

id 31183

179



id 31183

**AGENCE DE L'EAU RHONE-
MEDITERRANEE & CORSE**

Rapport final n°2

**ETUDE DES AQUIFERES
PATRIMONIAUX KARSTIQUES
DE DROME-ARDECHE**

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse
Direction de la Planification et de la Programmation
2 – 4 allée de Lodz
69363 LYON cedex 07

Monographie sur l'ensemble karstique du Synclinal de Saoû

Agence : Chartres	Date : 18/04/2006	Version : 2
Dossier n° : V04329LY/CH	Rédacteur : P. GOMBERT	Vérificateur : C. GUERIN

GINGER Environnement – 16 allée Prométhée – Les Propylées III – BP 20169 – 28003 Chartres cedex

Tél. 02.37.88.03.30 – Fax : 02.37.30.90.75 – Courriel : chartres@gingerenv.com

221 DE 6

SOMMAIRE

1	CARACTERISTIQUES DU PROJET	5
1.1	INTERVENANTS	5
1.2	CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE	5
2	PRESENTATION DE L'ENSEMBLE KARSTIQUE	7
2.1	GEOGRAPHIE	7
2.2	CLIMATOLOGIE	9
2.2.1	<i>Température</i>	9
2.2.2	<i>Précipitations</i>	9
2.3	HYDROGRAPHIE	10
3	GEOLOGIE	11
3.1	STRATIGRAPHIE-LITHOLOGIE	11
3.1.1	<i>Lithologie du mur du réservoir karstique</i>	11
3.1.2	<i>Lithologie du réservoir karstique</i>	11
3.1.3	<i>Lithologie du toit du réservoir karstique</i>	12
3.2	TECTONIQUE	13
3.2.1	<i>Localisation structurale de l'ensemble karstique</i>	13
3.2.2	<i>Tectonique souple</i>	14
3.2.3	<i>Tectonique cassante</i>	15
4	HYDROGEOLOGIE	16
4.1	PHENOMENES KARSTIQUES	16
4.1.1	<i>A l'intérieur du synclinal</i>	16
4.1.2	<i>Au nord du synclinal</i>	17
4.1.3	<i>Au sud du synclinal</i>	17
4.2	ASPECT QUANTITATIF	17
4.2.1	<i>Fonctionnement de la Vèbre</i>	17
4.2.2	<i>Bilan hydrologique</i>	19
4.2.3	<i>Courbes de récession</i>	19
4.2.4	<i>Analyse corrélatoire et spectrale</i>	20
5	DIAGNOSTIC HYDROGEOLOGIQUE	21
5.1	CLIMATOLOGIE	21
5.2	PHENOMENES KARSTIQUES	22
5.3	FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE	22

5.4	RESSOURCES POTENTIELLES	23
5.5	RESSOURCES CAPTEES	24
5.6	PROPOSITION D'ETUDES COMPLEMENTAIRES	24
5.6.1	<i>Climatologie</i>	24
5.6.2	<i>Jaugeages</i>	24
5.6.3	<i>Potentialités aquifères</i>	24
5.6.4	<i>Délimitation des bassins d'alimentation des sources</i>	25
6	BIBLIOGRAPHIE SUR LES ENSEMBLES KARSTIQUES DU DIOIS-BARONNIES	26
7	ANNEXES	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	: Précipitations mesurées en 1966 et 1967 [9]	9
Tableau 2	: Résultat des sondages réalisés dans le synclinal de Saoû [9].....	18
Tableau 3	: Volumes d'eau exportée du synclinal en 1968, d'après [9]	19
Tableau 4	: Courbes de récession de la Vèbre en 1968 [9]	20
Tableau 5	: Caractéristiques des stations météorologiques.....	21
Tableau 6	: Paramètres climatologiques du synclinal de Saoû	21
Tableau 7	: Caractéristiques de l'aquifère du synclinal de saoû	23

LISTE DES FIGURES

Figure 1	: Place de l'ensemble karstique du Diois-Baronnies dans les karst patrimoniaux du bassin.....	6
Figure 1	: Topographie du synclinal du Saoû [9].....	8
Figure 2	: Débit journalier de la Vèbre au Pont du Perthuis de 1966 à 1968 [9].....	10
Figure 3	: Log stratigraphique synthétique de la série crétacée du synclinal de Saoû [9]	12
Figure 4	: Formation du synclinal de Saoû et coupe géologique Nord-Sud [35].....	13
Figure 5	: Coupe géologique Nord-Sud du synclinal de Saoû [35].....	14
Figure 6	: Carte géologique du synclinal de Saoû [9].....	15
Figure 7	: Fracturation de l'extrémité orientale du synclinal [35]	15
Figure 8	: Corrélation des précipitations avec les débits de la Vèbre [9].....	18
Figure 9	: Autocorrélogramme des débits de la Vèbre en 1968 [9].....	20
Figure 10	: Synthèse des données karstologiques du synclinal de Saoû.....	22
Figure 11	: Coupe hydrogéologique transverse de la partie centrale du synclinal (d'après [9])	23

1 CARACTERISTIQUES DU PROJET

1.1 Intervenants

Maître d'Ouvrage : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse
Contact : M. CADILHAC

Chargé de mission: GINGER Environnement - Agence de Chartres
Contact : M. GOMBERT

1.2 Contexte et objectif de l'étude

La Direction de la Planification et de la Programmation a lancé une étude sur les karsts patrimoniaux du bassin Rhône-Méditerranée et Corse.

Parmi les 32 aquifères karstiques recensés dans le SDAGE se trouvent :

- Les aquifères du Diois et des Baronnies situés dans la Drôme ;
- Les aquifères de la Bordure sous-cévenole et du Bas-Vivarais, majoritairement situés en Ardèche mais débordant sur le nord du Gard.

Un complément doit être apporté en ce qui concerne ces aquifères karstiques : il s'agit notamment de synthétiser l'ensemble des informations disponibles sur chacun d'entre eux.

Le présent document est le rapport final n°2 de l'étude qui présente la monographie de l'ensemble karstique drômois du Synclinal de Saoû.

2 PRESENTATION DE L'ENSEMBLE KARSTIQUE

L'essentiel de cette synthèse s'appuie sur le document [9] rédigé par le BRGM en 1992 ainsi que sur l'article d'Yvonne Thomas [35], récemment paru dans la revue « Etudes drômoises » (Photo 1) et sur des communications orales de spéléologues locaux.

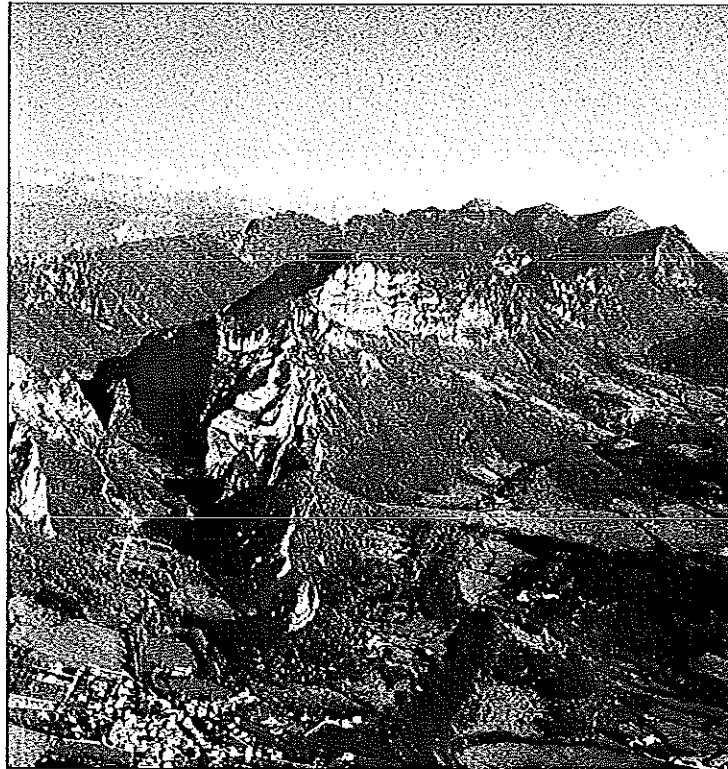


Photo 1 : Vue aérienne du village de Saoû et de son synclinal via le Pertuis [35]

2.1 Géographie

Le synclinal de Saoû se trouve en limite occidentale du Diois entre les vallées de la Drôme au Nord et du Roubion au Sud. Il mesure 15 à 16 km de longueur pour 4 à 5 km de largeur [21]. On n'y pénètre que par deux défilés : le Pas de Lausens au Nord et le Pertuis (ou Perthuis) au Sud (Figure 2).

Pour Y. Thomas [35], « sa cuvette est occupée par une belle forêt, quelques terres cultivables et des pâturages vers les sommets. Il y coule une petite rivière, la Vèbre, formée par des ruisseaux temporaires coulant des Trois Becs et « par des sources plus à l'Ouest ».

Sa partie centrale est en forme de gouttière perchée, ceinturée par de hautes falaises calcaires, elles même entourées par une dépression annulaire creusée dans les formations sous-jacentes à dominante marneuse [21].

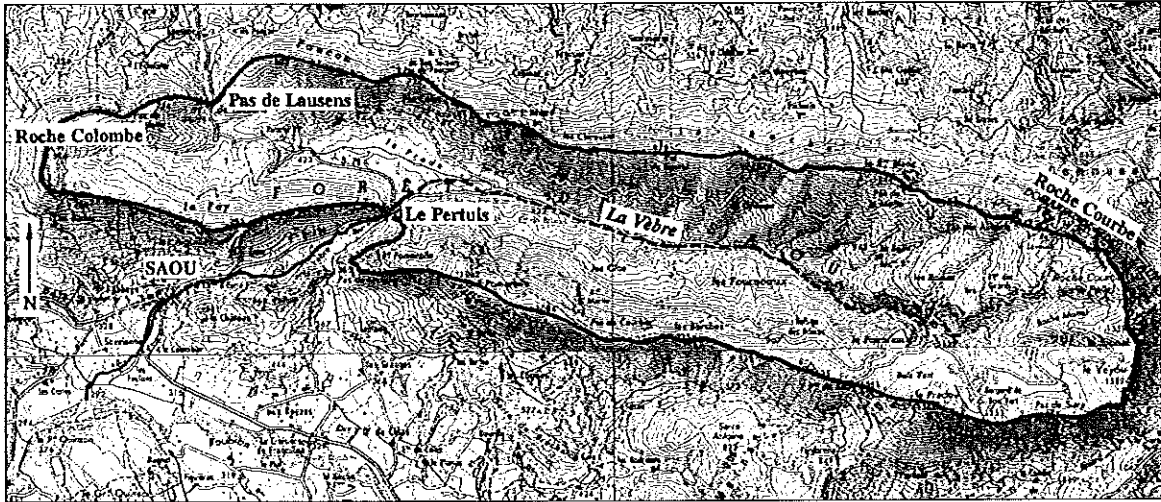


Figure 2 : Topographie du synclinal du Saoû [9]

Les falaises calcaires qui le circonscrivent culminent à 1 589 m au Veyou, sur la charnière périclinale orientale (Photo 2), et à seulement 885 m à Roche-Colombe, sur la charnière périclinale occidentale (Photo 3). Le fond de la cuvette se trouve quant à lui à environ 400 m d'altitude [9].

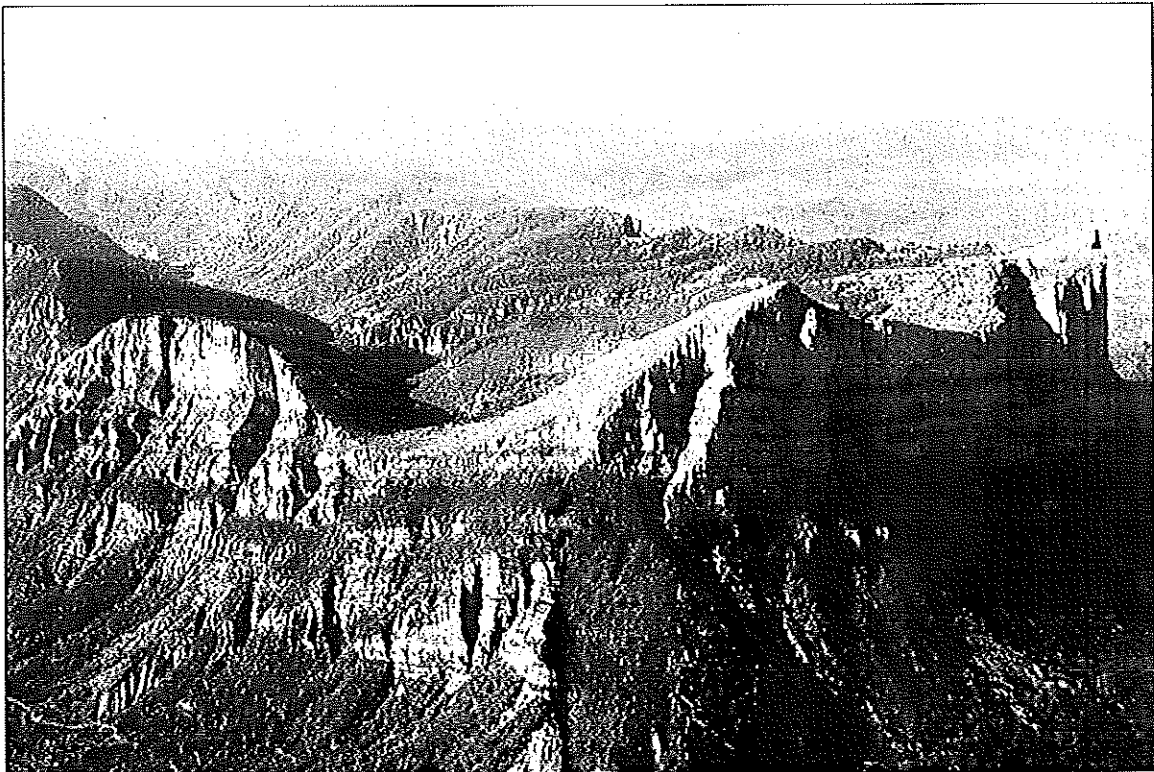


Photo 2 : Vue de la charnière orientale du synclinal du Saoû [35]

Légende : au premier plan, le Pas de Siara et, à droite, les Trois Becs (Veyrou, Signal et Rochecourbe)



Photo 3 : Vue de la charnière occidentale du synclinal du Saoû [35]

2.2 Climatologie

Le climat de la forêt de Saoû est de type montagnard à influences méditerranéennes [9].

2.2.1 Température

La température atmosphérique moyenne de Die est de 11°C. Celle de la forêt de Saoû n'a été suivie que de septembre 1967 à mars 1968. Sur cette courte période, elle est inférieure de 4°C à celle de l'extérieur. Les facteurs invoqués pour expliquer cet écart significatifs sont : l'orientation Est-Ouest de la vallée, l'effet modérateur du couvert forestier et la faiblesse de l'ensoleillement en fond de thalweg.

2.2.2 Précipitations

La station météorologique la plus proche est située à Bourdeaux, à 7 km au Sud. Les précipitations journalières mesurées au cours de la période 1966-1991, donnent une moyenne de 865,6 mm. Des pluviographes ont été mis en place dans le synclinal en 1966 et 1967 : ils ont mis en évidence une pluviosité homogène sur l'ensemble de la forêt, « aussi bien entre l'adret et l'ubac qu'entre la vallée et les sommets » (Tableau 1). Globalement, la pluviosité dans le synclinal est légèrement inférieure à celle de l'extérieur avec 756 mm dans la forêt contre 853 mm à Bourdeaux et 873 mm à Saoû.

Station	1966	1967
Bourdeaux	965 mm	741 mm
Saoû village	889 mm	622 mm
Saoû forêt	997 mm	749 mm

Tableau 1 : Précipitations mesurées en 1966 et 1967 [9]

2.3 Hydrographie

La cuvette du synclinal, colonisée par une vaste forêt, est drainée dans deux directions opposées : d'Ouest en Est par la Vèbre, cours d'eau pérenne, affluent du Roubion en rive droite ; elle traverse les falaises au niveau du défilé du Perthuis et de la cluse de Saoû.

du Sud au Nord, dans son extrémité occidentale, par le ruisseau de Lausens, affluent de la Drôme en rive gauche ; il franchit la corniche calcaire par le défilé du Pas de Lausens.

La Vèbre, au Pont du Perthuis en sortie du synclinal, a fait l'objet d'un suivi hydrométrique de mai 1966 à décembre 1968. Sur cette période, il s'agit d'un cours d'eau pérenne dont le débit moyen est de 0,240 m³/s. Les extrêmes sont de 0,040 m³/s en étiage et de 2,42 m³/s en crue. Son fonctionnement hydraulique est détaillé plus loin..

En ce qui concerne les cours d'eau qui descendent des versants extérieurs du synclinal, ils ne sont alimentés que par « de maigres nappes d'éboulis qui tapissent les pentes aux pieds des falaises calcaires » et ne possèdent de ce fait aucun débit important.

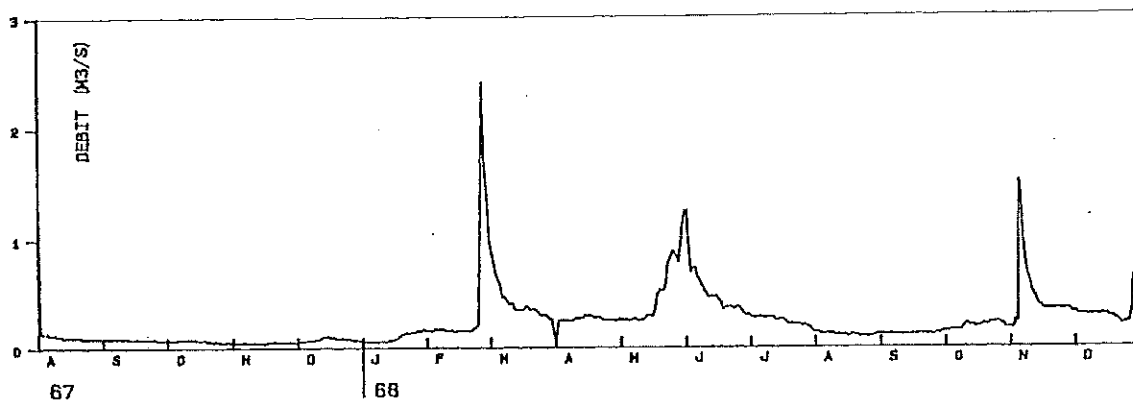


Figure 3 : Débit journalier de la Vèbre au Pont du Perthuis de 1966 à 1968 [9]

3 GEOLOGIE

3.1 Stratigraphie-Lithologie

Le massif de la forêt de Saoû est un corps sédimentaire calcaréo-gréseux datant du Cénomano-Turonien, reposant sur des assises marneuses crétacées. La succession lithologique et stratigraphique du réservoir karstique et de son mur est présentée en Figure 4.

3.1.1 Lithologie du mur du réservoir karstique

Le synclinal repose partout sur une épaisse assise marneuse de l'Albo-Aptien qui, sur le plan hydrogéologique, isole totalement les calcaires turoniens. Il s'agit d'une série épaisse d'environ 1 100 m qui correspond aux dépôts relativement profonds du Bassin Vocontien [9] :

- une centaine de mètres de Barrémien calcaires séparés par des intervalles marneux ou marno-calcaires ;
- l'Aptien inférieur ou Bédoulien, est absent à l'ouest du synclinal de Saoû à cause d'un hard-ground il mais apparaît ailleurs sous la forme d'un dépôt marneux chaotique à gros blocs calcaires, épais de 20 à 30 m, assimilable à une coulée boueuse [9] ;
- l'Aptien supérieur ou Gargasien, formé de marnes bleues entrecoupées de petits bancs calcaires dans sa partie sommitale, représente le substratum de l'aquifère karstique de la forêt de Saoû [9] ;
- le Cénomaniens, épais de 250 m, affleure à l'est du synclinal, au pied des Trois Becs et se prolonge sur le flanc Sud, apparaissant au gré des nombreuses failles [35] ; partout ailleurs, il est masqué par d'abondants éboulis ; à l'est du synclinal, le Cénomaniens débute par 85 m d'alternances marno-calcaires qui disparaissent à l'Ouest [9] ;

Les calcaires sommitaux deviennent plus massifs et plus gréseux, annonçant l'étage susjacent. Le sommet de la série est marqué par une importante surface d'érosion. Sur le plan hydrogéologique, le Cénomaniens est donc un étage de transition entre le mur Albo-Aptien imperméable et la série carbonatée turonienne formant l'aquifère du synclinal de Saoû.

3.1.2 Lithologie du réservoir karstique

Suite aux terrains à dominante marneuse issus de dépôts profonds dans le bassin vocontien apparaît une série calcaréo-gréseuse témoignant d'une sédimentation de plate-forme. La barre calcaire massive qui en résulte, essentiellement formée de calcaires francs et gréseux du Turonien, forme l'armature du synclinal de Saoû. Elle mesure plus de 600 m d'épaisseur à l'Est et 450 m à l'Ouest [9].

Le Turonien du synclinal de Saoû est formé, de bas en haut, par les terrains suivants :

- grès rouges de Venterol, grès grossiers à ciment calcaire dont l'épaisseur varie d'une trentaine de mètres à l'Est à seulement 5 m à l'Ouest, au Pas de Lausens [9] ;
- calcaires à silex de Roche Courbe, en gros bancs, renfermant une importante fraction terrigène, surtout à leur sommet ; leur épaisseur varie d'Est en Ouest de 350 m à 220 m ;
- 70 à 100 m d'une alternance de calcaires gréseux et de grès grossiers qui affleurent au Champ de la Croix, au centre de la dépression.

Dans le synclinal de Saoû, on trouve 50 à 60 m de grès grossiers légèrement calcaires qui n'affleurent qu'au centre de la dépression, entre le Pas-de-Lausens et le Perthuis-de-la-Forêt [9].

3.1.3 Lithologie du toit du réservoir karstique

Le reste de la série crétacée étant continental, on n'en retrouve que quelques faciès peu épais et très localisés, attribués au Coniacien supérieur ou au Santonien [9].

L'aquifère karstique est essentiellement recouvert de formations superficielles qui tapissent localement la cuvette du synclinal : éboulis de versant et dépôts alluviaux.

Ces dernières, localisées dans la partie inférieure du cours de la Vèbre (secteur du Perthuis de la Forêt), atteignent 25 m d'épaisseur.

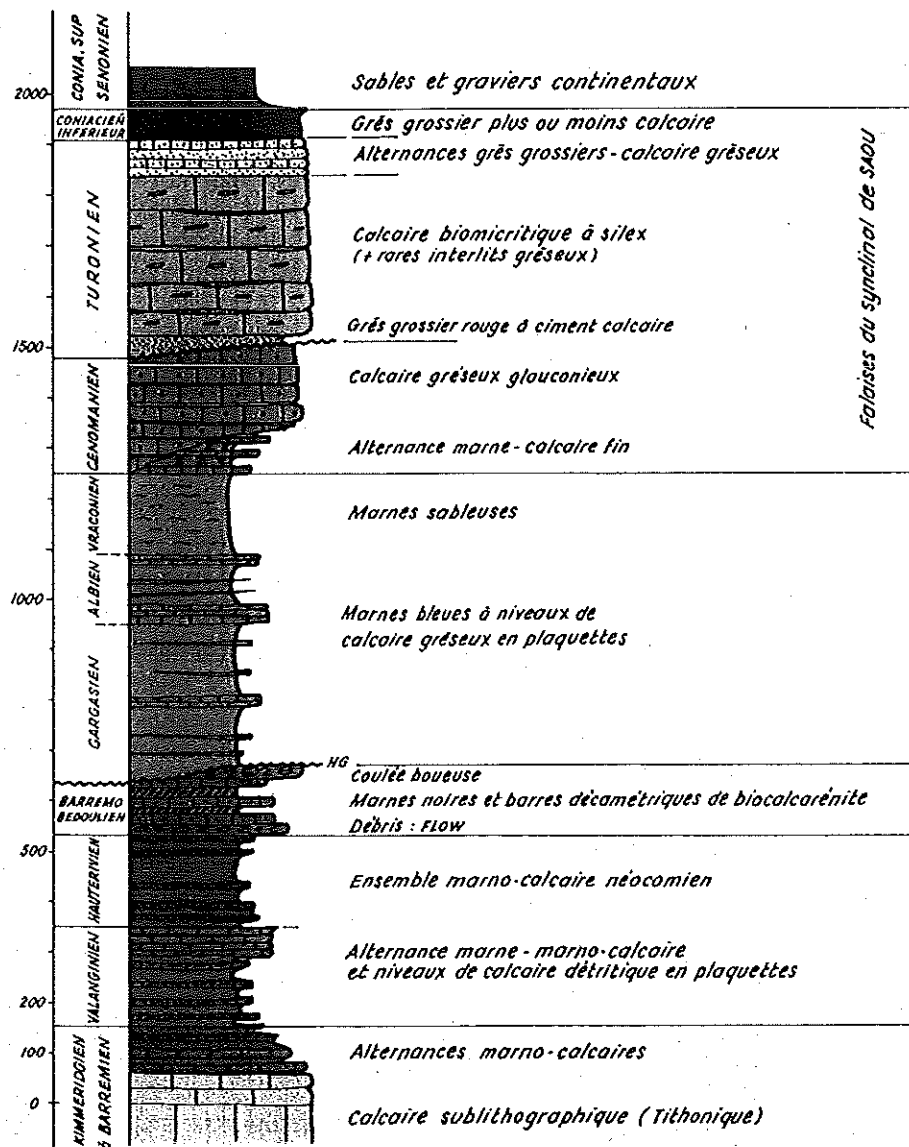


Figure 4 : Log stratigraphique synthétique de la série crétacée du synclinal de Saoû [9]

3.2 Tectonique

3.2.1 Localisation structurale de l'ensemble karstique

Le synclinal perché de Saoû appartient au faisceau de plis résultant de la déformation provençale du Crétacé supérieur [9]. Il est encadré par deux structures anticlinales qui s'amortissent vers l'Ouest (Figure 5 et Figure 6):

- l'anticlinal de la Clastre, au Nord ; comme le synclinal du Saoû, c'est une structure d'axe Est-Ouest plongeant vers l'Ouest ;
- l'anticlinal de la montagne de Couspeau au Sud, pli d'axe WNW-ESE légèrement chevauchant vers le Nord.

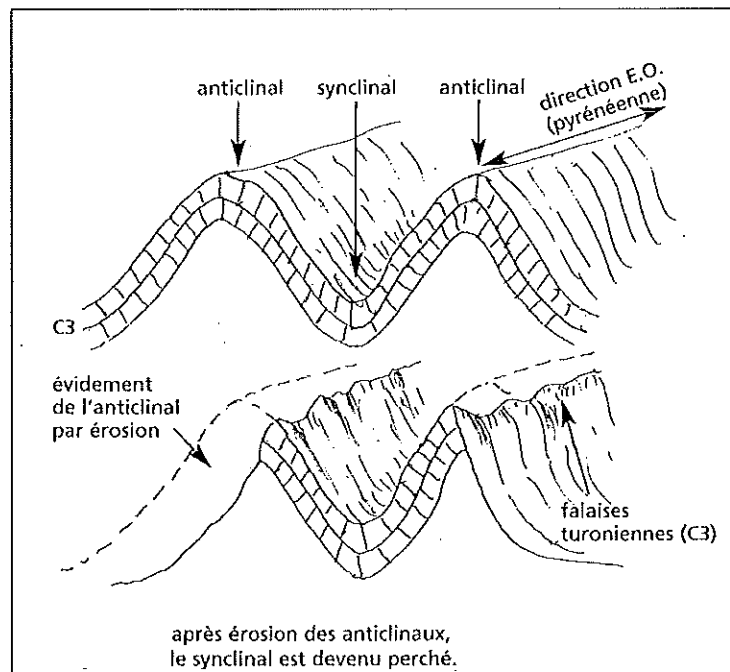


Figure 5 : Formation du synclinal de Saoû et coupe géologique Nord-Sud [35]

Le massif de Saoû est un synclinal perché d'axe Est-Ouest. Légèrement plongeant vers l'Ouest, il se relève à l'Est entraînant la fermeture parfaite du synclinal [9]. Son allure tectonique générale est schématisée en Figure 6: la coupe géologique¹ présentée est orientée pratiquement Nord-Sud et passe près des Pas de Faucon et de Lestang [35].

La structure transverse du synclinal ne reste pas la même sur toute sa longueur [35]. Dans sa partie orientale, où l'épaisseur du Turonien est maximale, le synclinal est assez symétrique et ouvert [21]. Quand on se déplace vers l'Ouest, où le Turonien s'amincit, il subit des rejeux tectoniques et devient

¹ On trouvera également, en Annexe 1, les coupes sériées Est-Ouest et Nord-Sud du BRGM [9].

pincé. A l'approche du Perthuis, il est très dissymétrique et son flanc Sud est redressé à la verticale, voire déversé, avec des replis importants dus à des rejeux tectoniques [35].

Entre le synclinal de Saoû et la Drôme se trouve un pli assez pincé, l'anticlinal de la Clastre, présentant un fort plongement vers l'Ouest [21]. Il s'agit du prolongement occidental d'une structure importante du Diois central, l'anticlinal de Barnave, dévié et désorganisé par les failles du faisceau décrochant de Condorcet-Saillans.

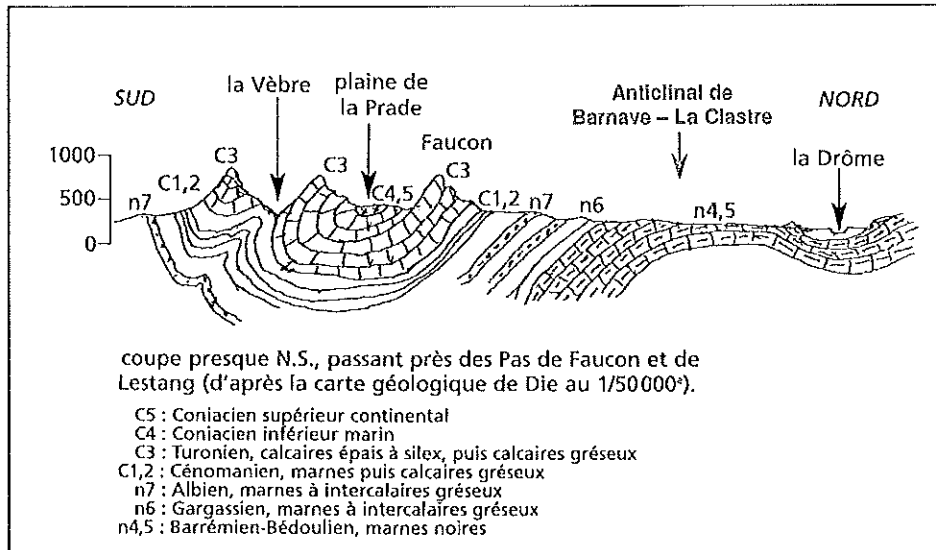


Figure 6 : Coupe géologique Nord-Sud du synclinal de Saoû [35]

Le schéma géologique de la zone du synclinal de Saoû est présenté en Figure 7.

3.2.2 Tectonique souple

Outre sa forme de cuvette elliptique due à son plissement principal, le synclinal de Saoû a subi plusieurs déformations, la plupart postérieures :

- une légère torsion axiale due au décrochement de Saillans, à l'Est, décrochement qui déforme également les deux anticlinaux qui l'encadrent ;
- une ondulation Nord-Sud de son axe probablement due à la phase alpine ; il en résulte un double plongement axial de 20° Ouest et de 15° Est, respectivement à l'Est et à l'Ouest de Perthuis, qui lui donne une forme en « coque de navire » ;
- une complication structurale sous la forme de replis anticlinaux/synclinaux, notamment l'anticlinal de la Vèbre au droit de la cluse du Perthuis et le synclinal qui lui succède au Sud, conservé au niveau des buttes-témoin du Palloir et du château du Pas-de-l'Estang ; ces replis s'amortissent vers l'Est et vers l'Ouest

A l'instar de l'anticlinal de la montagne de Couspeau, le synclinal de Saoû est déjeté vers le Nord. Il possède donc une structure dissymétrique avec un flanc Nord monoclinale à pendage de 30 à 60° Sud et un flanc Sud peu incliné vers l'Est mais qui se verticalise à l'Ouest du Pas-de-Courbis.

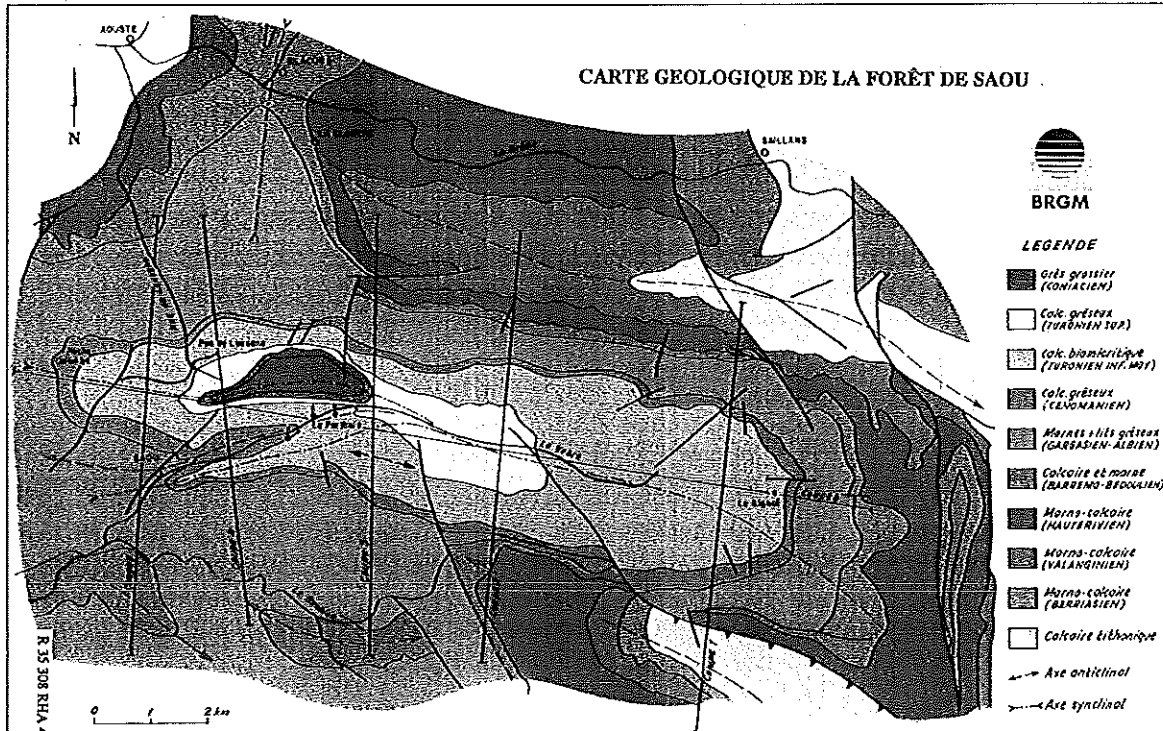


Figure 7 : Carte géologique du synclinal de Saoû [9]

3.2.3 Tectonique cassante

Sur le plan de la fracturation, le synclinal de Saoû est « partiellement recoupé par un nombre limité de failles de direction NW-SE et NE-SW [...] qui décalent légèrement les contours de la barre de calcaires turoniens » [9] : quelques unes de ces failles sont visibles sur le bloc diagramme de la Figure 8. Cependant, leur amortissement rapide laisse supposer qu'elles n'ont pas une forte extension en profondeur et qu'elles n'interrompent donc pas la continuité hydraulique du système karstique.

Il existe également une importante fissuration liée au plissement, notamment au niveau de la zone de replis du Perthuis (fissures ouvertes à l'extrados de l'anticlinal de la Vèbre).

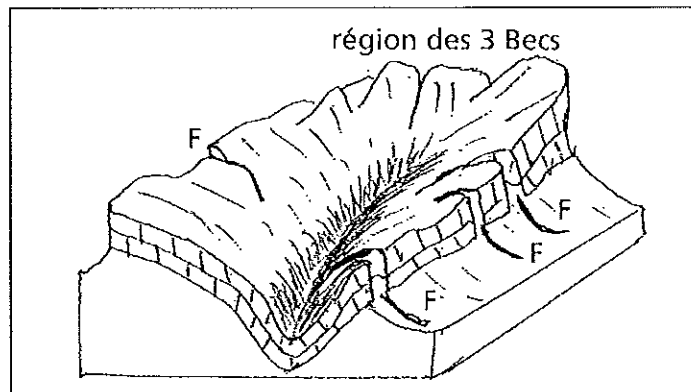


Figure 8 : Fracturation de l'extrémité orientale du synclinal [35]

4 HYDROGEOLOGIE

4.1 Phénomènes karstiques

Malgré les fortes potentialités spéléologiques offertes par ce massif calcaire, aucun réseau souterrain n'a été signalé par le BRGM en 1992, à l'exception du Trou du Diable [9]. Les observations ci-dessous émanent donc principalement de communications orales de la part de Christian Lanthelme, spéléologue et responsable de la Commission Environnement du CDS² de la Drôme.

4.1.1 A l'intérieur du synclinal

Dans la terminaison orientale du synclinal, au sud-ouest du refuge Girard, surplombant les falaises calcaires se trouve le « Scialet de Girard ». Cet aven pourrait être en relation avec une résurgence de la vallée, la source du Radier, située dans la Combe des Oiseaux. Il s'agit d'une émergence temporaire qui ne coule que très rarement (pas tous les ans) mais qui peut générer de très grosses crues en cas d'épisode pluvieux important. Ce comportement hydrogéologique pourrait correspondre à celui d'un trop-plein ou d'une cheminée d'équilibre, ce qui témoignerait de l'existence d'un réseau karstique noyé sous-jacent.

Ce réseau n'a pas été découvert à ce jour mais, lors de la création du chemin du fond de la vallée, entre le château et la Combe des Oiseaux, une galerie aurait été percée et une grande quantité d'eau en serait sortie. Cette galerie aurait été comblée depuis lors.

Enfin, en amont du château, on distingue une bâtisse en ruine d'où part un canal actuellement comblé : il s'agirait d'une source karstique captée qui alimentait en eau le château.

Y. Thomas [43] mentionne l'existence d'une source de la Vèbre qui aurait disparu peu après le séisme du 13/05/1901 d'intensité VII sur l'échelle MKS qui a frappé notamment Saoû. Suite à ce séisme, un rocher menaçait de tomber sur des habitations : c'est alors que « le Génie de Valence a fait sauter cette énorme masse. La Vèbre s'est arrêté de couler à partir de sa source pour réapparaître sous forme de résurgence dans le Pré Roseaux, à l'ouest de la Prade ». Elle précise également que « le Pré Roseaux fait partie de la ferme Raillon, située sur une faille N-S, à peu près au nord du Perthuis ».

Le BRGM mentionne quant à lui le Trou du Diable, gouffre de 170 m de profondeur situé sur les hauteurs sud-est du synclinal, ainsi que quelques sources karstiques :

- la résurgence du champ de la Croix, source temporaire captée alimentant le cours supérieur de la Vèbre ;
- des émergences diffuses échelonnées en amont du Perthuis et assurant le débit d'étiage de la Vèbre ;
- la source du refuge de Bois Vert, de faible débit, constituée par l'écoulement de petites fissures alimentées par les éboulis de pente ;
- enfin, la source du camping de Saoû, située en rive droite de la Vèbre mais drainant le synclinal annexe de la Forêt entre Palloire et Passerole.

² Comité Départemental de Spéléologie

D'autres petites émergences au débit négligeable sont également signalées sur l'ubac, plus humide, du synclinal.

4.1.2 Au nord du synclinal

Au nord du synclinal, Christian Lanthelme signale un « trou souffleur » sous les falaises de la chapelle St-Médard mais là encore sans relation visible avec un réseau souterrain ou une quelconque résurgence à l'aval. Sa position haute, sans impluvium significatif, laisse penser à un stade de creusement ancien, porté en altitude par le plissement du synclinal.

Le BRGM [9] mentionne une série de sources qui « apparaissent immédiatement au-dessus de la barre barrémo-bédoulienne, au contact des marnes noires, pour ensuite se perdre le plus souvent dans les éboulis », comme par exemple la source captée des Auberts.

4.1.3 Au sud du synclinal

Toujours de la part de Christian Lanthelme, au sud du synclinal, sur la commune de Mornans, entre Tavau et le point coté « 573 », se trouve une petite source karstique. Elle est impénétrable mais située sur le trajet d'une fracture.

Plus à l'Est, au-dessus de Fondoresse mais à l'ouest de la Porte de Barry, se trouve le puis Camille. Cette grotte est également perchée en haut des falaises, sans impluvium significatif, ce qui laisse à encore penser à un stade de creusement antérieur au plissement du synclinal.

4.2 Aspect quantitatif

4.2.1 Fonctionnement de la Vèbre

L'ensemble des précipitations efficaces du synclinal de Saoû est drainé par la Vèbre vers l'intérieur de la cuvette. « Les nombreux éboulis sur les versants, la végétation importante ainsi que la forte perméabilité des alluvions du lit de la Vèbre favorisent l'infiltration au détriment du ruissellement qui est pratiquement nul » [9].

La Vèbre et tous ses thalwegs affluents sont presque à sec toute l'année, exception faite des gros épisodes pluvieux, en amont du Champ de la Croix. En aval, elle coule par intermittence et se perd dans ses alluvions. A l'étiage, elle ne coule que grâce aux émergences situées en amont du Perthuis.

Les crues de la Vèbre ne sont pas directement corrélées à la pluviométrie (Figure 9), comportement qui traduit « une rétention d'eau et une influence de l'état de la réserve souterraine » sur son régime d'écoulement. Cette réserve est formée par les alluvions dont l'épaisseur est considérable (jusqu'à 36 m) pour un cours d'eau de cette ampleur.

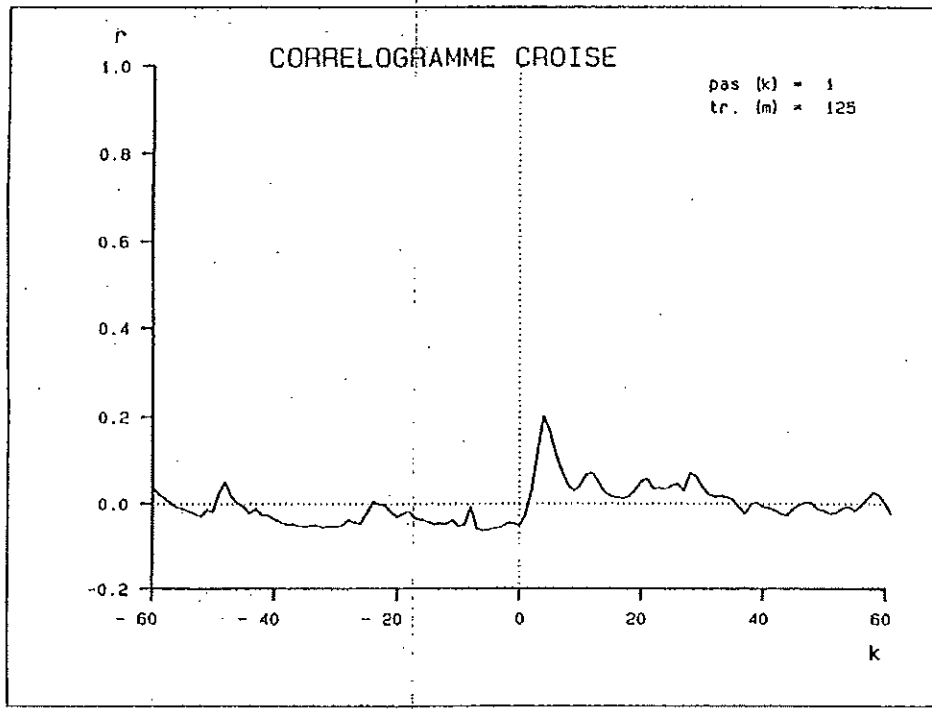


Figure 9 : Corrélation des précipitations avec les débits de la Vèbre [9]

Les résultats d'une campagne de prospection électrique du SRAE (1967) et de forages de la SNPA (1959) ont montré que l'épaisseur des alluvions varie de 20 à 36 m à l'aval de Perthuis, de 16 à 32 m dans la plaine de Prade et de 4 à 16 m sur le versant Nord.

Le Tableau 2 montre le résultat des sondages réalisés dans le synclinal. La transmissivité des alluvions est bonne, de l'ordre de 10^{-2} m²/s, ce qui fournit une perméabilité de l'ordre de $2 \cdot 10^{-4}$ m/s.

	Sondage n° 1	Sondage n° 2	Sondage n° 3
Profondeur	15,5 m	29,4 m	22,8 m
Base alluvions	non atteinte	25 m	non atteinte
Niveau statique	0,80 m	3,00 m	0,80 m
Transmissivité	$1,6 \cdot 10^{-2}$ m ² /s	$4,5 \cdot 10^{-3}$ m ² /s	$6 \cdot 10^{-3}$ m ² /s

Tableau 2 : Résultat des sondages réalisés dans le synclinal de Saoû [9]

4.2.2 Bilan hydrologique

Les précipitations efficaces calculées d'après l'ETR de Turc, pour des précipitations de 1 000 mm et une température moyenne de 10°C, sont de 480 mm pour l'année 1968 [9]. Cela représente des entrées d'eau dans le système karstique de 11.3 Mm³.

Le volume d'eau écoulé au cours de la même année a été estimé à 8 Mm³ dont 95% pour la Vèbre et 5% pour le ruisseau de Lausens (Tableau 3).

Cours d'eau	Vèbre	Ruisseau de Lausens
Impluvium (km ²)	20.8	3.0
Débit moyen (l/s)	240	14
Débit spécifique (l/s/km ²)	11.5	4.7
Volume écoulé (Mm ³)	7.6	0.4

Tableau 3 : Volumes d'eau exportée du synclinal en 1968, d'après [9]

L'écart entre les entrées et les sorties d'eau est significativement différent et peut être attribué à :

- la variation interannuelle des réserves ;
- des sorties d'eau sous-jacentes à la Vèbre via ses alluvions ou les calcaires ;
- une surévaluation de la lame d'eau infiltrée.

Les réserves hydrogéologiques de ce système sont inconnues. En ce qui concerne la seconde hypothèse, le débit à travers les alluvions a été estimé par excès à 1.3 Mm³ par an, ce qui ne permet pas d'équilibrer le bilan hydrologique. En revanche, le volume d'eau entrant n'est pas connu avec certitude mais il évolue dans une fourchette de 8.2 à 11.3 Mm³ par an.

4.2.3 Courbes de récession

Trois courbes de décrue de la Vèbre ont été étudiées au cours de l'année 1968 par la méthode de Maillet [9]. Le Tableau 4 montre des résultats homogènes avec un volume dynamique moyen de 2.5 Mm³ qui, d'après le BRGM, ne serait pas significativement différent « des possibilités de stockage qu'offrent les alluvions³ en amont du Perthuis ».

³ raisonnement contestable car ces possibilités de stockage sont inconnues à ce jour et le débit de l'infiltration alluviale a été estimé par excès à 1.3 Mm³ par an.

Courbe de tarissement	α	Volume dynamique
Mars 1968	0,020	2,1 Mm3
Juin 1968	0,020	2,2 Mm3
Décembre 1968	0,012	2,7 Mm3

Tableau 4 : Courbes de récession de la Vèbre en 1968 [9]

4.2.4 Analyse corrélatrice et spectrale

Des analyses de séries chronologiques du débit journalier de la Vèbre ont été effectuées sur les débits du 01/08/1967 au 31/12/1968 [9].

Les corrélogrammes montrent un « effet mémoire » de 3 jours pour les précipitations et de 27 jours pour les débits avec « un bossage pour une valeur de k égale à 90 jours » qui correspond à l'intervalle de temps séparant les crues de mai et de juin 1968 (Figure 10.a).

Le périodogramme montre « une tendance à long terme (effet saisonnier) et un très fort filtrage à court terme » avec une fréquence de coupure à 0.25 correspondant à 4 jours (Figure 10.b). Il en est déduit l'absence de réserves importantes.

L'analyse de la corrélation croisée pluie-débits montre « un pic de faible ampleur avec une réponse très courte », ce qui traduit « une relation pluie-débit [...] quasi inexistante » (voir Figure 9).

En conclusion, les chroniques disponibles sont trop courtes pour « conclure sur une éventuelle contribution des calcaires à l'alimentation du cours d'eau » mais traduiraient « plutôt une absence notable de réserves ».

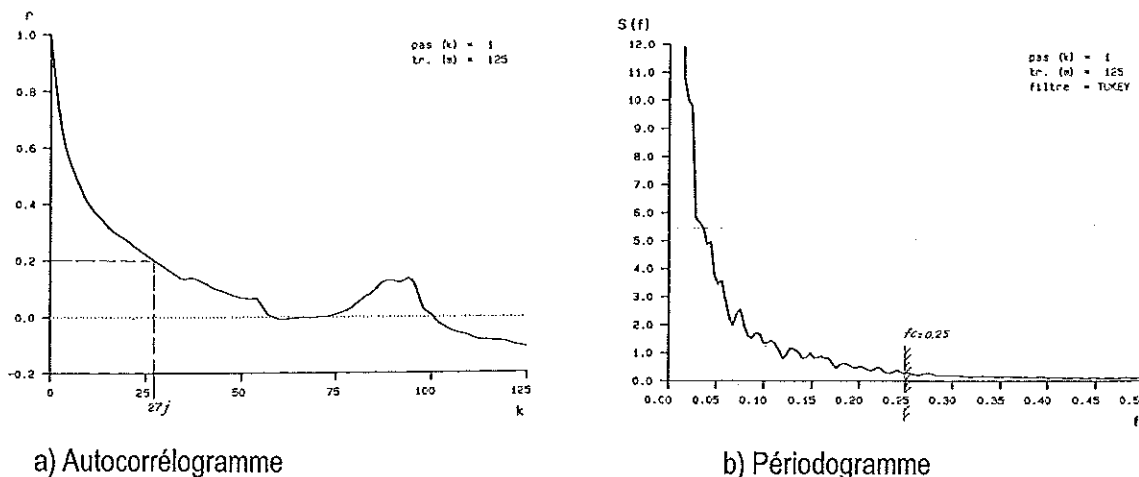


Figure 10 : Autocorrélogramme des débits de la Vèbre en 1968 [9]

5 DIAGNOSTIC HYDROGEOLOGIQUE

5.1 Climatologie

Les paramètres climatologiques de cet ensemble karstique peuvent être calculés d'après les stations climatologiques suivantes (Tableau 5) :

- Dieulefit pour la majeure partie du synclinal, notamment le centre et l'Est;
- Crest pour la partie occidentale.

Station	X Lambert 2E	Y Lambert 2E	Altitude (m)	Période	Référence
Dieulefit	815 800	1 949 900	380	1961-1980	[42]
Crest	975 962	1 964 924	73	1961-1990	[49]

Tableau 5 : Caractéristiques des stations météorologiques

L'emploi de la méthode des polygones de Thiessen permet de calculer les caractéristiques climatologiques moyennes de cet ensemble karstique (Tableau 6) : température de 12.0°C et précipitations de 900 mm.

Les précipitations efficaces peuvent être estimées d'après la formule de Turc qui s'écrit :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}} \quad \text{avec} \quad L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

avec

ETR = évapo-transpiration réelle (mm), P = précipitations (mm), T = température (°C)

Cette formule fournit un déficit d'alimentation qui peut être assimilé aux précipitations efficaces et, par excès, à l'infiltration (notamment en région karstique où le ruissellement est très faible).

La valeur moyenne d'infiltration calculée pour cet ensemble karstique est ainsi de 345 mm. Cette infiltration correspond à une volume annuel de recharge du karst de 12.8 Mm³.

Station	Température (°C)	Précipitations (mm)	ETR (mm)	P. efficaces (mm)	Représentation (%)
Dieulefit	11.9	908	555	353	70%
Crest	12.1	882	555	327	30%
Moyenne	12.0	900	555	345	100%

Tableau 6 : Paramètres climatologiques du synclinal de Saoû

5.2 Phénomènes karstiques

La superficie de cet ensemble karstique est de 37 km². On y dénombre 28 phénomènes karstiques (voir Figure 11 et planche 2.2) soit une densité de 0.76 / km², supérieure à celle des grands Causses aveyronnais (0.53 / km²). La majorité des phénomènes karstiques sont des sources qui s'ouvrent au pied des falaises, à l'intérieur du synclinal ou à l'extérieur.

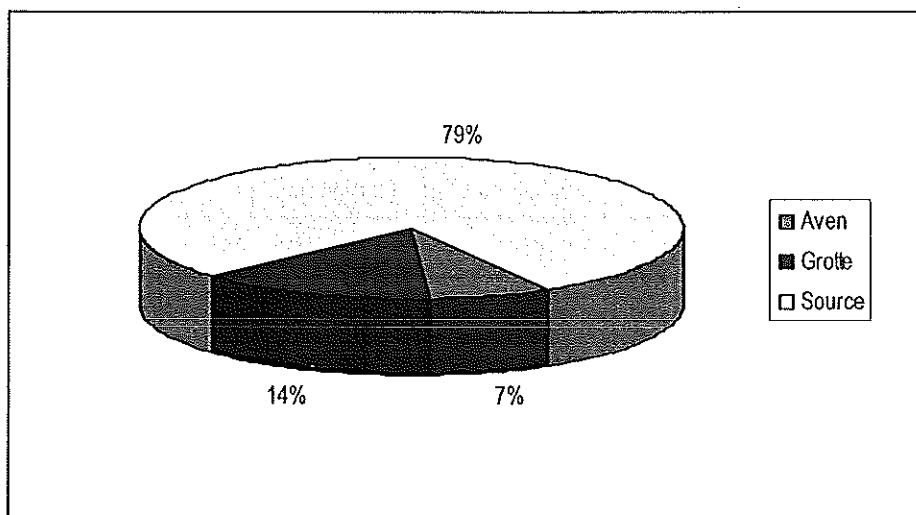


Figure 11 : Synthèse des données karstologiques du synclinal de Saoû

5.3 Fonctionnement hydrogéologique

Dans cet ensemble karstique, 22 sources ont été recensées (voir planche 2.3) dont aucune ne possède de mesure ou d'estimation de débit.

Le volume d'eau exporté annuellement par ces sources ne peut pas être connu mais il peut être approché en considérant que l'eau qui sort rejoint la Vèbre. Son débit d'étiage est de 40 l/s sur la période 1967-1968 soit un volume annuel de 1.26 Mm³ qui correspond à une lame d'eau de 34 mm.

A l'échelle du cycle hydrologique 1967-1968, le BRGM avait calculé les paramètres suivants [9]:

- Précipitations de 873 mm dans la forêt de Saoû
- Température estimée à 10°C
- Lamme d'eau infiltrée : 520 mm soit 11.3 Mm³ par an
- Sortie d'eau par ruissellement : 240 l/s dans la Vèbre et 14 l/s dans le ruisseau de Lausens soit un total de 8.0 Mm³ par an
- Flux d'eau à travers les alluvions : 150 m³/h soit 1.3 Mm³ par an.

Il en avait été déduit « un déficit des sorties significativement supérieur à l'inféoflux potentiel de la nappe des alluvions de la Vèbre » qui pourrait être « l'indice d'écoulements plus profonds dans les calcaires » [9].

Cet ensemble karstique comprend également 3 forages dont la profondeur moyenne est de 21 m. Ils sont implantés dans les alluvions de la Vèbre. Là encore, les données de débit font défaut mais il est mentionné une transmissivité de $4.5 \cdot 10^{-3}$ à $1.6 \cdot 10^{-2}$ m²/s

5.4 Ressources potentielles

L'épaisseur totale des calcaires du Cénomano-Turonien varie de Jurassique supérieur varie d'Ouest en est de 500 à 1050 m (voir Tableau 7). Cependant, il est probable que les ressources aquifères – pour tant est qu'il y en ait – soient essentiellement localisées en dessous du niveau de base local représenté par la Vèbre à sa sortie du synclinal, c'est-à-dire vers 400 m d'altitude (voir Figure 12).

Localisation	Coupe 1	Coupe 2	Coupe 3	Coupe 4	Coupe 5	Total
Puissance totale (m)	1050	900	800	600	500	770
Puissance noyée (m)	550	800	750	500	250	570
Superficie (km ²)	4	13	6	7	6	37
Réserve (Mm ³)	11	54	24	18	7	106

Tableau 7 : Caractéristiques de l'aquifère du synclinal de saou

De ce fait, la puissance de calcaires potentiellement noyés se réduit entre 250 et 700 m avec une valeur moyenne de 570 m. L'estimation des ressources potentielles a donc été faite par zone, en tenant compte d'une porosité efficace de 1% pour les calcaires. Le volume de ces réserves serait de l'ordre de 106 Mm³.

Sur cette base, le taux de recharge de l'aquifère serait d'environ 12%, valeur très faible qui correspond à une durée moyenne de séjour de l'eau souterraine de 8.3 ans.

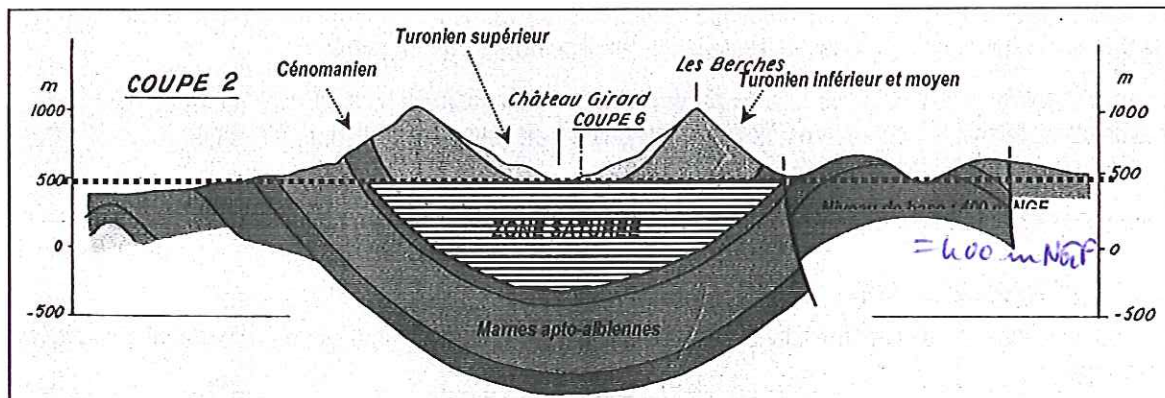


Figure 12 : Coupe hydrogéologique transverse de la partie centrale du synclinal (d'après [9])

5.5 Ressources captées

Actuellement, 8 sources sont localement captées pour l'AEP soit seulement 32% des points d'eau existants. Leur débit d'exploitation moyen n'est pas connu mais il s'agit de ressources modestes qui alimentent une population de l'ordre du milliers de personnes. Le débit d'exploitation actuel peut être ainsi estimé à environ 150 m³/jour soit 0.05 Mm³/an.

Même en considérant un facteur d'incertitude de 100%, l'exploitation actuelle des ressources en eau (potentielles) de cet ensemble karstique sont insignifiantes.

5.6 Proposition d'études complémentaires

Afin d'optimiser l'exploitation de cet ensemble karstique, il est nécessaire de connaître les termes du bilan hydrologique par sous-ensemble. Cela nécessite l'implantation d'une station météorologique en un point représentatif et la réalisation de jaugeages réguliers des sources et cours d'eau qui en exportent de l'eau.

5.6.1 Climatologie

Plusieurs pluviographes avaient déjà été installés dans la forêt de Saoû en 1966 et 1967 [9] : ils avaient permis de constater une pluviométrie légèrement supérieure à celle mesurée à la station météorologique de Bourdeaux, située à 7 km au Sud. Un suivi thermométrique avait également permis de constater que les températures étaient nettement inférieures à celles des stations environnantes avec un déficit de l'ordre de 4°C.

La station météorologique sera implantée de préférence vers l'auberge des Dauphins, dans une zone bien dégagée. Elle possèdera un pluviomètre et un thermomètre enregistreurs et permettra de préciser les précipitations efficaces sur le plateau en référence aux stations météorologiques situées à l'extérieur (Bourdeaux, Die, Crest).

5.6.2 Jaugeages

Les exportations d'eau hors de l'ensemble karstique seront mesurées par la mise en place de seuils de jaugeage sur les deux cours d'eau : la Vèbre et le ruisseau du Pas de Lausens.

Devront également être suivies tout ou partie des sources susceptibles d'exporter de l'eau à l'extérieur des falaises du synclinal : sources de Notre-Dame du Bon Secours, de Brunel, de Bucherin, de Font de Bîne, de Lestang, des Blaches et de Rochecolombe.

« source » = dans les sources (réseau facilement accessible dans l'Event du Pontet)

5.6.3 Potentialités aquifères

En ce qui concerne l'estimation des potentialités aquifères, plusieurs types de mesures sont préconisées :

- Récupération des volumes d'eau captés afin de connaître la totalité du volume d'eau exporté du karst ;
- réalisation d'au moins un forage profond, jusqu'aux marnes albo-aptiennes soit 800 m de profondeur, dans la zone de l'auberge des Dauphins où les calcaires sont les plus épais ;
- réalisation d'un forage aux alluvions du ruisseau de Lausens ;

- test de ces deux forages par pompage d'essai avec réalisation d'un log de vitesses (micro-moulinet) et d'un log physico-chimique (température, conductivité) afin de localiser les niveaux les plus productifs et d'éventuelles arrivées d'eau des calcaires vers les alluvions ;
- nouveau test par pompage d'un des des forages existants dans les alluvions de la Vèbre (avec suivi dans un piézomètre) afin de calculer les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe alluviale.
- équipement de deux forages aux alluvions et du forage profond en piézomètres de suivi avec enregistrement automatique des niveaux d'eau.

5.6.4 Délimitation des bassins d'alimentation des sources

Cet ensemble karstique est homogène et sa délimitation ne nécessite pas la réalisation de traçages.

En revanche, il serait intéressant de connaître les vitesses de transfert de l'eau souterraine au sein des calcaires au moyen de multi-traçages entre des points d'infiltration situés en hauteur et certaines sources pérennes. A cette occasion, un traçage sera également réalisé entre la Vèbre et les forages mis en pompage (forage profond et forage aux alluvions).

En fin de période d'étiage, nous suggérons de prélever quelques échantillons d'eau des sources pérennes situées à l'intérieur et à l'extérieur du synclinal et de faire procéder à un dosage isotopique :

- du tritium pour estimer le temps de séjour de l'eau souterraine ;
- de l'oxygène 18 pour évaluer l'altitude de l'impluvium ;
- du deutérium pour vérifier l'existence de phénomènes de reprise évapotranspiratoires (liés à des successions de réinfiltration des eaux de source)

S'il existe une zone noyée importante, ces données devraient permettre de la mettre en évidence.

6 BIBLIOGRAPHIE SUR LES ENSEMBLES KARSTIQUES DU DIOIS-BARONNIES

- [9] BRGM (1992) – Approche de la structure du système karstique de la forêt de Saoû (26) – *Rapport BRGM R35308 RHA 4S 92, juillet 1992, 24 pages + annexes.*
- [10] BRGM (1992) – Approche de la structure des aquifères carbonatés profonds de la moyenne vallée de la Drôme – *Rapport BRGM R35852 RHA 4S 92, octobre 1992, 13 pages + annexes.*
- [19] BRGM (1998) – Plaine de la Valdaine (Drôme). Bilan des connaissances sur l'aquifère des calcaires profonds du Barrémo-Bédoulien – *Rapport BRGM R40369, novembre 1998, 27 pages.*
- [20] Baudouin C. (2005) – Ammonites et autres fossiles – Site Internet sur la géologie de la Drôme, http://rene_bau.club.fr/index.htm, 16 pages.
- [21] BRGM (1980) – Carte géologique de la France au 1/250 000. Valence – *Carte BRGM n°34, 106 pages + carte hors texte.*
- [23] Boissin J.P. (1975) – Carte hydrogéologique des Cévennes et du Bas-Vivarais et de la vallée du Rhône entre Pont-St-Esprit et La Voulte – *Atlas hydrogéologique du Languedoc-Roussillon, CERGA, décembre 1975, 54 pages + annexes + carte hors texte.*
- [35] Thomas Y. (2004) – L'extraordinaire synclinal perché de Saoû – *Revue Etudes Drômoises, n°17, 45^e année, mars 2004, pages 16-21.*
- [36] Vasseur F., Belin J.M. & Belin F. (2005) – Site internet <http://www.plongeesout.com>, oct. 2005.
- [38] Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse (?) – Schéma départemental d'aménagement et de gestion des eaux .
- [41] Couriol J.-N. (1992) – La région de Dieulefit : quelques aspects de géographie physique – *Revue Etudes Drômoises, n°2-3, 1992, pages 9-15.*
- [42] Thomas Y. (1992) – Etude géologique de la région de Dieulefit – *Revue Etudes Drômoises, n°2-3, 1992, pages 3-8.*
- [43] Thomas Y. (2004) – La terre a tremblé à Saoû et Saillans – *Revue Etudes Drômoises, n°17, 45^e année, mars 2004, pages 12-15.*
- [44] Choppy J. (1963) – Spéléologie du département de la Drôme – *Les Spéléologues Drômois, n°12, réédition 1998, 242 pages + annexes.*
- [45] Moréas P. (1992) – Bulletin périodique du Comité Départemental de Spéléologie de la Drôme – *Les Spéléologues Drômois, n°9, 106 pages.*
- [45] Audouard B. (2001) – Bulletin périodique du Comité Départemental de Spéléologie de la Drôme – *Les Spéléologues Drômois, n°13, 124 pages.*
- [46] Faure G. (2004) – Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable sur la commune de Viviers (07). Forage d'exploitation n°1. Site de Bélieure. – *Rapport Idées-Eaux, juillet 2004, 20 p. + annexes.*
- [49] Météofrance (1996) – Climats du monde – *Logiciel + notice, janvier 1996, 2 pages.*
- [50] Ducluzaux P. (2004) – Etude pour la recherche d'eau en amont du captage d'Aygue Astaud – *Rapport EKS Hydrogéologie n°RA172.V02, octobre 2004, 50 pages.*

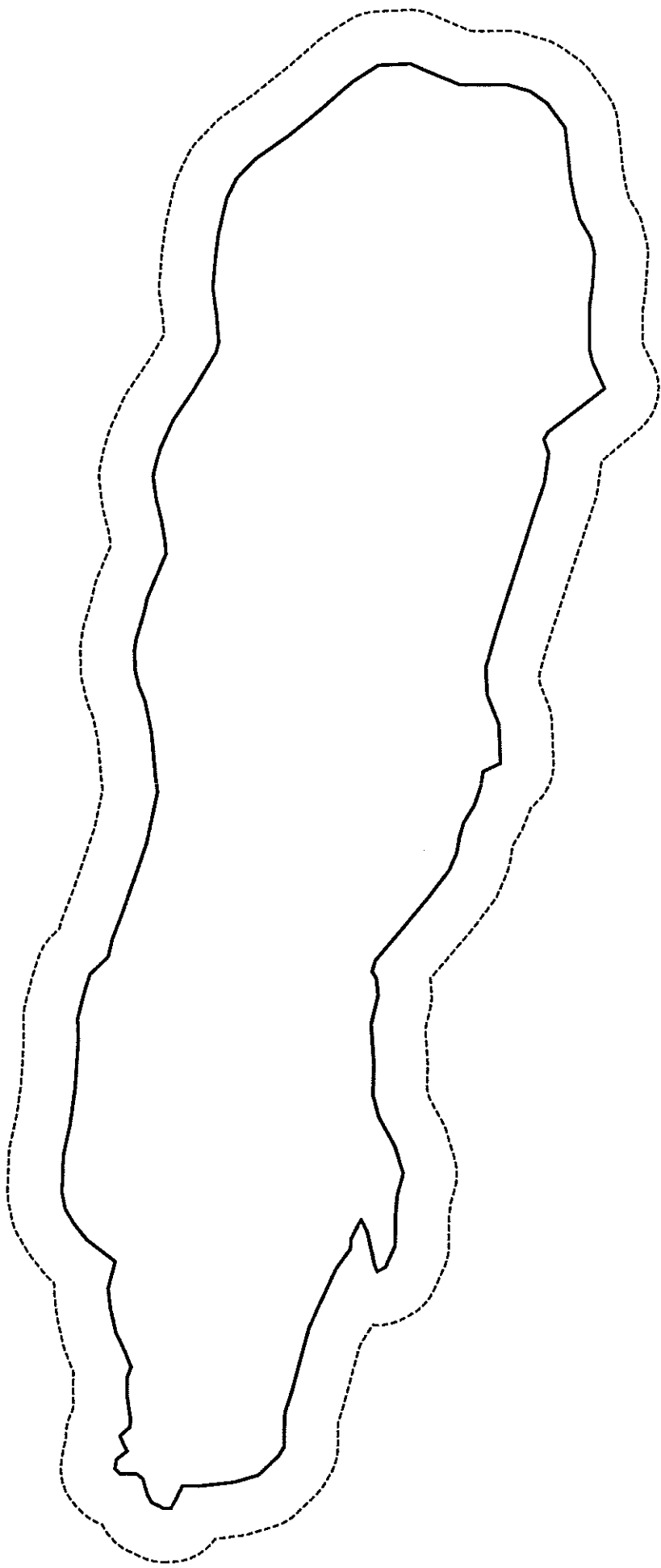
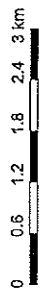


PLANCHE 2.1



□ Délimitation de l'ensemble karstique

Echelle :



BASSIN RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE
Etude des aquifères patrimoniaux karstiques

Forêt de SAOÛ



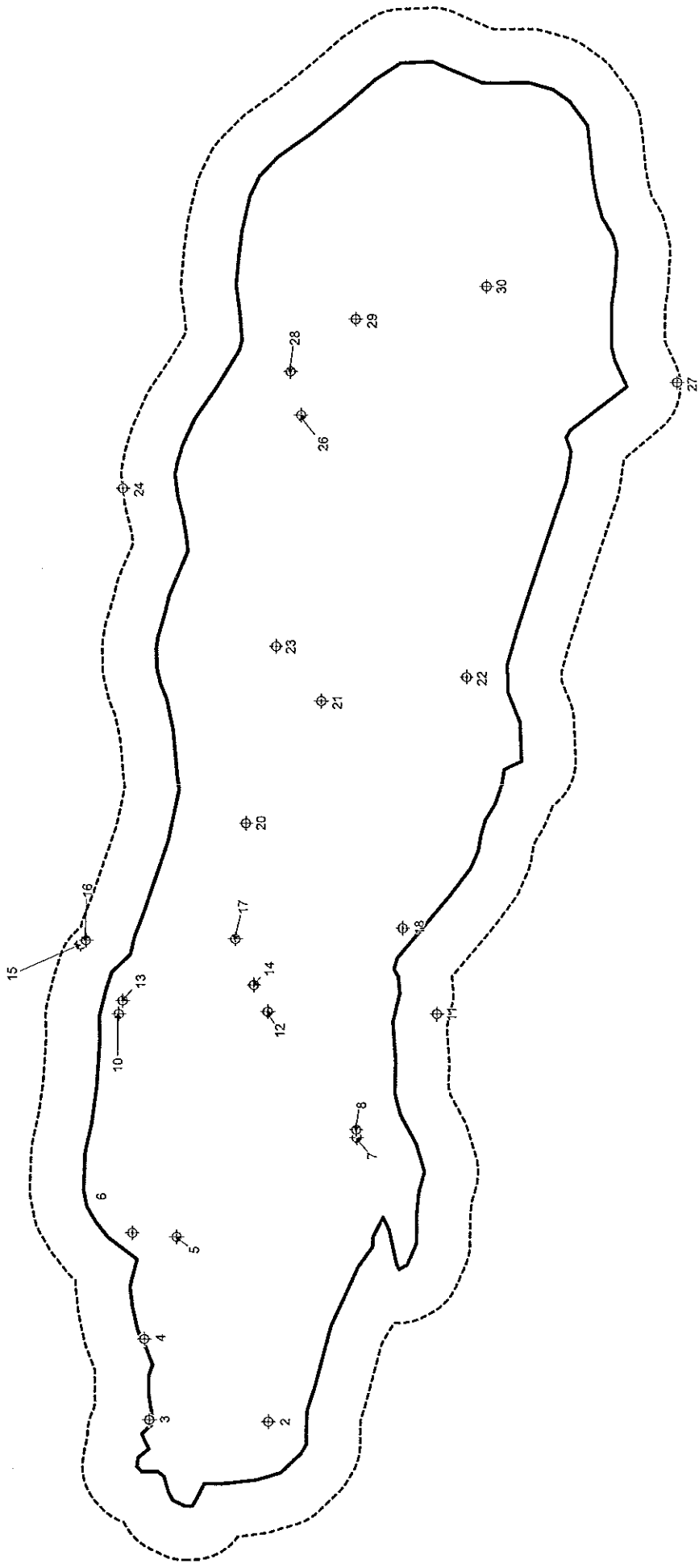




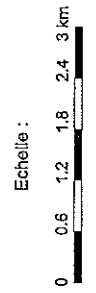


PLANCHE 2.2



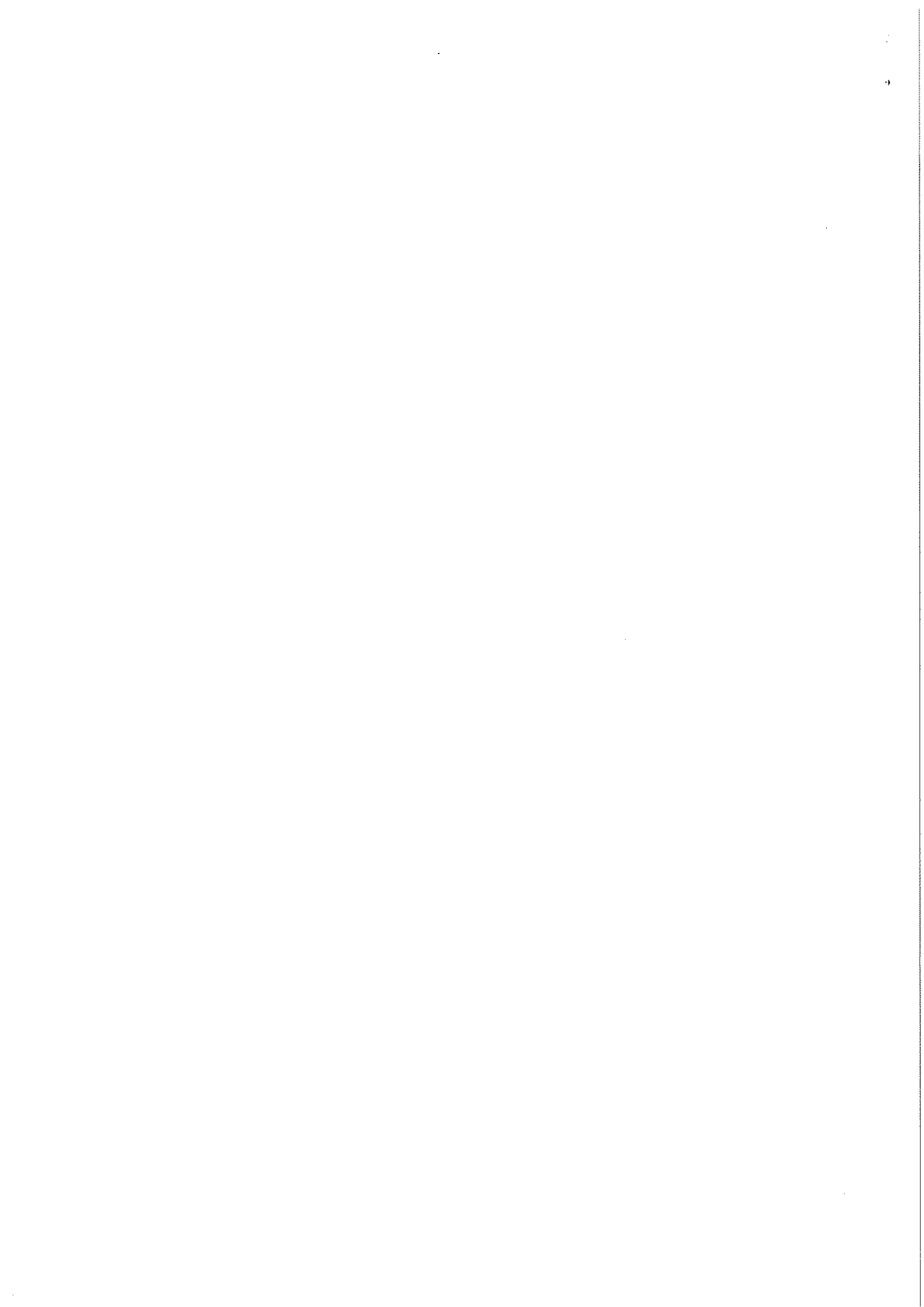
 Délémitation de l'ensemble karstique
 Nature du point d'eau
 Forage
 Source

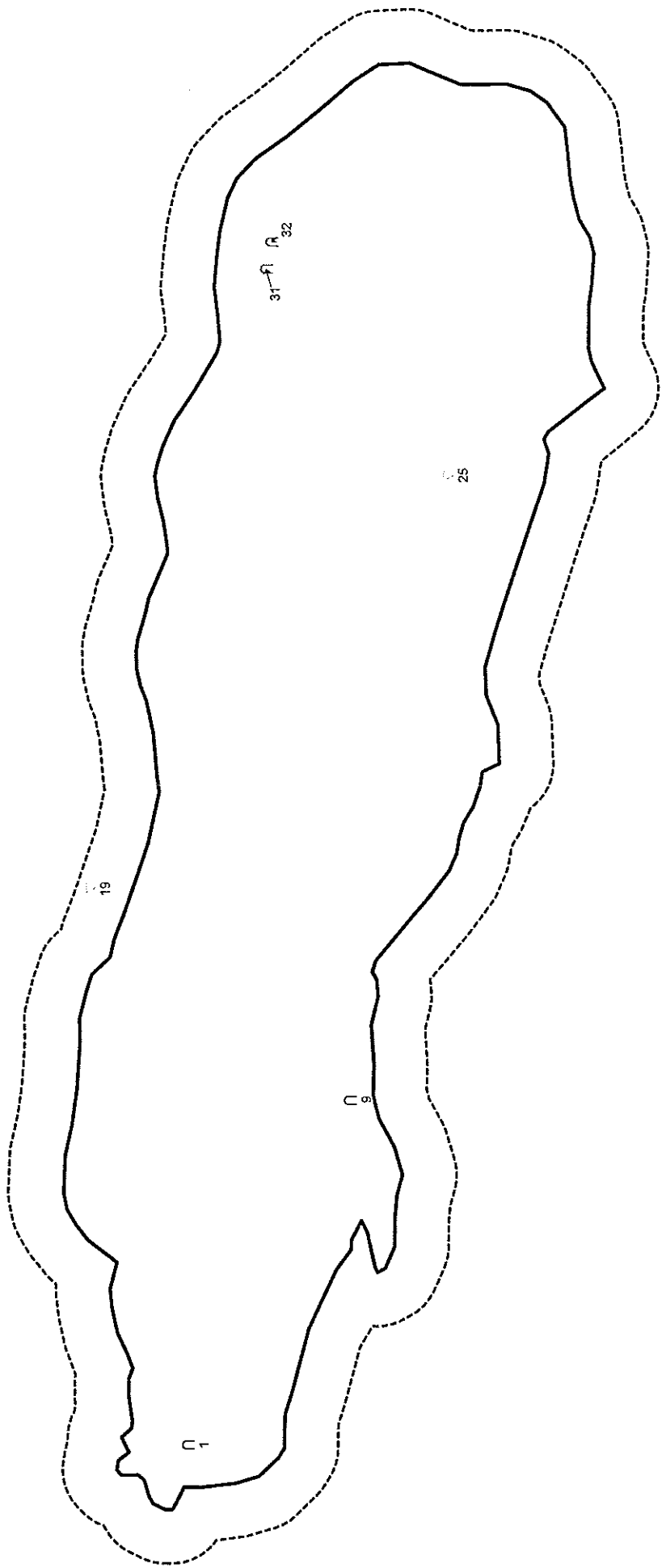


BASSIN RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE
 Etude des aquifères patrimoniaux karstiques

Forêt de SAOÛ - points d'eau







BASSIN RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE
 Etude des aquifères patrimoniaux karstiques

Forêt de SAOÛ - phénomènes karstiques

PLANCHE 2.3

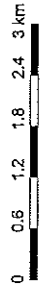
Nature du phénomène karstique

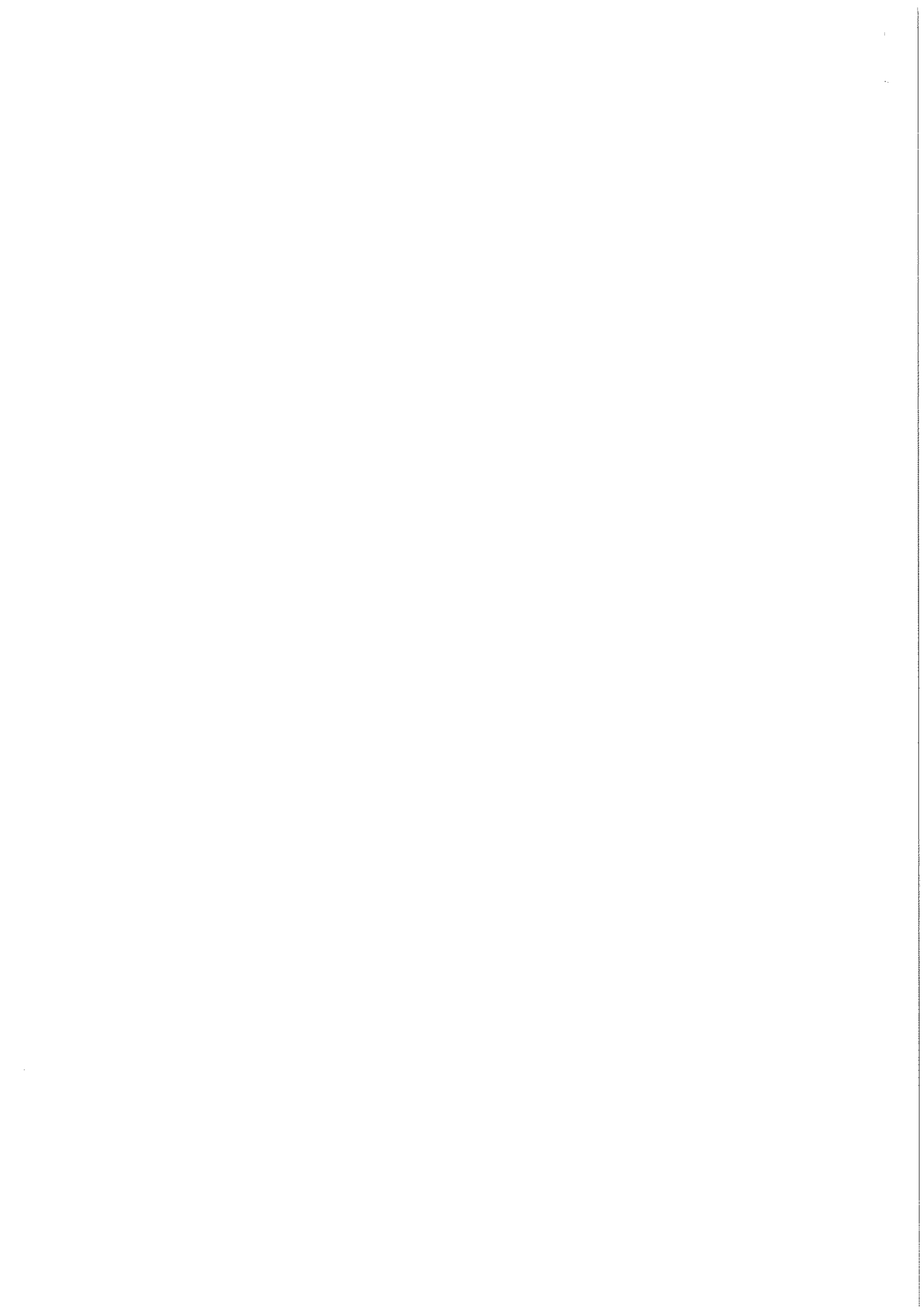
- ▾ Aven
- Grotte



Délimitation de l'ensemble karstique

Echelle :





N° NOM	COMMUNE	DEPARTEMENT	X_LAMBERT 2	Y_LAMBERT 2	Z (M NGF)	INDICE BSS	SOURCE BIBLIO.	REF. BIBLIO.	DESCRIPTION	Q. ETIAGE (L/S)	Q. CRUE (L/S)	PROF. (M)
1 Aven Saint-Médard	PIEGROS-LA-CLASTRE	DROME	820094.1638	1967012.64			Carte IGN	5				
2 Aven du puits Camille	SAOU	DROME	823929.0802	1963700.609			Carte IGN	13				
3 TERRAIN DE CAMPING	SAOU	DROME	817762	1964723	356.3	08435X0011/NO1 1	Infoterre	08435X0011	FORAGE			23
4 LE PERTUIS	SAOU	DROME	818926.423	1965550.636	387.07	08435X0010/NO8	Infoterre	08435X0010	FORAGE - ACCES, MESURE, TUBE - METAL, MASSIF - GRAVIER, CREPI NE. - PIEZOMETRE.			15.8
5 LA PRADE	SAOU	DROME	819176	1965681	395.07	08435X0012/NO9	Infoterre	08435X0012	FORAGE			29.4
6 Grotte de Roche Colombe	SAOU	DROME	814933.045	1966074.675	819		44	p.181	Développement d'environ 60 m.			
7 Grotte de la Hache	SAOU	DROME	818137.461	1964578.754			44	p.114	Développement de 80 m.			
8 Goule Fossile	SAOU	DROME	825841.1383	1965391.705	1450		44	p.105				
9 Grotte du rocher des Laveuses	SAOU	DROME	826091.3814	1965342.084	1500		44	p.181				
10 Source des Blaches	SAOU	DROME	815117.9264	1965530.137			Carte IGN	16				
11 FONT CHATTEE	AOUSTE-SUR-SYE	DROME	815132	1966625	550	08435X0015/HY	Infoterre	08435X0015	SOURCE - EXPLOITE. - EAU COLLECTIVE			
12 L'ECHÉLETTE	PIEGROS-LA-CLASTRE	DROME	815883	1966677	490	08435X0020/HY	Infoterre	08435X0020	SOURCE - EXPLOITE. - EAU COLLECTIVE			
13 PAS DE LAUSENS	SAOU	DROME	816834	1966378	490	08435X0018/HY	Infoterre	08435X0018	SOURCE - EXPLOITE. - EAU COLLECTIVE			
14 PALLOIR	SAOU	DROME	817837	1964728	355	08435X0009/HY	Infoterre	08435X0009	SOURCE - MESURE, ACCES, AMENAGE, EXPLOITE. - EAU COLLECTIVE			15

