

LES REMPLISSAGES SPELEOLOGIQUES : UN APPORT A LA CONNAISSANCE DE LA KARSTOGENESE DU MASSIF DES COULMES (VERCORS, ALPES)

par

Jean-Jacques DELANNOY¹, Jean-Louis GUENDON² & Yves QUINIF³

(17 figures et 1 tableau)

RESUME.- Une première synthèse morphogénétique et spéléogénétique du karst montagnard du Massif des Coulmes est présentée. De par leur modeste altitude moyenne (800 m), les Coulmes ne présentent pas de morphologies glacio- ou nivo-karstiques, mais une topographie polygénétique où se juxtaposent buttes et dépressions. Les rebords du Massif ont évolué durant l'encaissement quaternaire des vallées principales : l'Isère et la Bourne. Les nombreuses cavités recoupées par leurs versants témoignent de cette évolution. Des datations ²³⁰Th/²³⁴U de sédiments carbonatés permettent de proposer une reconstitution paléogéographique de l'évolution du Massif au cours du Quaternaire supérieur et moyen. Elles ont par ailleurs mis en évidence des phases karstogénétiques antérieures.

ABSTRACT.- Cave fills, as a contribution to the knowledge of the evolution of the Massif des Coulmes (Vercors, Alpes). A first morphogenetic and speleogenetic synthesis of the «Massif des Coulmes» is presented. Due to its modest average altitude (800 m), this region display neither glacio- nor nivo-karsts, but a polygenetic topography with cone-hills and depressions. The flanks of the Massif evolved during the Quaternary entrenchment of the main valleys, and numerous cavities were cut by the deepening of the valley sides. Isotopic ²³⁰Th/²³⁴U datings allowed to propose a paleogeographic reconstruction of the evolution of the Massif during the Upper and Middle Quaternary. They also revealed older karstic stages.

I.- INTRODUCTION

Situé sur le rebord occidental du Vercors septentrional, le plateau des Coulmes possède un des plus intéressants karsts montagnards de ce massif, tant du point de vue karstologique que du point de vue morphogénétique.

Cette région d'une cinquantaine de km² comporte deux cavités de plus de 15 km de développement et trois de plus de 450 m de dénivellation. L'étude morphospéléologique de ces cavités indique d'une part l'existence de paléo-drains perchés et de vastes dimensions, et d'autre part deux types d'organisa-

tion hydrogéologique. Dès lors, il était intéressant de définir la spéléogénèse en fonction du contexte paléoclimatique des Coulmes, en particulier l'absence de glaciations quaternaires sur le plateau du fait de sa modeste altitude moyenne : 800 m.

1 U.A. 903 du C.N.R.S., Institut de Géographie alpine, 17, rue M. Gignoux, F-38031 Grenoble Cédex (France).

2 U.A. 903 du C.N.R.S., Institut de Géographie, 29, rue Schumann, F-13621 Aix-en-Provence (France).

3 Centre d'Études et de Recherches Appliquées au Karst (CERAK), Faculté Polytechnique, 9, rue de Houdain, B-7000 Mons (Belgique).

L'analyse des remplissages souterrains détritiques et carbonatés (sédimentologie, datations isotopiques, ...) paraît, ici, l'outil le mieux adapté pour cerner et caler les différentes étapes spéléogénétiques. Cette démarche permet, en fonction d'une part de l'environnement spéléologique des dépôts et

d'autre part des corrélations endo-exokarsts, de proposer une reconstitution paléogéographique du massif des Coulmes au cours du Quaternaire récent et moyen, ainsi que de mettre en évidence de vieilles phases de karstification (Quaternaire ancien, Pliocène, ...).

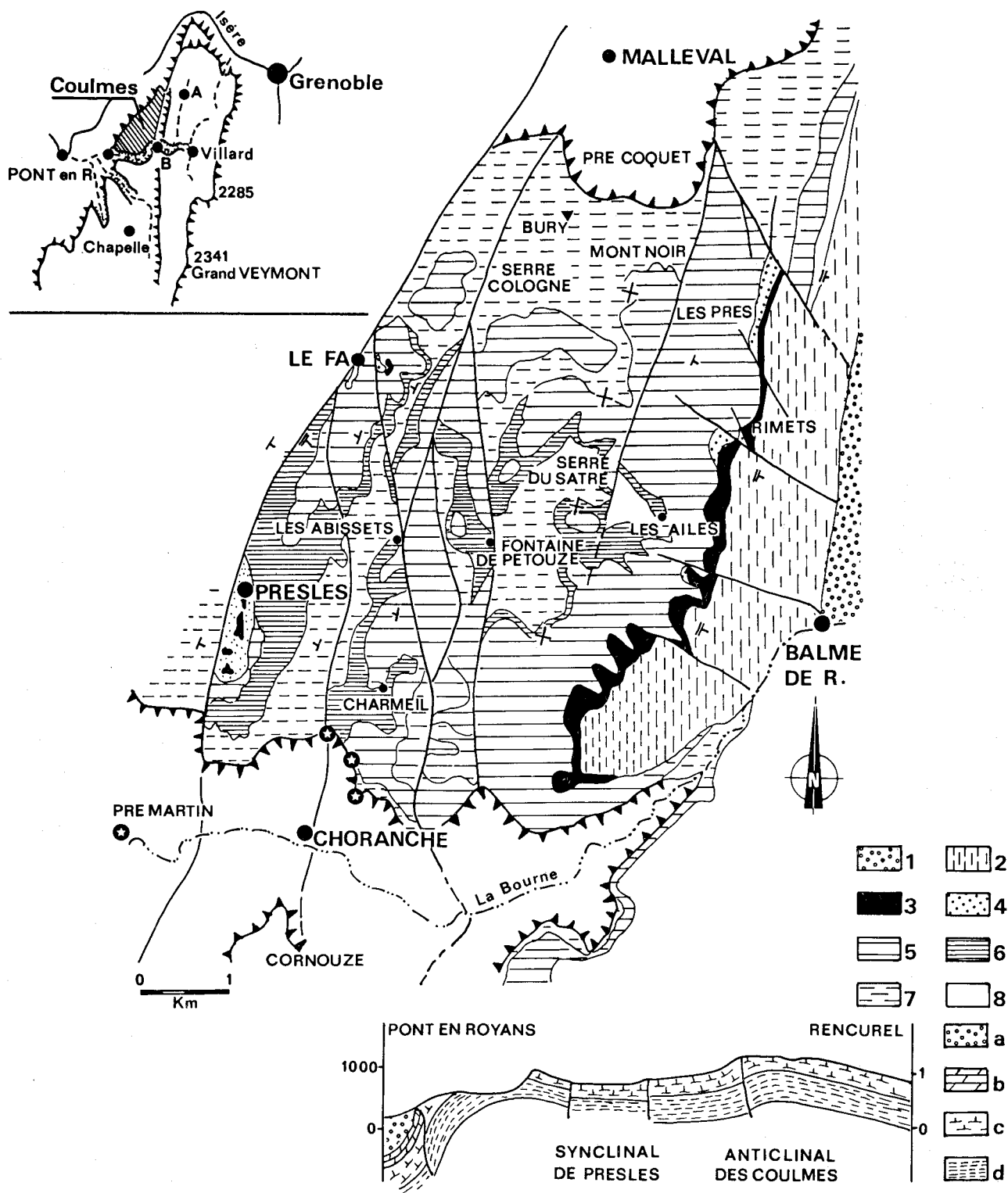


Fig. 1.- Carte et coupe géologique du massif des Coulmes-Presles (Vercors).

1. molasse miocène ; 2. calcaires sénoniens ; 3. lumachelle ; 4. couches à orbitolines ; 5. calcaires à faciès urgonien ; 6. couches à orbitolines bédouliennes ; 7. calcaires barrémiens à faciès urgonien ; 8. mamo-calcaires hauteriviens ; a. molasse miocène ; b. calcaires sénoniens ; c. calcaires à faciès urgonien (s.l.) ; d. mamo-calcaires hauteriviens.

II.- LE CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL

A.- LE CADRE LITHO-STRUCTURAL

Le karst des Coulmes se développe quasi-exclusivement dans les calcaires du Barrémien-Bédoulien qui constituent l'ossature du massif. Ils se disposent en un lourd anticlinorium de direction sub-méridienne qui se raccorde, à l'Est, au synclinal médian (Rencurel - St-Agnan) et qui plonge vigoureusement, à l'Ouest, sous la plaine molassique du Bas-Dauphiné. Ce dispositif simple est néanmoins affecté par une fracturation et des ondulations synclinales de même direction ou légèrement obliques par rapport à l'axe du pli. Les accidents cassants majeurs sont la faille coulissante de Presles et sa faille satellite des Abissets-Cornouze entre lesquelles se situe l'ensellement synclinal de Presles. A l'Est de l'accident de Cornouze, s'agence la gouttière synclinale de Pré Coquet-Pétouze qui influence l'organisation hydrogéologique du massif. Cette ondulation de pendage axial dirigé vers le Sud est bordé, à l'Est, par un anticlinal sur lequel se répartissent les points culminants des Coulmes (Mont Noir : 1 475 m ; Serre du Sâtre : 1 411 m). Ce pli franchement dissymétrique qui plonge vigoureusement vers le synclinal médian, contribue à la dispersion du drainage karstique : à l'Ouest de l'axe anticlinal, les circulations rejoignent la gouttière de Pré Coquet-Pétouze alors qu'à l'Est les drains souterrains s'organisent en fonction du synclinal médian (Rencurel).

Le domaine étudié est limité par la faille de Presles et le synclinal médian ; la limite méridionale est constituée par la vallée de la Bourne qui recoupe transversalement le dispositif structural.

La répartition litho-stratigraphique révèle que le massif des Coulmes a subi une puissante ablation depuis son émergence post-sénonienne. En dehors du fond du synclinal de Presles et de la base du rebord oriental du massif, les assises de l'Aptien supérieur et Albien (lumachelle) et du Crétacé supérieur (calcaires sénoniens) n'affleurent plus sur les Coulmes. Il existe quelques reliques dans des poches karstiques (flanc supérieur oriental du massif : Goulardièrre, les Rieux, ...) qui ont été fossilisées par la lumachelle ; ceci indiquerait que ce secteur déjà émergé à l'Aptien inférieur terminal avait subi une première karstification. La sédimentation miocène qui est restée localisée aux rides synclinales du Royans et du Vercors médian n'a pas affecté les Coulmes émergées depuis le Crétacé supérieur terminal. Quelques témoins molassiques situés sur le

rebord oriental (replat Côte-Moras : 1 150 m) fossilisent une topographie karstique (dolines, fentes de lapiés, poches de sables éocènes, ...).

Les assises du Barrémo-Bédoulien présentent divers faciès en fonction du degré d'ablation de l'anticlinorium : faciès urgonien de l'Aptien inférieur, faciès bioclastique du Barrémien supérieur... (fig. 1) (Arnaud Vanneau, 1980). L'ensemble de ces assises carbonatées qui s'épaissit vers le Sud (250 m au niveau du cirque de Choranche) repose sur les mammo-calcaires hauteriviens qui jouent un rôle fondamental dans l'organisation du drainage karstique. Les assises du Valanginien calcaire affleurent dans le cœur de la cluse de Choranche.

B.- LE MODELE KARSTIQUE

1.- La zone sommitale des Coulmes

La région sommitale des Coulmes se caractérise par une juxtaposition de buttes et de dépressions (fig. 2). Les reliefs se profilent en de lourds mamelons développés dans les calcaires barrémo-bédouliens. Si l'alignement de ces reliefs est d'origine structurale, l'essentiel des buttes résulte du défoncement du plateau par les dolines qui peuvent atteindre une dénivellation de près de 100 m. Cette évolution semble s'être agencée à partir d'une surface légèrement inclinée vers le SSW ; la sub-égalité altitudinale du sommet des buttes est assez remarquable. Les escarpements qui limitent cette région tronquent les buttes ; on retrouve au-delà des gorges de la Bourne un relief similaire qui semble prolonger les Coulmes : Cornouze.

Bien que cette région du Vercors ait évolué sous influence périglaciaire lors des épisodes froids du Quaternaire, les buttes sont exemptes de dépôts de pente (éboulis, grèzes, ...). La base des reliefs et le fond des dépressions sont colmatés par une formation argilo-limoneuse qui semble en place, contenant des grains de quartz corrodés. Ce matériel surmonte un lapié aux formes arrondies (fig. 3). Dans les dolines, ce matériel d'un à deux mètres d'épaisseur est recouvert par une formation brunâtre limoneuse qui peut porter un sol noirâtre riche en charbon de bois (40-50 cm) issu des nombreuses charbonnières des siècles derniers (forges à canon de St-Gervais/Isère).

Cette topographie particulière pourrait résulter d'une très vieille évolution sous une couverture d'altération : les limons argileux à quartz usés seraient les témoins de cette ancienne altérite. Ce karst de

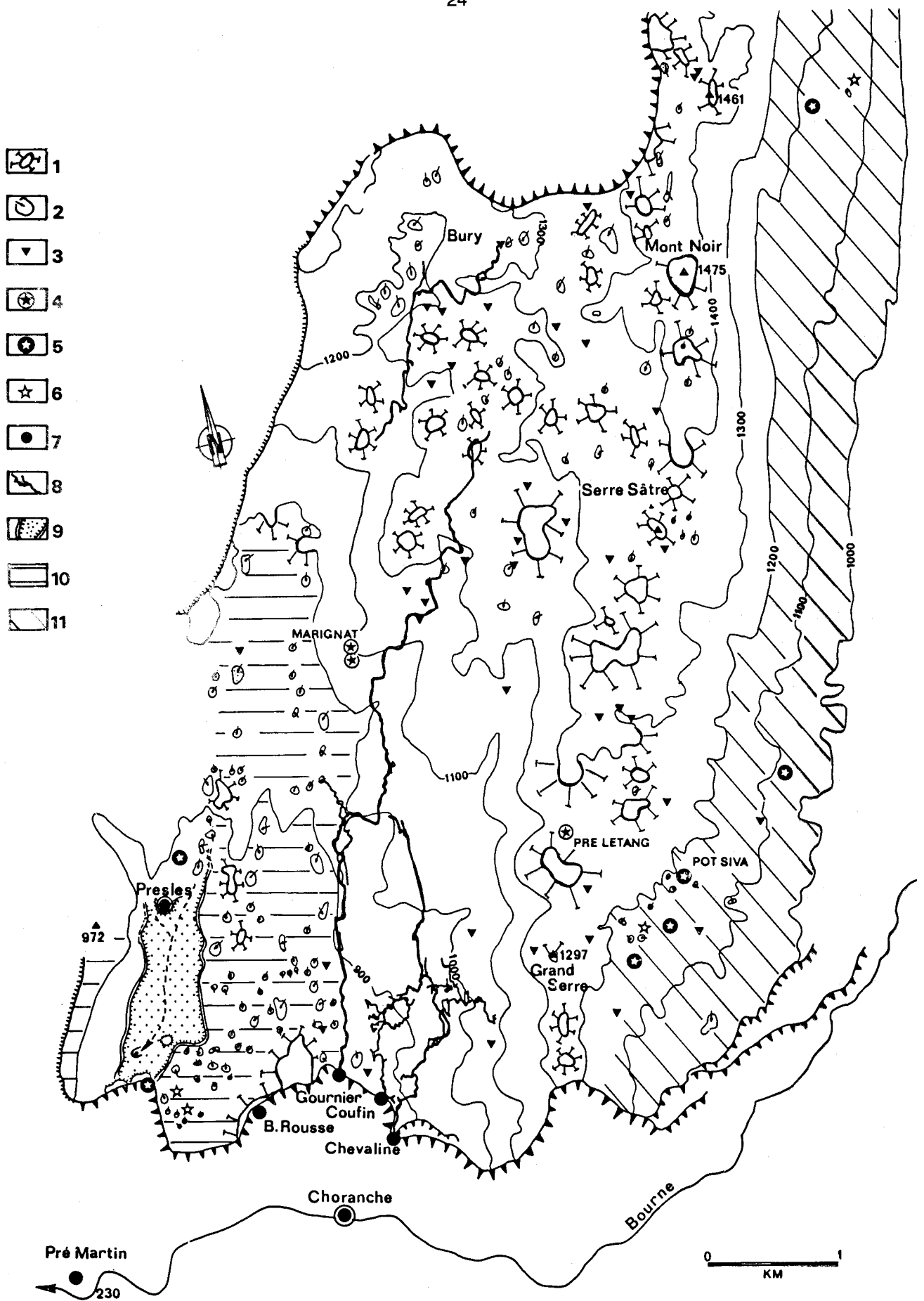


Fig. 2.- Carte géomorphologique du massif des Coulmes-Presles.

1. relief à buttes; 2. dépression karstique; 3. gouffre; 4. cavité recoupée; 5. cavité-filon; 6. poche (racine) d'altération; 7. émergence karstique; 8. réseau souterrain; 9. poljé; 10. plans de Presles; 11. rebord oriental des Coulmes.

type conique, issu d'une corrosion sous couverture et caractérisé par l'absence de dépôts de versants, s'est agencé à partir d'une «surface initiale» suggérée par la subégalité des reliefs et le tronquage des assises crétacées. Les rares clapiers qui se développent sur les flancs des buttes sont le fait d'un soutirage plus récent et du démantèlement des cryptolapiés.

médiaire (S_2) sont approximativement à la même altitude et semblent se raccorder au sommet des hums du poljé de Presles. De ce fait, ces dolines pourraient se rattacher à un paléo-fond du poljé de Presles correspondant au sommet des hums.

Le niveau-plan (S_1) qui passe par le faite des mamelons de ce domaine, se prolonge à l'ouest du poljé où il tronque l'anticlinal de Serre Cocu.

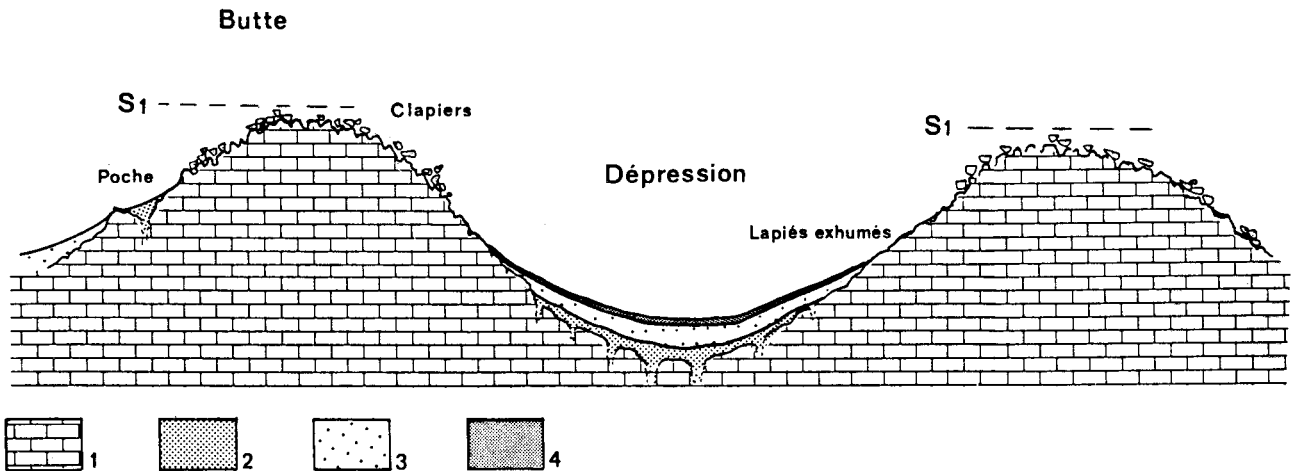


Fig. 3.- Coupe schématique du karst à buttes.

1. calcaires à faciès urgonien ; 2. altération argilo-limoneuse en place ; 3. colluvions ; 4. couverture pédologique ; S_1 . «surface miocène».

2.- Le poljé de Presles

Le poljé de Presles est le point bas du plateau des Coulmes-Presles (850-820 m). Cette dépression de plus d'un kilomètre de longueur présente une pente vers le Sud drainée par un cours d'eau temporaire qui se perd dans un petit ponor (scialet des Trésors). Quelques hums d'une vingtaine de mètres de hauteur accidentent le fond plat de la dépression (fig. 2). Le poljé de Presles doit sa dissymétrie transversale au dispositif structural qui a commandé la localisation de la dépression : enlèvement synclinal encadré par deux fractures dont celle de Presles. Bien que le fond du poljé soit actuellement remblayé par un matériel hétérogène, il apparaît que celui-ci doit son extension latérale à des aplanissements karstiques qui tronquent les calcaires barrémo-bédouliens. Entre ce poljé et la partie sommitale des Coulmes se développe un espace-plan situé entre 950 et 900 m et démantelé par de nombreuses dolines. Ce défonçage karstique confère à ce domaine une topographie de mamelons isolés dominant des zones à dolines. En dehors des secteurs proches des gorges de la Bourne où des soutirages ponctuels accidentent les dolines, les fonds des dépressions du replat inter-

3.- Le rebord oriental des Coulmes.

Sur le rebord oriental des Coulmes, qui se raccorde au val de Romeyère-Rencurel ou qui domine les gorges de la Bourne, se développent des surfaces karstiques inclinées souvent démantelées et accidentées de dolines rocheuses disposées en escalier. Ces surfaces décapitent en de nombreux points de vieux réseaux souterrains et des poches d'altération.

Les paléo-cavités qui se développent dans la partie supérieure des calcaires à faciès urgonien (Aptien supérieur), s'agencent en des réseaux rectilignes (fig. 4). Ces cavités-filons contiennent des remplissages contemporains de leur activité ; ils se disposent en fonction de la séquence suivante, de bas en haut :

- une formation sableuse litée avec alternance de niveaux fins jaunâtres et de niveaux plus grossiers riches en quartz ovoïdes et usés. Une induration calcitique secondaire peut affecter ces sables. Ces quartz proviennent du faciès gréso-calcaire sénonien dont on ne retrouve actuellement aucun témoin sur les Coulmes mais qui affleure sur le Bois de l'Allier. L'étude des minéraux lourds confirme la parenté entre ces remplissages karstiques et ce

faciès sénonien. Ce dépôt détritique a été mis en place par ruissellement (bon tri granulométrique) ;

- des dômes et des planchers stalagmitiques qui peuvent atteindre un mètre d'épaisseur ;
- un matériel très hétérogène où se mêlent, dans une matrice argileuse brunâtre, des débris de concrétions et de blocailles calcaires qui proviennent de l'effondrement de la voûte (Balme Rien-dre, Fond Sala, ...). Dans certains cas, comme la cavité de Pot Siva, les débris sont constitués d'éléments de l'Aptien terminal qui constituaient le toit de la cavité et qui n'affleurent plus actuellement dans ce secteur.

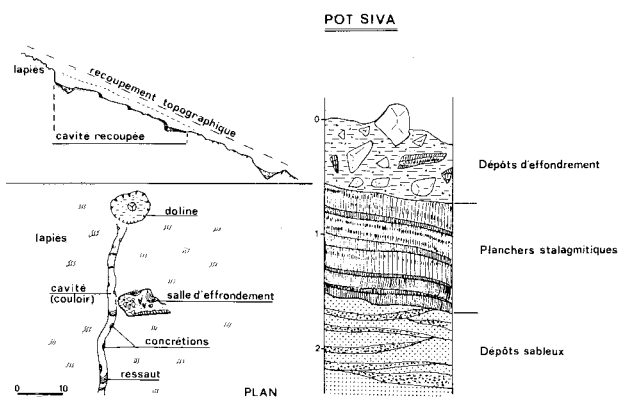


Fig. 4.- Cavité-filon de Pot Siva (rebord oriental).

Ces cavités-filons se raccordent souvent à des dolines (site d'anciennes salles souterraines ?) dont le colmatage est également pourvu en limon jaunâtre riche en grains de quartz usés.

Bien qu'on rencontre surtout ces paléo-cavités sur le rebord oriental des Coulmes du fait de leur tronquage, elles se développent également dans la région sommitale. Ces anciennes cavités sont recoupées soit par des dolines (Pra Létang, ...), soit par des versants de raccordement à la dépression de Presles (grottes de Marignat, des bœufs, Valet, ...). Dans le cas de la grotte de Marignat, un couloir aérien la prolonge ; ce couloir est le témoin d'une extension plus importante de la cavité, puisqu'on trouve sur ses parois de vieux planchers stalagmitiques et des remplissages détritiques (fig. 5).

Sur ce rebord oriental existent également plusieurs témoins de paléo-karstogenèse. Ces témoins présentent des faciès variés sensiblement différents de ceux rencontrés dans la partie sommitale :

- des lambeaux de formation du Miocène supérieur altérés, caractérisés par la présence de galets de radiolarites, recouvrant un lapiaz aux formes arrondies ;

- des poches dont le remplissage diffère en fonction du contexte géologique : argiles blanchâtres dans les calcaires à faciès urgonien, argiles jaunes calcitisées et sables calcitiques à Entroques dans les assises sénoniennes.

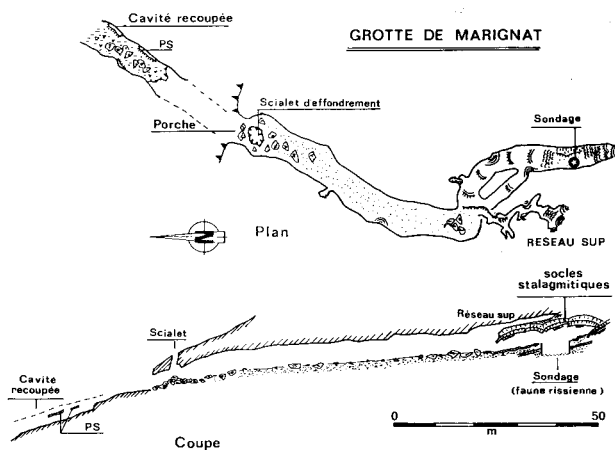


Fig. 5.- Coupe et plan de la grotte de Marignat et de son prolongement aérien.

Ces formes et formations résultent, sans doute, de l'altération *in situ* des matériaux détritiques et de la karstification sous couverture du substratum. Les poches correspondraient aux racines de cette vieille altération (post-miocène) et confirmeraient l'importance de la crypto-corrosion évoquée dans l'analyse de la partie sommitale des Coulmes.

De cette étude de l'exokarst ressort la notion de polygénie de la morphologie des Coulmes. Ce massif a évolué sous une couverture d'altération dont on retrouve quelques racines et formations et qui est responsable de la topographie à buttes. Parallèlement à cet épisode, dont il reste à définir l'âge, un karst hypogé a pu s'organiser. Le décapage des reliefs et des rebords du massif, l'approfondissement des dolines, le recouplement et le décapitage de cavités séniles, qui témoignent de la dégradation de cette paléo-topographie karstique, seraient à mettre en relation avec les épisodes froids quaternaires et l'encaissement de la Bourne, dont on sait qu'il est en grande partie contemporain de ces épisodes.

L'existence d'une longue évolution karstique des Coulmes est confirmée par l'étude du karst souterrain.

III.- LE KARST SOUTERRAIN

Le massif des Coulmes (s.l.) se caractérise par une bonne densité de cavités (0,9/km²) dont deux de plus de 15 km de développement et trois de plus de 450 m de dénivellation (fig. 6 et 7) et par un drainage quasi souterrain.

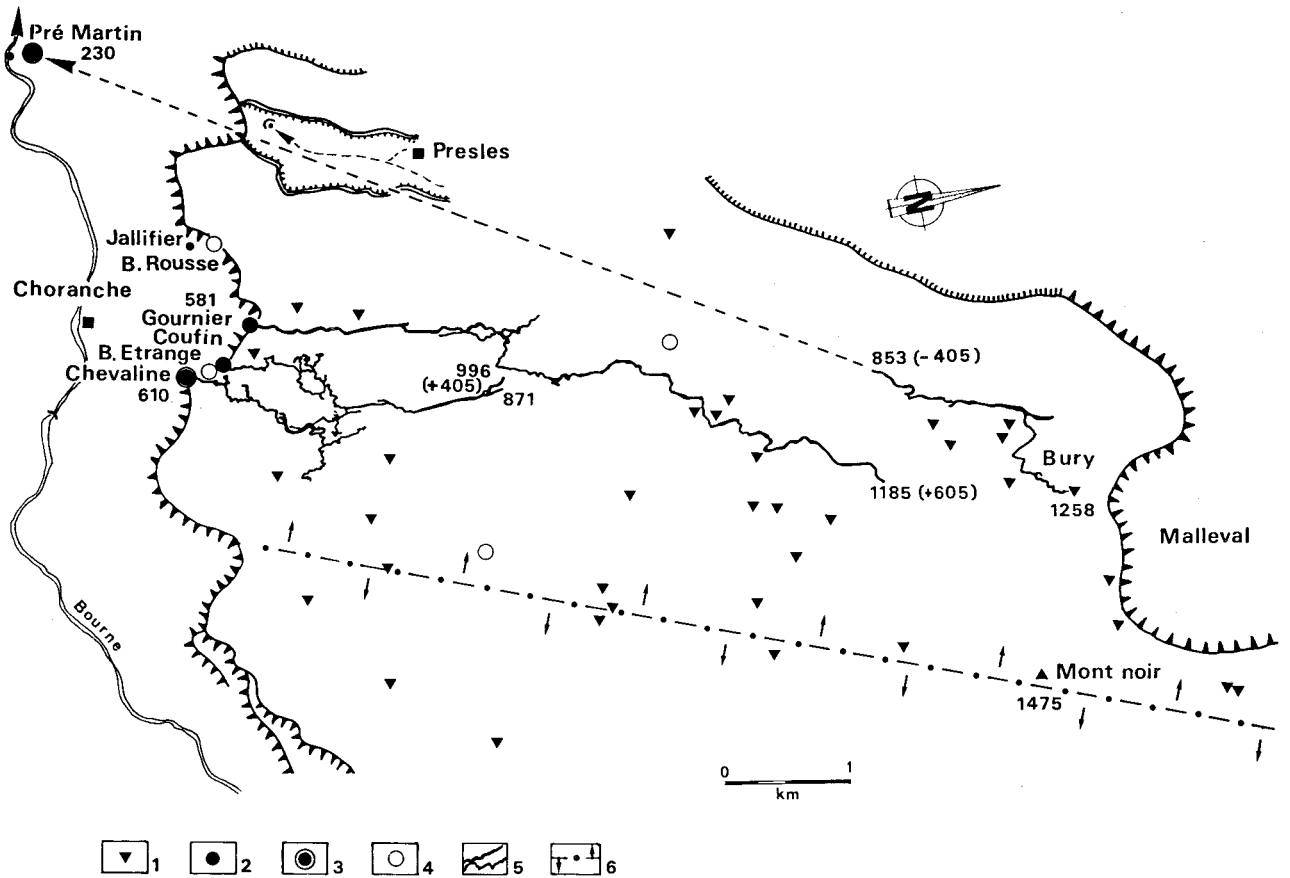


Fig. 6.- Dispositif spéléologique du massif des Coulmes.

1. gouffre; 2. émergence; 3. émergence temporaire; 4. grotte fossile; 5. réseau souterrain; 6. axe anticlinal: axe de dispersion hydrogéologique.

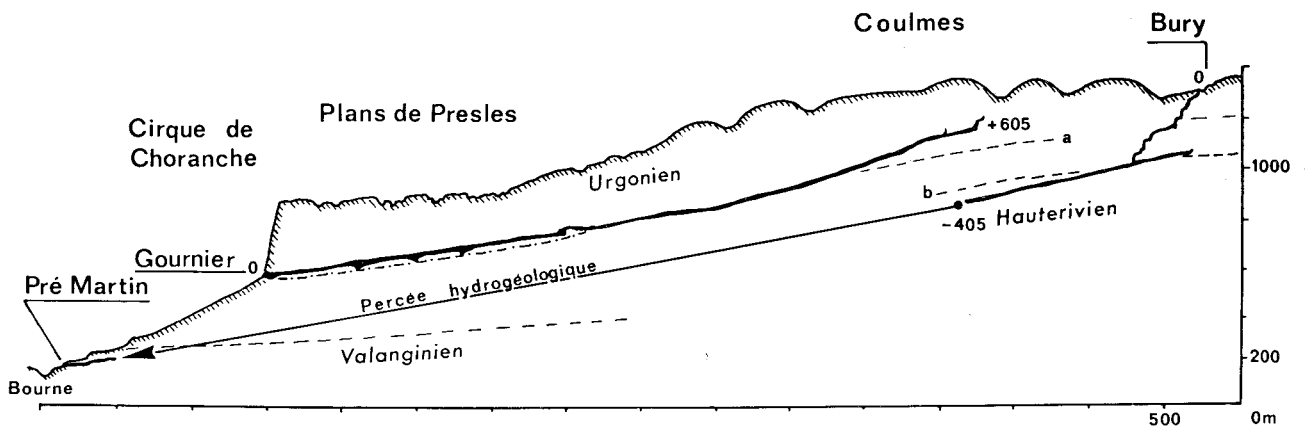


Fig. 7.- Organisation hydrogéologique du massif des Coulmes.

- a. niveau hauterivien dans la Combe Ravassière-Archer (Gournier); b. niveau hauterivien dans la Grande Combe (Bury).

Les circulations souterraines sont calquées soit sur le niveau lithologique hauterivien (grottes du cirque de Choranche : Sources Jallifier, Gournier, Coufin et Chevaline), soit sur le niveau de base qu'est la Bourne (Sources Odier, Grotte de Pré Martin, ...). Les cavités liées à ces deux types d'organisation hydrogéologique présentent des morphogénèses bien différenciées.

A.- LES GROTTES DU CIRQUE DE CHORANCHE

Les grottes du cirque de Choranche s'ouvrent au pied des escarpements urgoniens. Ces émergences sont perchées à plus de 300 m au-dessus de la Bourne.

Ces cavités présentent un étagement de réseaux : le premier perché et fossile est de vastes dimensions et le second actif et méandrique (fig. 8).

Les réseaux actifs de Coufin et de Chevaline, drainés par deux circulations bien spécifiques, possèdent deux générations de planchers stalagmitiques perchés respectivement à 2,5 et 1,4 m. Les écoulements actuels sont à l'origine du plancher qui colmate la base du méandre.

Ces réseaux méandriques sont surmontés par des tronçons de galeries fossiles : salle Pommier, Chevaline Haute, ... qui peuvent être perchées à plus de 100 m au-dessus des drains actuels. Au travers de l'étude morphologique, il apparaît que ces tron-

çons de galeries appartiennent à un même système, dont l'exutoire était Balme Etrange située 60 m au-dessus de l'émergence de Coufin. Ce paléo-collecteur agencé en régime noyé possède des placages de paroi argileux rougeâtres et quelques dépôts sableux contenant des quartz usés et des débris ferrugineux rappelant les éléments du paléomanteau d'altération des Coulmes. Quelques circulations fonctionnelles recoupent ces galeries et se perdent dans de vastes entonnoirs pour rejoindre les drains sous-jacents par l'intermédiaire de méandres de raccordement.

Les réseaux de Gournier restent plus ou moins superposés (en fonction de la faille sur laquelle s'est greffée la cavité). A l'amont de la côte + 495 m, les deux réseaux sont confondus en une même galerie. En deçà, la rivière draine un réseau méandrique. Le paléo-collecteur de vastes dimensions (10 à 25 m de diamètre), agencé en conduite forcée, est accidenté par de nombreux écroulements et est richement concrétionné. En divers points de la galerie, on relève plusieurs générations de concrétionnement.

Les paléo-collecteurs de Coufin-Chevaline et de Gournier ainsi que les paléo-exutoires de Balme Etrange et de Balme Rousse (paléo-émergence des Sources Jallifier) confortent l'hypothèse d'une vieille karstification des Coulmes. Un autre élément renforce la notion d'héritage de ces réseaux : le système souterrain Bury-Pré Martin.

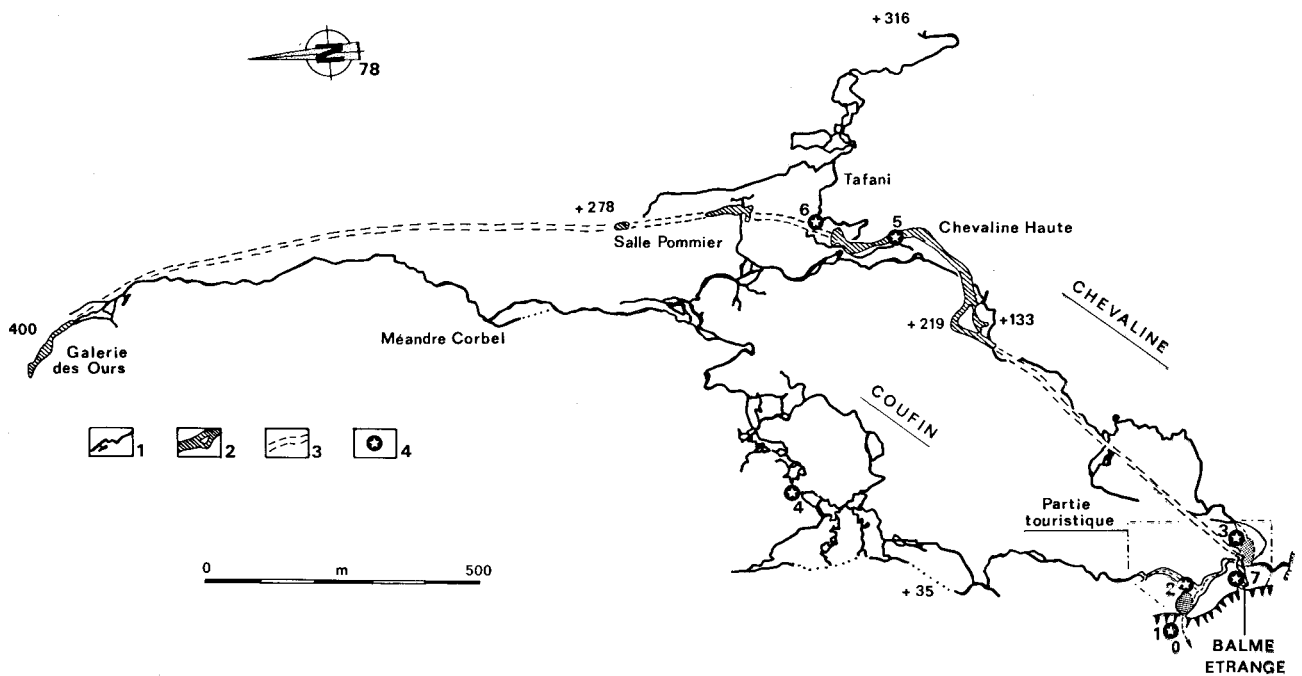


Fig. 8.- Les réseaux étagés du système souterrain de Coufin-Chevaline.

1. réseaux inférieurs actifs ; 2. tronçons de galeries fossiles et perchés ; 3. galerie supposée ; 4. sites de prélèvement pour datation radiométrique.

B.- LE SYSTEME SOUTERRAIN BURY-PRE MARTIN

La grotte de Bury s'ouvre au nord du massif des Coulmes (1258 m). Cette cavité se profile en un réseau à méandres et à puits développés dans les calcaires barrémiens et présente de nombreuses similitudes avec les réseaux inférieurs de Coufin-Chevaline (plusieurs générations de dépôts carbonatés). Ce réseau se raccorde à un collecteur basal calqué sur l'accident Pas du Coquet-les Alyssets. Les réseaux avals de Bury, qui se développent au contact et dans les marno-calcaires hauteriviens, se situent environ 230 m sous les réseaux amonts de Gournier. Si les circulations de Gournier restent dépendantes du niveau lithologique hauterivien, les drains de Bury se profilent en fonction du talweg de la Bourne : émergences d'Odier et de Pré Martin (240 m). Cela implique à la fois une traversée des assises hauteriviennes (vraisemblablement facilitée par l'accident des Alyssets) et un agencement corrélé à l'encaissement quaternaire de la Bourne. En effet, l'émergence temporaire de Pré Martin se situe quasi au niveau des lambeaux de terrasses qui subsistent dans les gorges de la Bourne (fig. 9). Ces témoins alluviaux sont à raccorder aux terrasses würmiennes de la Bourne à son débouché dans le Royans (les Plants-Mas Aubervives, ...). Quatre-vingts mètres au-dessus de Pré Martin, se développe le replat de Lambertièrre (310 m) sur lequel repose un matériel alluvial altéré. Ce témoin, de par sa distribution et son altération, correspond au niveau alluvial du Riss I défini dans le Royans par Mandier (1984) : les Armands, Village vieux... Ces faits sont induits par un puissant creusement de la Bourne post-Riss I, durant lequel s'est agencé le réseau de Pré Martin.

Au travers de l'étude spéléomorphologique, on distingue :

- des réseaux méandriques actifs agencés soit en fonction du niveau lithologique hauterivien (réseaux inférieurs de Coufin-Chevaline et de Gournier), soit en fonction du talweg de la Bourne dont on sait que l'encaissement basal date du Quaternaire moyen et récent ;
- des paléo-collecteurs, agencés en régime noyé, qui sont actuellement perchés et déconnectés des circulations karstiques. Ils seraient les témoins de vieilles karstifications du massif.

L'étude des remplissages souterrains détritiques et carbonatés, contenus dans ces deux types de réseaux, permet d'aborder la spéléogénèse des Coulmes et de mieux saisir la morphogénèse du massif.

IV.- LES REMPLISSAGES SOUTERRAINS ET LEUR INTERPRETATION MORPHOGENIQUE

A.- LES DONNEES METHODOLOGIQUES

Les remplissages détritiques argilo-sableux ont été traités selon les méthodes classiques de la sédimentologie : granulométrie, définition du tri, morphoscopie, pétrographie, ... (Laboratoire Masseport, I.G.A. Grenoble). Les argiles et les minéraux lourds ont également été définis.

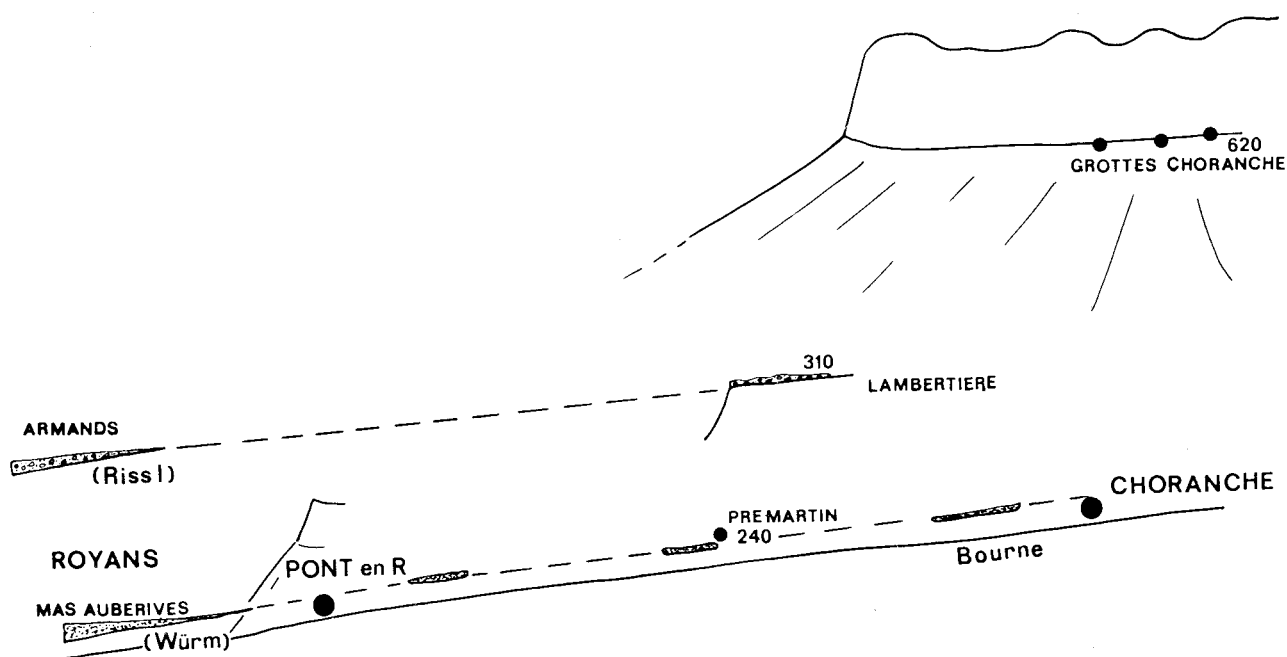


Fig. 9.- Situation de la grotte de Pré Martin (Gorges de la Bourne) par rapport aux terrasses quaternaires de la Bourne.

Sont inclus dans cette étude les résultats préhistoriques et paléontologiques issus des fouilles des porches de Coufin et de Balme Rousse.

Des datations isotopiques $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ont été réalisées sur les dépôts carbonatés endokarstiques susceptibles de caler les chronologies relatives. L'essentiel de ces datations a été fait au Laboratoire du CERAK, à la Faculté Polytechnique de Mons (Belgique) grâce à un financement de l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble.

L'ensemble de ces analyses, corrélées entre elles et avec les dépôts exokarstiques, est un véritable traceur de l'évolution paléogéographique du massif.

B.- LES ECHANTILLONS DANS LEUR ENVIRONNEMENT SPELEOLOGIQUE ET LEUR INTERPRETATION MORPHOGENETIQUE

Les échantillons sont présentés dans un ordre chronologique, en fonction des résultats des data-

tions et de leur environnement morpho-sédimentaire. Pour l'étude du Quaternaire, nous nous référons aux chronologies récentes et aux travaux de Mandier (1984) sur le Bas-Dauphiné.

1.- Balme Rousse

Cette cavité qui s'ouvre à 650 m d'altitude, dans le cirque de Choranche, est la paléo-émergence des sources Jallifier (système hydrogéologique de Presles). Cette grotte est rapidement obstruée par un colmatage carbonaté. Deux porches superposés caractérisent le terme aval de la cavité (fig. 10).

Dans le porche inférieur, une campagne de sondage préhistorique permet de connaître la stratigraphie du remplissage sur une profondeur de 4 m (Bintz, 1985). A la base actuelle du sondage, se développe un plancher stalagmitique bien cristallisé.

BALME ROUSSE

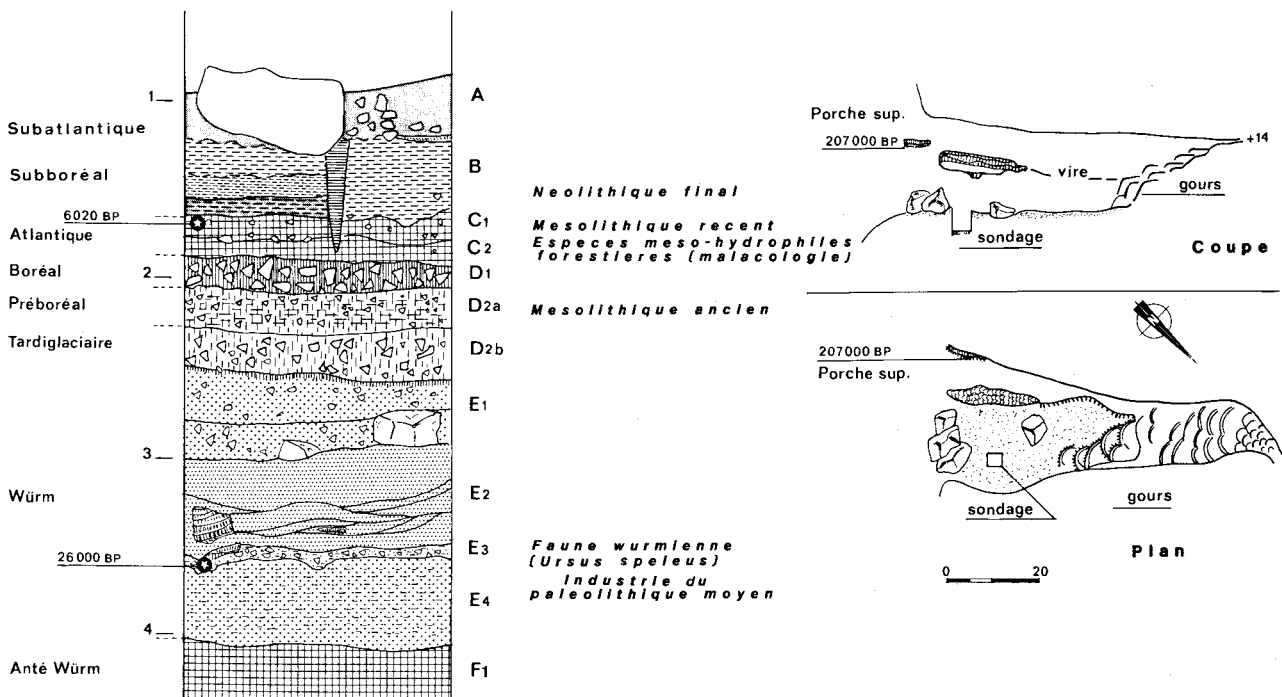


Fig. 10.- Coupe et plan de Balme Rousse (Cirque de Choranche). Coupe stratigraphique du sondage préhistorique (d'après les fouilles de Bintz).

Vers le sommet, ce plancher devient plus argileux et se dispose en feuillets contenant de plus en plus d'éléments détritiques qui soulignent un changement hydro-climatique (F1). Ce changement est confirmé par le matériel sus-jacent franchement détritique (E3-E4) : niveaux caillouteux dans une matrice argilo-sableuse contenant de la faune würmienne en place datée de 26 000 BP (Caillat *in* Bintz, 1985). Après une courte passée indurée, le sédiment mieux trié et disposé en lits pouvant s'entrecroiser exprime un drainage de la cavité. Au sommet de cette série, le dépôt contient de plus en plus de débris stalagmitiques et calcaires sub-anguleux (E1). Ce matériel cryoclastique devient prépondérant jusqu'à former une brèche (D1) ; en fonction du contexte bio-climatique défini par l'anthracologie et la malacologie (*in* Bintz, 1985) et du calage préhistorique, la couche cryoclastique D2b correspond au Tardiglaciaire.

Le Préboréal s'exprime dans ce remplissage par un niveau plus argileux (D2a), témoignant d'un court épisode plus humide. Ce dépôt cryoclastique a été ensuite induré par des infiltrations sursaturées en carbonates qui s'expliquent par un réchauffement confirmé par les dépôts tufeux sus-jacents (C). Cette formation contient des espèces mésohydrophiles et forestières (malacologie) caractéristiques de l'ambiance chaude et humide de l'Atlantique ; une datation de débris osseux contenus dans le tuf donne un âge de $6\,020 \pm 150$ BP (Evin *in* Bintz, 1981). Sur ces tufs, se présente un matériel remanié contenant des vestiges préhistoriques d'âge subboréal.

L'intérêt de cette coupe est d'une part de saisir les tonalités morpho-climatiques du Quaternaire récent dans le cirque de Choranche et d'autre part de révéler le fonctionnement de Balme Rousse durant ces épisodes. Cependant, de par les données sédimentologiques (absence de ravines dans les dépôts sableux, dépôts tufeux d'eau calme, non-évacuation des témoins préhistoriques, ...), le drainage de Balme Rousse devait être fort modeste, ce qui incite à penser que l'essentiel des écoulements se dirigeait déjà vers les sources Jallifier.

Le porche supérieur, en conduite forcée, a sa base colmatée par un plancher stalagmitique qui fossilise une formation alluviale sablo-graveleuse bien triée. Ce paléo-exutoire a été recoupé par la corniche (écroulement d'un pan d'escarpement) comme l'attestent les témoins stalagmitiques accrochés à la paroi. La datation de ce plancher donne un âge de $207\,000$ BP (+ $81\,000$ / - $44\,700$), soit un dépôt contemporain de l'interglaciaire Riss I- Riss II, ce qui induit un creusement rissien II du porche inférieur de

Balme Rousse (celui-ci étant creusé et fonctionnel au Würm : cf. coupe du porche inférieur).

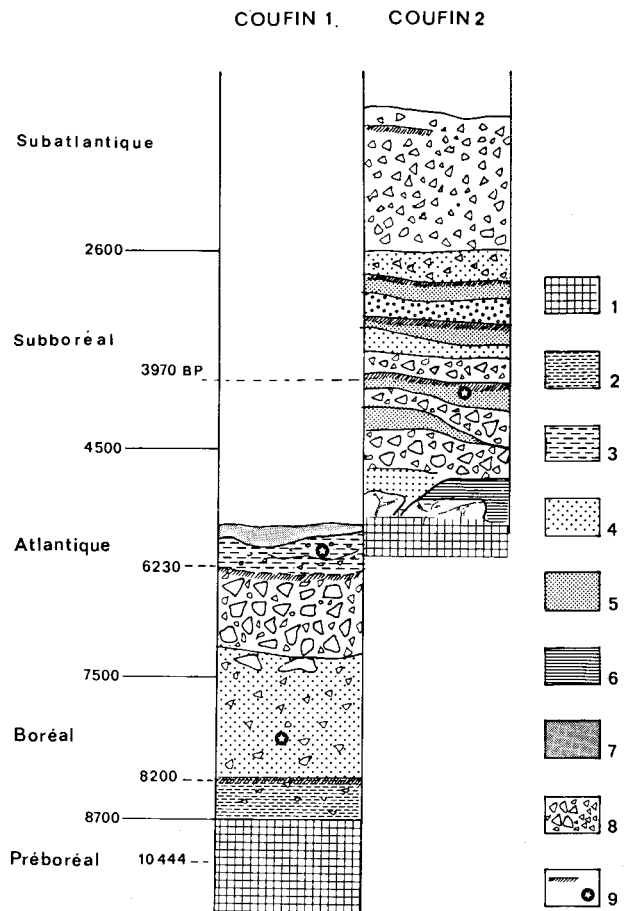


Fig. 11.- Coupes stratigraphiques des porches de Coufin 1 et 2 (d'après les fouilles de Bintz).

1. dépôt tufeux ; 2. dépôt argilo-limoneux ; 3. limon ; 4. sable grossier ; 5. sable fin ; 6. argile ; 7. horizon humifère ; 8. dépôt cryoclastique ; 9. niveau charbonneux, témoin préhistorique.

2.- Les réseaux inférieurs de Coufin-Chevaline

a.- Le porche de Coufin

A son émergence, la rivière de Coufin s'incise dans une terrasse dans laquelle des fouilles ont été entreprises (Bintz, 1980). A - 2 m, se développe un tuf daté à partir des carbonates et coquilles de gastéropodes : $10\,440 \pm 200$ BP (fig. 11). Ce dépôt qui témoigne à la fois du fonctionnement de l'émergence et d'une phase climatique tempérée, correspond au court réchauffement du Préboréal (cf. D2a de Balme Rousse). Au-dessus de cette formation carbonatée, le matériel se caractérise par un épais éboulis calcaire contenu dans une matrice argilo-sableuse (Industrie mésolithique : Bintz, 1980).

b.- La galerie de Coufin (+ 2 m)

Un carottage a été opéré dans une colonne stalagmitique non fonctionnelle de 1 m de diamètre et de 3 m de hauteur. Ce prélèvement va jusqu'au cœur de la colonne (fig. 12). La datation de ce dépôt donne un âge compris entre $15\,200 \pm 1\,800$ BP pour le cœur de la concrétion et $9\,700 \pm 2\,100$ BP pour le terme externe. L'âge post-würmien indique d'une part que cette galerie avait acquis son profil quasi-actuel et témoigne d'autre part d'un puissant concrétionnement endo-karstique avant et durant l'épisode humide et plus chaud du Préboréal. La base de la concrétion est fossilisée par un dépôt argilo-limoneux de décantation qui est à relier à l'écroulement de l'exutoire de Coufin ayant contrarié l'évacuation des écoulements (mise en charge partielle du réseau).

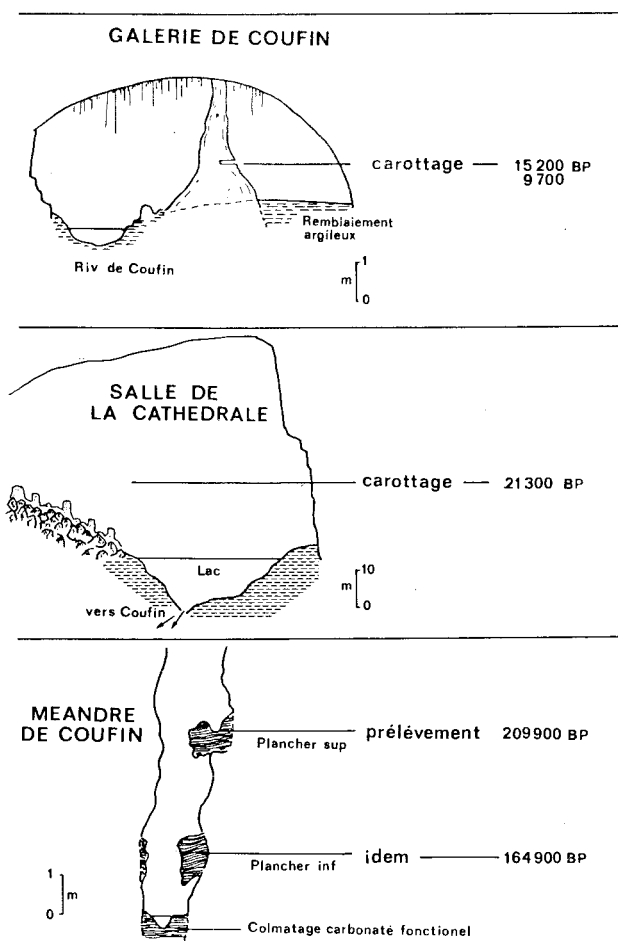


Fig. 12.- Coupe des réseaux inférieurs de Coufin-Chevaline, et situation des dépôts datés.

c.- La salle de la Cathédrale (grotte de Chevaline)

Des prélèvements ont été effectués sur des stalagmites non fonctionnelles qui scellent un gros

éboulis issu de l'écroulement d'un pan de la salle. Cette salle est drainée par la rivière de Chevaline dont les pertes situées au fond du lac rejoignent la rivière Serpentine de Coufin. L'âge de la concrétion est de $21\,300 \pm 2\,500$ BP, soit würmien. Ce dépôt induit, par sa présence, que cette salle possédait déjà sa morphologie d'effondrement durant cet épisode et que sa genèse est largement anté-würmienne.

d.- La rivière de Coufin (+ 55 m)

Le réseau actif méandrique de Coufin possède plusieurs générations de planchers stalagmitiques. Le plancher inférieur de plus d'un mètre d'épaisseur est perché à 0,5 - 1 m au-dessus du fond actuel du méandre. Ce plancher, témoin d'une ancienne circulation incrustante, est vraisemblablement contemporain de l'interglaciaire Riss II/III comme semble l'indiquer le résultat de la datation, bien que son exploitation soit délicate étant donné la contamination en Th 232 : $164\,900$ BP (+ $56\,800$ / - $34\,000$). Par ce fait, le recréusement du dépôt et le surcreusement du bedrock sont contemporains des épisodes froids du Würm et postérieurs. Le remblaiement carbonaté qui colmate le fond du méandre (0,5 m d'épaisseur) est vraisemblablement holocène ; les écoulements actuels sont très incrustants.

Environ 1,5 à 2 m au-dessus du plancher Riss II/III, se développent des lambeaux d'un plancher accidenté de coups de gouge et de marmites. La datation de celui-ci fournit un âge de $209\,900$ BP (+ $62\,000$ / - $56\,000$), soit contemporain de l'interglaciaire Riss I- Riss II (chronologie de Mandier, 1984).

Grâce à l'ensemble de ces données, on peut affirmer que les réseaux inférieurs de Coufin-Chevaline étaient fonctionnels au cours du Quaternaire et doivent leur creusement aux épisodes froids. Lors des phases interglaciaires et interstadias, les écoulements sursaturés ont déposé des planchers stalagmitiques qui nous permettent par les datations isotopiques de caler la genèse de ces réseaux.

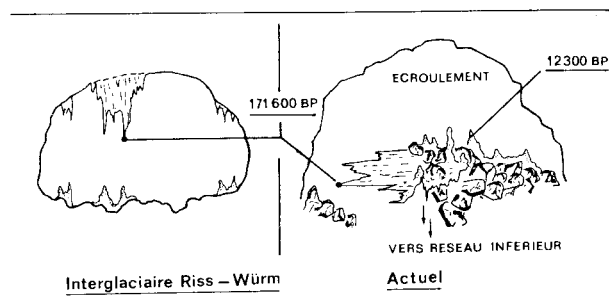


Fig. 13.- Coupes de la galerie supérieure de Gournier : durant l'interglaciaire Riss-Würm et durant l'actuel.

3.- La grotte de Gournier

Le réseau actif de Gournier présente peu de dépôts détritiques et carbonatés. De plus, un concrétionnement de paroi masque souvent les vieux témoins stalagmitiques.

Dans la galerie supérieure, quelques dépôts détritiques sont piégés dans de vieilles marmites de géants issues d'une ancienne circulation turbulente dans ce collecteur ; ce matériel toujours bien roulé est composé essentiellement de quartz et de pisolithes de fer, postérieurement induré en conglomérat. L'observation de ces sédiments est souvent malaisée du fait des nombreux écroulements qui confèrent à la galerie une morphologie chaotique. Une datation a été pratiquée sur un gros édifice stalagmitique écroulé sur lequel s'est développée une nouvelle génération de concrétions (fig. 13). L'âge le plus récent de cet édifice écroulé est de $171\,600 \pm 25\,000$ BP, soit contemporain de l'interglaciaire Riss II/III. La galerie supérieure de Gournier était, à cette période, formée et caractérisée par un puissant concrétionnement. Postérieurement, la galerie a évolué par écroulement ; la nouvelle génération de concrétionnement qui scelle les blocs écroulés est contemporaine du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène (15 000 à 6 000 BP).

- une coulée stalagmitique fossilisant des marmites et des dépôts de sables graveleux bien roulés et riches en quartz ;
- le matériel stalagmitique est recouvert par un sédiment sableux mal trié de 30 à 40 cm d'épaisseur ;
- cette formation détritique est coiffée par une seconde génération de concrétions.

Les deux dépôts stalagmitiques ont été datés : le plus ancien est de $153\,600 \pm 32\,000$ BP et le plus récent de $24\,400$ BP (+ $13\,600/-10\,900$) soit respectivement contemporain de l'interglaciaire Riss II/III et d'un interstade du Würm qui reste à définir mais qui a déjà été révélé dans l'étude du concrétionnement de la salle de la Cathédrale de Chevaline. Entre ces deux formations stalagmitiques s'est déposé le matériel détritique sableux contemporain de l'épisode froid du Würm I. Au-delà du Würm I, ce soutirage a été abandonné par les écoulements qui, après avoir recoupé le paléo-collecteur, se raccordaient aux drains inférieurs de Chevaline : méandre des 4, Tafani, ...

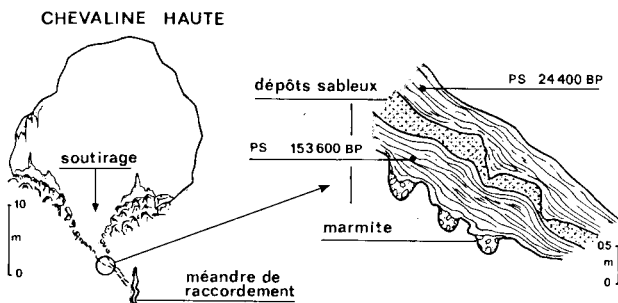


Fig. 14.- Coupe de Chevaline Haute : situation des dépôts datés et coupe de détail des dépôts.

4.- Chevaline Haute

Dans ce paléo-collecteur perché à près de 100 m au-dessus du drainage actuel, pour les mêmes raisons que la galerie supérieure de Gournier, on rencontre peu de sédiments en place. Les sédiments détritiques sont souvent remaniés et sont piégés dans les nombreux soutirages qui accidentent le plancher de la galerie. Dans les entonnoirs hérités et non fonctionnels, on rencontre souvent la séquence suivante (fig. 14) :

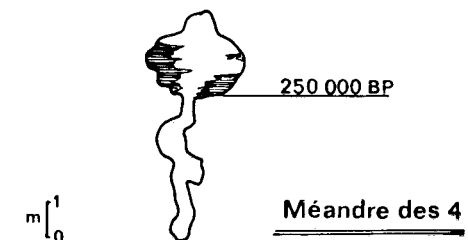
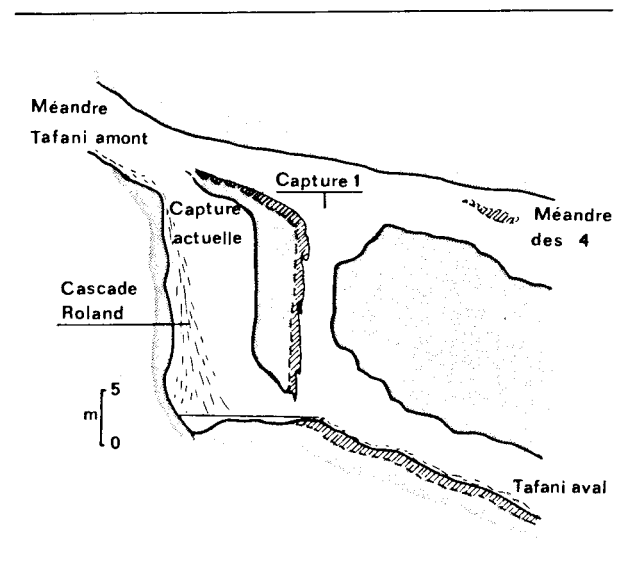


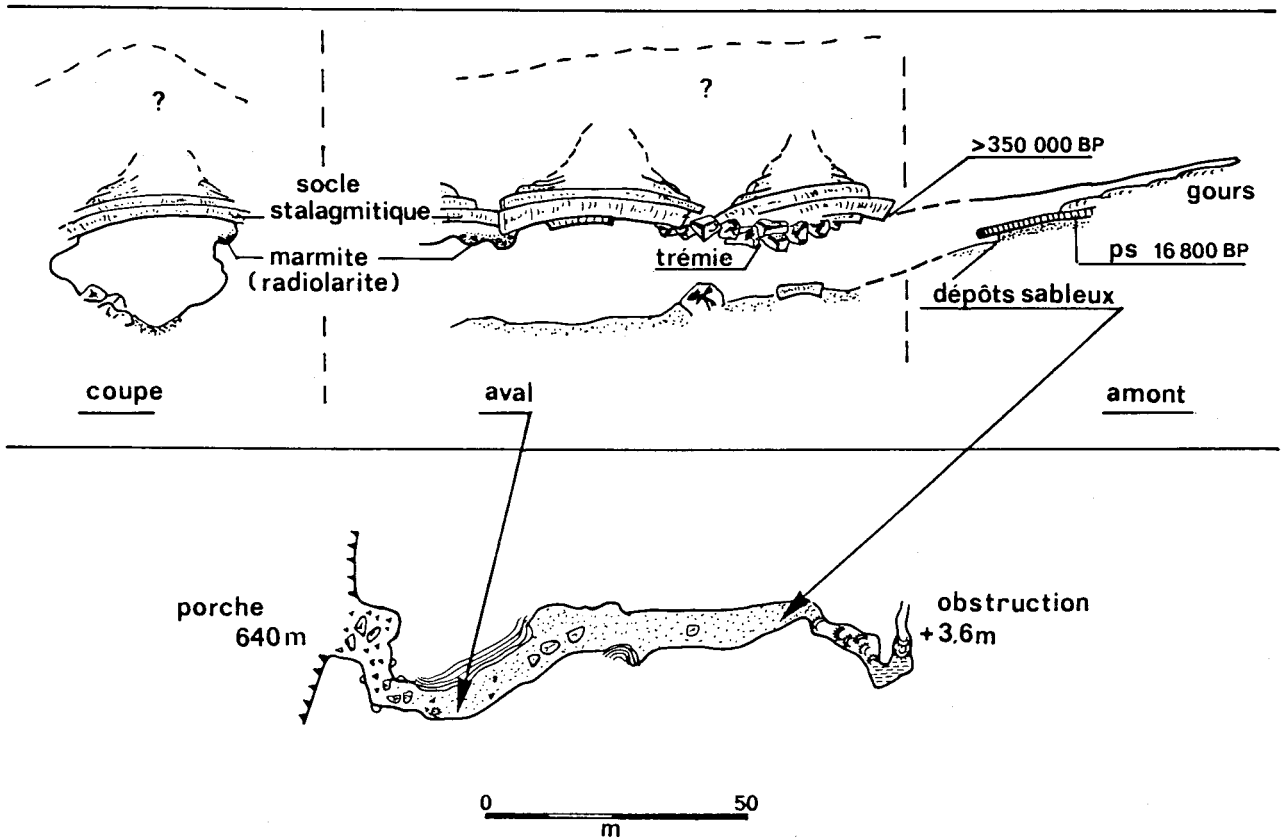
Fig. 15.- Coupes de la cascade Roland et du méandre des 4 : situation du plancher daté.

5.- Les méandres Tafani et des 4

Le méandre Tafani est drainé par la rivière de Chevaline. Au niveau de la cascade Roland (+ 248 m), l'étude morphospéléologique montre qu'avant sa capture par cette cascade (prolongée à l'aval par le réseau Tafani-cascade de la Douche), le réseau de Tafani-amont se raccordait au méandre des 4 (fig. 15). Cette galerie aujourd'hui non fonctionnelle se profile en trou de serrure. La conduite forcée originale a été colmatée par des dépôts stalagmitiques avant d'être recreusée et surcreusée en méandre. La base de ce colmatage stalagmitique a été datée de 247 000 BP (+ 147 000/- 56 600). Malgré l'incertitude de cette datation due à son importante fourchette d'erreur, celle-ci est au minimum contemporaine de l'interglaciaire Riss I-Riss II. Dans ce cas, l'agencement de la galerie en régime noyé serait antérieur à cet interglaciaire, ce qui impliquerait que le paléo-collecteur sus-jacent de Chevaline Haute était déjà déconnecté. Quoi qu'il en soit, la sénilité de cette galerie est confirmée par l'étude de son paléo-exutoire : Balme Etrange.

6.- Balme Etrange

Cette cavité de 113 m de développement apporte, de par sa morphologie et l'étude de ses remplissages, de nombreuses informations spéléogénétiques. Le réseau actuellement pénétrable se développe entre les calcaires (plancher et parois de la cavité) et le socle d'édifices stalagmitiques (fig. 16). Le plafond de la grotte est constitué soit par la base de dômes stalagmitiques, soit par une trémie cimentée. Une datation sur ces concrétions fournit un âge plus vieux que 350 000 BP (limite du géochronomètre $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$). Ces édifices stalagmitiques ont cimenté le plancher chaotique d'une galerie supérieure : trémie de plafond de la cavité. Vers l'aval, la base des dômes stalagmitiques fossilise des marmites. Malgré l'état résiduel de ces formes, un matériel grossier bien roulé et fortement induré y subsiste. Ce dépôt essentiellement quartzeux contient quelques radiolarites de petites tailles dont l'origine est à rechercher dans le Miocène ; or celui-ci n'a pas recouvert les Coulmes. Dans ce contexte, seul un apport latéral est envisageable, depuis les aires de sédimentation



BALME ETRANGE

Fig. 16.- Coupe et plan de Balme Etrange (Cirque de Choranche) : situation des dépôts datés.

miocène. Suite à ce vieil épisode karstique, les circulations ont creusé le drain actuellement pénétrable. A l'amont de celui-ci, un dépôt sablo-limoneux caractérisé par un mauvais tri est fossilisé par un plancher stalagmitique peu épais issu d'un écoulement lent et annexe qui a contribué au colmatage de la galerie. Ce plancher a été daté de $16\ 800 \pm 7\ 300$ BP soit fini-würmien, ce qui nous donne peu d'enseignements quant à l'agencement du réseau inférieur. Néanmoins, par l'étude des réseaux de Coufin et de Chevaline, on sait que les circulations, au minimum dès le Riss, drainaient les réseaux inférieurs, ce qui d'une part exclut un fonctionnement de Balme Etrange perchée au-dessus de ces drains, et d'autre part lui confère un agencement antérieur (au moins Quaternaire ancien). Balme Etrange, exutoire du paléo-collecteur de Coufin-Chevaline, constitue un témoin indiscutable d'une vieille étape karstogénique des Coulmes.

7.- Les grottes du massif des Coulmes

La grotte de Marignat présente le même système que Balme Etrange quant à son agencement sous la base d'édifices stalagmitiques, témoins d'un réseau supérieur non connu. Le plancher de la grotte est constitué par 1,5 m de remplissages sablo-graveleux fossilisés par un plancher stalagmitique (sondage paléontologique). Les dépôts sableux contiennent de la faune rissienne, qui par sa présence prouve d'une part que le réseau inférieur était déjà agencé et d'autre part que le terme aval de la cavité était recoupé par la surface topographique dès le Riss.

La grotte de Pra Létang a été l'objet de vieilles et de nombreuses fouilles qui rendent l'étude sédimentologique des dépôts sableux très délicate. Ce remplissage de 60 cm d'épaisseur qui est pris en

sandwich par des formations carbonatées, possède une industrie moustérienne et de nombreux témoins paléontologiques würmiens (Lequatre, 1966). Le plancher inférieur porte des édifices stalagmitiques dont seules les bases ont été fossilisées (fig. 17) ; le plancher supérieur de moindre épaisseur a été daté de $11\ 000 \pm 1\ 000$ BP, ce qui lui confère un âge post-würmien. Ce dernier plancher, de par sa structure, est issu des percolations de plafond qui excluent l'existence d'un écoulement. Si ces quelques données ne confirment pas l'ancienneté de cette cavité, elles nous informent sur le fait que Pra Létang existait et était recoupée par la doline d'entrée dès le Quaternaire moyen.

C.- INTERPRETATION CHRONOSPELEOLOGIQUE REGIONALE

L'étude des remplissages souterrains dans leur contexte spéléologique nous permet de cerner différentes étapes karstogéniques qui s'expriment par une organisation et une morphologie différenciées.

Des cavités agencées en régime noyé, et actuellement déconnectées des circulations hydrogéologiques, se sont mises en place lors de karstifications antérieures au Quaternaire moyen, voire anté-quaternaires. Nous distinguons les cavités du plateau des Coulmes emplies de sédiments sableux riches en quartz usés, souvent fossilisés par des dépôts carbonatés ; ces derniers, du fait du décapitage de ces cavités, sont souvent altérés voire corrodés. Contrairement aux cavités-filons, les réseaux recoupés par les versants ou dolines (Marignat, Bury, Pra Létang, ...) ont pu être l'objet de circulations postérieures, mais qui sont toujours restées mineures.

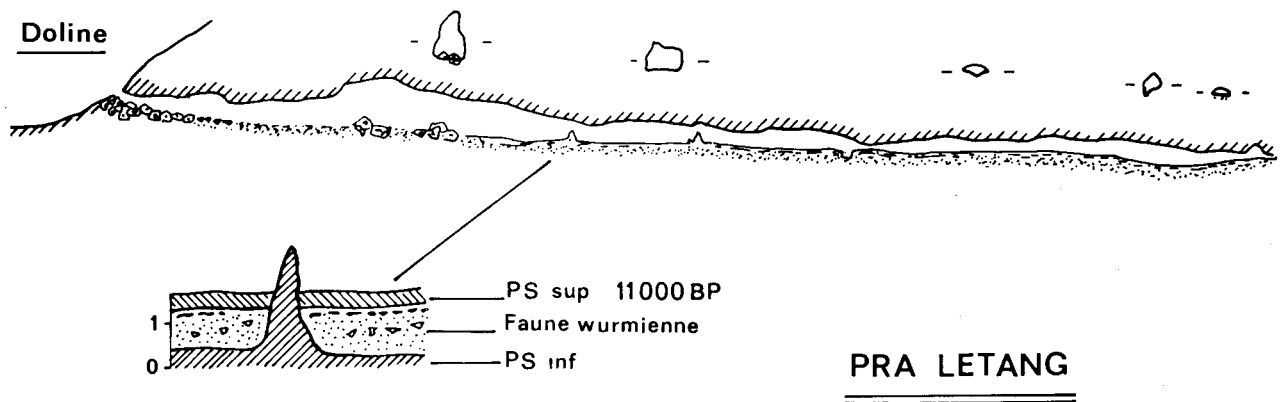


Fig. 17.- Coupe de la grotte de Pra Létang et d'un de ses remplissages.

Les paléo-collecteurs de Coufin-Chevaline-Balme Etange, de Gournier et de Balme Rousse, se différencient des cavités précédentes par le fait qu'il existe une filiation entre ces réseaux et les drains actuels de ce massif. Ces réseaux de vastes dimensions, après leur agencement et la migration du drainage, ont vu leur morphologie évoluer suite aux écroulements et à de puissants concrétionnements dont certains sont antérieurs à 350 000 BP, soit antérieurs au Quaternaire moyen. Ces réseaux ont souvent été recoupés par des circulations qui sont à l'origine du dépôt de sédiments sableux et de formations stalagmitiques (coulées, planchers, ...). Ces circulations sub-contemporaines des drains sous-jacents sont responsables de profonds soutirages dans le plancher des paléo-collecteurs et des méandres de raccordement hydrologique.

Les réseaux inférieurs méandriformes des grottes de Choranche s'agencent durant le Quaternaire ainsi que les circulations adaptées à l'encaissement quaternaire de la Bourne (système Bury-Pré Martin). Les datations isotopiques $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ des dépôts stalagmitiques de ces réseaux d'une part indiquent le potentiel érosif des épisodes froids quaternaires (encaissement inter- et post- planchers), et d'autre part corroborent l'optimalité des épisodes interglaciaires et interstadias pour le dépôt des carbonates. En fonction des spectres polliniques régionaux, il apparaît que les conditions bio-climatiques des périodes de réchauffement étaient proches de l'actuel (de Beaulieu & Reille, 1984 ; de Beaulieu & Montjuvent, 1985).

Il apparaît également que depuis le Tardiglaciaire, les paysages souterrains ont, dans l'ensemble, peu évolué ; seule la sédimentation carbonatée a été marquante lors du Préboréal et de l'Atlantique et caractérise l'évolution actuelle (remblaiement basal

des méandres, colmatage de Balme Rousse, tufs de Gournier et de Coufin, ...).

Il est intéressant de replacer cette analyse chronopéléologique dans l'étude karstique globale du massif, afin d'une part de fixer certaines étapes paléogéographiques des Coulmes et, d'autre part, de mettre en avant les inter-relations exo-endokarstiques.

V.- MORPHOGENESE DU MASSIF DES COULMES ET CONCLUSIONS

L'étude du karst de surface et souterrain sous-tend l'existence d'une karstification plio-quaternaire, voire antérieure. Les méthodes actuelles de datation applicables aux dépôts carbonatés ne pouvant apporter des informations pour ces périodes, seule l'analyse géomorphologique associée aux données sédimentologiques peut nous permettre de mieux aborder les paléo-événements karstiques.

Les Coulmes ont évolué sous une couverture d'altération dont on retrouve quelques témoins piégés dans des cavités ou poches karstiques actuellement recoupées par le versant oriental du massif. Cette évolution qui est à l'origine du karst conique maintenu dans la partie sommitale du plateau, ne peut être anté-miocène. En effet, le conglomérat du Miocène basal, bien qu'il fossilise une topographie karstique (lapiés, dolines, poches éocènes, ...), témoigne d'une vigoureuse érosion sur le massif émergé des Coulmes ; cette ablation aurait détruit la topographie à buttes.

L'évolution sous couverture a sans doute débuté au Miocène, qui présente des conditions favorables par son contexte climatique tropical (Colloque sur le Miocène, 1958 : site insulaire des Coulmes...) à

Tableau 1.- Résultats isotopiques et âge des concrétions stalagmitiques.

Echant.	U (p.p.m.)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ t = 0	Âges (ka)
86106	0.138 (± 0.004)	1.009 (± 0.046)	0.179 (± 0.018)	34	1.009	21.3 (+ 2.5 / - 2.4)
86107 A	0.250 (± 0.004)	1.059 (± 0.022)	0.131 (± 0.014)	89	1.062	15.3 (± 1.8)
86107 B	0.285 (± 0.010)	1.055 (± 0.046)	0.085 (± 0.018)	grand	1.057	9.7 (± 2.1)
86122	0.101 (± 0.063)	2.623 (± 1.77)	0.206 (± 0.087)	grand	2.738	24.4 (+ 13.6 / - 10.9)
86108	0.152 (± 0.007)	0.992 (± 0.062)	0.143 (± 0.060)	8.7	0.992	16.8 (+ 7.9 / - 7.3)
86029	0.335 (± 0.022)	1.164 (± 0.088)	0.932 (± 0.065)	24	1.328	247.0 (+ 141.7 / - 55.3)
86031	1.857 (± 0.031)	1.058 (± 0.014)	1.053 (± 0.081)	grand	1.058	plus grand que 350
86133	0.185 (± 0.006)	1.139 (± 0.049)	0.877 (± 0.076)	42	1.248	207.6 (+ 81 / - 44.7)

Légende.- 86106 : Stalagmite de la salle de la Cathédrale (Chevaline). 86107 A et B : Colonne stalagmitique de Coufin touristique. 86122 : Coulée stalagmitique dans un soutirage de Chevaline-Haute. 86108 : Plancher stalagmitique de Balme Etrange. 86029 : Plancher stalagmitique du méandre des 4 (Chevaline). 86031 : Socle stalagmitique de Balme Etrange. 86133 : Plancher stalagmitique du porche supérieur de Balme Rousse.

l'agencement d'un karst conique et de surfaces (S1 : subégalité altitudinale des buttes...). D'autres indices confortent cette évolution miocène. En effet, l'altération du Miocène supérieur indique qu'il y a eu des contextes morphoclimatiques post-miocènes favorables au développement d'une couverture d'altération mais celle-ci, bien visible sur les replats (1 150 m) situés en contre-bas du rebord oriental des Coulmes ainsi que dans le Bois de l'Allier, ne se caractérise pas par un relief à buttes mais par des surfaces défoncées par des dépressions. Du fait d'une certaine homogénéité altitudinale (1 150 m) et de son âge post-miocène, cet épisode morphoclimatique serait postérieur à la tectonique fini-miocène ; compte tenu du degré d'altération des quartzites du Miocène supérieur (cortex ferrugineux, désilicification, ...), il faut admettre un contexte climatique chaud et humide, tel celui qui a régné au Pliocène (Depape, 1922) sur le Vercors et ses piedmonts. L'altération pliocène a vraisemblablement dégradé la «surface miocène» (S1) qui a été déformée par la tectonique ponto-pliocène. Lorsque cette dernière a été portée en hauteur (plateau sommital des Coulmes), le soutirage a accentué le relief à buttes (approfondissement des dolines) ; par contre, dans les secteurs déprimés (Plans de Presles, replat oriental des Coulmes, Bois de l'Allier, ...) l'altération pliocène a plutôt favorisé des niveaux plans.

Lors de ces épisodes mio-pliocènes, des circulations hypogées ont pu se mettre en place, dont les témoins seraient les cavités-filons décapitées postérieurement par la surface topographique.

Dans cette reconstitution paléogéographique tertiaire des Coulmes, se pose le problème de la présence de radiolarites dans Balme Etrange alors que celles-ci sont absentes dans la partie sommitale des Coulmes. A défaut de transit vertical, il faut admettre des transits latéraux à partir des affleurements miocènes les plus proches : le Royans et le synclinal médian. Un transit latéral provenant du Royans paraît improbable, du fait que cette région était subsidente au mio-pliocène. Dans le second cas, on peut imaginer qu'avant l'incision de la Bourne, le synclinal de Rencurel ait pu fonctionner en pseudo-poljé avec des pertes sur le flanc calcaire des Coulmes ; ces pertes auraient alors charrié du matériel miocène. Si ce drainage a existé, il est antérieur au paroxysme ponto-pliocène ; il est, en effet, peu envisageable que ces drains karstiques aient traversé le cœur hauterivien de l'anticlinal des Coulmes. Le matériel allochtone miocène acheminé et déposé dans l'endokarst, a été repris par des circulations souterraines postérieures et adaptées au nouveau dispositif

structural : le système de Balme Etrange. Ce système auquel se greffent les paléo-collecteurs des grottes de Choranche sous-tend l'existence d'un drainage aérien vers le Royans : paléo-Bourne qui a isolé Cornouze des Coulmes et le Bois de l'Allier du replat oriental des Coulmes (1 150 m). Dans l'état actuel des travaux, il est délicat de fixer plus précisément à la fois la mise en place de la Bourne et l'agencement plio-quadernaire ancien des paléo-collecteurs de Choranche.

L'étude morphologique de l'exo et de l'endokarst associée aux caractères sédimentologiques et aux datations isotopiques des dépôts souterrains nous permet une approche paléogéographique détaillée du massif des Coulmes durant les épisodes froids du Quaternaire moyen et récent.

La distribution des terrasses de la Bourne dans les gorges (Iambeaux) et dans le Royans, et l'étagement des exutoires karstiques (Favot-Goule Noire, Bournillon-Arbois, ...), induisent un encaissement en grande partie quaternaire de ce cours d'eau. Les incidences de cette incision se traduisent par :

- les glacis de raccordement qui ont décapité des cavités séniles (Fond Sala, Balme Riendre, ...) et de vieilles racines d'altération, tout en dégagant les versants concernés de leur couverture ;
- un approfondissement des dépressions karstiques dans les secteurs sommitaux, responsable de la morphologie en escalier des dolines rocheuses.

Ces phénomènes ont du être accentués par le fait que ces dépressions fonctionnaient en puits à neige. Parallèlement à cet approfondissement, la partie culminante des buttes était dégagée de sa couverture limono-argileuse (développement de tables de lapiés, de clapiers, ...). L'encaissement des dépressions a également eu pour effet de recouper de vieilles cavités (Pra Létang), tel l'encaissement du poljé de Presles d'au moins vingt mètres, si on se réfère aux hums qui accidentent la dépression.

L'incision de la Bourne a défini une nouvelle organisation hydrogéologique des Coulmes caractérisée par le système Bury-Pré Martin. Corrélativement aux terrasses de la Bourne, l'émergence de Pré Martin serait contemporaine du creusement rissien II et würmien. Conjointement à cette réorganisation hydrogéologique, les réseaux souterrains des grottes de Choranche se profilent durant le Quaternaire en des réseaux méandriformes. Les datations des planchers stalagmitiques soulignent le potentiel érosif des écoulements contemporains des épisodes froids quaternaires (Riss I, Riss II, Würm). Cette ablation est due à la conjonction de différents paramètres,

tels que la libération d'importants stocks d'eau lors des fusions nivales, la prise en charge de sédiments riches en quartz (évacuation de la couverture), le potentiel corrosif des écoulements froids...

Une bonne connaissance spéléologique et morphologique de ce massif du Vercors, associée à une étude sédimentologique des dépôts et remplissages karstiques ainsi qu'à des datations isotopiques, nous a permis de mieux appréhender le fonctionnement et l'agencement du karst durant les épisodes froids du Quaternaire moyen et récent mais également de mettre en évidence des événements karstiques plus anciens. Ces phases anciennes (Quaternaire ancien, Tertiaire) sont plus délicates à observer dans les autres régions du Vercors où les glaciations ont laissé de puissantes empreintes. En cela, l'étude du massif des Coulmes est capitale pour la connaissance karstogénétique anté-quaternaire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier P. Bintz, qui leur a permis de prendre connaissance des données pré-historiques concernant la grotte de Choranche, et G. Mantovani qui leur a permis de mener à bien leurs travaux dans la grotte de Coufin.

BIBLIOGRAPHIE

- ARNAUD VANNEAU, A., 1980.- Micropaléontologie, paléoécologie et sédimentologie d'une plate-forme carbonatée de la marge passive de la Thétys : l'Urgonien du Vercors septentrional et de la Chartreuse. *Géologie Alpine*, Mémoire n° 11, Grenoble, 267 p.
- BINTZ, P., 1980.- *Rapport de fouilles : grotte de Coufin*. Inédit.
- BINTZ, P., 1981-1985.- *Rapport de fouilles : Balme Rousse*. Inédit.
- COLLOQUE SUR LE MIOCENE, 1958.- *C.R. du Congrès des Sociétés Savantes, section Sciences*, Gauthier-Villars, Paris, 421 p.
- DE BEAULIEU, J.L. & REILLE, M., 1984.- A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echets, near Lyon, France. *Boreas*, 13 : 111-132.
- DE BEAULIEU, J.L. & MONTJUVENT, G., 1985.- Données actuelles sur la formation interglaciaire de Pompillon — Val de Lans — Vercors. *Bull. Ass. Franç. Et. Quat.*, 2ème sér., 22-23 (2-3) : 75-84.
- DELANNOY, J.J., 1981.- *Le Vercors septentrional : le karst de surface et le karst souterrain*. Thèse de 3ème cycle, Univ. de Grenoble, 517 p.
- DELANNOY, J.J., 1984.- Le Vercors : un massif de moyenne montagne alpine. *Karstologia*, 3 : 34-35.
- DEPAPE, G., 1922.- *Recherches sur la flore pliocène de la vallée du Rhône*. Thèse d'Etat, Paris, 265 p.
- LEQUATRE, P., 1966.- La grotte de Pré Létang. *Gallia-Préhistoire*, 9 (1) : 1-85.
- LISMONDE, B., 1981.- Le plateau de Presles, *Scialet*, 10 : 30-31.
- MANDIER, P., 1984.- *Relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire. Essai de synthèse paléogéographique*. Thèse d'Etat, Lyon, 1021 p.