

Carte géomorphologique des karsts de France. Notice d'une maquette au 1/3 000 000 environ

Jean Nicod

Abstract

Geomorphological map of French karst areas. This map is build on the distinction of many types of karsts (table 1), according to the following standards : structural control (lithology, tectonics : folded or tabular), geomorphology (mountain, plateau, cuesta, etc.), bio-climatic conditions, clastic covers and inheritances. The second part shows the regional distribution of the karst types and areas, lists their main features and studies the conditions of the present evolution (solution rates, see table 1) and the effects of the paleo-geomorphological inheritances and paleokarsts.

Résumé

La carte géomorphologique des karsts de France permet de distinguer aisément plusieurs types de karsts en fonction de la géologie (lithologie, tectonique : zones plissées ou tabulaires), de la géomorphologie (montagne, plateau, cuesta, etc.), des conditions bioclimatiques, de couvertures de débris (alluvions, moraines, etc.). Toutefois, compte tenu de l'échelle, il n'a pas été possible de tout représenter et d'indiquer par exemple tous les grands réseaux souterrains. Dans le texte, on insiste sur la distribution régionale des types de karsts et leurs caractéristiques, puis on étudie les conditions de l'évolution actuelle (vitesse de dissolution) et le rôle des héritages morphologiques et des paléokarsts.

Citer ce document / Cite this document :

Nicod Jean. Carte géomorphologique des karsts de France. Notice d'une maquette au 1/3 000 000 environ . In: Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°25, 1er semestre 1995. Carte en couleurs des karsts de France à l'intérieur. pp. 21-34;

doi : <https://doi.org/10.3406/karst.1995.2351>

https://www.persee.fr/doc/karst_0751-7688_1995_num_25_1_2351

Fichier pdf généré le 07/11/2018

Carte géomorphologique des karsts de France

Notice d'une maquette au 1/3 000 000 environ

Jean NICOD URA 903 du CNRS, Institut de Géographie, AIX-EN-PROVENCE

La carte géomorphologique en couleurs des karsts de France (format A3, double page centrale), réalisée sur ordinateur, est la première du genre. En raison de l'échelle, elle montre l'extension variable des zones karstiques en fonction de la nature de la roche, de la structure plissée ou tabulaire, du bioclimat. La France offre ainsi une très grande variété de paysages karstiques, s'étendant sur plus du tiers du territoire, depuis les karsts sous-marins du littoral méditerranéen et atlantique jusqu'aux karsts haut-alpins englacés. Une telle carte permet donc de diagnostiquer rapidement et aisément la richesse du patrimoine karstique de la France tout en suggérant l'importance que représentent les ressources en eaux souterraines karstiques et la nécessité de leur protection.

RÉSUMÉ : La carte géomorphologique des karsts de France permet de distinguer aisément plusieurs types de karsts en fonction de la géologie (lithologie, tectonique : zones plissées ou tabulaires), de la géomorphologie (montagne, plateau, cuesta, etc.), des conditions bioclimatiques, de couvertures de débris (alluvions, moraines, etc.). Toutefois, compte tenu de l'échelle, il n'a pas été possible de tout représenter et d'indiquer par exemple tous les grands réseaux souterrains. Dans le texte, on insiste sur la distribution régionale des types de karsts et leurs caractéristiques, puis on étudie les conditions de l'évolution actuelle (vitesse de dissolution) et le rôle des héritages morphologiques et des paléokarsts.

Mots-clés : géomorphologie, karst, cartographie, France.

ABSTRACT : GEOMORPHOLOGICAL MAP OF FRENCH KARST AREAS.

This map is build on the distinction of many types of karsts (table 1), according to the following standards : structural control (lithology, tectonics : folded or tabular), geomorphology (mountain,

plateau, cuesta, etc.), bio-climatic conditions, clastic covers and inheritances. The second part shows the regional distribution of the karst types and areas, lists their main features and studies the conditions of the present evolution (solution rates, see table 1) and the effects of the paleo-geomorphological inheritances and paleokarsts.

Key-words : geomorphology, karst, cartography, France.

INTRODUCTION

Dans cette notice de la carte géomorphologique des karsts de France, nous nous proposons de dégager la méthodologie adoptée et de justifier la typologie choisie, en rappelant les caractères et la répartition des principaux ensembles karstiques. Du point de vue technique, cette carte a été réalisée avec le logiciel Adobe Illustrator (sur Mac Intosh) à partir d'une pré-maquette faite au trait. On note d'emblée l'importance des surfaces karstifiées de la France qui représentent entre le tiers et la moitié du territoire, ce qui est très supérieure à la moyenne mondiale.

I. MÉTHODOLOGIE CARTOGRAPHIQUE

Le but de cette carte est de présenter tous les karsts de France d'étendue suffisante pour être cartographiés à cette échelle, dans une optique essentiellement géomorphologique et bio-climatique en dégagant des types (tableau 1). A la différence d'autres cartes déjà publiées (GEZE, 1965 ; AVIAS, 1972), à base géologique, on s'est efforcé de figurer le relief des unités carbonatées, dans leurs limites, par les signes habituels figurant les escarpements et cuestas. Les limites ont été reprises en général à partir de la "Carte hydrogéologique de la France, systèmes aquifères" au 1/1 500 000ème (BRGM, 1980) ; elles ont été adaptées pour indiquer l'énergie des reliefs.

Au point de vue structural et géomorphologique, une distinction essentielle (tableau 1) est apportée entre les karsts des montagnes et plateaux en structure plissée (y compris la majorité des plateaux méditerranéens) et les karsts de plateaux des bassins sédimentaires. Les premiers sont figurés par des à plats couleurs (violet, bleu, vert, orange, rouge) (ex : Pyrénées, Alpes, Provence), les seconds par des figurés horizontaux (ex : Bassin Parisien) ou en briques (Causses) (cf. colonnes 2 et 3 de la légende).

TYPES DE KARSTS	MASSIFS	Ecoulement (P - ETr mm)	Dissolution m ³ /km ² /an ou mm/millénaire	RÉFÉRENCES
HAUT-ALPIN	Désert de Platé	2 300	83	MAIRE, in NICOD, 1984, tabl. 1 MAIRE, 1990
	Haut-Giffre	2 600	104	
NORD PRÉALPIN	NE Vercors	1 830	110	DELANNOY, 1984 (in NICOD, 1984) BAKALOWICZ, 1979
NORD PYRÉNÉEN	NW Vercors	1 300	180	
	Baget (1)	95 - 1260	48 - 89	
JURASSIEN	Haute Chaîne (CH)	1 500	98	AUBERT 1969 MUXART 1985 GIBERT <i>et al.</i> 1983
	Source de la Seille		90	
	Dorvan (SW Jura)	1 000	81	
PRÉALPES DU SUD	Audibergue (Siagne)	880	62	JULIAN et NICOD, 1986 DEVUN, in NICOD, 1984 NICOD, 1984
	Vaucluse	700	66	
	Fontaine l'Evêque	630	56-49	
CAUSSES	Grands Causses		48	FABRE, 1981 DORIA, 1986 MAURIN, 1989
	Causse Noir	315	33	
	Can de l'Hospitalet		66	
MÉDITERRANÉEN (Provence) (Languedoc)	Sainte Baume	450-260	25 - 30	MARTIN, 1991 NICOD, 1984 GOMBERT, 1988 FABRE, 1980 FABRE, 1980 FABRE, 1981
	Source de l'Argens	224	18	
	Ardèche (2)	330 - 475	15 - 29	
	Fontaine d'Eure, Uzès		29 - 39,7	
	Basse Cévenne	420	57	
	Garrigue Montpellier (3)		6,3 - 3,5	
Fontaine de Nîmes		31		
FRANCE de l'Est	Damusse, Lorraine	370	44	GAMEZ, 1992
KARST DU GYPSE Haut-alpin	Vanoise		1054-1541	ROVERA, 1990 CHARDON, 1992 idem
	Moyenne montagne	Tarentaise, Maurienne	500-700	

Tableau 1 : Ecoulement et dissolution dans quelques régions karstiques. (1) Valeurs extrêmes sur 5 ans. (2) Moyenne sur deux ans. (3) Moyenne régionale. Runoff and solution rates in some karsts areas. (1) Extreme data / 5 years. (2) Mean / 2 years. (3) Mean of area.

Rappelons aussi l'intérêt de cette distinction au point de vue spéléogénétique ; seules les montagnes ont la possibilité d'avoir des réseaux profonds alors que les karsts de plateaux sont favorables au développement de systèmes horizontaux.

Sur ces trames de base sont superposés des couleurs et pointillés pour exprimer les conditions morpho-climatiques actuelles et les couvertures détritiques ou d'altération (cf. carte géomorphologique de la France au 1/1 000 000, F. JOLY / GIP RECLUS, 1991). Enfin les phénomènes endo- et exokarstiques importants, ainsi que l'hydrologie sont localisés par des signes (colonnes 4 et 5 de la légende).

A. Les karsts de montagne et les karsts méditerranéens

Nous avons repris la typologie déjà proposée pour les Alpes et le Jura (NICOD, 1984). Les critères sont l'énergie du relief, la puissance des séries carbonatées, l'influence glaciaire actuelle ou héritée, la couverture végétale, les paléogéomorphologies, etc., ce qui nous a amené aux catégories suivantes :

1) Karsts haut-alpins, nus, avec une influence glaciaire et nivale actuelle.

2) Karsts des moyennes montagnes :

- Nord Préalpin, forestier, avec influence nivale actuelle et influence glaciaire héritée.

- Nord-Pyrénéen, idem, mais unités plus disparates.

- Jura plissé, forestier, avec héritage glaciaire, tourbières et influence nivale.

- Sud-Préalpin, forestier et supraforestier, avec influence nivale.

3) Karsts méditerranéens, avec couverture forestière ± dégradée, héritages périglaciaires pléistocènes et subtropicaux tertiaires, etc. (paléokarsts). A noter les relations entre l'évolution de l'endokarst et les variations du niveau marin.

4) Bandes karstiques dans les socles : il s'agit de karsts et paléokarsts localisés dans des calcaires paléozoïques (zone axiale pyrénéenne, Montagne Noire, Massif Armoricain, Ardennes).

B. Les karsts de plateaux et plaines (bassins sédimentaires)

Ce sont les aires de roches carbonatées les plus étendues, mais aussi les plus uniformes. Trois critères de distinction ont été retenus :

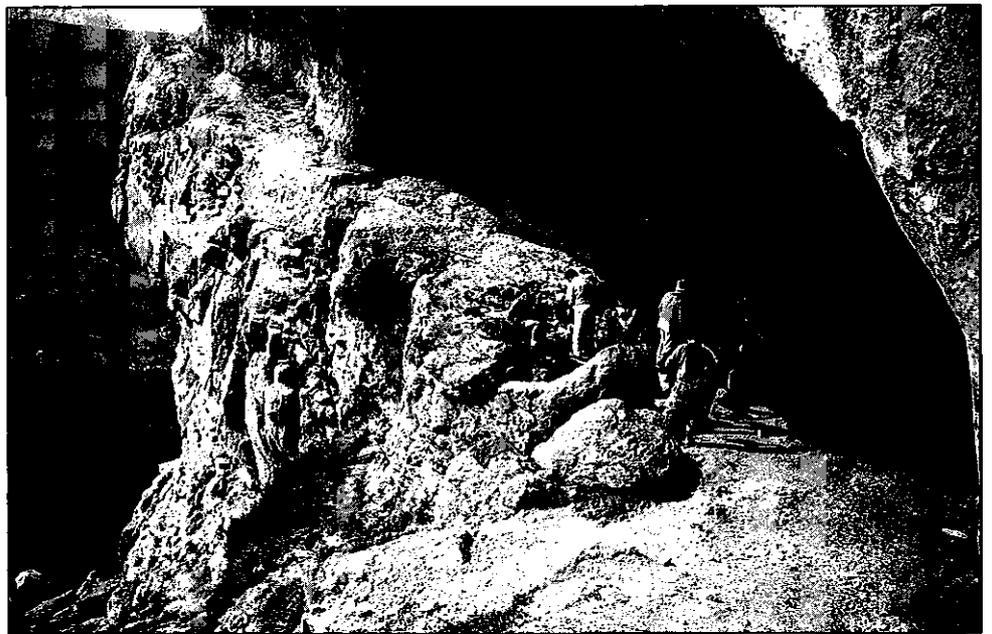


Photo 1 : Entrée de la Balme à Collomb sur le Mont Granier, Chartreuse (cliché J. Nicod).
The entrance of Balme à Collomb (Granier, Chartreuse).

1) la lithologie, liée à l'âge des formations carbonatées ;

2) l'intensité de la karstification, en fonction de l'altitude et de la densité des phénomènes (ex : Grands Causses, Jura tabulaire) ;

3) la nature et le rôle des couvertures sédimentaires (karsts couverts, colonnes 3 et 4) :

- morainique (plateau de l'Île Crémieu) ;

- sableuse et gréseuse (nord Charentes) ;

- altérites de type sidérolithique (Périgord, Quercy) ;

- argile à silex (altérite) et loess, sur la craie, la distinction cartographique se révélant irréalisable à l'échelle de la carte (Bassin Parisien) ;

- alluvions anciennes ou récentes (région bordelaise : Médoc, Graves, Entre-Deux-Mers).

C. L'endokarst, l'exokarst et l'hydrologie

L'endokarst n'est figuré que par quelques signes : les grands réseaux (> 1 000 m de profondeur et > 10 km de développement) ; les avens (et groupes d'avens) de > 600 m de profondeur ; les grottes de > 10 km de développement, et groupes de grottes importantes ; les paléokarsts tertiaires et crétacés (bauxites) les plus connus. Il ne s'agit donc pas d'une vraie carte spéléologique.

En raison de l'échelle de la carte, seuls les grands poljés, les méga-dolines, les grands reliefs ruiniformes dolomitiques, les groupes de Kuppen (buttes), les grandes accumulations de travertins ont pu être figurés. Les karsts des gypses, et ceux anthropiques des gypses (Paris) et de l'halite (sel) n'ont été localisés que par les secteurs où leurs manifestations sont connues. Nous avons également indiqué les secteurs carbonatés affectés par le volcanisme tertiaire (Causses) et les karsts sous-marins reconnus (Calanques de Provence, Aroca au niveau de Saint-Jean de Luz et près de Soulac en Gironde). Mais il existe probablement des karsts sous-marins à la hauteur des Charentes comme le suggèrent les cartes bathymétriques.

L'hydrologie est limitée à l'essentiel : cours d'eau pérennes et temporaires karstiques, principales sources subaériennes (en général débit moyen annuel de plusieurs m³/s) et sous-marines.

II. ETENDUE ET CARACTÈRES DES PRINCIPALES RÉGIONS KARSTIQUES

La typologie proposée par le tableau 1 doit être justifiée et précisée. Afin d'éviter de multiplier les types, on a nécessairement tenu compte de l'extension géographique des plus importants et du

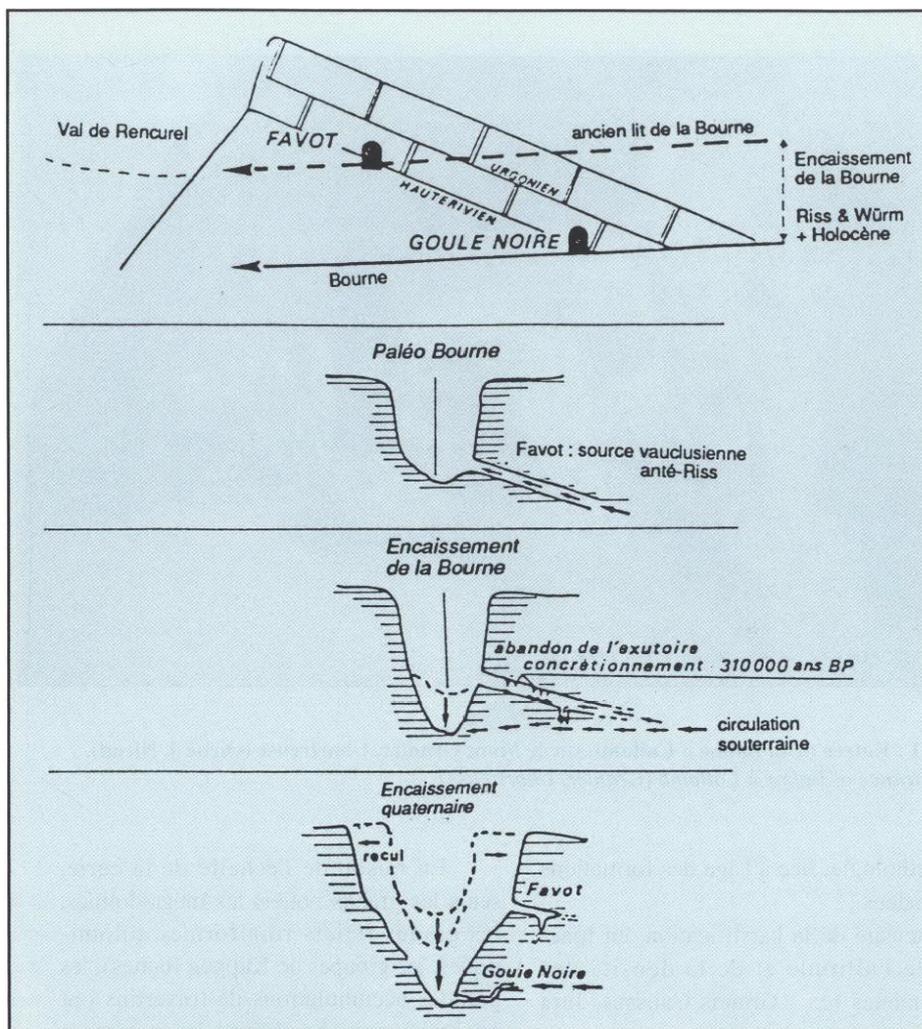


Figure 1 : Evolution des réseaux en fonction du creusement quaternaire des hautes gorges de la Bourne, Vercors (d'après DELANNOY et GUENDON, 1990, fig. 35).
A - Coupe schématique ; B, C, et D - Reconstitution de l'évolution des systèmes karstiques.
Evolution of caves systems related to cut of the high Bourne canyon (Vercors)
A - cross section; B, C and D - Stages of evolution of karst systems.

contexte morphostructural et morphoclimatique des unités karstiques. Bien des simplifications ont dû être opérées, aussi on s'efforcera d'indiquer un certain nombre de particularités : diversité des formes, organisation des réseaux, conditions d'évolution (dont les taux de dissolution, cf. tableau 1).

A. Les karsts de montagne

Dans l'ensemble ils sont développés dans des structures calcaires plissées, et sauf dans le Jura, il s'agit de puissantes séries carbonatées, le plus souvent mésozoïques, comme dans le Crétacé inférieur des chaînes subalpines du Nord ou de la zone Nord-Pyrénéenne (faciès urgonien). Quel que soit l'âge des plissements et des charriages, ces massifs ont été portés en altitude par des mouvements tectoniques très récents de la fin du Miocène au Pléistocène et qui perdurent bien souvent (néotectonique active). Aussi à l'exception du Jura, tant par le jeu des accidents transverses que par les actions fluviales et glaciaires, ils sont séparés les uns des autres par de profondes vallées ; de ce fait ils ont un potentiel spéléogénétique très important. L'altitude des hautes surfaces, les conditions bioclimatiques correspondantes, les

héritages glaciaires spécifiques et les formes résultantes en surface comme dans l'endokarst permettent de séparer les karsts haut-alpins des autres karsts de montagne. Ces karsts de montagne détiennent sept réseaux de plus de 1 000 m de profondeur, ce qui place la France à égalité avec le Mexique, l'Autriche et l'Espagne pour le nombre de - 1 000.

1. Les karsts de type haut-alpin (CORBEL, 1957 ; NICOD, 1984 ; MAIRE, 1990)

Pour la plupart, ce sont des massifs récemment déglacés situés entre 1 800 et 2 500 m ; d'autres, plus élevés, sont encore partiellement couverts d'une calotte glaciaire comme le Ruan dans le Haut-Giffre et La Grande Motte en Vanoise (CHARDON, 1992). Tous les autres ont de nombreuses névières (puits à neige) et glaciers (glaciers souterrains). A titre d'exemple, citons la fameuse glacière de Scarasson dans le massif du Marguareis, mais il en existe bien d'autres dans les hauts karsts des Alpes et des Pyrénées.

Ces unités sont constituées par des séries carbonatées très puissantes, mais d'âge différent : calcaires urgoniens et/ou sénoniens dans les chaînes subalpines du nord, calcaires et dolomies triasiques fortement tectonisées dans les unités dispersées de la zone intra-alpine (spécialement dans le Marguareis), calcaires santoniens de la couverture de la zone axiale pyrénéenne (Arres d'Anie, Mont Perdu)... et même localement quelques lambeaux de calcaires dévonien de cette zone (Gabizos accolé au Pic du Ger, BARRERE, 1973). Portés en haute altitude, ces massifs isolés ont subi des phénomènes de décompression générale, accentués par la détente post-glaciaire würmienne : c'est dire combien la fracturation ouverte s'exprime tant dans la morphologie de surface que dans la structuration des réseaux souterrains. Décrit par MARTEL (1928), cartographié et étudié par MAIRE (1984, 1990), le massif du Désert de Platé représente le modèle le plus classique de ce type de karst haut-alpin.

La morphologie de surface est d'autant plus caractéristique que le karst est nu ; les surfaces structurales raclées par les glaces sont ciselées par les champs de lapiés : c'est le *Schichttreppenkarst* de BÖGLI, ou karst en banquettes, dont nous avons adopté la terminologie (NICOD et MAIRE, 1984), ou les Arres (Larra en espagnol). La neige s'accumule dans les couloirs et névières, et la cryoclastie joue un rôle concurrent de la dissolution, et l'empêche même dans les calcaires finement lités (Plateau de Bure dans le Dévoluy, photo 4) ou dans les dolomies cataclasées (Oserot-Tête de Moysse dans les Alpes du Sud).

Dans tous ces massifs et dans le haut Vercors oriental qui présente les mêmes caractéristiques, on trouve des formes d'échelle hectométrique à kilométrique, cirques et cuvettes à gouffres absorbant les eaux de fusion nivale. Souvent le fond de ces dépressions est encombré de dépôts grossiers (moraines, glaciers rocheux), particulièrement dans le massif de l'Oserot (NICOD *et al.*, 1975). Le développement de ces cirques et cuvettes glacio-karstiques a exigé, dans un contexte structural favorable, l'alternance et la combinaison de plusieurs processus au cours du Pléistocène (discussion in NICOD, 1976 et MAIRE, 1990). Et bien que la trace des karstifications antéquaternaires ait été effacée en surface par l'intensité des actions glaciaires, périglaciaires et karstiques, des recherches dans l'endokarst permettent d'envisager leur rôle : ainsi dans les Arres d'Anie (MAIRE, 1990, p. 684), dans le Vercors oriental et la Chartreuse (AUDRA, 1993).

Mais il n'en demeure pas moins que les actions quaternaires ont été particulièrement efficaces dans l'endokarst (y compris l'érosion mécanique : témoignage de la Salle de la Verna dans le réseau de la Pierre Saint-Martin) et que le taux de dissolution actuelle est élevé (80-104 mm/1 000 ans, cf. tableau 1). Aussi les hauts massifs karstiques français détiennent les records de profondeur avec cinq - 1000 : trois dans les Alpes (Jean-Bernard et Mirola/L. Bouclier dans le Haut-Giffre, TO75 dans les Bornes) et deux dans les Pyrénées (Pierre Saint-Martin et BT 6 dans les Arres d'Anie). Mais ces records sont liés aussi à des conditions structurales favorables : plongement des assises calcaires permettant une dénivelée maximale.

2. Les karsts de moyenne montagne

Ils sont nombreux et étendus dans les chaînes subalpines et la zone nord-pyréenne, et forment même des ensembles d'un seul tenant dans le Jura et l'ensemble Plans-du-Verdon / Préalpes de Grasse. Ils présentent une morphologie de surface très typique, avec des champs de dolines commandées par la fracturation et quelques petits poljés structuraux. Les conditions d'évolution actuelle sont très favorables : précipitations abondantes, enneigement, couvert forestier ; CORBEL (1957) parlait des karsts de la forêt neigeuse. Le taux de dissolution maximal semble atteint dans le Vercors septentrio-

nal (180 mm/millénaire, cf. tableau 1). Si les réseaux les plus profonds sont surtout localisés dans les karsts de type haut-alpin, les karsts de moyenne montagne détiennent à la fois des gouffres profonds (deux - 1 000, dont le Berger) et surtout le record français de développement avec la Coume Ouarnède (95 km) dans le massif pyrénéen d'Arbas. Mais il faut également signaler les grands réseaux de Chartreuse : Alpe (60 km) et Dent de Crolles (55 km).

Les différences importantes dans les dispositifs structuraux (lithologie et style tectonique), l'extension inégale des héritages anté-quaternaires et surtout le rôle des phénomènes glaciaires ou de nivation au cours du Pléistocène permettent de distinguer quatre sous-types : nord-préalpin, nord-pyrénéen, jurassien, sud-préalpin (colonne 2).

- **Les karsts nord-préalpins** (on préfère le terme "préalpin" au terme "subalpin", ce dernier ayant un sens différent en géologie et en écologie) concerne les unités subalpines septentrionales, Vercors, Chartreuse, Bauges, Bornes et en plus les Préalpes s.s. du Chablais. Toutes ont en commun la puissance des séries calcaires, particulièrement le Barrémien de faciès récifal (Urgonien) et l'incidence de l'englacement quaternaire : calottes glaciaires ou nivation importante sur les hautes surfaces, puissants glaciers de vallée du

sillon alpin et des cluses (CHARDON, 1984).

C'est dans le Vercors, massif le plus vaste et le moins tectonisé (plis amples déversés vers l'ouest, larges synclinaux, failles transverses) que l'on trouve les formes les plus caractéristiques, avec une évolution anté-quaternaire prouvée par le karst à buttes du Plateau des Coulmes porté en altitude, d'anciennes cavités décapitées et de nombreuses poches de terra-rossa et d'altérites (DELANNOY et GUENDON, 1990 et carte géomorphologique DELANNOY, 1991). Par ailleurs l'englacement local paraît avoir commandé le développement de poljés d'altitude, comme celui de Vassieux, tandis qu'une diffifluence du glacier de l'Isère fut responsable de l'extension au Riss d'un lac proglaciaire dans le synclinal de Lans. Compartimentage structural et influences paléoclimatiques expliquent de nombreuses particularités de l'organisation des réseaux hydrologiques, superficiels et souterrains conjugués (cf. DELANNOY, 1983-1984 résumant de nombreux travaux). Ainsi sur la Bourne supérieure, alimentée par de puissantes exurgences (Goule Noire et Goule Blanche), le creusement du canyon a commandé le niveau des circulations karstiques dans l'anticlinal depuis au moins le Quaternaire moyen (fig. 1), et à l'ouest le creusement des Petits Goulets et l'évolution des circulations karstiques, donc des cavités étagées qui peuvent être éventuellement corrélées au système de



Photo 2 : Type de dépression dans le karst du Haut-Jura (Les Molunes au SE de St. Claude) ; placage morainique, fond tourbeux et ambiance forestière. (cliché J. Nicod). *Typical karst depression in the High Jura (Les Molunes, SE of St. Claude) ; moraines, peat-bogs and forests.*

terrasses fluvio-glaciaires de la vallée de l'Isère (DELANNOY et GUENDON, 1990). Au perchement de la vallée de la Vernaison correspond le fonctionnement du système hydrogéologique complexe grotte de la Luire / sources d'Arbois et du Bournillon (schéma in DELANNOY et MAIRE, 1984).

- **Les karsts nord-pyrénéens**, comme les karsts préalpins du nord, sont des unités isolées de la zone nord-pyrénéenne, de volume montagneux différent et d'altitude inégale. Leur morcellement est dû aux dispositifs tectoniques et aux variations de faciès de l'Urgo-Aptien. Par contre les traces d'évolution ancienne y sont souvent manifestes ; ainsi le karst conique tertiaire est bien présent, par exemple dans les Pyrénées-Atlantiques, sur le massif des Arbailles (VIERS, 1960 et VANARA, travaux en cours) et dans l'Aude, sur le pourtour du poljé de Sault. L'englacement des vallées principales est responsable de dépressions karstiques héritées de l'obturation glaciaire, notamment en basse vallée d'Ossau (BARRERE, 1973), et du remaniement des grottes-tunnels de Niaux par les eaux proglaciaires.

C'est aussi dans le petit massif forestier d'Arbas, d'altitude très moyenne (1 608 m), que se développe le premier réseau français : la Coume Ouarnède (ou réseau Trombe), avec 1 004 m de profondeur, 95 km de conduits topographiés et 38 entrées. L'entrée supérieure est le gouffre de la Coquille (1 452 m) et le point le plus bas est situé au niveau de la

résurgence du Goueil dy Her (448 m). Plus à l'est, le plateau de Sault représente un type de transition avec les karsts du Jura plissé : altitude plus faible, poljés et profondes dolines (LAGASQUIE, 1963), importance des réseaux noyés (système de Fontestorbes et son émergence intermittente).

En raison de leur faible altitude, les crêtes appalachiennes calcaires des Petites Pyrénées de l'Ariège n'appartiennent pas au type morphoclimatique nord-pyrénéen ; ils comportent toutefois des percées hydrogéologiques remarquables : tunnel naturel du Mas d'Azil et rivière souterraine de Labouiche. Il en est de même des petits karsts landais, près de Dax (Chalosse), qui ne dépassent pas 100 m d'altitude et qui renferment de petites cavités dans les calcaires secondaires (SOUSSIEUX, 1984), mais par commodité nous avons conservé la même couleur.

- **Les karsts jurassiens** se développent dans les deux séquences calcaires du Dogger et du Malm, séparées par une importante intercalation marneuse. Cette structure, plissée dans le Haut-Jura et poussée vers l'ouest à la fin du Miocène (CHAUVE, 1971), commande une géomorphologie structurale bien connue dans laquelle s'inscrivent les formes karstiques majeures : champs de dolines et combes à drainage souterrain (exemples dans AUBERT, 1965), vastes poljés synclinaux, creusement des cluses sur les accidents transverses et en rapport avec

les circulations karstiques (MONBARON, 1975) (photo 2).

L'extension d'un englacement de plateau lors des phases glaciaires pléistocènes (CAMPY, 1982) a entraîné l'abondance des matériaux morainiques feutrants les dépressions, d'où la coexistence d'une hydrologie de surface et de circuits souterrains bien marqués aux environs de Pontarlier (pertes du Doubs et du Drugeon vers la Source de la Loue) ; et l'extension des marais et tourbières acidifiant les eaux et permettant un taux de dissolution élevé, de l'ordre de 80 à 90 mm/millénaire (discussion in NICOD, 1990).

En raison de la structure (karsts barrés), les réseaux horizontaux sont très développés : celui du Verneau à Nans sous Ste Anne atteint 32 km ! Le karst des plateaux du Jura externe est en continuité avec celui de la montagne, d'où le caractère aléatoire de leur limite, côté hautes chaînes. Il comporte aussi de vastes poljés tourbeux comme celui des Marais de Saône, au sud de Besançon (CHAUVE, 1971), feutrés par les matériaux périglaciaires. Dans la montagne comme sur les plateaux, les traces géomorphologiques des karstifications anté-quaternaires sont nombreuses, et de multiples dépôts piégés les attestent, particulièrement dans le Jura méridional (FOURNEAU et al., 1990 ; BIENFAIT, 1991).

Les plateaux faillés de la Haute-Saône, au sud de Vesoul, et la "Montagne" bourguignonne peuvent être considérés morphologiquement comme des répliques des plateaux du Jura

Photo 3 : L'entrée caractéristique de l'aven de la Barelle (perte temporaire) sur le Causse Méjean dont on aperçoit la surface monotone.

Les Grands Causses sont soumis à la karstification depuis fort longtemps (fin du Secondaire), mais les grandes cavités explorées ne datent que de la fin du Tertiaire et du Quaternaire car elles sont synchrones de la surrection et du creusement des canyons. (cliché R. Maire). *The "Aven de la Barelle"*

on the Causse Méjean is a temporary sinkhole.



externe. Et celui de "l'île Crémieu", au sud-ouest du Jura, envahi par les glaciers de piémont successifs a fonctionné comme un karst sous-glaciaire au cours du Quaternaire (grotte de La Balme). C'est le plus vaste plateau calcaire français sous couverture morainique (CHARDON, 1989 ; AUDRA, 1993).

- Les karsts sud-préalpins se développent dans les nombreuses unités calcaires des chaînes subalpines méridionales, mais dispersées du fait de la tectonique et des variations de faciès. Seul l'ensemble Verdon / Plans de Grasse constitué principalement par les calcaires du Jurassique supérieur (Tithonique) est d'un seul tenant. Quant au Barrémien du Ventoux et de la Montagne de Lure, il représente l'amont du système karstique de Vaucluse (infra C.1). Les monts, correspondant aux anticlinaux, sont caractérisés par des champs de dolines nivales disposées suivant la fracturation, comme ceux de la Colle d'Aiguines et de l'Audibergue. Les bassins synclinaux ont évolué en poljés, soit anciens et stérilisés par l'enfoncement des circulations souterraines (Plan de Canjuers), soit récents et actifs (Caille, Caussols) (NICOD, 1967 ; JULIAN 1980 ; JULIAN et NICOD, 1984, 1986, 1989).

Le creusement des canyons a été commandé principalement par le soulèvement des unités depuis la fin du Miocène (phase rhodanienne et néotectonique). Les circulations karstiques se sont organisées en fonction des puissantes sources de bordure : Fontaine l'Evêque (émergence

des Plans du Verdon), source de la Siagne ; et de profonds avens (jusqu'à - 440 m dans l'aven des Ténèbres, Audibergue) permettent l'accès au voisinage de la zone noyée. Sans être aussi élevés que dans les Préalpes du Nord, les taux de dissolution sont de l'ordre de 50 à 60 mm/millénaire, très supérieurs à ceux des karsts méditerranéens voisins.

B. Les Causses

Les Grands Causses méritent une place particulière, tant par leur originalité de haut plateau karstique (d'où des conditions bioclimatiques les apparentant aux karsts montagnards) que par l'abondance des recherches qui y ont été effectuées et par la littérature scientifique qu'ils ont suscité, depuis l'époque pionnière de MARTEL, la thèse de MARRÉS (1935), les articles de CORBEL (1956) et d'ENJALBERT (1968). A cause d'une structure simple et de formes caractéristiques, c'est le type de karst pédagogique (BATTIAU-QUENEY, 1993).

Les Grands Causses sont constitués par une plate-forme carbonatée jurassique, affectée par un carroyage de failles, pyrénéennes E-W et N020 (ROUIRE et ROUSSET, 1973 ; DUBOIS, 1985). Ils sont limités par des cuestas majeures, et coupés par les profonds canyons du Tarn, de la Jonte, de la Dourbie et de la Vis. Leur morphologie de surface est caractérisée par de nombreuses dépressions (sochcs = dolines) bourrées de dépôts siliceux et de matériaux périglaciaires, encadrées par

des reliefs résiduels ou "pechs". Le paysage caussenard est particulièrement mis en valeur par les façons culturales et pastorales, et les processus périglaciaires sont encore efficaces sur les Causses les plus élevés. Les dolomies donnent des reliefs originaux, ruiniformes, avec les "canaules" produites par le soutirage des sables dolomitiques (AMBERT, 1990), et l'occurrence de lacs temporaires comme celui des Rives dans le sud du Larzac (SALVAYRE, 1969).

La connaissance de l'évolution géomorphologique des Grands Causses vient de progresser grâce à l'étude du volcanisme et des travertins de Millau (AMBERT, 1989, 1990). Du Crétacé au Miocène des aplanissements sont réalisés. A la fin du Miocène l'exhaussement des Causses permet déjà un large déblaiement des vallons périphériques, aux environs de Millau (témoignage du volcan d'Azinières au nord de Millau daté de 5,75 Ma). Les canyons se creusent dès cette époque, les réseaux souterrains supérieurs s'y raccordent, et le modèle de karst tropical à "kuppen" de la surface des Causses s'accroît. Les étapes de l'évolution pléistocène sont précisées par la remarquable séquence des travertins située en aval de Millau. Le paysage des Grands Causses se retrouve partiellement dans ceux du Quercy, mais leur altitude moindre et leurs conditions d'évolution au cours du Tertiaire les rapprochent davantage des autres plateaux calcaires de l'Aquitaine septentrionale (infra).



Photo 4 : Le vallon d'Ane (à gauche) et le plateau de Bure (à droite) sont situés dans le Dévoluy méridional, Hautes-Alpes. Type de dépression glacio-karstique déterminée par un système de failles dans les calcaires du Sénonien et encombrée d'éboulis tardi- et postwürmiens (fond à 1 691 m). (cf. NICOD et al., 1978). *The vallon d'Ane and the plateau de Bure in the Southern Devoluy (Hautes-Alpes). Typical glacio-karstic depression and high alpine karst.*

Dans les Grands Causses, les connaissances spéléologiques sont également avancées en raison de l'intérêt des explorations : cavités profondes et développées, rivières souterraines, siphons. Il existe près de 65 gouffres de plus de 100 m de profondeur, dont la Capitelle (- 430 m) et Puech Negre (- 400 m), et une trentaine de plus de 2 km de long, dont la Tride (> 12 km) et Bramabiau (> 10 km).

C. Les karsts méditerranéens (Languedoc, Provence)

D'une manière générale, ils correspondent à une série calcaire et dolomitique du Jurassique moyen et supérieur et du Crétacé inférieur (faciès urgonien), très puissante, et localement redoublée (Sainte-Baume, Saint-Loup) par les chevauchements de la phase tectonique tangentielle de l'Eocène supérieur. Avant même cette phase, la karstification avait commencé dès l'émergence des premières rides : formation des bauxites au Crétacé

moyen, conservées plus ou moins dans des paléokarsts.

Mais l'évolution tectonique ultérieure (champ de failles oligocènes, mouvements importants fini-miocènes et néotectonique active en Provence) a entraîné une dissociation des unités et une très grande inégalité de la karstification, interférant avec la réalisation d'aplanissements emboîtés (AMBERT, 1990 ; BLANC, 1992 ; FABRE, 1989 ; JULIAN et NICOD, 1984, 1989). On doit tenir compte aussi de la régression messinienne, sensible non seulement dans les massifs karstiques, proches du littoral, mais aussi dans ceux dépendant des grandes vallées (Vaucluse, Ardèche), et bien-sûr des régressions et transgressions quaternaires comme l'attestent les réseaux ennoyés des Calanques (infra).

Certes le climat et la végétation méditerranéenne donnent une certaine homogénéité aux plateaux karstiques, avec des champs de lapiés plus ou moins nus du fait de la réduction du couvert végétal. Mais on ne doit pas oublier que ces lapiés sont le plus souvent hérités de la corrosion sous couverture de terra-rossa, en grande partie liquidée par les épisodes froids et l'action de l'homme. Du fait de ces conditions, la plupart de ces karsts sont maintenant d'évolution lente : les taux de dissolution sont très faibles sur les bas-plateaux peu arrosés (tableau 1). Mais l'étude des systèmes travertineux et des concrétions offre précisément l'intérêt de saisir le rôle des variations climatiques, et depuis l'Holocène du facteur anthropique dans l'évolution des karsts méditerranéens (VAUDOUR et al., 1988 ; BLANC et MONTEAU, 1988).

1. Les plateaux languedociens et ardéchois (cf. synthèse de FABRE, 1989)

Ils ont été modelés au cours du Cénozoïque par des aplanissements successifs auxquels on peut corréliser des paléofaces, par exemple la position des avens sur le plateau ardéchois en rapport avec les paléo-surfaces (GOMBERT, 1988). L'incision des canyons, au moins ébauchée au Messinien (discussion in AMBERT, 1990), a eu comme conséquence l'approfondissement drastique des circulations souterraines et le développement de réseaux complexes comme celui de Saint-Marcel d'Ardèche (BLANC, 1976) et de la goule de Foussoubie longs respectivement de 27 et 23 km. Le réseau

le plus profond d'Ardèche est celui de la Combe Rajeau (- 235 m, 11 km) situé en bordure de la coulée volcanique du Coiron. Des corrélations entre la morphologie des réseaux, leurs remplissages et les niveaux de creusement des canyons ont été présentés pour l'Ardèche, la Cèze, le Gardon et l'Hérault, dans les ouvrages précités. Et les recherches par plongées dans quelques exurgences importantes, comme les Fontaines de Tourne (- 140 m, Bourg-Saint-Andéol), la source du Castor (- 68 m, Saint-Remèze) et la Source du Lez (- 78 m) captée pour Montpellier ont montré l'importance des cavités en zone noyée.

A l'inverse d'un karst profond très développé, les formes superficielles sont assez banales, sauf quelques secteurs privilégiés : la longue lanière de calcaire jurassique du plateau des Gras, les karsts dolomitiques ruiniformes (Bois de Païolive, reculée de Saint Guilhem du Désert, Cirque de Mourèze) et quelques portions de plateau criblées d'avens (Méjanne Le Clap, Corconne, etc. ; FABRE, 1989).

2. Le Plateau de Vaucluse

En continuité avec les chaînes subalpines du Ventoux et de la Montagne de Lure, et constitué par les mêmes calcaires barrémo-aptiens, l'ensemble forme le bassin d'alimentation de la Fontaine de Vaucluse estimé à 1 100 ou 1 200 km² (PUIG, 1990 ; MUDRY et PUIG, 1991). C'est le secteur médian, le plateau de Saint-Christol, vers 800-900 m d'altitude qui présente les formes karstiques les plus nombreuses (WEYDERT 1968) : profondes dolines et petits poljés structuraux disposés suivant le champ de fractures oligocènes. Les conditions bioclimatiques de l'étage méditerranéomontagnard sont favorables à l'évolution actuelle du karst superficiel, mais le rôle des phases anciennes de karstification est attesté notamment par l'ancien poljé de Saint-Christol et les dépôts résiduels d'argile à silex (JULIAN et NICOD, 1989). C'est aussi le secteur des grands avens : Caladaire (- 667 m), Autran (- 655 m), Trou Souffleur (- 610 m, avec rivière souterraine de 100 l/s à l'étiage), Jean-Nouveau (- 573 m), gouffres profonds qui témoignent d'une déconnection majeure entre l'évolution superficielle et celle de la zone noyée, cette dernière étant commandée par le fonctionnement de la Fontaine de Vaucluse. La profondeur atteinte dans

Photo 5 : Perte dans les calcaires secondaires du karst des Charentes recouverts ici par une épaisse couche d'altérites. Comme en Quercy et Périgord, cette région a été recouverte par des alluvions siliceuses provenant du Massif Central. (cliché R. Maire).

Sinkhole in the karst of Charentes near Angoulême ; thick alterites and secondary limestones below.



l'exploration de cette résurgence (- 308 m soit - 223 m sous le niveau de la mer) et l'importance du volume noyé de la cavité sont des arguments pour un creusement en rapport avec l'assèchement de la Méditerranée à la fin du Miocène (régression messinienne).

3. Les autres massifs : Sainte-Baume, Montrieux, Calanques, Bonifacio

- **Le Massif de la Sainte-Baume** (fig. 2) est une unité complexe, portée en altitude par des mouvements tectoniques successifs, et a acquis un volume suffisant pour avoir de nombreux phénomènes karstiques superficiels (champs de lapiés, poljé suspendu du Plan d'Aups) et souterrains (MAZET, 1984). Mais la structuration de cette unité est très inégale (COULIER, 1986 ; MARTIN, 1991), les écoulements sont divergents, et le massif contribue à l'alimentation de la résurgence sous-marine de Port-Miou, via la zone broyée dans laquelle est évidé le poljé de Cuges (NICOD 1967 ; ROUSSET, 1988 ; JULIAN et NICOD, 1989).

- **Le plateau karstique de Montrieux (Siou-Blanc)**, situé au nord de Toulon, est le karst le plus caractéristique de Provence tant par ses formes de surface (reliefs dolomitiques ruiniformes, ancien poljé de la Limate) que par les très nombreux avens qui y ont été répertoriés et explorés, dont l'aven Cyclopius profond de 369 m (MONTEAU, 1978 ;

NICOD, 1992). Cette intensité de la karstification est liée au système de fractures (BLANC et NICOD, 1990), au volcanisme daté de la fin du Miocène (Coulée de l'Aigle, 6 Ma) et à l'évolution sous couverture résiduelle (POMEL, in litt.).

- **Le karst littoral des Calanques** (photo 7) est remarquable pour plusieurs raisons. D'abord l'ancienneté de la karstification est attestée par de nombreuses cavités paléokarstiques qui renferment des planchers stalagmitiques indurés, certains étant affectés par la fracturation oligocène (BLANC et MONTEAU, 1979 ; BLANC, 1993). Ensuite, on observe une fréquence des effondrements, liés à la néotectonique et plus récemment au jeu des variations du niveau marin (BLANC, 1975). Enfin, il faut insister sur l'importance des réseaux noyés : sources sous-marines de Port-Miou (- 145 m, 2,2 km) et du Bestouan (- 29 m, 4 km) près de Cassis, karst immergé du Veyron à - 40 m au sud de la baie de Marseille (FROGET, 1974), et bien sûr la grotte Cosquer, témoin de l'art pariétal avant la dernière remontée du niveau marin. Aujourd'hui, l'évolution karstique est minime à l'exception de la frange littorale.

- **Le "Causse" de Bonifacio**, en Corse du Sud, est le seul plateau karstique étendu, dans les calcarénites miocènes, qui présente des formes de surface et quelques cavités tronçonnées par le recul des falaises littorales (grotte marine du Sdragonato). Pour terminer sur les karsts

méditerranéens, il convient de noter qu'en raison de la fragmentation tectonique, un nombre important de petites unités karstiques se trouvent isolées, et en partie ennoyées dans les sédiments plio-quaternaires. Certaines ont des formes karstiques importantes comme la Montagne de la Clape ou le plateau de Thouzon. Et parmi les nombreux petits plateaux de molasse et calcaires tertiaires, celui de Minerve avec les tunnels naturels de la Cesse mérite d'être signalé.

D. Les plateaux karstiques dans les bassins sédimentaires (Parisien et Aquitain)

Ils constituent de vastes ensembles que l'on a différencié d'abord par l'âge des terrains et la lithologie, puis par la nature de leur couverture (altérites, alluvions, loess, cf. NICOD 1994). Leur karstification est très inégale, souvent en fonction des évolutions paléomorphologiques.

1. Cuestas et plateaux du Bassin Parisien (fig. 3)

Le dispositif classique des cuestas dans la série triasique et jurassique de l'Est du Bassin Parisien comporte de nombreux secteurs riches en formes superficielles et souterraines et en phénomènes actifs : ainsi en Lorraine au pied des Côtes de Meuse (GAMEZ, 1992), dans le Barrois particulièrement sous couverture des sables wealdiens dans la Forêt de Trois Fontaines au N de Saint-Dizier, sur les plateaux faillés de Bourgogne (DELANCE, 1988)... En Nivernais les dolines de suffosion affectent une importante

Figure 2 : Coupe à travers la partie orientale de la Sainte-Baume, montrant la disposition des principaux avens et de la Foux de Nans (d'après MONTEAU et COURBON, 1983). Sigles de la carte géologique au 1/50 000° Cuers - ZN : sommet de la zone noyée (étiage).
Cross-section of the eastern area of the Sainte-Baume, pointing out of the main pot-holes and the Foux de Nans spring after MONTEAU and COURBON, 1983.
Sigla of the 1/50 000 geological map CUERS - ZN : top of the groundwater (low water level).

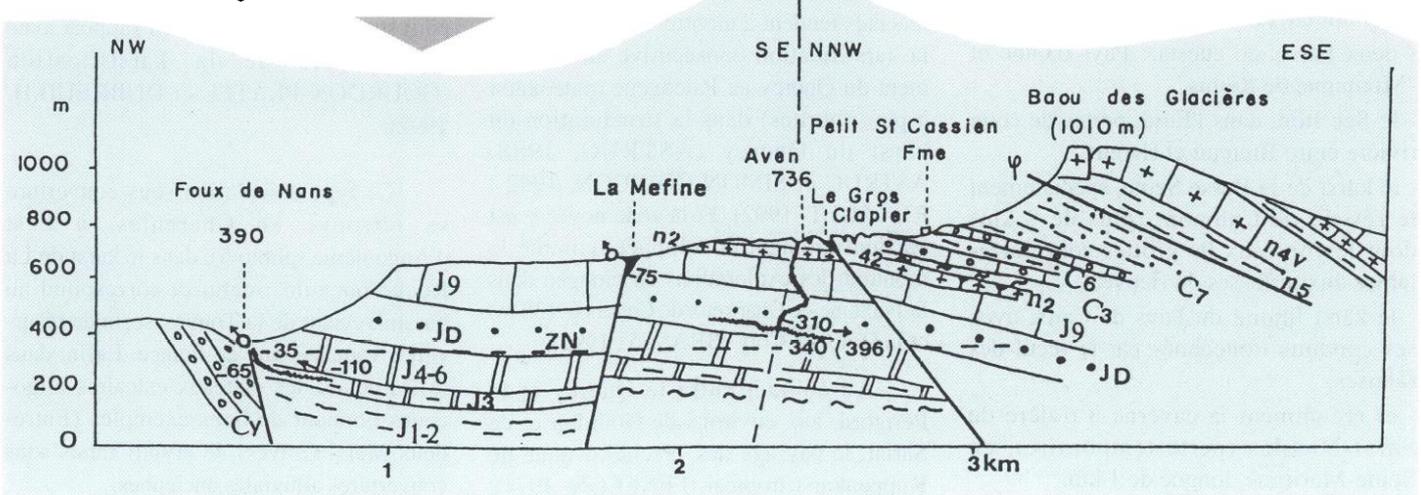
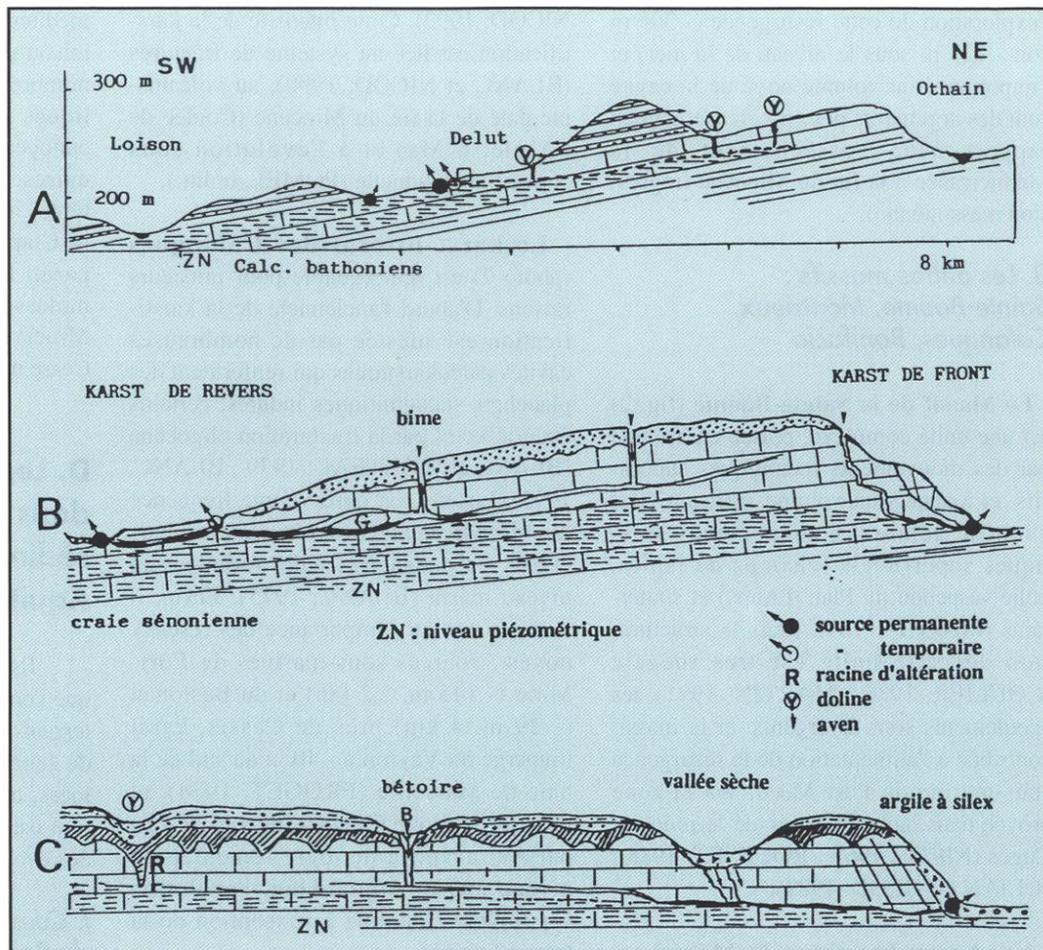


Figure 3 : Trois types de plateaux sous couverture :
A - de contact sous couverture, argilo-gréseuse, Woëvre (d'après GAMEZ, 1992).
B - de cuesta sous couverture sablo-gréseuse, type forêt d'Othe, d'après RODET, 1991).
C - de craie sous argile à silex (+ sables tertiaires et loess) (id).
Three types of table-lands under cover :
A - border karst under clay-sandstone cover (Woëvre).
B - cuesta under sand-sandstone cover (Othe Forest).
C - chalk under flint clay (+ cainozoic sand and loess).



couverture de limons et d'argile à chailles (BRAQUE, 1961 ; COUTURAUD et ORANGE, 1989).

La craie présente souvent, outre sa porosité intrinsèque, une fracturation localement importante qui commande le développement de réseaux karstiques (CALBA et al., 1979 ; RODET, 1991). Mais les formes de surface (béttoires = dolines) sont feutrées par le manteau d'argile à silex (altération dont les racines pénètrent profondément dans la craie), les résidus de sables tertiaires et les loess. Quelques secteurs particulièrement karstifiés ont été étudiés par RODET (1992) :

- deux karsts de cuesta : Pays d'Othe et "Montagne de Reims",
- le Sec Iton, dans l'Eure, pertes de cette rivière entre Breteuil et Evreux,
- le karst de la Basse Seine, spécialement le réseau de Caumont (plus de 8 km) dont les niveaux de grottes sont corrélables aux terrasses du fleuve,
- le karst littoral du Pays de Caux, avec ses conduits tronçonnés par le recul des falaises,
- et récemment la caverne à rivière de Saint-Nicolas (perte temporaire), en Seine-Maritime, longue de 1 km.

2. Les plateaux du Nord de l'Aquitaine, Quercy et Périgord

Bien que constitués de roches différentes, ils sont liés par leurs conditions d'évolution au cours du Tertiaire (rôle de la couverture d'altérites) et du Quaternaire (creusement du réseau de vallées). Par leur formes de surface, les Causses du Quercy rappellent la morphologie des Grands Causses. Et les niveaux de grottes sont depuis CAVAILLE (1974) bien corrélés aux terrasses fluviales (GEZE et CAVAILLE, 1977). Les recherches récentes tendent à montrer l'importance de la karstification consécutive au bombement du Quercy au Paléogène (paléokarst à phosphorites) dans la structuration du karst du Quercy (ASTRUC, 1988, ASTRUC et SIMON-COINÇON, 1992 ; RENAULT, 1992). Et la zone noyée y est particulièrement développée, comme le montrent les explorations en plongée dans la Fontaine de Chartreux de Cahors (- 136 m) et la Doux de Coly (BRASEY, 1992).

Au contact entre le Quercy et le Périgord, aux environs de Gourdon et de Sarlat, le paysage des "Pechs" évoque un Kuppenkarst tropical (FENELON, 1974).

Il s'agit de reliefs de type crypto-karstique, développés au sein des calcaires gréseux du Coniacien, sous les matériaux d'altération ferrallitique (SALOMON et ASTRUC, 1992). Ces reliefs ont été dégagés des altérites par étapes successives (témoignage du pech de Cougnac et de ses cavités). Dans l'ensemble les plateaux calcaires et crayeux du Périgord ont évolué sous une couverture d'altérites et de matériaux siliceux en provenance du Massif Central (sidérolithique), où plusieurs étapes de formation de cuirassement ferrugineux et de silicifications peuvent être distinguées, en rapport avec les progrès de la karstification (GOURDON-PLATEL et DUBREUILH, 1992).

Ce type d'évolution sous couverture se retrouve en Charentes, à l'est d'Angoulême (photo 5), dans le karst de La Rochefoucauld ; celui-ci correspond au bassin-versant de la Touvre, seconde résurgence vaclusienne de France. Enfin, dans le Bordelais, les plateaux calcaires oligocènes donnent de bons exemples (Entre-deux-Mers, Graves) de crypto-karsts sous couvertures alluviales anciennes.

E. Les karsts des socles paléozoïques

Présents sous forme de bandes allongées, pincées dans les terrains métamorphiques, affectés eux-mêmes par le métamorphisme régional (marbres), ces affleurements carbonatés n'occupent en France qu'une place infime. Mais ils ont un grand intérêt hydrologique (pertes de cours d'eau allogènes). Leur évolution est polyphasée, et leur minéralisation est importante. Leur évolution actuelle s'inscrit dans des paléokarsts successifs. Ils ont été particulièrement étudiés dans le massif des Ardennes, mais en Belgique (travaux d'EK, 1976 et de QUINIF, 1989) et en France près de Givet (CORBEL, 1957). Dans le massif armoricain, ils sont très dispersés : grottes des calcaires magnésiens cambriens des Coëvrons, karsts et paléokarsts des calcaires carbonifères des environs de Laval, dans le Bas-Maine (GAUTIER, 1977).

Dans la Montagne Noire, au sud du Massif Central, les bandes de calcaires et dolomies du Cambrien et du Dévonien ont une expression géomorphologique plus importante : vallées aveugles à l'est de Revel, petit karst de Saint-Pons, et au sud-est le champ de dépressions crypto-karstiques de Cabrerolles (AMBERT, 1984). Ces bandes calcaires commandent de

multiples particularités hydrologiques dans les monts de Lacaune et le bassin de l'Orb (FAVORY et GAZELLE, 1989).

Dans les Pyrénées, ces bandes carbonatées paléozoïques sont présentes dans la zone axiale à des altitudes variées, depuis le karst subméditerranéen du Conflent jusqu'aux karsts d'altitude du massif des Gabizos et du cirque d'Anouéou (BARRERE, 1973). Rappelons que la relation entre le Trou du Toro et le Goueil de Joueou, une des sources de la Garonne, établie dans un de ces karsts, est connue depuis la coloration historique effectuée en 1931 par N. CASTERET.

F. Les karsts des évaporites

Bien qu'il n'y ait pas en France d'étendue comparable à celles occupées par les gypses triasiques ou le Zechstein d'Europe Centrale, ces karsts sont importants tant par leur évolution active que par les risques qu'ils créent. En Provence, les affleurements triasiques ont été l'objet d'une longue évolution, au moins depuis le Miocène supérieur : évidemment de dépressions et formation de paléopoljés. Certaines formes sont en évolution active, occupées par des lacs à niveau variable (Louciens de la Roquebrussanne, lac de Besse). Des entonnoirs se forment brutalement, comme les Clapes de

Photo 6 : Etretat, l'Aiguille et la Porte d'Aval, site classique du littoral normand. En haut des falaises de craie, racines d'altération avec poches d'argile à silex. Au premier plan, estran rocheux et porche représentant un conduit tronçonné par le recul de la falaise. (cf. RODET, 1991-92, cliché J. Nicod). *The chalk cliffs of Etretat in Normandy.*



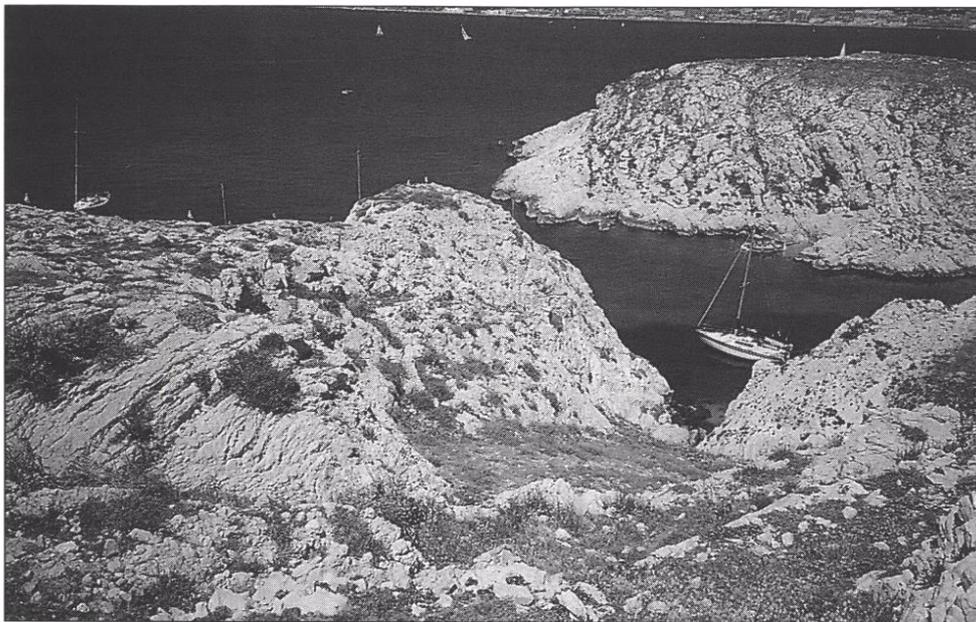


Photo 7 : Le karst littoral des Calanques (ici Calanque du Frioul) est remarquable à plus d'un titre : paléokarsts de l'Oligocène, karsts et cavités sous-marines, etc. (cliché J. Nicod).
The Calanques massif near Marseille is remarkable (oligocene paleokarsts, submarine karsts and caves, etc.).

Draguignan, ou le nouveau et énorme "Trou" de Bargemon (JULIAN et NICOD, 1989 ; NICOD, 1993). Des karsts semblables existent à l'ouest des Pyrénées, dans les diapirs triasiques du Pays Basque.

Dans les Alpes, les affleurements de gypse triasique sont des pincées étroites souvent en semelle de nappes. Leur évolution est récente, postglaciaire en général, et éminemment active, en fonction de l'étagement bio-climatique : karst sous- et latéglaciaire du Gebroulaz en Vanoise (CHARDON, 1991, 1992), champs d'entonnoirs des gypses de La Plagne en Tarentaise (ROVERA, 1991) et de la Combe de la Nova en Beaufortin, dolines plus évoluées (parfois avec des laquets) dans les alpages et les forêts.

Certains karsts des évaporites sont particulièrement évolutifs du fait des activités anthropiques : des champs de dolines et dépressions sont créés par l'exploitation du sel (halite) par dissolution, près de Poligny dans le Jura et de Dombasle en Lorraine ainsi que par le pompage des eaux thermales à Dax. Dans l'agglomération parisienne l'utilisation intensive de la nappe des calcaires bartoniens sous-jacents aux gypses entraîne de nombreux désordres (TOULEMONT, 1984).

Signalons pour terminer quelques formes para ou pseudo-karstiques : dépressions de type doline sur les mesas et planèzes basaltiques (Coirons, St. Flour), parfois des maars évolués

(cratères d'explosion avec lacs), dolines évasées sur le conglomérat de Valensole, grottes des grès et quartzites (particulièrement dans les grès triasiques des Vosges et de l'Ardèche), passages dus au soutirage des arènes dans le chaos granitique de Huelgoat (Finistère) et bien sûr toutes les cavités produites par l'action des vagues dans de nombreuses roches. Toutes ces formes sont ponctuelles, et il n'y pas en France de para ou pseudokarsts typiques comme ceux des conglomérats en Espagne, des laves dans le Golan (Israël), ou des grès du Centre-Afrique et des quartzites du Roraima (Venezuela) !

CONCLUSION

L'étendue des régions karstiques françaises et la variété des unités posent de nombreux problèmes de classement. Il est bien évident que la typologie choisie dépend des critères retenus. Dans plusieurs cas, dans la même unité karstique, des morphologies différentes sont juxtaposées et des conditions d'évolution actuelle sont disparates : il en est ainsi du Vercors, du Plateau de Vaucluse, du Pays de Sault, et surtout du vaste ensemble jurassien. D'après cette carte informatisée, donc modulable, il est possible d'apporter des compléments (trames, signes, noms...) en fonction du but recherché (ex : paléokarsts, grottes aménagées, impacts anthropiques, etc.) et de l'échelle choisie.

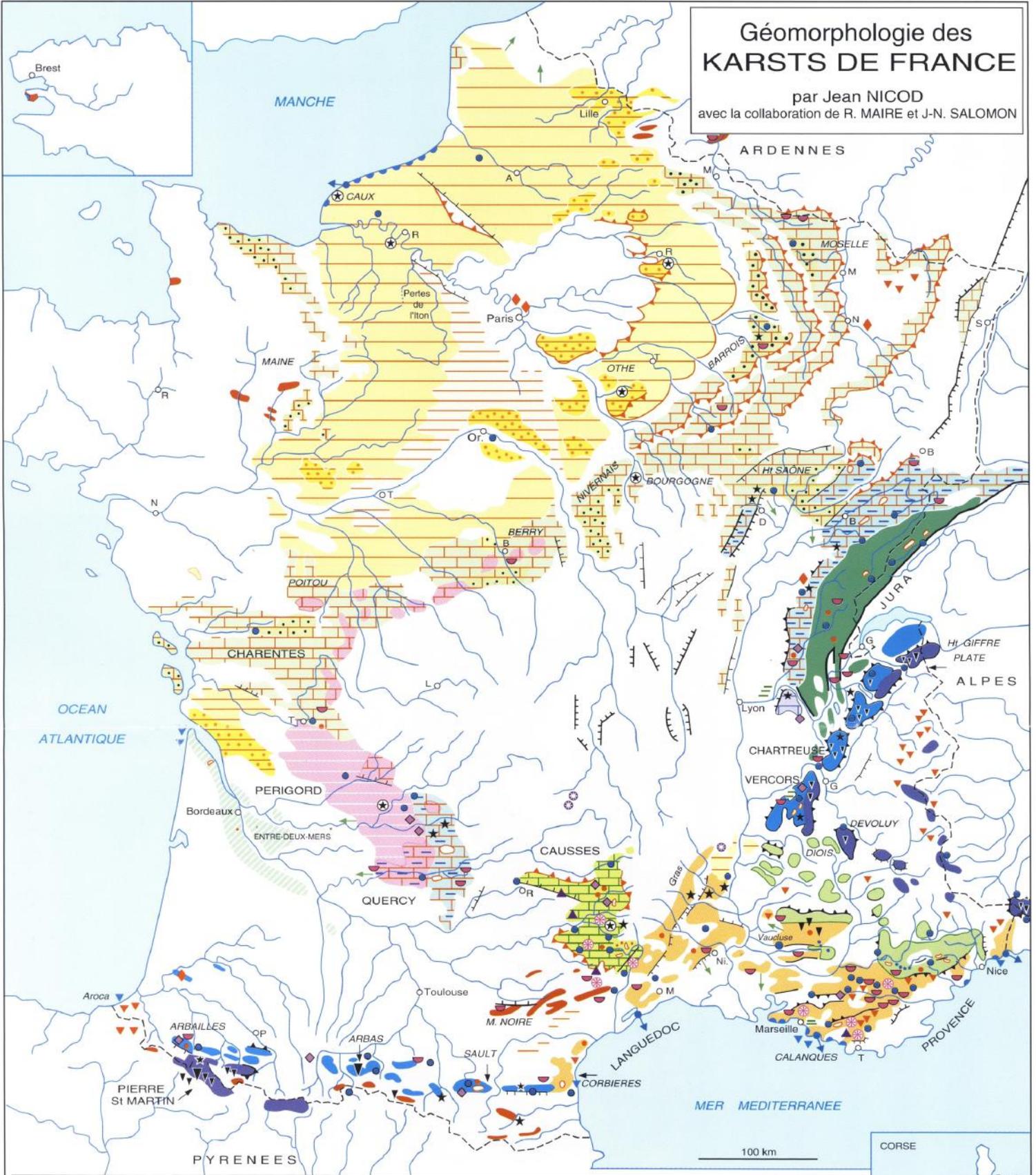
CARTES GÉOMORPHOLOGIQUES (phénomènes karstiques) publiées :

- 1) ALPES, JURA et PROVENCE :
 - Karsts des Alpes françaises, 1/750 000, R. MAIRE, J. NICOD et al., *Karstologia* 3-4, 1984.
 - Désert de Platé, 1/25 000, R. MAIRE, *Karstologia* 3-4, 1984.
 - Massif de Dorvan, Vercors (Ain), 1/10 000, J. GIBERT, R. LAURENT et R. MAIRE, *Karstologia*, 2, 1983.
 - Vercors, 1/100 000, J.-J. DELANNOY, 1986.
 - Dévoluy méridional (Bure) Aurouze, 1/25 000, J. NICOD et al., *Rev. Géogr. Alpine*, 2, 1978.
 - Oserot - Tête de Moïse, 1/25 000, J. NICOD et al., CNRS, *Phén. Karst.* II, 1975.
 - Marguareis, 1/20 000, C. ORENCO et al., *Méditerranée*, 1, 1972.
 - Plans du Verdon, 1/20 000, J. NICOD, CNRS, *Phén. Karst.* I, 1968.
 - Mons-Audibergue, 1/25 000, J. NICOD, *Karstologia*, 3/4, 1984.
 - Massif de Montrieux (Var) - maquette réduite, J. NICOD, URA 903, *Travaux* 1992.
- 2) LANGUEDOC et CAUSSES :
 - Causse de Blandas, 1/25 000, G. FABRE, *Méditerranée*, 2, 1978.
 - Causse de Guilhaumard, 1/25 000, P. AMBERT, *Trav. ERA* 282, XI, 1982.
 - Languedoc oriental, 1/200 000, G. FABRE, *Soc. Languedoc Géogr.*, 1983.
 - Salagou-Mourèze, 1/25 000, P. AMBERT, *Trav. ERA* 282, XII, 1984.
 - Millau, 1/25 000, P. AMBERT, *Z. Geomorphol. NF, Supl. Bd.77*, 1990.
- 3) PYRÉNÉES :
 - Pic de Ger-Gabizos, 1/25 000, P. BARRERE.

Remerciements : Cette carte géomorphologique des karsts de France n'a pu être réalisée que grâce au concours de M. Chardon, M. Julian, R. Maire et J.-N. Salomon pour la révision de la maquette et de la notice. Elle a été redessinée à l'Atelier de Cartographie de l'Institut de Géographie de l'Université de Bordeaux 3, grâce au talent et à la patience de Mme Nicole Pau, et à la supervision de mes deux collègues bordelais. La publication dans *Karstologia* a été aidée financièrement par l'URA 903 du CNRS et l'AFK. Que tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de cette carte reçoivent l'expression de ma très vive gratitude. Par ailleurs, comme il s'agit d'un document informatisé, les critiques seront les bienvenues en vue de toute exploitation ultérieure (Jean Nicod).

Géomorphologie des KARSTS DE FRANCE

par Jean NICOD
avec la collaboration de R. MAIRE et J-N. SALOMON



Structure a- Faille - Escarpement de F. b- Gd escarpement tectonique c- Cuesta - Limite de relief d- Massif ancien (cristallin)	Types climatiques de Karsts (chaînes plissées) a- K. de haute-montagne (type haut-alpin) b- K. N préalpin et N pyrénéen c- K. du Jura plissé d- K. sud-préalpin e- K. méditerranéen	c- id. très karstifié d- Pl. crayeux. Calc. crétacés e- Calc. tertiaires. Travertins	e- morainique f- Alluvions / calc. tertiaire extension k sous alluvions g- K. conique hérité Paléokarst	e- K. littoral. K. sous-marin f- source importante source sous marine g- pseudo k. volcanique dans le K.
Lithologie a- Reliefs dolomitiques b- K. des gypses, anhydrites et évaporites-anthropiques c- Bandes k. dans les socles	Karsts de plateaux et plaines a- Causées b- Pl. calc. jurassiques	Karsts sous couverture a- Sables, altérites calc. jurassiques b- Altération sidérolithique c- Argile à silex, loess / craie d- Sables, grès / craie et calc. tertiaire	Grandes morphologies karstiques a- Poljé, méga-doline b- cours d'eau pérenne cours d'eau temporaire k. c- réseau majeur aven (s) > 600m d- réseau > 10km groupe de grottes	

Dessin: Nicole PAU. Atelier de Cartographie de l'Institut de Géographie. Université de Montaigne - de Bordeaux III
Réalisé avec l'aide du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée (L.G.P.A) de l'Association Française de Karstologie (A.F.K.) de l'U.R.A. 903 du C.N.R.S.

BIBLIOGRAPHIE

- AMBERT M. et P. (1992) - Les mégaplatés dolo-mitiques des Grands Causses. *Z. Geomorph. N.F.*, Suppl. Bd.85, p. 73-87.
- AMBERT M. et P., COULET E., FABRE G., GUENDON J.-L. et ORENGO C. (1978) - Le Causse de Blandas (Gard). *Méditerranée*, 1-2, p.3-21.
- AMBERT P. (1982) - Le Causse de Guilhaumard. In *Phénomènes karstiques III, Mém. et documents de géog., CNRS*, p. 14-15
- AMBERT P. (1984) - Carte géomorphologique de la France au 1/50 000. St Chinian. CERCG, Paris.
- AMBERT P. (1991) - L'évolution géomorphologique du Languedoc central depuis le Néogène. *Thèse d'Etat, Aix-en-Provence*, 2 vol.
- ASTRUC J.-G. (1988) - Le paléokarst quercynois au Paléogène, altérations et sédimentations associées. *Doc. du BRGM*, n°33, 135 p.
- AUBERT D. (1969) - Phénomènes et formes du karst jurassien. *Eclogae geol. Helvetiae*, Bâle, 62.1, p.325-399.
- AUDRA Ph. (1991) - Le karst du massif du Moucheroite / Pic Saint-Michel (Vercors). *Karstologia*, 18, p. 19-28.
- AUDRA Ph. (1993) - Karsts alpins, genèse de grands réseaux souterrains. *Thèse Grenoble*, 388 p.
- AUDRA Ph., DELANNOY J.-J. et HORLEA F. (1993) - Signification paléogéographique des réseaux perchés des Préalpes françaises du Nord, Chartreuse et Vercors. *Travaux URA 903 CNRS*, Aix, p. 3-17.
- AVIAS J. (1972) - Karsts of France. In HERAK et STRINGFIELD éd.: *Important Karst Regions of the Northern Hemisphere*, p. 129-188.
- BAISSAS P. (1984) - Hydrogéologie karstique des Alpes-Maritimes. *Karstologia*, 3, p. 70-75.
- BAKALOWICZ M. (1979) - Contribution à la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. *Thèse, Paris VI*, 268 p.
- BAKALOWICZ M. (1993) - Les processus de karstification et les différents types de karsts associés. *Colloque Carbonates, Mém. Soc. Géol. Fr.*
- BARRERE P. (1973) - Les karsts de la vallée d'Ossau. *Actes Colloque Karstol. et Spéléol.*, URA 282 CNRS, Aix.
- BIENFAIT P. (1991) - Karstification et évolution paléogéographique du Jura. *Karstologia*, 17, p. 19-30.
- BLANC J.J. (1976) - Recherches géologiques à la grotte de St Marcel d'Ardèche. *Géologie Méditerranéenne*, II, 4, p. 227-236.
- BLANC J.J. (1985) - Phases d'effondrement aux grottes préhistoriques du Würm à l'Holocène dans le Midi de la France. *Karstologia*, 6, p.21-28.
- BLANC J.J. (1992) - Signification géodynamique des réseaux karstiques étagés du canyon de Baudinard (moyennes gorges du Verdon). *Karstologia*, 20, p. 37-48.
- BLANC J.J. (1993) - Le Paléokarst littoral de Provence. *Karstologia*, 22, p. 21-34
- BLANC J.J. et MONTEAU R. (1979) - Remplissages sédimentaires indurés dans le karst du Massif des Calanques (Marseille). *Actes Symposium Erosion Karstique, Aix-Marseille-Nîmes*, p. 105-116.
- BLANC J.J. et MONTEAU R. (1983) - Le karst du massif des Calanques. *Karstologia*, 11-12, p. 17-24.
- BLANC J.J. et NICOD J. (1990) - Les surfaces karstiques du plateau de Montrieux (Var), étude quantitative de la fracturation. *Karstologia*, 16, p. 17-28.
- BONTE A. (1971) - Foches de dissolution et argile résiduelle; *Ann. Soc. Géol. Nord (Lille)* XCI, p. 9-46.
- BRAQUE R. (1961) - Le modelé des plateaux nivernais. *Bull. Assoc. Géographes Fr.*, n°299-300, p. 110-128.
- B.R.G.M. (1978) - Carte hydrogéologique de la France, systèmes aquifères (1/100 000) + notice.
- BRASEY J. (1992) - Etude géomorphologique de la Doux de Coly (Dordogne). *Karst et évolutions climatiques. Pr. Univ. Bordeaux*, p. 461-468.
- CALBA F., CHARRIERE G., CONRAD G., LEFEBVRE D. et RODET J. (1979) - Relations entre le développement du karst de la craie, la dynamique et la qualité des eaux souterraines du Pays de Caux. *Bull. Soc. Géol. Normandie*, LWVI, 4, p. 45-68.
- CALLOT Y. (1979) - A propos des plateaux ardéchois : karst. *Thèse 3^e cycle, Géog., Reims*, 345 p.
- CAMPY M. (1982) - Le Quaternaire franc-comtois. *Thèse Univ. Besançon*, 575 p.
- CAVILLE A. (1974) - Essai de datation du karst dans le NE du bassin aquitain. *Phénomènes karstiques II, Mém. et Documents CNRS*, p. 307-319.
- CHABERT C. (1981) - Les grandes cavités françaises. *Fédération Fr. de Spéléologie*, 154 p.
- CHABERT C. (1988) - Les grands phénomènes karstiques par les chiffres. *Karstologia* 11/12, p. 1-6.
- CHARDON M. (1984) - Le rôle des héritages quaternaires dans les karsts alpins : le cas des Alpes du Nord. *Karstologia*, 3, p. 12-14.
- CHARDON M. (1989) - Les karsts de l'avant-pays alpin au nord des Alpes occidentales. *Karstologia*, 13, p. 21-32.
- CHARDON M. (1991) - Approche géomorphologique des karsts du gypse de la Vanoise. *Karstologia*, 17, p.31-42.
- CHARDON M. (1992) - Evolution récente des karsts de la Vanoise orientale (La Grande Motte, Tignes, Fr.). *Karst et évolutions climatiques, Pr. Univ. Bordeaux*, p. 293-307.
- CHAUVE P. et al. (1975) - Jura. *Guides Géol. régionaux, Masson, Paris*, 216 p.
- CHAUVE P. et PASQUIER Ch. (1976) - Le bassin de Champlive. *2^eme Colloque d'Hydrologie en pays calcaire, Ann. scient. Besançon, Géologie*, 25, p. 167-177.
- CHAUVE P., MUDRY J., ROSENTHAL P., TISSOT G. et TRESSE Ph. (1986) - Rôle des abaissements d'axe dans les circulations karstiques du Jura. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (8), t.2, p. 329-336.
- CHOPPY J. (1993) - Relief et karst : synthèses spéléologiques et karstiques. *Spéléo-Club de Paris*, 63 p.
- CORBEL J. (1956) - Les phénomènes karstiques dans les Grands Causses. *Rev. Géogr. Lyon*, XXIX, 4, p. 287-316.
- CORBEL J. (1957) - Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe. *Thèse Lyon, Inst. Etudes Rhodaniennes, Mém. et documents*, 12, 542 p.
- CRAMPON et al. (1987) - Guides structuraux de l'écoulement souterrain dans les formations paléozoïques carbonatées de l'Avesnois. *Bull. Géol. Fr.* (8), t. III, n°4, p. 783-796.
- CRAMPON N., ROUX J.C., BRACQ P. (1993) - Hydrogéologie de la craie en France. *BRGM, Hydrogéologie*, n° 2, p. 81-123
- COULET E. (1968) - Caractères et problèmes du karst languedocien. *Actes Réunion Internat. Karstologie, Languedoc-Provence*, 1968, p. 15-33.
- COULIER C. (1986) - Le karst de la Sainte-Baume (B.d.R. et Var), structure et évolution, l'approche hydrogéologique. *Karstologia*, 8, p. 7-12.
- COUTURAUD A. et ORANGE A. (1989) - Le karst nivernais : aperçu géomorphologique et hydrogéologique. *Karstologia*, 14, p. 23-30.
- DELANCE J.H. (1988) - Le karst de Bourgogne. *Karstologia*, 11/12, p. 7-16.
- DELANNOY J.J. (1983) - Le système souterrain du Somin (Berger-Fromagère). *Karstologia*, 2, p. 3-12.
- DELANNOY J.J. (1984) - Le Vercors, un massif de la moyenne montagne alpine. *Karstologia*, 3, p.34-45.
- DELANNOY J.J. (1991) - Le Vercors, histoire du relief... carte géomorphologique au 1/200 000. *Parc naturel régional du Vercors*.
- DELANNOY J.J. et GUENDON J.L. (1990) - Le massif des Coulimes (Vercors). *Travaux URA 903 du CNRS*, p. 57-65.
- DELANNOY J.J. et MAIRE R. (1984) - Les grandes cavités alpines. *Karstologia*, 3, p. 60-69.
- DEWOLFF Y., MATHIEU C. et CALLOT G. (1983) - Les argiles à silex du Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7) XXV-1, p. 25-29.
- DODGE D. (1983) - Phénomènes karstiques du Causse Comtal (Aveyron). *Karstologia*, 1, p. 25-32.
- DORIA B. (1986) - Le Causse Noir et les canyons bordiers, étude hydrogéomorphologique. *Thèse 3^e cycle, Institut Géographie, Aix-en-Provence*.
- DUBOIS P. (1970) - Sur la morphologie et l'évolution souterraine de la région calcaire nord-montpelliéraine. *Actes Réunion Internat. Karstologie, Etudes et Travaux de Méditerranée*, p. 37-50.
- DUBOIS P. (1985) - Notes karstologiques sur les Grands Causses. *Bull. Soc. Languedocienne de Géographie*, 19, n°3-4, p. 197-226.
- EK C. (1976) - Les Phénomènes karstiques. In *"Géomorphologie de la Belgique, Hommage au Pr. P. Macar"*, Liège, p. 137-157.
- ENJALBERT H. (1947) - Le karst de la Rochefoucauld (Charentes). *Ann. de Géog.* n°302, p. 104-124.
- ENJALBERT H. (1967) - La genèse des reliefs karstiques dans les pays tempérés et les pays tropicaux. *Phénomènes karstiques I, Mém. et Doc. CNRS*, p. 295-327.
- FABRE G. (1980) - Recherches hydrogéomorphologiques sur les karsts du Languedoc oriental. *Thèse Aix*, 470 p., 8 cartes h.t.
- FABRE G. (1981) - Dissolution spécifique actuelle dans les karsts du sud méditerranéen de la France. *Bull. Assoc. Géogr. Fr.*, n°482, p. 3-8.
- FABRE G. (1989) - Les karsts du Languedoc méditerranéen (SE de la France). *Z. Geomorph. N.F.*, Suppl. Bd.75, p. 9-81.
- FABRE G. et NICOD J. (1982) - Modalités et rôle de la corrosion cryptokarstique dans les karsts méditerranéen et tropicaux. *Z. Geomorph. N.F.*, 26-2, p. 209-224.
- FABRE G. et RADAIS J. (1986) - Karstologie urbaine et rurale appliquée : le problème de la Fontaine de Nîmes. *Karstologia*, 8, p. 3-6.
- FAVORY M. et GAZELLE F. (1981) - Modelé karstique et comportement hydrologique des calcaires primaires dans le sud du Massif Central. *Rev. Géogr. Pyrénées S.O.*, p. 173-198.
- FENELON P. (1974) - Karsts de type tropical sous climat tempéré. *Phén. karstiques II, Mém. et Doc. CNRS*, vol. 15, p. 95-103.
- FOURNEAUX J.C., LANDRU B. et SOMMERIA L. (1990) - La karstification profonde du Jura, tunnel du LEP. *Karstologia*, 16, p. 1-8.
- FROGET C. (1974) - Essai sur la géologie du précontinent en Provence occidentale. *Thèse, Marseille*, 2 vol., 219 p.
- GAIFFE M. (1988) - Observations pédologiques dans les zones humides de Bonnevaux-Frasne; *Centre Univ. Etudes régionales, Besançon*, n°2, p.187-205.
- GAMEZ P. (1992) - Hydrologie du bassin du Loison (Lorraine sept.). *Thèse Metz*, 397 p.
- GAMEZ P. et SARY M. (1979) - Morphogénèse et karstogénèse en Woëvre septentrionale; *Mosella, CEGUM, Metz*, LXVIII.
- GAUTIER M. (1977) - Phénomènes karstiques dans le Massif Armoricain (Bas-Maine). *Norôis*, n°95 bis, p. 75-92.
- GAZELLE P. (1981) - Modelé karstique et comportement hydrologique des calcaires primaires dans le sud du massif central. *Revue du Tarn*, 102, p. 1-29.
- GEZE B. et CAVILLE A. (1977) - Aquitaine orientale. *Guides géologiques régionaux, Masson, Paris*, 184 p.
- GIBERT J., LAURENT R. et MAIRE R. (1983) - Carte hydrogéomorphologique, hydrogéologie et hydrochimie du karst de Dorvan (Ain). *Karstologia*, 2, p. 33-40.

- GILLI E. (1986)** - Les grandes cavités souterraines, études et applications. *Karstologia*, 7, p. 3-10.
- GOMBERT (1988)** - Hydrogéologie et karstogénèse du Bas-Vivarais calcaire. Thèse USTL, Montpellier, 483 p.
- GUORDON-PLATEL N. et DUBREUILH J. (1992)** - Les ferruginisations et les argiles associées au paléokarst tertiaire du Périgord. *Karst et évolutions climatiques*, P.U. Bordeaux, p. 449-460.
- GRILLOT J. et GUERIN R. (1975)** - Tectonique, microtectonique et direction des écoulements souterrains... Haut Vidourle. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, XVII, 1, p. 45-60.
- GUENDON J.-L. (1982)** - Le paléokarst du Coulon, altération d'une série détritico siliceuse sur substratum carbonaté et karstification sous couverture. *Phén. karstiques III, Mém. et Doc. CNRS*, p. 133-152.
- GUENDON J.-L. (1984)** - Les paléokarsts des Alpes occidentales du Trias à l'Éocène. *Karstologia*, 4, p. 2-10.
- GUENDON J.-L., PARON Cl. et TRIAT J.M. (1983)** - Incidence des altérations crétaées sur la notion de sidérolithique dans le SE de la France. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), XXV, 1, p. 41-50.
- GUENDON J.-L. et VAUDOUR J. (1981)** - Les "tufs" holocènes de St Antonin sur Bayo. *Actes Coll. A.G.F. "Formations carbonatées externes, tufs et travertins"*, Mém. A.F.K., n°3, p. 89-100.
- GUERIN R. (1974)** - L'analyse tectonique ; exemple des karsts du Bas Vivarais. *Phén. karstiques II, Mém. et doc. CNRS*, p. 81-94.
- GUYOT J.-L. (1986)** - Les Monts de Pardailhan, étude hydrodynamique et hydrochimique (Montagne Noire, Hérault). *Karstologia*, 7, p. 25-29.
- JULIAN M. (1976)** - Les Alpes Maritimes franco-italiennes, étude géomorphologique. Thèse Aix, Paris, H. Champion 1980, 2 vol., 836 p.
- JULIAN M. et NICOD J. (1984)** - Paléokarsts néogènes. *Karstologia*, 4, p. 11-18.
- JULIAN M. et NICOD J. (1986)** - La région karstique Audoubert-Mons. *Z. Geomorph. N.F.*, Suppl. Bd. 59, p. 1-25.
- JULIAN M. et NICOD J. (1989)** - Les karsts des Alpes du Sud et de la Provence. *Z. Geomorph. N.F.*, Suppl. Bd. 75, p. 1-48.
- KLEIN C. (1975)** - Massif Armoricaïn et Bassin Parisien (Thèse Paris). *Assoc. Publ. Univ. Strasbourg*, t.XII, 3 vol.
- LAGASQUIE J.J. (1963)** - Le relief calcaire du plateau de Saulx. *Rev. Géogr. Pyrénées S.O.* XXXIV, p. 5-32 + carte h.t.
- LIPS B., GRESSE A., DELAMETTE M. et MAIRE R. (1993)** - Le Gouffre Jean-Bernard (- 1602 m, Hte Savoie, Fr.). *Karstologia*, 21, p. 1-14.
- LISMONDE B. et DELANNOY J.J. (1990)** - Le massif de la Chartreuse, Alpes Fr. du N, paysages karstiques et organisation des réseaux souterrains. *Karstologia*, 15, p. 25-40.
- MAIRE R. (1984)** - Un exemple de karst haut-alpin : le Désert de Platé. *Karstologia* 3, p.25-33.
- MAIRE R. (1990)** - La haute montagne calcaire (Thèse Etat Nice). *Karstologia Mémoires*, n°3, 750 p.
- MAIRE R. et NICOD J. (1984)** - Aperçus sur l'hydrologie karstique des Alpes occidentales. *Karstologia*, 3, p. 18-24.
- MAIRE R. et QUINIF Y. (1991)** - Mise en évidence des deux derniers interglaciaires (stades 5 et 7) dans les Alpes françaises du Nord, d'après l'étude des remplissages endokarstiques. *Speleochronos, CERAK, Mons*, 3, p. 3-10.
- MANGAN C. (1989)** - Le karst jurassien du rebord subalpin dans les Alpes-Maritimes. *Karstologia*, 13, p. 11-20.
- MANGIN A. (1975)** - Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques (Thèse Dijon). *Ann. Spéléol.* 29/3, p. 283-330, 29/4, p. 495-600 et 30/1, p. 21-124.
- MARCHAND Th. (1992)** - Les karsts dans le Jurassien ardéchois. *Karstologia*, 19, p. 1-10.
- MARTEL E.A. (1930-1933)** - La France ignorée : 1- des Ardennes aux Pyrénées, 2- Sud-Est de la France. *Delagrave, Paris*, 302 + 294 p.
- MARTIN Ph. (1988)** - Le karst du compartiment oriental de la Basse-Cévenne carbonatée (Gard). *Karstologia*, 11/12, p. 25-36.
- MARTIN Ph. (1991)** - Hydromorphologie des géosystèmes karstiques des versants nord et ouest de la Ste Baume. *Thèse Aix, URA 903 du CNRS*, 412 p.
- MARNEZY A. (1980)** - Le Vercors méridional, étude de géomorphologie karstique et glaciaire. Thèse, Grenoble.
- MASSON M. (1985)** - Le massif du Parmelan, Haute-Savoie, relations fracturation-karstification. *Karstologia*, 5, p. 3-8.
- MAURIN Y. (1989)** - Dissolution spécifique à la périphérie des Grands Causses français. *Karstologia*, 14, p. 43-46.
- MAZET J. (1984)** - Recherches sur l'évolution du karst dans le massif de la Ste Baume. *Thèse Aix*, 138 p.
- MEGNIEN C. (1980)** - Synthèse géologique du Bassin de Paris. *Mém. B.R.G.M.*, 101 et 102.
- MONBARON M. (1975)** - Contribution à l'étude des Cluses du Jura septentrional. Thèse Neuchâtel.
- MONTEAU R. et COURBON P. (1983)** - Le Massif de la Sainte-Baume (géologie et hydrologie). *Spelunca Mém.*, n° 13, p. 59-68.
- MOURET C. (1984)** - Les effondrements en milieu karstique. *Coll. de Caen, Doc. BRGM*, n°83, p. 258-271
- MUDRY J. et PUIG J.-M. (1991)** - Le karst de Vaucluse (Haute Provence). *Karstologia*, 18, p. 29-38.
- MUGNIER C. (1964)** - Observations sur le karst éocène de la Malossane, Voreppe, Isère. *Ann. Spéol.*, XIX, 4, p. 495-704.
- MUGNIER C. (1965)** - Les karstifications anciennes et plio-quaternaires dans les Bauges. *Ann. Spéol.*, XX, 1, p. 15-46 et XX, 2, p. 167-208.
- NEYROUD M. (1984)** - Un haut plateau Jurassien, la plateau des Molunes. *Karstologia*, 3, p.4 6-51.
- NICOD J. (1967)** - Recherches morphologiques en Basse Provence calcaire. *Thèse Aix*.
- NICOD J. (1976)** - Recherches sur les formes karstiques et glaciaires des massifs de l'Oserot et de la Tête de Moïse. *Phén. karstiques II, Mém. et Doc. CNRS*, p. 121-134.
- NICOD J. (1978)** - Phénomènes glacio-karstiques du Dévoluy méridional. *Rev. Géogr. Alpine*, LXVI, 2, p. 149-167.
- NICOD J. (1984)** - Les massifs karstiques des Alpes occidentales, trame structurale et bioclimatique. *Karstologia*, 3, p. 3-11.
- NICOD J. (1986)** - Les cascades du Haut-Argens. *Méditerranée* 1/2, p. 71-80.
- NICOD J. (1990)** - Le karst jurassien, modèle géomorphologique spécifique. *Bull. Soc. Neuchâtel. Sc. nat.*, t.113, p. 13-25.
- NICOD J. (1992)** - Recherches sur l'évolution du karst du Massif de Montrieux (Basse-Provence). *Z. Geomorph. N.F.*, Suppl. Bd. 85, p. 39-57.
- NICOD J. (1992 b)** - Phénomènes karstiques et mouvements de terrains récents dans le Trias du département du Var. *Travaux URA 903 CNRS*, n°XX p. 5-14.
- NICOD J. (1993)** - Recherches nouvelles sur les karsts des gypses (2ème partie). *Karstologia*, 21, p. 15-28.
- NICOD J. (1994)** - Plateaux karstiques sous couverture en France. *Ann. de Géogr.*, n°576, p. 170-194.
- NICOD J. et SALOMON J.N. (1990)** - Les Mogotes, des reliefs karstiques structuraux et/ou hérités. *Revue de Géomorphol. Dynamique*.
- OURNIE B. (1987)** - Présentation spéléologique du massif des Fanges - Roc Paradet (Aude/Pyrénées orientales). *Karstologia*, 10, p. 1-16.
- PALOC H. (1967)** - Carte hydrogéologique de la région nord montpellieraine. *Mém. BRGM*, n° 50 notice et carte au 1/80 000ème.
- PELLISSIE Th. (1985)** - Géologie et karstification quaternaire du Causse de Limogne, Quercy. (Lot). *Karstologia*, 5, p. 23-28.
- POCHON M. (1976)** - Les processus d'altération des sols du Haut-Jura suisse. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), 181/1, p. 33-39.
- PUIG J.M. (1990)** - Le système karstique de la Fontaine de Vaucluse. *Thèse Avignon, 1989, Doc. BRGM*, n° 180.
- QUINIF Y. (1989)** - La notion d'étagé de grottes dans le karst belge. *Karstologia* 13, p. 41-49.
- RENAULT Ph. (1976)** - La karstification pendant le Quaternaire. *IX Congrès UISPP, Nice*.
- RENAULT Ph. (1983)** - Etudes récentes sur le Karst de Niaux-Lombrive-Sabart (Ariège). *Karstologia*, 2, p. 17-22.
- RENAULT Ph., SIMON COINÇON R. et ASTRUC J.-G. (1992)** - Problèmes des Causses du Quercy. *Karst et évolutions climatiques, Pr.Univ. Bordeaux*, p. 469-508.
- RIGAL C. (1990)** - Présentation des principales cavités du Causse de Laissac-Séverac. *Karstologia*, 16, p. 9-16.
- RODET J. (1983)** - Karst et littoral du Bec de Caux. *Karstologia*, 2, p. 23-32.
- RODET J. (1991)** - Les karsts de la craie. Thèse Paris IV.
- RODET J. (1992)** - Le karst dans l'évolution quaternaire de la Basse Seine (Normandie). *Karst et évolutions climatiques; Pr.Univ. Bordeaux*, p. 363-382.
- ROUIRE J. et ROUSSET C. (1973)** - Causses, Cévennes, Aubrac. *Guides géol. Masson*, 183 p.
- ROUSSET C. (1976)** - Rôle du canevas tectonique dans l'évolution morphologique des plateaux de la région de Grasse (AM). *Géol. Médit.*, 3, p. 199-208.
- ROUSSET C. (1988)** - Contribution de nouveaux forages à la connaissance de l'aquifère karstique de Port-Miou. *Ann. Sc. Besançon, Géol.*, 6, 1, p. 275-280.
- ROVERA G. (1990)** - Géomorphologie dynamique et aménagement des versants en moyenne Tarentaise. Thèse Grenoble, 465 p.
- SALOMON J.-N. et ASTRUC J.-G. (1992)** - Exemple en zone tempérée d'un paléo-cryptokarst tropical exhumé. *Karst et évolutions climatiques, Pr.Univ. Bordeaux*, p. 431-447.
- SALVAYRE H. (1969)** - Contribution à l'étude hydrogéol. de la région méridionale des Grands Causses. *Thèse, Bordeaux*.
- SALVAYRE H. (1989)** - Les karsts des Pyrénées orientales. *Karstologia*, 13, p. 1-10.
- SERONIE-VIVIEN R. (1953)** - Etude des phénomènes karstiques de l'Entre-deux-Mers. *1er Congrès internat. Spéol.*, Paris, II, 1.
- SIMON-COINÇON R. et ASTRUC J.G. (1991)** - Les pièges karstiques en Quercy, rôle et signification dans l'évolution des paysages. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 162, p. 595-605.
- SOLIER P. (1987)** - Présentation du Causse Comtal (Aveyron). *Karstologia*, 10, p. 7-16.
- SOUSSEUX Ph. (1984)** - Les Landes souterraines. *Ed. par l'auteur, Mont-de-Marsan*, 250 p.
- THEROND R. (1973)** - Recherches sur l'étalement des lacs de barrage en terrain karstique. *Thèse Sc. Grenoble, 1972, Eyrolles, Paris*, 444 p.
- TOULEMONT M. (1984)** - Le karst gypseux du Lutétien supérieur de la région parisienne. *Rev. Géol. dyn. Géog. phys.*, 25, 3, p. 213-228.
- TREFFOT G. (1992)** - Karst, aménagement et environnement dans le Bassin Parisien (le cas du département de l'Aube). *Karstologia*, 19, p. 51-59.
- VAUDOUR et al. (1988)** - Les édifices travertineux et l'histoire de l'environnement dans le Midi de la France. *URA 903 du CNRS, travaux n° XVII*, 288 p.
- VIERS G. (1960)** - Le relief des Pyrénées centrales et de leur piémont, Pays basque français et Barétous. *Ed. Privat, Toulouse*, 604 p.
- WEYDERT P. (1968)** - Le karst des Monts de Vaucluse. *Actes Réunion internat. Karstologie Languedoc-Provence, Etudes et travaux Méditerranée*, 7, p. 85-91.