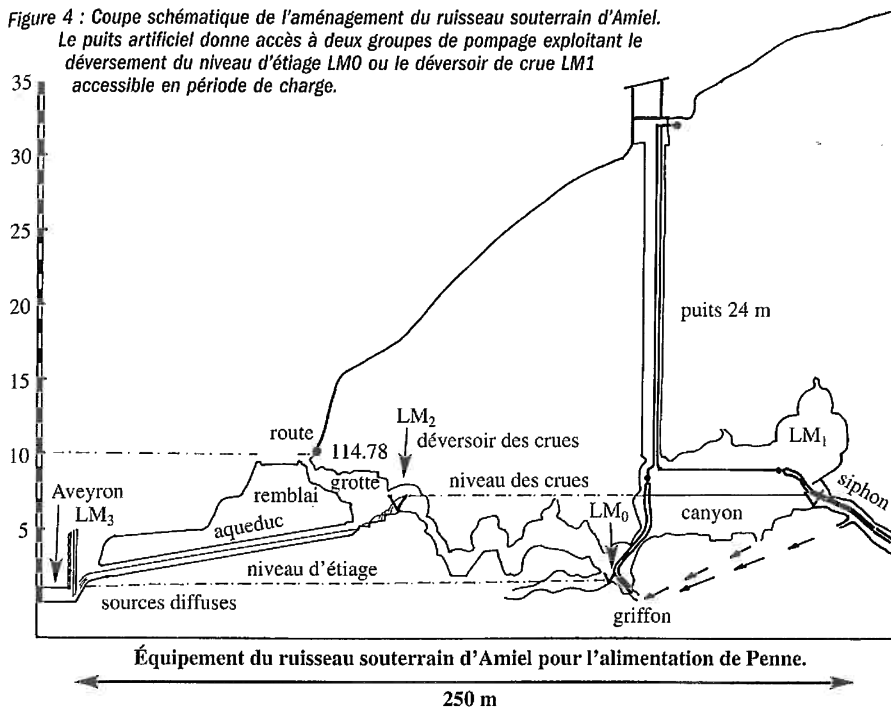
Une opération de dénoyage par pompage fut menée en novembre 1983 au niveau du siphon terminal. L'exhaure de 1500 m<sup>3</sup> permit l'exploration directe de 80 mètres d'une galerie basse et large, toujours argileuse (banquettes latérales en argile et plus de 3 mètres d'argile au plancher). Une exploration par plongée effectuée par M. Derijar (FFESSM de Marseille, novembre 1984) prolongea de 120 mètres la distance atteinte grâce au pompage, jusqu'à une profondeur de 7 mètres sous le niveau de l'Aveyron.

### La phase des essais et étude hydrodynamique

Le débit minimum observé en étiage sur le déversoir LMO garantissait 800 m<sup>3</sup> par jour (soit 10 l/s) pour un besoin estimé entre 100 et 200 m<sup>3</sup>. L'équipement d'exploitation a été mis en place en octobre 1985 pour alimenter un refoulement jusqu'au réservoir du village, dont la capacité est de 120 m<sup>3</sup>. Deux groupes de pompage sont constitués par deux pompes de 5 m<sup>3</sup>/h chacune situées dans le griffon permanent, le second groupe suspendu



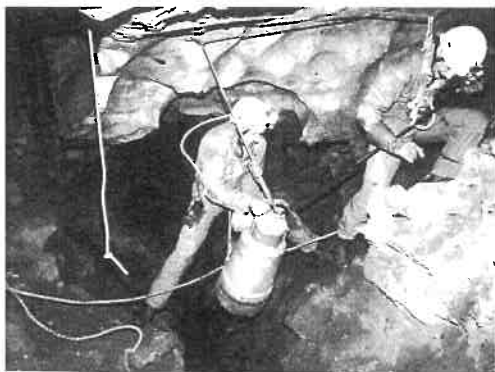
Figure 4 : Coupe schématique de l'aménagement du ruisseau souterrain d'Amiel. Le puits artificiel donne accès à deux groupes de pompage exploitant le déversement du niveau d'étiage LMO ou le déversoir de crue LM1 accessible en période de charge.



en tyrolienne dans le siphon supérieur (ce dernier pour une exploitation de sécurité en cas de défaillance du premier groupe inaccessible par hautes eaux).

Pendant six années, une centrale d'acquisition de données installée à dessein a enregistré toutes les deux heures les lectures des différents

capteurs : pluviométrie, niveaux de l'Aveyron et des trois déversoirs, débit d'infiltration, température et conductivité de l'eau. Ces paramètres ont permis d'étudier les caractéristiques hydrodynamiques et chimiques du système karstique, afin d'évaluer la vulnérabilité du captage (fig. 4). Ces équipements ont été réalisés avec le concours d'une équipe pédagogique de la section « BTS informatique industrielle » du lycée Rascol d'Albi. Parallèlement, un filtrage continu équipé de filets à plancton (avec une maille de 50 µm) sur les trois déversoirs a permis de mettre en évidence une faune aquatique stygobie d'une richesse exceptionnelle.



Photographie 10 : Mise en place de la pompe d'exhaure au regard du Cellier de la Madeleine. Cliché André Sergent.

## Le site des grottes de la Madeleine des Albis

### Caractéristiques

Avec les exurgences de la Loutré et du Cuzoul Bleu, le système karstique de la Madeleine est l'un des trois drains du causse de la Garrigue, sur la rive droite de l'Aveyron, dans le territoire tarnais. Il est surtout connu par la découverte en 1952 des célèbres bas-reliefs à figurations féminines sculptées, uniques dans l'art magdalénien.

Ce système karstique est parallèle à la vallée sèche de Moncéré située légèrement en aval. La grotte de la Madeleine étage cinq niveaux d'orifices interconnectés (fig. 5) :

- le porche de la grotte principale ;
- le porche du site des bas-reliefs préhistoriques ;
- l'orifice du Cellier ;
- l'orifice de la Dragonnière qui constitue le déversoir de crue ;
- les griffons permanents, qui sont situés 100 m en amont du chenal des Bambous, sous la jetée du moulin de Très Sols. Ils jaillissent au niveau de la rivière, comme on le voit lorsque celle-ci est en étiage.

### L'exploration par plongée

Ce sont les techniques de plongée qui permirent d'estimer l'importance du site. Après une première tentative réalisée en octobre 1980 par P. Barthas (spéléologue plongeur FFS originaire de la région), un premier siphon de 110 mètres de long fut exploré. Il permet d'atteindre une salle exondée où le ruisseau se déverse en cascade. En juillet 1984, un groupe de plongeurs marseillais animé par Claude Touloumdjian (FFESSM) et Barthas s'engageait dans le second siphon et

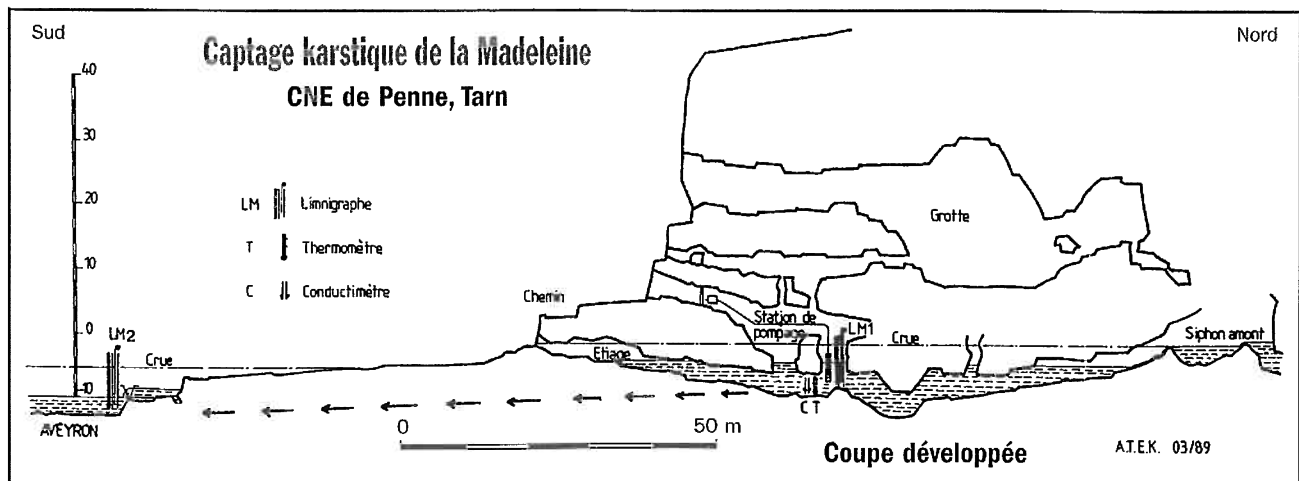


Figure 5 : Coupe du ruisseau souterrain de la Madeleine dans la zone aménagée du premier siphon.

y atteignait une galerie descendante d'une section impressionnante pour la région (6 m de diamètre), avec 120 m de développement et 27 m de dénivellation. Le débit était estimé à 10 l/s à l'étiage.

Les explorations furent reprises entre 1994 et 1997 par P. Bernabé et B. Poinard avec des techniques de plongée utilisant des mélanges gazeux et des scooters sous-marins : le drain du réseau noyé dépasse actuellement 500 m explorés et descend à plus de 60 m sous le niveau de l'Aveyron.

### La tentative de pompage

Le prêt par la Compagnie générale des eaux (CGE) d'une pompe immergée (Flygt Bibo) d'un débit de 150 m<sup>3</sup>/h permit l'exhaure de 2500 m<sup>3</sup> d'eau à partir du premier siphon, lors d'un essai effectué le 8 novembre 1987. Puis le rabattement de 2,5 m sous le niveau de l'Aveyron provoqua une réalimentation du siphon depuis la rivière, avec la transformation d'un griffon de berge en perte. Une pollution simulée (fig. 6) par coloration de cette perte mettait en évidence le temps de transit des eaux épiquées (3 heures). L'expérience reprit après l'obturation provisoire de la perte. Une exhaure de 3500 m<sup>3</sup> provoquait un rabattement de 4 m dénoyant le passage de la Dragonnière à la base des regards du Cellier.



Photographie 11 : Centrale d'acquisition de données informatiques de la Madeleine. Cliché André Sergent.

### L'aménagement du site

Le hameau de la Madeleine était déjà alimenté par une pompe immergée située dans le siphon de la Dragonnière. Les travaux engagés en février 1989 devaient compléter l'équipement de la rive droite de l'Aveyron pour fournir en eau potable les deux exploitations et les résidences secondaires situées dans la vallée. Le groupe constitué par deux pompes de 10 m<sup>3</sup> par heure refoulant l'eau jusqu'à un réservoir de 50 m<sup>3</sup> situé dans le ravin de Moncéré assure l'exploitation AEP.

Un système de surveillance informatisé est situé sur le plan d'eau du pompage. Il enregistre en période de basses eaux la température, la conductimétrie des eaux karstiques et les variations du niveau de l'Aveyron, qui sont avant tout liées aux marnages des microcentrales électriques en amont



Photographie 12 : Préparation de la plongée de D. Andrés dans le siphon de Cabéou en 1977. Cliché André Sergent.



Photographie 13 : Limnigraphe du ruisseau souterrain de Cabéou équipé en 1976. Cliché Claude Bou.

(Saint-Antonin-Noble-Val) et en aval (Bruniquel). L'expérience de pompage de novembre 1987 a démontré que les débits prélevés ne risquent pas d'attirer les eaux du cours épiqué.

## Bilan et perspectives

Les dix premières années d'aménagement et d'exploitation des sites karstiques ont démontré la validité de la stratégie adoptée par la municipalité de Penne. Les trois sites aménagés illustrent les principales observations présentées par les hydrogéologues (Astruc *et al.*, 1988) concernant les caractéristiques des aquifères karstiques. Aucun d'entre eux n'est en relation directe avec une perte de ruisseau épiqué, ce qui simplifie d'autant le problème de la définition du périmètre de protection éloignée.

### Le site de Cabéou

C'est un drain de karst perché, soutenu par un niveau marneux de l'étage bathonien (Jurassique moyen). Situé 40 mètres sous la surface du plateau, il est fortement influencé par la zone d'infiltration non saturée. Son débit et ses réserves sont certaine-

ment limités, mais suffisants aux besoins, grâce à l'aménagement du barrage et de la crépine dans le point bas du siphon, qui assurent une réserve artificielle sécurisante.

En revanche, une pollution accidentelle liée à des engrais azotés avait été mise en évidence en février 1976 (Bou, 1999). Cet événement malheureux était suivi involontairement. La mise en culture d'une parcelle de quatre hectares avait démontré la rapidité du lessivage des nitrates, 48 h après leur épandage, avec une précipitation de 35 mm sur un terrain préparé. Le taux de NO<sub>3</sub> à la source est passé de 6 à 77 mg/l pendant la crue qui a suivi. Les conclusions ont été rapidement tirées par l'agriculteur qui, après la perte de sa culture d'orge, a rétabli ce secteur du plateau en prairie.

La vulnérabilité de la zone d'infiltration (non saturée) ainsi démontrée,

le problème du périmètre de protection paraissait évident pour les hameaux du causse de la Garrigue. En dehors des cultures fourragères des parcelles possédant un sol argileux dans les grandes dépressions et vallées sèches, les sols à rendzines des lapiés du plateau sont soit utilisés en pacages extensifs (Opération Natura 2000 dans le cadre d'un projet écologique européen), soit laissés en territoires de chasse.

### Le site d'Amiel

Il est situé sur un système annexe du karst d'Anglars. Le drain principal (source des Peupliers) de ce secteur karstique est encore inexploré : son émergence temporaire est située 800 m en amont, dans un méandre de l'Aveyron, face à l'exsurgence de la Loutre située sur l'autre rive. Une grande partie du drainage s'effectue en

sous-écoulement de la rivière. L'épaisseur du plateau dépasse 200 m de calcaires et dolomies du Jurassique moyen, avec une surface de plus de 10 km<sup>2</sup>. Le karst noyé (le drain d'Amiel) a été plongé jusqu'à 30 mètres sous le niveau de l'Aveyron. Les marnes du Lias constituent son plancher imperméable.

Le ruisseau souterrain alimenté par le griffon soutirant le siphon principal est situé dans une réserve (la plus en amont du système). En dehors des problèmes de turbidité liés à la mise en charge pendant les premières heures des crues, ce système, essentiellement capacitif, est relativement protégé des perturbations immédiates. La surveillance de la conductivité électrique pendant les premières crues du cycle montre une augmentation de la minéralisation traduisant l'évacuation des réserves profondes qui précède la dilution par les eaux récemment infiltrées. Ses caractéristiques chimiques sont différentes de celles mesurées à la source des Peupliers au même instant.

L'aquifère du plateau dominant Amiel est constitué par trois séries calcaires du Jurassique moyen :

- la formation de Rocamadour avec ses corniches blanches et les dolines du causse correspondant à la zone d'infiltration ;
- la formation de Cajarc (calcaires en plaquettes) séparée de la précédente par une discontinuité marneuse (D 17) avec un horizon de sources ;
- et la formation d'Autoire (dolomitique) contenant le karst noyé d'Amiel et ses réserves.

Ainsi, la protection de la ressource est assurée par l'hétérogénéité de la structure de l'aquifère qui retarde le dispositif d'infiltration, mais également par la faible densité de l'occupation

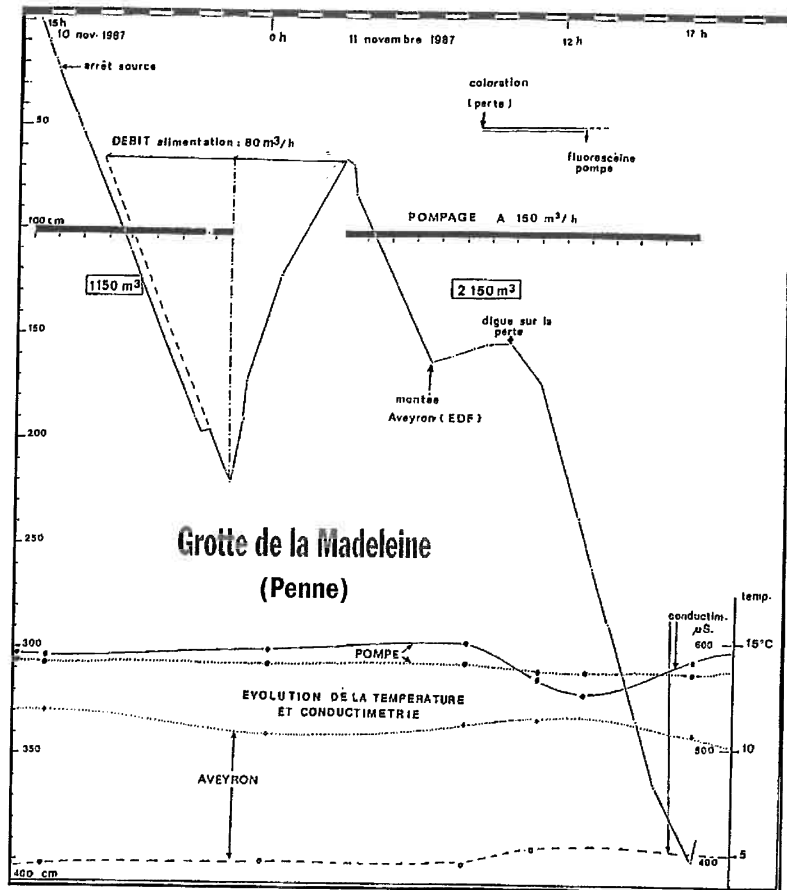


Figure 6 : Diagramme du pompage d'essai du siphon de la Madeleine.

du plateau, où les rares hameaux sont voisins des corniches. Par ailleurs, l'activité agricole s'y limite à un élevage extensif (pelouses sous taillis de chêne pubescent) et à des territoires de chasse relativement embroussaillés.

### Le captage de la Madeleine

Il est implanté directement sur le drain principal du système karstique : l'exploration par les plongeurs en confirme l'évidence, avec un important débit estimé lors du pompage de novembre 1987, dans une situation d'étiage exceptionnel. Le plateau et son aquifère y présentent les mêmes caractéristiques

que ceux de la rive gauche de l'Aveyron. Le seul risque pourrait être lié à un mélange avec les eaux de cette rivière au niveau du griffon : un dispositif de vanne anti-retour a été préconisé, au cas où le débit de prélèvement devrait être nettement augmenté.

La ressource de la Madeleine pourrait être rapidement interconnectée avec le dispositif de distribution de Cabéou en cas de défaillance de ce dernier (500 m de canalisation entre le réservoir et le réseau du causse de la Garrigue d'accès facile par la vallée sèche).

## Pour conclure

L'avenir de la ressource en eau potable karstique de Penne ne semble aucunement remis en cause par la mise aux normes des périmètres de protection. L'aspect quantitatif n'est actuellement lié qu'aux équipements, par ailleurs tout à fait adaptés aux besoins réels de la commune. Les améliorations proposées visent à augmenter la sécurité de la distribution avec le montage de dispositifs de chloration. De même, une régulation

des prélèvements avec un contrôle de la turbidité pourrait éviter les pompages pendant la montée des débits de crue. L'ensemble des travaux ont été réalisés avec de faibles coûts financiers, mais avec un important investissement technologique et scientifique bénévole impliquant les spéléologues. Il assure avec efficacité l'alimentation de la collectivité sans porter atteinte aux réserves profondes.

### Bibliographie

- ASTRUC, J.G., BISCALDI, R. et BAKALOWICZ, M. (1988) : Le karst : des réserves en eau qu'il faut savoir utiliser. Application à la région Midi-Pyrénées. Toulouse, Agence de l'eau Adour - Garonne, 40, pp 53-57.
- BOU, C. (1992) : L'utilisation des explosifs dans la réalisation d'un captage du ruisseau souterrain d'Amiel à Penne de Tarn. In *Désobstruction à l'explosif*, Ed. Spéléo-club de Limogne, pp 29-32.
- BOU, C. (1999) : L'utilisation des réserves hydrauliques karstiques : l'exemple de la commune de Penne de Tarn. *Karstologia*, n°33, pp 13-24.
- BOU, C., ESTADIEU, G., SERGENT, A. et TARRISSE, A. (1997) : Réalisation pratique de systèmes d'acquisition de données hydrodynamiques et hydrochimiques en milieu souterrain. Bordeaux, *Travaux du Laboratoire de Géographie physique appliquée*, 15, pp 59-71.
- CAVILLE, A. et MARTY, L. (1963) : Pompages et explorations en Quercy. *Spelunca Bull.*, 3<sup>e</sup> série, n°1, pp 7-19.