

Le massif d'Aran (Pyrénées-Atlantiques, France) : expérience de traçage et apport à son fonctionnement hydrogéologique

The mountain of Aran (Pyrénées-Atlantiques, France): water tracing and hydrogeologic process

Nathalie VANARA(1 et 2), **Jean-Pierre BESSON**(2 et 3), **Gérard CAZENAVE**(2 et 4), **Stéphane VOGRIG**(2 et 5) et **Marie-Christine DELMASURE**(2 et 3)

Avec la collaboration de P.-A. ACQUIER, E. DELAITRE, P. FILLON, C. FRADET, C. et J. LABAT (traçage) ; A. MANGIN, J. DAFFIS (CNRS, Moulis, hydrogéologie) et F. ICHAS (base de données spéléologiques)

(1) ANR Climanthrope, Laboratoire CNRS ADES-DyMSET (UMR 5185), Bordeaux-Pessac ; Université de Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, Institut de Géographie, 191 rue St-Jacques, 75005 Paris, France ; Nathalie.Vanara@univ-paris.fr

(2) Société de Spéléologie et de Préhistoire des Pyrénées Occidentales (S.S.P.P.O.), 5 allée du Grand Tour, 64000 Pau, France

(3) delmasurek@netcourrier.com

(4) gcasenav@club-internet.fr

(5) vogrig.stephane@neuf.fr

Résumé - Le massif d'Aran (1 973 m) est situé à l'est des Pyrénées occidentales. Cette moyenne montagne de la zone nord-pyrénéenne possède une superficie d'environ 75 km². Les prospections spéléologiques se sont révélées, jusqu'à présent plutôt décevantes. Si 221 phénomènes karstiques sont recensés, rares sont ceux qui présentent d'importants développements. Le gouffre du Col d'Aran n° 1 - avec sa profondeur de -435 m - fait partie des exceptions. Le mince filet d'eau qui le parcourt a permis l'injection de 4 kg d'uranine qui sont ressortis à Labedan, émergence connue pour l'abondance et la qualité de ses eaux. Avec ce traçage, on souligne le rôle majeur de la vallée d'Aspe comme niveau de base local pour l'organisation de la plus grande partie des écoulements du massif d'Aran.

Mots-clés : spéléologie, hydrogéologie, traçage, massif d'Aran, Pyrénées-Atlantiques, France.

Abstract- *The mountain of Aran (1973 m, 75 km²) is located east of western Pyrenees and is part of North-Pyrenean zone. The speleological researches has been disappointing until now. 221 karst phenomena are identified, but only one is important: the Aran Cave n° 1 (-435 m). A water tracing shows that the waters belong to the Labedan spring recognized for the abundance and the quality of its waters. This tracing emphasizes the important role played by the Aspe Valley as a regional base level for the karstic systems of Aran mountain.*

Key-words: speleology, hydrology, water tracing, Aran mountain, Western Pyrenees, France.

Introduction : bilan des connaissances et localisation du massif

Lors du colloque « Karst de montagne, géomorphologie, patrimoine et ressources » dans le Valais Suisse (Sion - karst de Tsanfleuron, Journées 2006 de l'Association Française de Karstologie) une intéressante communication sur trois karsts des Pyrénées occidentales fut présentée [Bigot, 2008]. Les discussions qui suivirent l'exposé mirent en évidence que les travaux récents des spéléologues sur le massif d'Aran étaient mal connus, conséquence d'un manque de publications dans des revues ou ouvrages. Cet article a pour but de combler cette lacune.

Les Pyrénées occidentales sont riches en massifs calcaires [Vanara et Besson, à paraître] : on en dénombre quatorze depuis les environs d'Hasparren

jusqu'au Balaïtous (3 144 m), sommet qui marque la transition entre les moyennes montagnes des Pyrénées occidentales et les hautes montagnes des Pyrénées centrales. Dominé par le massif d'Arrioutort de la zone axiale (Mardas, 2 159 m) et dominant le massif d'Escurets de la zone nord-pyrénéenne (Escurets, 1 440 m), le massif d'Aran (Montagnon, 1 973 m) est situé à l'est des Pyrénées occidentales. Il appartient lui aussi au domaine de la zone nord-pyrénéenne, véritable front montagneux qui se dresse telle une muraille rigide à grands panneaux longs de 10 à 12 km tranchés par de rares vallées (figure 1).

I- Limites et description du massif d'Aran

La dénomination « massif du col d'Aran » accompagnée d'un descriptif précis de ses limites est proposée dès 1962 [Béarn, Bergez *et al.*, 1994] :

1. A l'ouest, la limite est topographique. Le cours encaissé du gave d'Aspe, orienté sud-nord, constitue le niveau de base pour la plus grande partie des écoulements du massif.
2. A l'est, la zone est limitée par le torrent Arriou Mage, affluent du gave d'Ossau, auquel il est préféré parce qu'il permet d'exclure le massif des Cinq Monts (Dévonien et Carbonifère) appartenant à la zone primaire axiale [Casteras coord., 1971].
3. Au nord, le choix a été de s'appuyer sur les ruisseaux du Barescou (nord-ouest) et de l'Arriou-Tort (nord-est). On laisse ainsi volontairement de côté le massif dit d'Arudy culminant au pic d'Escurets (1 440 m). Géologiquement, cette limite s'inscrit - pour la partie nord-ouest - dans l'axe du synclinal de Barescou. Elle est renforcée par l'existence du pli-faille de

Bielle-Lurbe [Canérot, 1964]. Cet accident majeur est marqué par des affleurements discontinus de marnes du Keuper associées à des ophites et localement de schistes hercyniens. Il assure donc une séparation nette entre les aquifères des massifs d'Arudy et du col d'Aran.

4. Au sud, la limite assez évidente suit les tracés de la rivière de Gabarret - ruisseau d'Arces (affluent du gave d'Aspe) et l'amont de l'Arriu Mage (affluent de l'Ossau). Elle passe légèrement au nord ou au contact de la faille du col de Bergout. Cet accident marque la limite septentrionale du couloir de décrochement de Bielle-Accous [Ternet, Majesté-Menjoulas *et al.*, 2004], diverticule frontal de la zone axiale pyrénéenne.

Ainsi définie la surface du massif d'Aran atteint les 75 km². Les crêtes, armées par les calcaires callovo-oxfordiens et aptiens, appartiennent à la zone nord-pyrénéenne. Trois lignes de relief ouest-est se détachent nettement (figure 2) :

- Pène d'Escot à Saubajot (photo 1) en passant par les pics d'Andurte (1631 m) et de l'Ourlène (1813 m) ;
- pic Hèche Lestrez - Mailh Massibé/ pic Montagnou (1 973 m) ;
- plateau d'Ourdinse/pic de Teulère - sommet de Houndarette (1 695 m).

II- Bilan des explorations spéléologiques

Plusieurs niveaux de roches karstifiables sont repérables en surface : les dolomies noires du Callovo-Oxfordien, les calcaires noirs du Kimméridgien et les calcaires subécrotaux de l'Aptien supérieur

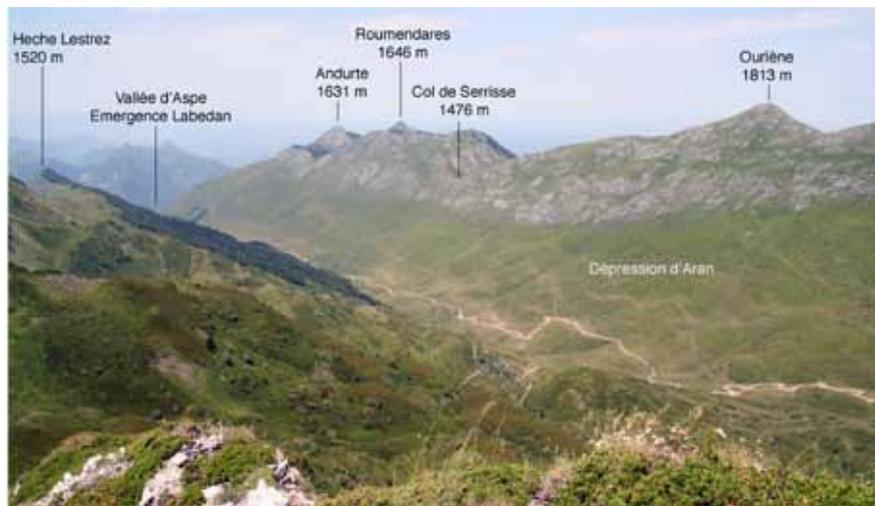


Photo 1 - La crête Pène d'Escot - Saubajot (calcaires urgo-aptiens) domine la dépression d'Aran (calcaires marneux albiens). Elle culmine à 1 813 m au pic de l'Ourlène.

The urgo-aptian limestones of Pène d'Escot - Saubajot crest (1813 m at Ourlène Pick) dominates the albian marly limestones of Aran basin (Albian marly limestones).

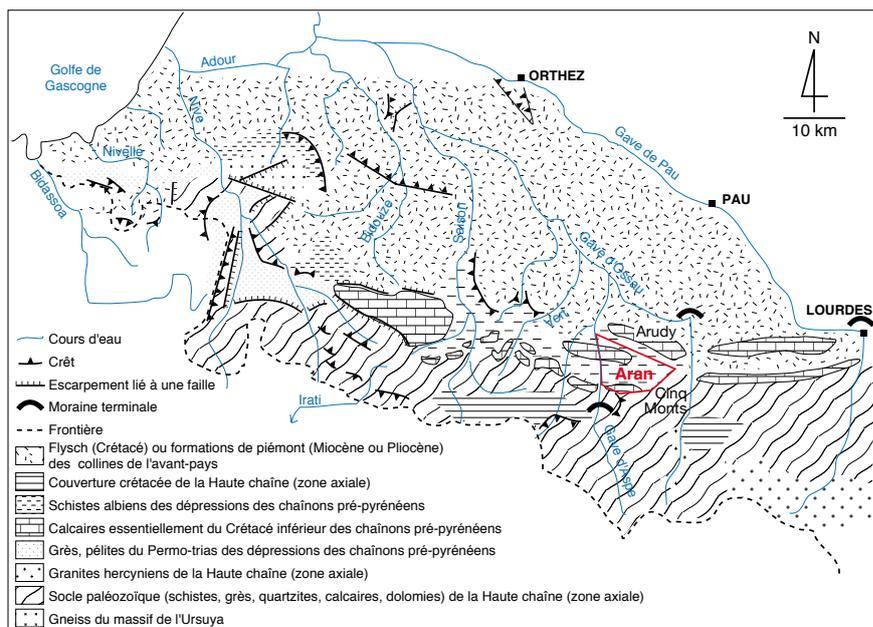


Figure 1 - Localisation du massif d'Aran dans les Pyrénées occidentales [Battiau, 1993 ; figure modifiée].

Location of Aran mountain in western Pyrenees [Battiau, 1993; modified].

(figure 2). Cependant, les découvertes spéléologiques restent, pour l'instant, décevantes. La base de données du Comité Départemental de Spéléologie des Pyrénées-Atlantiques [Delaitre, 1996] recense 221 phénomènes karstiques parmi lesquels on relève la part prédominante des gouffres-fissures colmatés rapidement par des éboulis (figure 3). Seules cinq cavités dépassent les 100 mètres de profondeur et douze les 100 mètres de développement (tableau 1). Le gouffre du col d'Aran n° 1 avec sa profondeur de -435 m reste pour l'instant et de loin la cavité, spéléologiquement parlant, la plus intéressante du massif (figure 4).

Le gouffre s'ouvre au col d'Aran à 1 654 m d'altitude, sur la limite topographique entre les vallées d'Aspe et d'Ossau. Bien que son entrée soit située juste au contact des marnes schisteuses de l'Albien, il se développe dans les calcaires à faciès urgonien de l'Aptien (figure 2). Situé à deux mètres du sentier menant au col (longtemps voie de passage privilégiée), il est facilement repérable. L'exploration du gouffre ne fut pas aisée, ce qui explique la relative lenteur de l'exploration car si les premières visites sont un peu antérieures aux années 50, la cote -435 n'est atteinte qu'en 1997 (tableau 2). Le gouffre se développe sur des diaclases NW-SE et moins fréquemment NE-SW. Il débute par des puits-diaclases entrecoupés par des étroitures. A -60 m, une galerie pentue encombrée d'éboulis donne accès à un large puits (P 21) débouchant dans une salle. Deux ouvertures se présentent au fond (-90 m). L'ouverture la plus large livre un grand puits (-220 m), une verticale de 21 m (-240), une galerie de 25 m (étroiture) et un dernier ressaut de 10 m au fond bouché (-240 m, terminus année 1962). L'ouverture la plus étroite révèle une succession de puits (P 60, 18, 52, 31) avec un rétrécissement, à -280 m, qu'il a fallu élargir. Puis on franchit une nouvelle série de puits (P 95, 13, 35) débouchant sur une galerie à méandres entrecoupée de trois ressauts. Les parois se pincent à la cote -435 m (figure 4), point bas du gouffre (terminus année 1997).

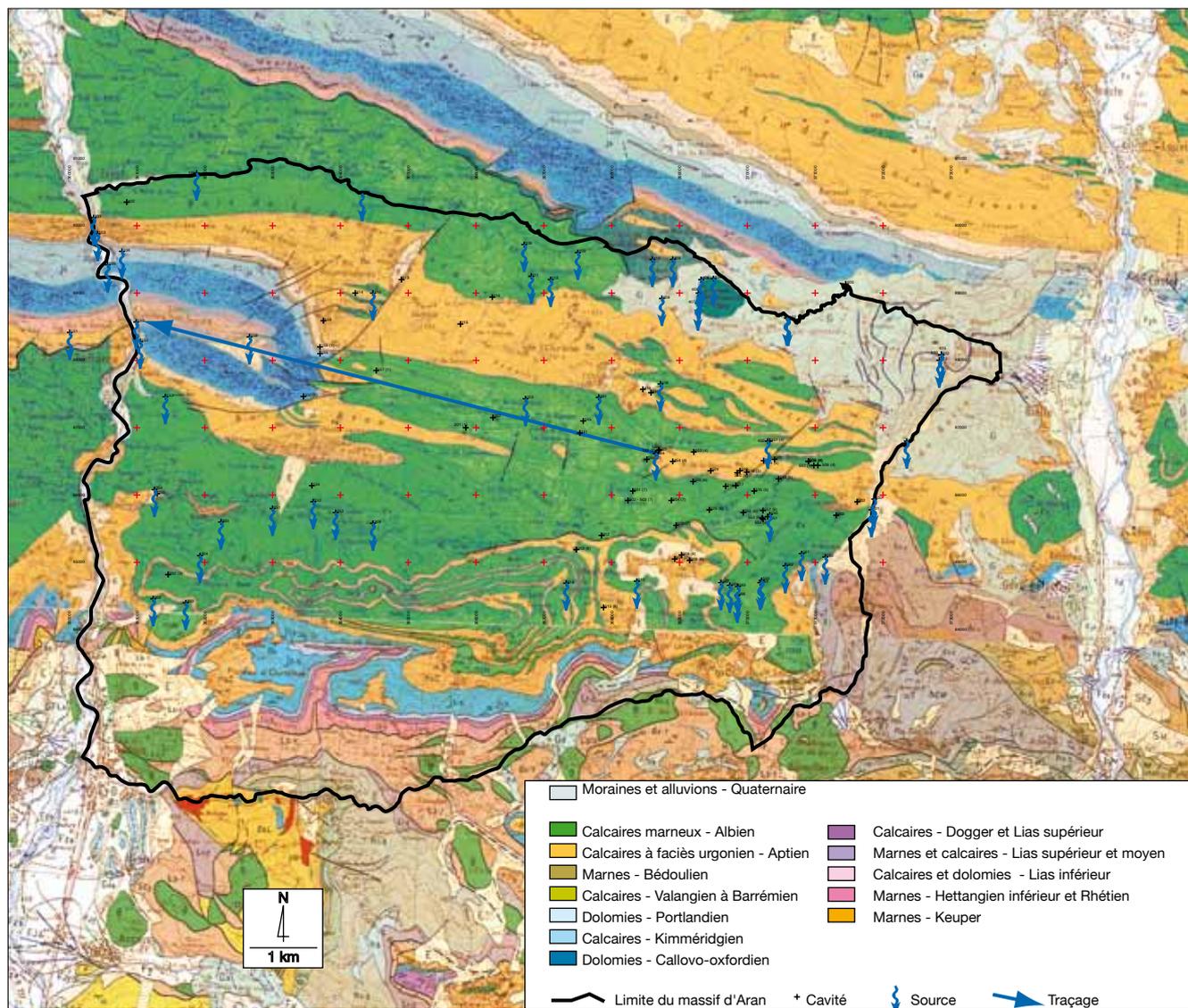


Figure 2 - Carte hydrogéologique d'Aran. Le massif totalise une superficie d'environ 75 km². Les entrées de cavités se localisent de façon préférentielle dans les calcaires urgo-aptiens ; les sources sont situées sur les calcaires marneux albiens (extraits de la carte géologique de la France au 1/50 000e, feuilles Oloron-Sainte-Marie n° 1051 et Laruns-Somport n° 1069 - © BRGM - www.brgm.fr - Autorisation R09/30 Ed. ; base de données du Comité Départemental de Spéléologie 64).

Hydrogeological map of Aran mountain (75 km²). Entrances of caves are located in urgo-aptian limestones (geological BRGM maps: Oloron-Sainte-Marie and Laruns-Somport with data from speleology Departmental Committee of Speleology).

Nom de la cavité	Dév. (m)	Déniv. (m)	Rapport dév./déniv.
Aran 1	755	435	1,73
Osque du pont d'Escot	298	71	1,32
Turoun det Cure	276	32	8,62
Congles - Sheila	272	97	2,8
Sede de Pan - chocards	264	102,5	2,57
Houndagnère	240	107	2,24
Lurtas	200	136	1,47
Crambots - Herrère	140	120	1,16
Tournarie	200	26	7,69
Berrere du moustayou	140	90	1,55
Pantejaires	140	80	1,75
Aran 2	115	82	1,4

Tableau I - Dénivelés et développements des douze plus importantes cavités du massif d'Aran (base de données du Comité Départemental de Spéléologie 64).

Length and depth of the twelve most important caves in Aran mountain (data from Departmental Committee of Speleology).



Figure 3 - Carte topographique et localisation des 145 grottes et gouffres et des 76 sources (extraits des cartes IGN Oloron-Sainte-Marie - vallée d'Aspe n° 1546 OT et Laruns - Gourette - Aubisque - vallée d'Ossau n° 1546 ET, © IGN - Paris 2009 - Autorisation n° 2200952 ; base de données du Comité Départemental de Spéléologie 64 ; synthèse F. Ichas).

Location of the 221 most important karstic events: caves, pits, springs (topographic map IGN, data from Departmental Committee of Speleology, synthesis F. Ichas).

III- Traçage au gouffre du col d'Aran n° 1, interprétation hydrogéologique et évolution géomorphologique

Le 12 juin 1999, les embruns du puits de 31 m furent collectés à l'aide d'une bêche plastique juste au-dessus de l'étranglement débouchant dans le puits de 95 m (-280 m, 1 374 m d'altitude absolue). Quatre kilogrammes d'uranine (fluorescéine, sel de sodium) en poudre furent dilués dans cette vasque artificiellement créée (figure 4). Le choix de la quantité a été guidé par les considérations suivantes [Acquier, Besson *et al.*, 1999].

1. Indétermination initiale sur les possibilités de sortie de colorant. Le gouffre étant situé sur la ligne de partage topographique des eaux des gaves d'Aspe et d'Ossau, l'ensemble des émergences de ces deux vallées transverses fut équipé de fluocapteurs. Une sortie méridionale ou septentrionale était moins probable ; cependant des fluocapteurs furent placés dans les sources des vallées de Barescou (nord-ouest), de l'Arriou Tort et de l'Arriou Mage (nord-est), de l'Aygue

Bère (sud-sud-ouest) et du Gabarret (sud-est). Au total, 50 sources furent équipées de deux sachets de charbon actif (un permanent et un temporaire relevé environ tous les 15 jours).

2. Débits à l'injection et débits de certaines émergences très disproportionnés : moins d'un litre par minute à l'injection et plusieurs litres par seconde aux émergences aspoises (8 km à vol d'oiseau pour les sources les plus éloignées). Le dispositif à l'émergence Labedan, la plus importante du secteur (8 m³/s en hautes eaux), a été complété par un prélèvement d'eau manuel bi-quotidien.
3. Impossibilité de verser assez d'uranine pour une coloration visible dans la lointaine vallée d'Aspe, sans courir le risque de verdir trop fortement les sources captées de la proche vallée d'Ossau.
4. La coloration verte de l'eau n'a pas pu être observée à l'œil nu que ce soit sur les flacons d'eau ou sur les solutions de révélation à la potasse des fluocapteurs en raison d'une dilution trop importante.

Les 64 échantillons d'eau furent analysés au spectro-fluorimètre (analyses J. Daffis, laboratoire souterrain de Moulis). Les analyses prouvent que le colorant est ressorti à l'émergence Labedan, située à 6 km à vol d'oiseau du gouffre d'Aran (vallée d'Aspe, 340 m). La courbe de restitution montre un pic effilé dans la journée du 14 juillet, suivi le 20 juillet d'un pic secondaire (figure 5). Le colorant a été poussé par deux ondes de crue intervenues suite à deux périodes pluvieuses : 11-13 juillet et 17-19 juillet. L'amortissement des concentrations entre les deux maxima s'explique par une dilution plus forte du colorant (débits importants). Les traces de colorant dans les premiers prélèvements sont considérés comme un bruit de fond.

Les eaux souterraines ont vraisemblablement suivi le flanc nord de l'anticlinal du col d'Aran, au sein de la masse des calcaires aptiens. Elles ont rejoint le cœur de la demi-combe sur la cluse de Sarrance (anticlinal de Sarrance) à la faveur du réseau de failles bois d'Aran - Pène d'Escot qui

met en contact les calcaires aptiens avec les dolomies callovo-oxfordiennes (disparition de l'écran imperméable des marnes bédouliennes). Le bassin d'alimentation de la source concernerait aussi les calcaires à microfilaments du Dogger et du Lias supérieur, l'émergence se situant vraisemblablement au toit de l'écran des marnes et calcaire marneux du Lias supérieur et moyen (figure 2).

Un bilan approximatif peut être proposé : le bassin d'alimentation étant de l'ordre de 75 km² avec des modules spécifiques des émergences de l'ordre de 40 l/s/km², le débit moyen serait de 3 m³/s. Avec un tel débit et compte tenu de la courbe de restitution, il ne serait réapparu que 1 kg de colorant, soit un rendement de 25 %, valeur bien faible. Même si on tient compte de la crue, on serait à moins de 50 %,

ce qui suggère l'existence d'autres sorties possibles : source Pitau, vraisemblablement [A. Mangin, comm. écrite].

Le gouffre n° 1 ne présente pas, dans sa partie supérieure, de traces d'écoulement nettes ni d'élargissement qui pourraient attester du passage d'un volume d'eau relativement important (zone d'infiltration). Par contre, à partir de -60 m la cavité devait recueillir les

Date	Noms des participants	Actions réalisées	Références bibliographiques
< 1942	G. Bassier (S.F.S.)	Sondage d'un gouffre par un Palois, membre de la S.F.S.	Spélunca, 1943, p. 101
13 déc. 1942	H. Raynaud (S.F.S.)	Repérage d'un gouffre au col d'Aran	Spélunca, 1943, p. 101
< 1950	H. Barrio, J. Bidegain	Descente dans ce gouffre	Communications orales
7 sept. 1951	R. Gabin, J. Domecq (S.M.S.P.)	Visite de trois gouffres au col d'Aran (-65 m, -54 m, -46 m)	Compte-rendu de la section des Pyrénées Occidentales de la S.M.S.P., Bulletin S.M.S.P., 1951
Juin-sept. 1960	SSPPO, CAF de Pau	Désobstruction à - 50 m et arrêt à -64 m dans le gouffre n° 1	Prix d'initiative des jeunes 1962
Juin - sept. 1961	SSPPO, CAF de Pau	Arrêt à -170 m, découverte d'un nouvel Aphaenops et d'un squelette complet de Lynx (remontée du crâne). Exploration de trois autres gouffres	Prix d'initiative des jeunes 1962
Juil. - sept. 1962	SSPPO	Arrêt à -240 m dans le gouffre n° 1	Prix d'initiative des jeunes 1962
Août 1966	SSPPO	Sauvetage des restes du Lynx. Reconnaissance dans les puits parallèles de -90 jusqu'à -150 m dans le gouffre n° 1	C.R. manuscrit SSPPO
4 oct. 1980	P. Deliot	Recherches biospéologiques dans le gouffre n° 4	Communication orale
1988	E. Dupré	Recherches biospéologiques	Communication orale
1993	G. Cazenave, P. Ragoin, S. Vogrig	Rééquipement des puits d'entrée dans le gouffre n° 1	SSPPO news n° 16, 1994
1994	P.-A. Acquier, P. Ragoin	Descente jusqu'à -240 m, repérage des départs à -90 m dans le gouffre n° 1	SSPPO news n° 16, 1994
1995	P.-A. Acquier, G. Cazenave, P. Fillon, J. et C. Labat, P. Ragoin (SSPPO), H. Laborde (GSO)	Arrêt sur étroiture ventilée à -280 m dans le gouffre n° 1	SSPPO news n° 17, 1995
1996	P.-A. Acquier, G. Cazenave, P. Fillon, J. et C. Labat (SSPPO), A. Lévêque (GSO)	Désobstruction de l'étréture dans le gouffre n° 1	SSPPO news n° 19, 1998
1997	P.-A. Acquier, G. Cazenave, P. Fillon, J. et C. Labat, A. Lévêque	Descente, arrêt à -435 m dans le gouffre n° 1	SSPPO news n° 19, 1998
1999	P.-A. Acquier, J.-P. Besson, M.-C. Delmasure, G. Cazenave, P. Fillon, J. et C. Labat, A. Lévêque	Traçage le 12 juin 1999 à -280 m dans le gouffre n° 1	SSPPO news n° 23, 2002, p. 2-14. Carst n° 126, oct.-déc. 1999, p. 6-8

Tableau 2 - Historique des explorations des gouffres du Col d'Aran. C.A.F. : Club Alpin Français, G.S.O. : Groupe Spéléologique Oloronais, S.F.S. : Société Française de Spéléologie, S.M.S.P. : Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire, S.S.P.P.O. : Société de Spéléologie et de Préhistoire des Pyrénées Occidentales.

Historical account of caves explorations.

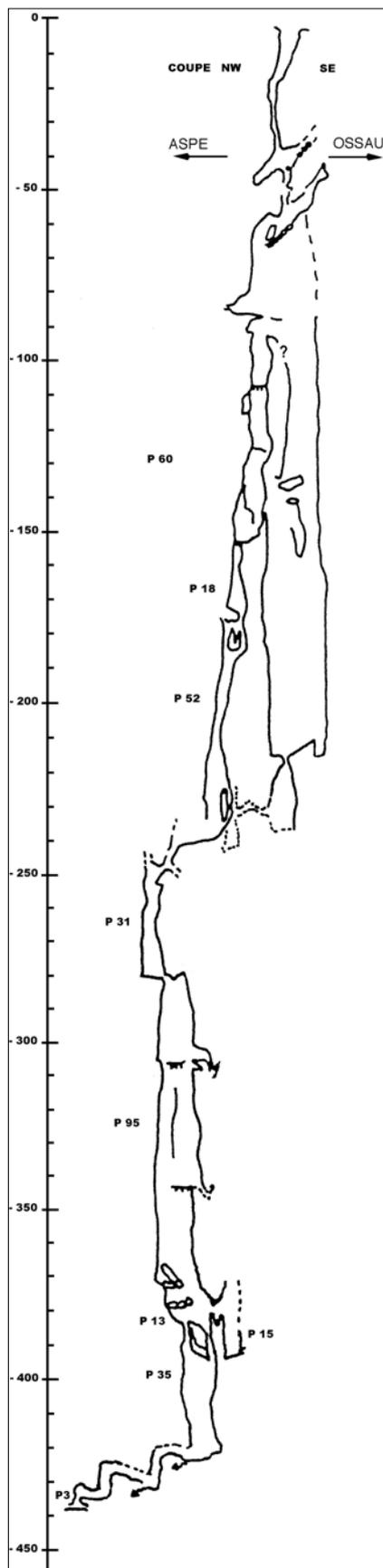


Figure 4 - Coupe du gouffre d'Aran n° 1. Topographie : P.-A. Acquier, J.-P. Besson, G. Cazenave, P. Fillon, C. et J. Labat, A. Levêque. Section of Aran n° 1 cave.

ruissellements des marnes schisteuses albiennes. La pente théorique entre le fond du gouffre et la résurgence est de 11 %. Dans la pratique cette valeur est importante : le collecteur principal est donc loin d'être atteint (d'où l'espoir d'intéressantes explorations spéléologiques à venir).

Les érosions régressives du ruisseau de la Poursiouque (à l'ouest) et du vallon du bois de la Herrère (à l'est) ont progressivement modifié la morphologie de son bassin d'alimentation. De part et d'autre du col d'Aran, ces deux ruisseaux ont défoncé le sommet du pli anticlinal d'Aran contribuant ainsi à la mise en place de deux combes [Le Métayer, 1991 ; Mongelous, 1973]. A l'aval, bien que toujours parallèles aux données ouest-est de la structure, les écoulements se trouvent légèrement décalés au nord de l'axe de l'anticlinal et les deux vallées prennent les caractéristiques de combes de flanc. L'arrec de la Poursiouque bénéficie de l'apport des ruissellements et de plusieurs sources ; il rejoint le gave d'Aspe à la latitude du village de Sarrance à 350 m. Le long de son lit, des pertes existent en raison du caractère semi-imperméable des marnes albiennes ; c'est pourquoi les écoulements sur l'ensemble du cours ne se réalisent que pendant les périodes les plus pluvieuses de

l'année. Le vallon sec du bois de la Herrère (infiltration diffuse dans les calcaires aptiens) voit ses écoulements souterrains prendre le pas par rapport à ses écoulements de surface et se trouve donc progressivement suspendu (1 035 m) au-dessus de l'arriu Mage (720 m), affluent de l'Ossau. Il est fort probable que le bois de la Herrère constitue l'extrême amont du système Labedan.

Conclusion : importance socio-économique de l'émergence Labedan

Cette coloration a mis en évidence un écoulement entre le gouffre du Col d'Aran et l'émergence Labedan (commune de Sarrance). Ce traçage n'exclut pas d'autres liaisons possibles :

- d'une part entre le gouffre et d'autres résurgences, en particulier avec la source Pitau, située à moins de 500 m de la source Labedan et ayant des caractéristiques physico chimiques très similaires [Roques, 1963] ;
- d'autre part entre la source Labedan et des pertes situées en amont dans le gave d'Aspe ou dans le vallon de Gey.

D'autres traçages et études physico-chimiques permettraient de préciser la répartition de ces écoulements.

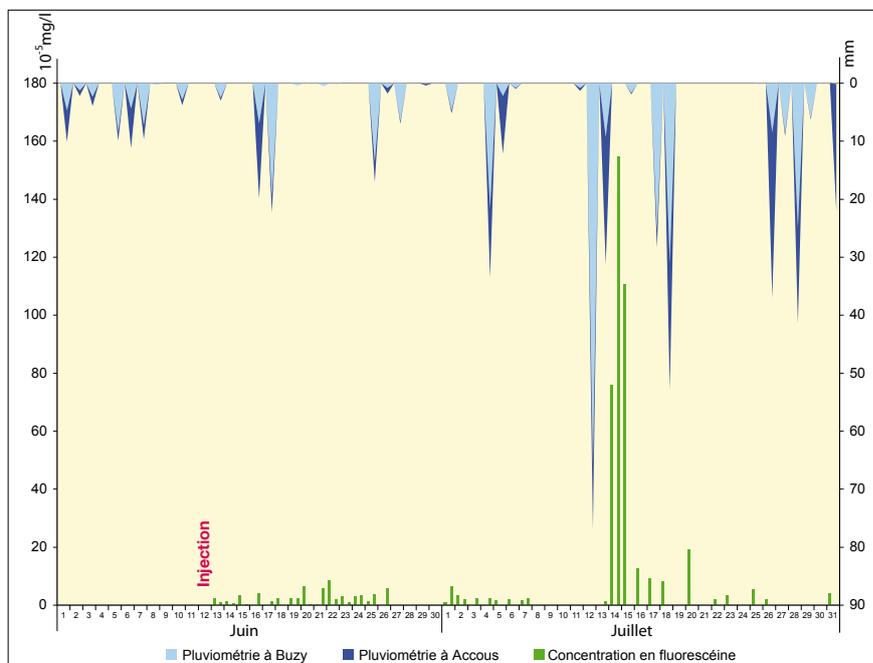


Figure 5 - Traçage à l'uranine dans le gouffre du Col d'Aran n° 1 le 12 juin 1999. La station météorologique de Buzy est située à 11 km au nord-nord-est du col d'Aran et la station d'Accous à 10,5 km au sud-ouest (données météorologiques : Météo France)

Fluorescein water tracing in cave of Col d'Aran n° 1. The meteorological station of Buzy is situated 11 km north-north-east of the Aran pass and the meteorological station of Accous station is situated 10,5 km south-west of the Aran pass (Meteorological data from Météo France).

Ce travail serait aussi à compléter par une étude sur l'aspect socio-économique des émergences Labedan et Pitau. Située à l'entrée de la vallée d'Aspe, près d'une voie de passage immémoriale, devenue voie romaine

«Oloron-Saragosse», la source Labedan, propriété des moines Prémontrés de 1345 à 1792 est utilisée depuis le milieu du 18^e siècle jusqu'à nos jours (tableau 3). Débit important et qualité des eaux ont été mis en valeur

à travers les siècles et sont encore aujourd'hui source de prospérité. Nous espérons que les recherches actuelles pourront contribuer à la préservation de cette ressource naturelle.

Période historique	Utilisation	Références	Commentaires
Depuis le début du XVIII ^e siècle	Moulin	Palassou, 1828 ; Laulom, 1984	-
Du début XVIII ^e au début du XX ^e	Papéterie	Palassou, 1828 ; Nicolai, 1935 ; Laborde, 1941	Ce moulin à deux cuves fournissait « <i>le meilleur papier du département</i> », grâce à son eau de source « <i>jamais trouble</i> » et « <i>toujours abondante</i> » [rapport du Bureau de Contrôle général des Manufactures de Bayonne, 1782]. Ce papier était exporté vers l'Espagne et le Portugal [Nicolai, 1935].
1782	Foulon	Nicolai, 1935	-
De 1938 à 1979	Usine de lavage de laine	Soeurs Labedan, comm. orale	Cette laine était exportée vers les Etats-Unis
-	Usine de fabrication de chapelets	Soeurs Labedan, comm. orale	-
-	Usine hydroélectrique (100 ch)	Soeurs Labedan, comm. orale	-
Années 1960 - 2000	Pisciculture (production de truites)	Soeurs Labedan, comm. orale	Années 60 : 30 t/an années 2000 : 120 t/an

Tableau 3 - Historique de l'utilisation de l'émergence Labedan (commune de Sarrance, Pyrénées-Atlantiques).

Historical account of the use of Labedan spring: emergence development (Sarrance commune, Pyrénées-Atlantiques).

Bibliographie

ACQUIER P.-A., BESSON J.-P., BERNES M.-C., CAZENAVE G., DELAITRE E. coord. - 1999 - Coloration dans le massif du col d'Aran. *Carnets Aturiens de Recherche sous Terre*, n° 126, p. 6-7.

BATTIAU Y. - 1993 - Le relief de la France. Coupes et croquis. *Masson édit.*, Paris. 253 p.

BEARN S., BERGEZ D., BESSON J.-P. et M., GUNET J.-M. coord. - 1962 - Etude spéléologique du col d'Aran. *Société de Spéléologie et de Préhistoire des Pyrénées Occidentales et Section Spéléo du Club Alpin*, 96 p.

BIGOT J.-Y. - 2008 - Trois petits karsts des Pyrénées occidentales (Pyrénées-Atlantiques et Hautes-Pyrénées). *Actes du colloque « Karsts de montagne: géomorphologie, patrimoine et ressources », 14-17 septembre 2006, Sion, Suisse, coll. EDYTEM, Cahiers de Géographie n° 7*, p. 13-22.

CANEROT J. - 1964 - Contribution à l'étude géologique des chaînons nord-pyrénéens compris entre les vallées d'Aspe et d'Ossau (Basses Pyrénées). *Thèse 3e cycle, Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse*, 200 p.

CASTERAS M. coord. - 1970 - Notice et carte géologique : Oloron-Sainte-Marie. Coll. Carte géologique au 1/50 000^e. *Bureau de Recherche Géologique et Minière édit.*, Orléans, 19 p., 1 carte géologique h.-t.

DELAITRE E. coord. - 1996 - Massif du col d'Aran. Base de données. *Comité Départemental de Spéléologie des Pyrénées-Atlantiques*, 155 p.

LABORDE J.-B. - 1941 - Précis d'histoire du Béarn. *G. Lescher-Mouroué, Pau*, 354 p.

LAULOM R. - 1984 - L'étonnante histoire d'un village Béarnais, Sarrance. *Association de sauvegarde du patrimoine culturel de Sarrance et de la vallée d'Aspe*, 202 p.

LE METAYER S. - 1991 - Etude géomorphologique du massif du Mailh Massibé. *Travail d'Etude et de Recherche, U.F.R. de Géographie, Université de Bordeaux 3*, 192 p.

MONGELOUS P. - 1973 - Le relief calcaire dans les chaînons nord pyrénéens entre le Vert d'Arette et le gave d'Ossau. Etude géomorphologique. *Travail d'Etude et de Recherche, Université de Bordeaux 3, Institut de Géographie*, 221 p.

NICOLAÏ A. - 1935 - Histoire des moulins à papier du sud-ouest de la France. 1300 - 1800. *Périgord, Agenais, Angoumois, Soule, Béarn. G. Delmas, Bordeaux, t 1*, p. 210, p.213, p.217.

PALASSOU B. de. - 1828 - Observations pour servir à l'histoire naturelle et civile de la vallée d'Aspe, d'une partie de la Basse-Navarre et des pays circonvoisins, avec les preuves de l'exactitude de plusieurs faits relatifs aux Pyrénées, *Vignancour, Pau*, p. 12-13.

ROQUES H. - 1963 - Sur la répartition du CO₂ dans les karsts. *Annales de Spéléologie, tome 18, fasc. 2*, p. 141-184.

TERNET Y., MAJESTE-MENJOUAS C., CANEROT J., BAUDIN T., COCHERIE A. coord. - 2004 - Carte géologique et notice n° 1069 : Laruns-Somport. *Bureau de Recherche Géologique et Minière, Orléans, France*, 192 p.

VANARA N. et BESSON J.-P. - à paraître - Les karsts des Pyrénées-occidentales. In AUDRA P. coord. - *Karsts de France, Karstologia Mémoires*.