



**HAL**  
open science

## Introduction au numéro thématique

Nathalie Vanara

► **To cite this version:**

Nathalie Vanara. Introduction au numéro thématique. Géomorphologie: relief, processus, environnement, 2011, 17 (4), pp.341-348. 10.4000/geomorphologie.9547 . hal-04698991

**HAL Id: hal-04698991**

**<https://hal.science/hal-04698991v1>**

Submitted on 16 Sep 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# Géomorphologie

Octobre-Décembre 2011 – n° 4  
ISSN : 1266-5304

RELIEF, PROCESSUS, ENVIRONNEMENT

SOMMAIRE

Nathalie Vanara – Introduction au numéro thématique : « Nouveaux paradigmes de la karstologie, mise en perspective » Introduction to the special issue: New paradigms in karstology and prospects . . . . .	341
Yves Quinif, Laurent Bruxelles – L'altération de type « fantôme de roche » : processus, évolution et implications pour la karstification 'Ghost rock' weathering: processes, evolution and implications for the karstification . . . . .	349
Philippe Audra, Arthur N. Palmer – The pattern of caves: controls of epigenic speleogenesis Structure des réseaux karstiques : les contrôles de la spéléogénèse épigène . . . . .	359
Stéphane Jaillot, Benjamin Sadier, Souhail Hajri, Estelle Ployon, Jean-Jacques Delannoy – Une analyse 3D de l'endokarst : applications lasergrammétriques sur l'aven d'Ornac (Ardèche, France) A 3D analysis of underground karst: lasergrammetry applications in Ornac's cave (Ardèche, France) . . . . .	379
Fabien Hobléa, Philipp Häuselmann, Peter Kubik – Cosmogenic nuclide dating of cave deposits of Mount Granier (Hauts de Chartreuse Nature Reserve, France): morphogenic and palaeogeographical implications Datation par la méthode des isotopes cosmogéniques de sédiments endokarstiques du mont Granier (Réserve Naturelle des Hauts de Chartreuse, France) : implications morphogéniques et paléogéographiques . . . . .	395
Grégory Dandurand, Richard Maire, Richard Ortega, Guillaume Devès, Benjamin Lans, Laurent Morel, Anne-Sophie Perroux, Nathalie Vanara, Laurent Bruxelles, Stéphane Jaillot, Isabelle Billy, Philippe Martinez, Bassam Ghaleb, François Valla – X-ray fluorescence microchemical analysis and autoradiography applied to cave deposits: speleothems, detrital rhythmites, ice and prehistoric paintings Analyses microchimiques par fluorescence X et autoradiographie appliquées aux dépôts de grotte : spéléothèmes, rythmites détritiques, glace et peintures rupestres . . . . .	407
Comptes rendus d'ouvrages : Robert S. Anderson, Suzanne P. Anderson, <i>Geomorphology. The mechanics and chemistry of landscapes</i> , Cambridge University Press, Cambridge, 2010, 637 p. (par Monique Fort) ; Clément Mathieu, Jean Lozet, <i>Dictionnaire encyclopédique de science du sol</i> , Lavoisier, Editions Tech&Doc, Paris, 2011, 733 p. – Hervé Cubizolle . . . . .	427
Lettre d'information n° 27 (1/2011) . . . . .	429
Lettre d'information n° 27 (2/2011) . . . . .	435
Table de l'année 2011 . . . . .	439

REVUE DU GROUPE FRANÇAIS DE GÉOMORPHOLOGIE  
publiée avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique



## Membres du comité de lecture et rapporteurs sollicités pour les articles publiés ou refusés\* en 2011

---

Marie-Françoise ANDRÉ (univ. Clermont-Ferrand 2), Brice ANSELME (univ. Paris 1), Edward ANTHONY (univ. Aix-Marseille 1), Fabrice ARDHUIN (IFREMER Plouzané), Gilles ARNAUD-FASSETTA (univ. Paris 12), Laurent ASTRADE (univ. Savoie), Philippe AUDRA (univ. Nice), Yvonne BATTIAU-QUENEY (univ. Lille 1), Normand BERGERON (INRS-ETE, Québec, Canada), François BÉTARD (univ. Paris 7), Alfredo BINI (univ. Milano, Italy), Gilles BROCARD (univ. Lausanne, Switzerland), José-Maria CALAFORRA-CHORDI (univ. Almeria, Spain), Yann CALLOT (univ. Lyon 2), Bianca CARVALHO VIEIRA (univ. Rio de Janeiro, Brazil), Cyril CASTANET (univ. Paris 8), Olivier COHEN (univ. Dunkerque), Jeannine CORBONNOIS (univ. Mans), Dov CORENBLIT (univ. Clermont-Ferrand 2), Etienne COS-SART (univ. Paris 1), Stéphane COSTA (univ. Caen), Magali DELMAS (univ. Perpignan), Georges DE NONI (IRD France Nord), Luc DES-CROIX (IRD Grenoble), Benoît DEVILLERS (univ. Montpellier 3), Jo DE WAELE (univ. Bologna, Italy), Franck DOLIQUE (univ. Antilles-Guyane), Samuel ETIENNE (univ. Polynésie Française), Marco FILIPPONI (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland), Derek FORD (univ. McMaster, Canada), Monique FORT (univ. Paris 7), Paolo FORTI (univ. Bologna, Italy), Emmanuèle GAUTIER (univ. Paris 8), Dominique GENTY (CNRS Orsay), Christian GIUSTI (univ. Paris 4), Frédéric GOB (univ. Paris 1), Jean-Philippe GOIRAN (CNRS Lyon), Pierre GRUSSENMEYER (univ. Strasbourg), Alain HÉNAFF (univ. Bretagne Occidentale), Arnaud HÉQUETTE (univ. Dunkerque), Bernard HÉTU (univ. Québec, Rimouski, Canada), David JARMAN (univ. Stirling, Scotland), Serge JOLICOEUR (univ. Moncton, Canada), Yannick LAGEAT (univ. Bretagne Occidentale),

Franck LAVIGNE (univ. Paris 1), Charles LE CŒUR (univ. Paris 1), Bertrand LEMARTINEL (univ. Perpignan), Frédéric LÉONE (univ. Montpellier 3), Shou-Zhong LI (Fujian Normal University, China), Frédéric LIÉBAULT (CEMAGREF Saint-Martin d'Hères), Nicole LIMONDIN-LOZOUET (CNRS Meudon), Ralph LUGON (univ. Geneva, Switzerland), Richard MAIRE (CNRS Bordeaux), Guillaume MARIE (univ. Québec, Rimouski, Canada), Nicolle MATHYS (CEMAGREF Saint-Martin d'Hères), Loïc MÉNANTEAU (CNRS Nantes), Marco MENICETTI (univ. Urbino, Italy), François MÉTIVIER (univ. Paris 7), Piotr MIGON (univ. Wroclaw, Poland), Valérie MOREL (univ. Artois), David PALACIOS (univ. Madrid, Spain), Arthur N. PALMER (univ. New York, USA), Peggy PALMER (univ. New York, USA), Raphaël PARIS (CNRS Clermont-Ferrand), Pia PAROLIN (univ. Hamburg, Germany), François PETIT (univ. Liège, Belgium), Jean-Pierre PEULVAST (univ. Paris 4), Hervé PIÉGAY (CNRS Lyon), Paolo PIRAZZOLI (CNRS Meudon), Albert PISSART (univ. Liège, Belgium), Victor P. POLYAK (univ. New Mexico, USA), Hervé REGNAULD (univ. Rennes 2), Freddy REY (CEMAGREF Saint-Martin d'Hères), Vincent REY (univ. Toulon), François SABATIER (univ. Aix-Marseille 1), Ira SASOWSKY (univ. Akron, USA), Pierre SERRAT (CNRS Montpellier), Mauro SOLDATI (univ. Modena, Italy), Daniel Jean STANLEY (Smithsonian Institution of Washington, USA), Greg STOCK (Yosemite National Park, El Portal, USA), Serge SUANEZ (univ. Bretagne Occidentale), Franck VAUTIER (CNRS Clermont-Ferrand), Ai-Jun WANG (State Oceanic Administration, China), André WEISROCK (univ. Nancy 2), William B. WHITE (univ. Pennsylvania, USA), Florian WITTMANN (Max Planck Institute for Chemistry Biogeochemistry, Manaus, Brazil).

\* Sont mentionnés également sur cette liste les noms des relecteurs qui ont demandé des corrections majeures, voire une refonte complète pour des articles dont les auteurs n'ont soumis à la rédaction aucune version améliorée au bout de six mois.

Les articles proposés pour publication sont soumis au rédacteur en chef qui choisit trois relecteurs dans et/ou hors du comité de lecture.

Que tous ceux qui ont prêté leur concours soient vivement remerciés car ils contribuent à la qualité de la Revue.

## Introduction au numéro thématique : « Nouveaux paradigmes de la karstologie, mise en perspective »

### *Introduction to the special issue: New paradigms in karstology and prospects*

Nathalie Vanara\*

#### Résumé

On peut distinguer quatre périodes dans l'histoire de la karstologie. Les prémices sont marquées par les travaux d'E.-A. Martel (1894) et de J. Cvijic (1893). De l'entre-deux guerres jusqu'aux années 50, les thèses (A. Cholley, P. Marres, P. Birot, etc.) sont marquées par la théorie des cycles d'érosion. Entre 1950 et 1975, les auteurs soulignent l'influence des actions climatiques et orogéniques sur les paysages karstiques ; les écrits de J. Corbel (1957) et de P. Renault (1967-68) sont originaux. Entre 1975 et 2000, les chercheurs sont des spéléologues confirmés et des explorateurs (Maire, 1990) ; le karst est désormais conçu comme un géosystème (Delannoy, 1997). La karstologie, qui s'appuie aujourd'hui sur de nouvelles techniques d'analyse des dépôts (Jaillet *et al.*, ce volume ; Dandurand *et al.*, ce volume) et de récentes techniques de datation (Hobléa *et al.*, ce volume), apparaît vouée à la transdisciplinarité. Le visage de cette science sera sans doute durablement modifié par les plus récentes théories : l'ancienneté des grands réseaux souterrains (Hobléa *et al.*, ce volume), le creusement des cavités par remontée du niveau de base (Audra *et al.*, ce volume), et, en ce qui concerne les prémices de la karstification, l'altération isovolumétrique de la roche (Bruxelles et Quinif, ce volume).

**Mots clés :** épistémologie, spéléologie, karstologie, XIX-XXI<sup>e</sup> siècles, France.

#### Abstract

*Several periods in the history of karstology are highlighted. It starts with the works and publications of E.-A. Martel (1894) and J. Cvijic (1893). In the interwar period, most studies are focused on the theory of erosion cycles. From 1950 to 1975, the researchers point out the climatic and orogenic influences on karstic landscapes; J. Corbel (1957) and P. Renault (1967-1968) develop original approaches. The 1975-2000 period is characterised by intensive research by experienced cavers and explorers; at this time, karst is seen as a geosystem (Delannoy, 1997). From now on, transdisciplinarity is developing, and new technologies applied to the analysis and dating of deposits (Jaillet *et al.*, this volume; Dandurand *et al.*, this volume; Hobléa *et al.*, this volume) lead to new research topics: age of the large underground systems (Hobléa *et al.*, this volume), carving of cavities due to elevation of the base level (Audra and Palmer, this volume), isovolumetric weathering as the first step of karstification (Bruxelles and Quinif, this volume). These theories will most probably modify the karstology science in the long run.*

**Key words:** epistemology, speleology, karstology, 19th-21st centuries, France.

#### English abridged version

*Several French and foreign authors were asked to contribute to the present article to present their most recent innovations in karstic morphology science. To better understand the current research trends, we briefly summarise the past evolutions of the discipline. It is step by step that karstology gained its autonomy as a branch of geology. In France, three main events paved the way. (i) 1895, birth of the Speleologic Society (E.-A. Martel), FFS today; (ii) 1960, recognition of karstic specificities within a Commission; (iii) 1978, birth of the Association Française de Karstologie*

*(AFK). This specialty got its grade through its publications: 1895, first bulletin of the Speleologic Society (Spelunca); 1945-1958, Annals of Speleology; 1971, Karstologia (55 bulletins and 19 volumes). History remembers the names of some personalities. The science of caves and karsts arose from the works of the French caver E.-A. Martel and J. Cvijic (Serbia). Afterwards, four periods are distinguished:*

*(i) Between the two world wars and until 1950: Developments in speleology are achieved by R. de Joly and N. Casteret, and the community of geomorphologists is influenced by the erosion cycle theory (A. Cholley, P. Marres, P. Birot, etc.).*

\* Université Panthéon-Sorbonne (Paris 1) – 191, rue Saint Jacques – 75005 Paris – France ; UMR 8591 du CNRS – Laboratoire de Géographie physique – 1, place A. Briand - 92195 Meudon Cedex – France (Nathalie.Vanara@univ-paris1.fr).

(ii) From 1950 to 1975: *Cavers go down the mythic level of -1000 m in 1956 (Berger shaft) and a growing importance is given by geomorphologists to climatic and orogenic factors to explain the evolution of landscapes (see the original views promoted by J. Corbel and P. Renault).*

(iii) 1975-2000: *Many new sites are discovered thanks to Alpine and diving techniques, and research is enhanced by experienced cavers and explorers who succeed in reaching remote study areas (Maire, 1990). At this time, karst is considered as a geosystem (Delannoy, 1997).*

(iv) From now on: *The discipline becomes pluridisciplinary and new technologies, notably for the analysis and dating of deposits (Jaillot et al., this volume; Dandurand et al., this volume; Hobléa et al., this volume) give rise to new research topics: age of large underground systems (Hobléa et al., this volume); carving of cavities due to the elevation of the base level (Audra and Palmer, this volume); isovolumetric weathering as the first step of karstification (Bruxelles and Quinif, this volume). These theories will most probably modify the karstology science in the long run.*

Il y a douze ans, au congrès international Karst 99 (Audra, 1999), le professeur J. Nicod me confiait qu'il m'incombait d'œuvrer au rapprochement entre karstologues et géomorphologues. En effet, je venais d'être nommée à l'Institut de géographie (université Paris 1), où siège aussi le Groupe français de géomorphologie (GFG). Ce conseil ne fut pas oublié et après mon élection en tant que présidente de l'Association française de karstologie (AFK) en 2005, j'ai pu concrétiser le souhait de J. Nicod. Avec E. Fouache, alors président du GFG, nous avons défini un partenariat entre les deux associations dont l'efficacité ne s'est pas démentie depuis. Ce numéro spécial de la revue *Géomorphologie : relief, processus, environnement* consacré au karst en est une nouvelle preuve. Initié par G. Arnaud-Fassetta, rédacteur en chef de la Revue, le programme prévisionnel ayant été établi avec S. Jaillot, j'ai eu l'honneur d'en assurer la coordination. Plusieurs auteurs français et étrangers ont été sollicités afin de réunir dans ce numéro les récentes recherches parmi les plus innovantes en géomorphologie karstique (*i.e.*, l'étude de l'ensemble des formes liées à l'action particulière des eaux sur les roches carbonatées dans lesquelles la dissolution joue le rôle principal). Afin de comprendre la pertinence des recherches actuelles, il est nécessaire de présenter en introduction un rapide aperçu de l'évolution de cette discipline.

À l'origine, la karstologie n'a émergé que très progressivement, puisant ses plus profondes racines dans des lé-

gendes anciennes et des récits romantiques. Par la recherche des restes fossiles conservés de façon privilégiée dans les cavités naturelles, la paléontologie l'a promue dans ses débuts (fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle) tout en la tenant longtemps en tutelle. Puis ce furent la géologie, la géomorphologie, l'hydrogéologie, la biologie et la préhistoire qui l'ont masquée, avant qu'on ne lui reconnaisse la qualité de discipline à part entière, s'appuyant au contraire sur les sciences précédemment citées. En France, trois créations symbolisent l'acquisition progressive de cette indépendance : 1) en 1895, la Société de spéléologie par E.-A. Martel, aujourd'hui Fédération française de spéléologie (FFS) ; 2) en 1960, la Commission des phénomènes karstiques (dépendante du Comité national français de géographie), animée à ses débuts par G. Chabot et dont les actions furent reprises par 3) l'AFK créée en 1978 par J. Nicod.

La renommée d'une discipline se juge à travers ses publications. En 1895, le premier numéro du bulletin de la Société de spéléologie est édité par E.-A. Martel : *Spelunqui*, qui, au travers de ses cinq séries de revues successives et de ses mémoires, se modernise et se spécialise dans l'exploration et la technique. Le contenu « scientifique » est repris de 1945 à 1958 par les *Annales de spéléologie* créées par B. Gèze (fig. 1A), puis en 1983 par *Karstologia* – sous l'impulsion de R. Maire avec l'aide conjointe de l'AFK et de la

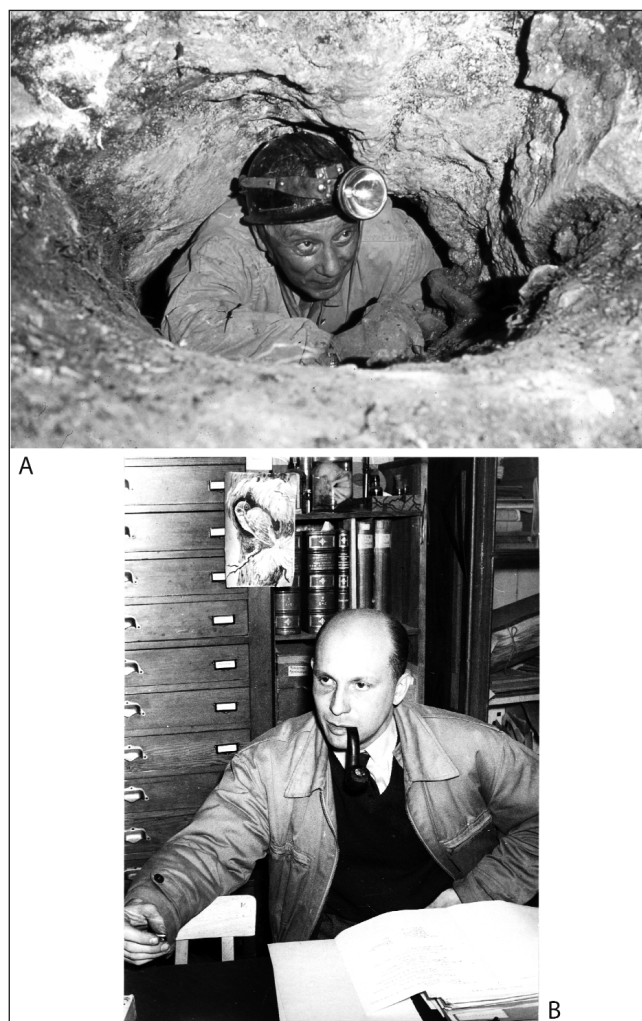


Fig. 1 – A : Bernard Gèze (1913-1996) en exploration spéléologique dans une cavité des Causses (cliché : auteur inconnu). B : Philippe Renault (1925-2001) lors d'une réunion du Groupe scientifique du Comité national de spéléologie (CNS) le 22 décembre 1958 à Montauban (cliché : auteur inconnu).

Fig. 1 – A: Bernard Gèze (1913-1996) during a speleological exploration in a cave of the Causses plateau, France (photo: unknown author). B: Philippe Renault (1925-2001) in a meeting of the Scientific Group of the National Committee of Speleology, December 22nd, 1958 in Montauban, France (photo: unknown author).

FFS – avec une revue (55 numéros) d'une part et des mémoires (19 volumes) d'autre part.

L'histoire d'une discipline est jalonnée par les noms de personnages incontournables, même si comme le souligne P. Renault (1990), ils ne sont pas les seuls à déterminer le développement des sciences : « *il y a tous ceux dont le rôle ingrat est d'assister les vedettes (...) voire de les suppléer et qui ont conditionné la réussite des Maîtres* ». Il n'en demeure pas moins que les ouvrages d'E.-A. Martel (1894, 1928) furent longtemps la référence pour tous ceux qui s'intéressaient aux cavités. Avec l'avènement de la télévision, les écrits ne sont plus seuls à susciter des vocations, s'y ajoute l'image, surtout quand cette dernière est relayée par des émissions à grande audience (Maire, 2008). Par exemple, Thalassa-France 3 avec « *Le mystère de la Baleine* » tourné dans l'île Madre de Dios en Patagonie (Fage, 2009), qui fait la part belle à l'exploration scientifique des « *glaciers de marbre* » et du cimetière marin de la grotte de la Baleine. La parole donnée aux deux karstologues, R. Maire et S. Jaillet, permet de mieux faire comprendre au grand public les motivations des spéléo-karstologues explorateurs. En effet, deux spécificités font de la karstologie une science à part. D'une part, sur notre planète désormais trop étroite, le monde souterrain avec celui des grandes fosses marines réserve encore des contrées à explorer. D'autre part, cette exploration réalisée dans des conditions souvent difficiles oblige à un engagement physique fort : « *quelle chose curieuse pour une science que de dépendre d'un sport* » (Chabert et Courbon, 1983).

Jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, karsts et grottes ne constituaient pas le but des recherches : les régions calcaires étaient jugés pittoresques ou affreuses et les cavernes seulement intéressantes pour leurs remplissages solides ou liquides. La science des cavernes et du karst débute avec les travaux du français E.-A. Martel (1894, 1928) et du serbe J. Cvijic (1893, 1918). Le premier, « *L'homme qui voyageait pour les gouffres* » (André et Duthu, 1999), est généralement considéré comme le père de la spéléologie moderne depuis le 27 juin 1888 où il réalisa avec son équipe la traversée de l'abîme de Bramabiau dans le Gard depuis la perte du Bonheur jusqu'à sa résurgence. Son volume « *Les abîmes* » (Martel, 1894) et ses nombreuses publications ultérieures ont contribué à l'adoption du néologisme *spelaeologie* (mot inventé par le préhistorien É. Rivière ; Gèze, 1983), qui, une fois simplifié, donna spéléologie. Le second, par ses travaux géographiques et notamment son « *Das Karstphänomen* » (Cvijic, 1893), fait du mot « karst » – cette région comprise entre Trieste et Ljubljana – une dénomination générique qui supplante le terme « cause ». Sa synthèse « *Hydrologie souterraine et évolution morphologique du karst* » (Cvijic, 1918) décline en français une terminologie (terrains karstiques, formes karstiques, érosion karstique, eau karstique, karstification, etc.), qui deviendra d'usage courant en France après sa diffusion par deux géographes. D'une part, par E. de Martonne, maître de la géographie française, qui contribua à la faire connaître par de longues citations dans son « *Traité de géographie physique* » (de Martonne, 1909). D'autre part, par G. Chabot, considéré par P. Renault (1992)

« *comme le premier vrai karstologue français* ». En 1925, dans son article « *Récents progrès de l'étude des phénomènes karstiques* », il propose une typologie des karsts mondiaux en trois grandes classes (karsts méditerranéens, karsts des climats tempérés et karsts tropicaux), qui permet de libérer définitivement la terminologie karstique de son modèle éponyme en lui attribuant une acceptation large (Chabot, 1925). Pour C. Gauchon (1999), « *l'adoption du terme karst, l'élargissement progressif de ses acceptations et la déclinaison de toute une série de dérivés ont permis et accompagné les progrès enregistrés quant à la connaissance des milieux karstiques (...); une étude approfondie des contenus conceptuels recouverts par le mot « karst » comporterait en germe toute l'histoire de la discipline (la karstologie) et de ses paradigmes successifs* ».

La karstologie n'échappe pas au schéma général d'évolution des disciplines défini par T.S. Kuhn (1972). Cette science évolue par étapes successives, chaque étape étant générée par l'énonciation d'une théorie nouvelle, élément majeur de la mise en place d'un nouveau paradigme (ensemble de valeurs reconnues et de techniques communes à un groupe de chercheurs). Ces « révolutions » sont suivies de périodes de « science normale » marquées par l'accumulation des savoirs et le développement technologique. « *Elles aboutissent à une nouvelle « révolution » lorsqu'apparaît l'inadéquation de certains faits nouveaux à la théorie admise et que se dessine alors un nouveau paradigme* » (Renault, 1990). Concernant la karstologie, il est possible de distinguer quatre périodes distinctes :

1) *L'entre-deux guerres jusqu'aux années 1950 : spéléologie scientifique et géomorphologie de surface des régions karstiques.* Deux élèves d'E.-A. Martel se distinguent. R. de Joly (1887-1968) initia en spéléologie l'utilisation d'un matériel plus fiable et plus efficace qui lui permit de progresser dans des cavités difficiles (aven d'Orgnac, 1935). N. Casteret (1897-1987) fut à l'origine d'importantes découvertes spéléologiques (sources de la Garonne, 1931, la Henne Morte, 1947 et la Pierre Saint-Martin (1952-53)). En géomorphologie, les thèses de l'époque – focalisées sur des régions spécifiques – sont marquées par la théorie des cycles d'érosion, suivant les conceptions de W.M. Davis (1930), relayées en France par les écrits E. de Martonne (1940) et H. Baulig (1950) : A. Cholley (1925) sur les Préalpes de Savoie, J. Blache (1931) sur la Grande Chartreuse et le Vercors, P. Marres (1935) sur les grands Causses, P. George (1935) sur le Bas-Rhône, P. Birot (1937) dans les Pyrénées orientales, R. Clozier (1940) sur les causses du Quercy, L. Goron (1941) sur les Pré-Pyrénées et P. Fénelon (1949) sur le Périgord. Les géographes français bénéficient peu des acquis de la spéléologie, d'où des interprétations schématiques où domine la notion de pénéplaine.

2) *1950-1975 : la spéléologie des records et la géomorphologie climatique des régions karstiques.* À partir des années 1950, l'acharnement à s'enfoncer au plus profond de la terre pour continuer à résorber la part d'inconnu est l'expression de la motivation profonde des spéléologues. La cote mythique des -1 000 m est dépassée en 1956 au gouffre Berger (Vercors), en 1966 à la Pierre Saint-Martin (Pyrénées

occidentales) et en 1975 au gouffre Jean-Bernard (Haut-Giffre, Savoie). La conséquence de ces « exploits » est le renforcement de la dualité entre les spéléologues – qui décrivent de plus en plus les cavités sans se soucier de ce qui se trouve au-dessus d’elles – et les géomorphologues, qui ne prennent pas assez en compte le sous-sol dans leur raisonnement. La communauté des géographes soucieux des terrains carbonatés, réunie au sein de la Commission des phénomènes karstiques, bénéficie de nouveaux instruments de travail (photos aériennes, sédimentologie). Le renouvellement des générations d’après-guerre correspond à l’émergence d’un nouveau paradigme : l’importance des actions climatiques et orogéniques sur l’évolution des paysages. Les publications de J. Tricart et A. Cailleux (Tricart et Cailleux, 1955 ; Tricart, 1965) insistent sur l’importance des facteurs climatiques. J. Demangeot, élève de P. Birot, met en relation les phases orogéniques avec les épisodes de karstification sur son terrain de thèse situé dans les Abruzzes orientales (Demangeot, 1965). L’œuvre de J. Corbel (1957), sur les karsts du nord-ouest de l’Europe, est originale car ce scientifique est aussi spéléologue ; ses études relient la genèse des formes de surface et des réseaux souterrains. Il met aussi au point la mesure de la vitesse d’ablation karstique par les mesures hydrochimiques. La quantification par les mesures est en effet une des préoccupations de l’époque, ce qui favorise la création de laboratoires : en 1948, création du laboratoire souterrain de Moulis (hydrogéologie karstique ; Mangin, 1974 ; Bakalowicz, 1979) ; en 1970, création de l’Équipe de recherche associée du CNRS (ERA 282) d’Aix-en-Provence dont la direction est assurée par J. Nicod, auteur d’une thèse sur la Basse-Provence calcaire (Nicod, 1967) et d’une synthèse (Nicod, 1972) sur les « *Pays et paysages du calcaire* ». Cette dernière propose la première étude systématique des grands karsts mondiaux. Enfin, P. Renault avec sa thèse (Renault, 1967-1968), son ouvrage « *La formation des cavernes* » (Renault, 1970 ; notions de galeries syngénétique et paragénétique) et grâce aux liens étroits qu’il a maintenus avec la spéléologie, annonce la période suivante (fig. 1B ; Maire, 2001 ; Quinif, 2001).

3) 1975-2000 : *naissance de la spéléo-karstologie d’exploration*. Spéléologie et karstologie connaissent à partir de 1975 de profonds bouleversements : d’un côté, la diffusion des techniques alpines et de plongée permet la multiplication des découvertes souterraines dans toutes les zones de la planète ; de l’autre, le recours aux mesures de laboratoires

spécialisés (notamment pour les datations) devient de plus en plus courant. Pour cette nouvelle génération marquée par les thèses de 3<sup>e</sup> cycle de R. Maire (1976), Y. Callot (1978), J.-J. Delannoy (1981), J. Rodet (1981) et T. Marchand (1985), les chercheurs sont aussi des spéléologues confirmés et des explorateurs. Les recherches s’étendent aux zones difficilement accessibles (haute montagne, fig. 2A ; forêt tropicale) et aux réseaux longs et profonds dont les dépôts sont calés chronologiquement par datations isotopiques (Maire, 1990). Les concepts de « piège karstique » et de « milieu enregistreur » apparaissent dans de nombreuses publications, citons l’exemple célèbre de la coupe souterraine de la galerie Aranzadi à la Pierre Saint-Martin (Pyrénées-Atlantiques ; Quinif et Maire, 1998). Les études s’intéressent aussi aux karsts sous couverture (Gamez, 1992) et karsts de la craie (Rodet, 1992). La dernière thèse d’État en karstologie est soutenue en 1997 par J.-J. Delannoy : le karst est conçu comme un géosystème combinant des formes actives et héritées et intégrant, au cours de son histoire, les conditions structurale, tectonique, climatique, hydrologique et biologique (Delannoy, 1997). Les Journées scientifiques de l’AFK (fig. 2B ; Bigot, 2010), les articles publiés dans la revue *Karstologia* et les thèses « nouveau régime » qui terminent la décennie 1990

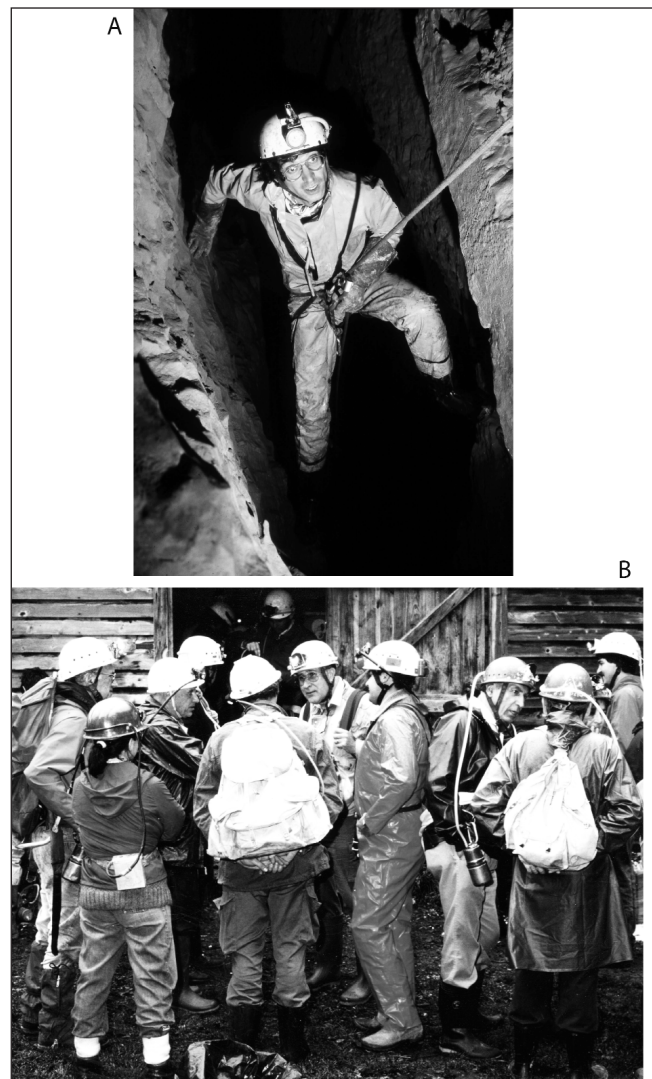


Fig. 2 – A : Les années 1980 : Richard Maire, dans un gouffre de la Pierre Saint-Martin, Pyrénées-Atlantiques (cliché : J.-F. Pernette). B : Année 1987 : les Journées de l’Association française de karstologie (AFK) à la Pierre Saint-Martin. On reconnaît, au second plan, de gauche à droite, Pierre Barrère, Jean Nicod, Jean Vaudour et Max Derruau, non loin de l’entrée du tunnel d’accès à la grande salle de la Verna (cliché : J. Choppy).

Fig. 2 – A : The 1980s: Richard Maire in a shaft of the Pierre Saint-Martin, Pyrénées-Atlantiques, France (photo: J.-P. Pernette). B: 1987: meeting of the French Association of Karstology at the Pierre Saint-Martin. In the background, from left to right, Pierre Barrère, Jean Nicod, Jean Vaudour and Max Derruau near the entrance of the Verna Chamber tunnel (photo: J. Choppy).

(Audra, 1993 ; Vanara, 1998 ; Hobléa, 1999 ; Jaillet, 2000) tiennent compte de cette approche qui conduit à un renforcement des collaborations interdisciplinaires.

4) *XXI<sup>e</sup> siècle, une histoire de la karstologie qui reste à écrire*. Dresser un portrait de la karstologie à l'aube de ce XXI<sup>e</sup> siècle est compliqué par la multiplication des travaux et le manque de recul. Il est cependant possible de donner la liste des thèmes novateurs qui préfigurent ce que sera la karstologie de demain :

- La discipline est vouée à la transdisciplinarité comme le prouvent les travaux dans le domaine de la géoarchéologie (Delannoy *et al.*, 2004 ; Bruxelles *et al.*, 2006 ; Psomiadis *et al.*, 2009 ; Siart *et al.*, 2009 ; Jaillet *et al.*, ce volume) et des géomorphosites (Hobléa, 2009).

- Les récentes techniques d'analyse des dépôts [analyse 3D (Jaillet *et al.*, ce volume) et imagerie microchimique par fluorescence X (Dandurand *et al.*, ce volume)] et les récentes techniques de datation (isotopes cosmogéniques) contribuent à l'émergence de thématiques nouvelles. L'intérêt des dépôts endokarstiques pour l'étude des paléoclimats (Genty *et al.*, 2003 ; Couchoud, 2006 ; Wainer, 2009 ; Genty *et al.*, 2010) et des paléoenvironnements (Perrette, 2000) est confirmé par les analyses géochimiques, analyses qui permettent aussi aux auteurs (Dandurand *et al.*, ce volume) d'insister sur l'importance de toujours replacer l'échantillon dans son contexte (« effet de site »). Un point abordé est fondamental : la meilleure compréhension des datations U/Th « justes chimiquement parlant » mais « aberrantes » si on tient justement compte du contexte géomorphologique : « *L'ouverture du système géochimique pendant la diagenèse peut (...) modifier l'âge des spéléothèmes étudiés* ». Cette piste de recherche est déterminante (Ortega *et al.*, 2005) et concerne toutes les sciences ayant régulièrement recours aux datations U/Th (géologie, géomorphologie, archéologie, climatologie).

- Les autres thèmes novateurs viennent des nouveaux regards portés sur la spéléogénèse. Jusqu'à présent, dans les traités, on envisageait un unique modèle. Un conduit karstique se forme dans sa phase incipiente par dissolution progressive des parois d'un joint ou d'une fracture permettant le passage de l'eau par enlèvement total de matière. Au début du processus, les fissures possèdent à peu près la même ouverture mais progressivement il se fait une sélection naturelle des fissures les plus larges, l'eau circulant préférentiellement dans les fentes les plus ouvertes. L'érosion va se concentrer dans les conduits les plus importants au détriment des plus étroits. La direction générale des écoulements dépend du pendage des couches géologiques imperméables de l'aquifère et de l'allure de la surface topographique. Les réseaux se structurent par captures successives sous l'effet du gradient hydraulique en relation avec une surrection et l'abaissement du niveau de base corrélatif. Conséquence logique, les réseaux situés les plus hauts sont les plus anciens. Cependant, cette ancienneté ne pouvait pas jusqu'à maintenant être datée en raison des plages d'application des méthodes de datation (par exemple inférieure à 350 ka pour l'U/Th).

« *Les glaciers ne creusent pas les grottes* ». Par cette formule volontairement provocatrice, P. Audra (2007) remet en

cause les interprétations de l'école française de géomorphologie, notamment les auteurs « alpins » qui « *considéraient les glaciers quaternaires comme le principal processus d'élaboration des grandes lignes de paysages de montagne y compris ceux du karst (Chardon, 1984) (...) ; les réseaux étaient (...) attribués à l'infiltration des eaux sous-glaciaires et leur âge était considéré comme quaternaire* ». Or les datations des réseaux karstiques par l'utilisation des cosmocléides permettent de prouver l'ancienneté des grands réseaux souterrains : exemple pour les étages supérieurs du mont Granier : 4,3 et 3,4 Ma (Hobléa *et al.*, ce volume). Si le regard porté sur les réseaux les plus élevés a simplement évolué, l'interprétation de ceux plus proches des niveaux de base a été profondément modifiée. P. Audra et A.N. Palmer (ce volume) mettent en lumière un nouveau type de spéléogénèse « *per ascensum* » apte à produire des niveaux élevés qui sont finalement plus récents que les niveaux inférieurs ! Pour les auteurs, les karsts profonds – si on exclut une origine hypogène (Audra, 2007) – peuvent être principalement attribués à des remontées du niveau de base (*cf.* les études mettant en relation karstification profonde et crise messinienne ; Camus, 2003 ; Mocochain, 2007). En cela, les auteurs s'opposent au *Four Stade Model* de D.C. Ford et R.O. Ewers (1978).

Enfin, en ce qui concerne les prémisses de la karstification, les découvertes effectuées par Y. Quinif (2010) et son équipe (Vergari, 1996) à l'université de Mons (Belgique) étendent aux calcaires des observations qui avaient pu être effectuées par J. Rodet (1996) dans la craie du Bassin parisien. Y. Quinif et L. Bruxelles (ce volume) font ainsi état d'observations complètement inédites qui débouchent sur une théorie novatrice. Bien que répandue dans la nature, l'altération isovolume de la roche a été quasiment ignorée par la communauté scientifique. Cette spéléogénèse par fantômisiation n'est pas une théorie de plus bâtie sur une habile construction mentale ; elle repose sur une succession de faits prouvés par l'observation. Il s'agit d'une pédogénèse lente et profonde (jusqu'à plusieurs centaines de mètres) faisant intervenir des processus biochimiques puis une évacuation des carbonates lorsqu'apparaît un potentiel hydrodynamique. Les enseignements et perspectives de cette découverte sont multiples (Quinif, 2010). La première thèse à avoir abordé cette question est celle de L. Bruxelles (2001) sur le Larzac. La plus récente est celle de G. Dandurand (2011) qui prouve le processus de fantômisiation (Crétacé inférieur) dans la genèse du grand bassin de la Touvre, émergence qui alimente en eau la ville d'Angoulême : ce réservoir poreux très capacitif, aux immenses réserves, est mal karstifié. Cette « révolution » scientifique au sein de la karstologie aura aussi des conséquences en hydrogéologie des réservoirs poreux et géomorphologie générale.

« *La pluralité et la vie des théories sont inhérentes à l'activité scientifique* » (Julian, 1992). À l'orée du XXI<sup>e</sup> siècle, la karstologie est donc riche de concepts nouveaux et fondamentaux qui sont la preuve du dynamisme de cette discipline. Doit-on pour cela rejeter les préceptes anciens qui furent antérieurement validés ? Certes non, ils doivent maintenant être reconsidérés dans les limites que leur impose l'interpré-



tation des nouvelles théories. Par exemple, la vieille notion d'« immunité karstique », inventée par P. George dès 1935, et qui est en partie à l'origine de la prise de conscience de la spécificité des paysages calcaires, a récemment été réutilisée en tenant compte de l'évolution des savoirs (Vanara, 2011). Espérons que ce numéro dédié au karst incitera fortement les chercheurs, et notamment les plus jeunes d'entre nous, à aller sur le terrain pour enquêter, vérifier et trouver des exemples inédits afin d'apporter de nouvelles pierres à l'édifice, la recherche n'étant jamais figée.

### Remerciements

*Je tiens à remercier les vingt relecteurs anonymes de ce numéro thématique pour leurs remarques constructives, Richard Maire qui, ayant relu l'introduction, l'a enrichi d'observations pertinentes, et Marie-Françoise André pour l'édition des textes en anglais.*

### Références

- André D., Duthu H. (1999)** – *L'homme qui voyageait pour les gouffres. Actes du colloque « 1997, année Martel », 17-18 octobre 1997. Archives départementales de la Lozère, Mende, 421 p.*
- Audra P. (1993)** – *Karsts alpins. Genèse de grands réseaux souterrains. Exemple : les Tennengebirge (Autriche), l'Île de Crémieu, la Chartreuse et le Vercors (France). Thèse de doctorat, université Joseph-Fourier (Grenoble 1), 328 p.*
- Audra P. (Ed.) (1999)** – *Karst 1999. Des paysages du karst au géosystème karstique. Dynamiques, structures et enregistrement karstiques. Colloque européen, 10-15 septembre 1999, Grands-Caussés-Vercors. Études de géographie physique, supplément XXVIII, CAGEP, université de Provence (Aix-Marseille 1), 214 p.*
- Audra P. (2007)** – *Karst et spéléogénèse épigènes, hypogènes, recherches appliquées et valorisation. Habilitation à diriger des recherches (HDR), université Nice-Sophia-Antipolis, 278 p.*
- Bakalowicz M. (1979)** – *Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Thèse d'Etat ès sciences naturelles, laboratoire souterrain du CNRS de Moulis, université Pierre-et-Marie-Curie (Paris 6), 269 p.*
- Baulig H. (1950)** – *Essais de géomorphologie. Les Belles lettres, Paris, 160 p.*
- Bigot J.-Y. (2010)** – Les Journées de l'Association française de karstologie. In Vanara N., Douat M. (Eds.) *Le karst, indicateur performant des environnements passés et actuels. Karstologia mémoires 17, Association française de karstologie et Fédération française de spéléologie, 9-11.*
- Birost P. (1937)** – *Recherches sur la morphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles. Thèse d'Etat en Lettres, université de Paris, J.-B. Baillièrre et fils éditions, Paris, 318 p.*
- Blache J. (1931)** – *Les massifs de la Grande-Chartreuse et du Vercors. Thèse d'Etat, université de Grenoble, 2 tomes, 478 p. et 514 p.*
- Bruxelles L. (2001)** – *Dépôts et altérites des plateaux du Larzac central : causses de l'Hospitalet et de Campestre (Aveyron, Gard, Hérault). Évolution morphogénétique, conséquences géologiques et implications pour l'aménagement. Thèse en géographie physique, université de Provence (Aix-Marseille 1), 228 p.*
- Bruxelles L., Colonge D., Salgues T. (2006)** – Morphologie et remplissage des dolines du causse de Martel d'après les observations réalisées au cours du diagnostic archéologique de l'aérodrome de Brive-Souillac (Corrèze et Lot). *Karstologia*, 47, 21-32.
- Callot Y. (1978)** – *A propos des plateaux ardéchois : karsts. Rapports fond-surface et évolutions des paysages calcaires. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Reims, 384 p.*
- Camus H. (2003)** – *Vallées et réseaux karstiques de la bordure carbonatée sud cévenole. Relations avec la surrection, le volcanisme et les paléoclimats. Thèse, Centre national de la recherche scientifique, Unité propre de recherche de l'enseignement supérieur associée, 438 p.*
- Chabert C., Courbon P. (1983)** – Les progrès de l'exploration spéléologique. *Karstologia*, 1, 5-8.
- Chabot G. (1925)** – Récents progrès de l'étude des phénomènes karstiques. *Annales de géographie*, 192, 481-494.
- Chardon M. (1984)** – Le rôle des héritages quaternaires dans les karsts alpins : le cas des Alpes du Nord. *Karstologia*, 3, 12-14.
- Cholley A. (1925)** – *Les Préalpes de Savoie (Genois, Bauges) et leur avant-pays : étude de géographie régionale. Thèse en Lettres, université de Paris, 756 p.*
- Clozier R. (1940)** – *Les causses du Quercy : contribution à la géographie physique d'une région calcaire. Thèse en Lettres, université de Paris, J.-B. Baillièrre et fils éditions, Paris, 183 p.*
- Corbel J. (1957)** – *Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison (étude sur le rôle du climat dans l'érosion des calcaires). Mémoires et documents, 12, Institut des études rhodaniennes de l'Université de Lyon, 541 p.*
- Couchoud I. (2006)** – *Étude pétrographique et isotopique de spéléothèmes du sud-ouest de la France formés en contexte archéologique : contribution à la connaissance des paléoclimats régionaux du stade isotopique 5. Thèse, université Bordeaux 1, 346 p.*
- Cvijic J. (1893)** – *Das Karstphänomen, Versuch einer morphologischen Monographie. Geographische Abhandlungen, band V, Heft 3, 113 p.*
- Cvijic J. (1918)** – Hydrographie souterraine et évolution morphologique du karst. *Recueil des travaux de l'Institut de géographie alpine*, tome 6, 375-426.
- Dandurand G. (2011)** – *Cavités et remplissages de la nappe karstique de Charente (bassin de la Touvre, La Rochefoucault). Spéléogénèse par fantômisiation, archives pléistocène et holocène, rôle de l'effet de site. Thèse, université Bordeaux 3, 311 p.*
- Davis W.M. (1930)** – Origin of limestone caverns. *Geological Society of America Bulletin*, 475-628.
- Delannoy J.-J. (1981)** – *Le Vercors septentrional. Le karst de surface et le karst souterrain. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Grenoble, 517 p.*
- Delannoy J.-J. (1997)** – *Recherches géomorphologiques sur les massifs karstiques du Vercors et de la transversale de Ronda (Andalousie). Les apports morphogénétiques du karst. Thèse d'Etat, université Grenoble 1, 678 p.*
- Delannoy J.-J., Perrette Y., Debard E., Ferrier C., Kervaso B., Perroux A.-S., Jaillet S., Quinif Y. (2004)** – Intérêt de l'approche morphogénétique pour la compréhension globale d'une grotte à haute valeur patrimoniale : la grotte Chauvet (Ardèche, France). *Karstologia*, 44, 25-42.

- Demangeot J. (1965)** – *Géomorphologie des Abruzzes adriatiques*. Thèse d'Etat en Lettres, université de Paris, CNRS : Mémoires et Documents h.s., 403 p.
- De Martonne E. (1909)** – *Traité de géographie physique : climat, hydrographie, relief du sol, biogéographie*. Armand Colin, Paris, 880 p.
- De Martonne E. (1940)** – *Traité de géographie physique. Le relief du sol*. Armand Colin, Paris, 2 tomes, 500 p et 1057 p.
- Fage J.-H. (2009)** – *Le mystère de la Baleine*. Thalassa-France 3, 52 mn.
- Ford D.C., Ewers R.O. (1978)** – The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. *Canadian Journal of Earth Sciences* 15, 1783-1798.
- Fenelon P. (1949)** – *Le Périgord, étude morphologique*. Thèse de Lettres, université de Paris, 503 p.
- Gamez P. (1992)** – *Hydrologie et karstologie du bassin du Loison (Woëvre septentrionale, Lorraine)*. Thèse, université de Metz, 397 p.
- Gauchon C. (1999)** – L'adoption du terme de « karst » en France. Approche historique d'un processus lexical décisif. *Karstologia*, 34, 45-51.
- Genty D., Blamart D., Ouadhi R., Gilmour M., Baker A., Juozel J., Van-Exter S. (2003)** – Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data. *Nature* 421, 833-837.
- Genty D., Combourieu-Nebout N., Peyron O., Blamart D., Wainer K., Mansuri F., Ghaleb B., Isabello L., Dormoy I., Grafenstein Von U., Bonelli S., Landais A., Brauer A. (2010)** – Isotopic characterization of rapid climatic events during OIS3 and OIS4 in Villars Cave stalagmites (SW-France) and correlation with Atlantic and Mediterranean pollen records. *Quaternary Science Reviews* 29, 2799-2820.
- Gèze B. (1983)** – Karstologie et spéléologie. *Karstologia*, 1, 2-4.
- George P. (1935)** – *La région du Bas-Rhône : étude de géographie régionale*. Thèse d'Etat en géographie, université de Paris, J.-B. Baillière et fils éditions, Paris, 691 p.
- Goron L. (1941)** – *Les pré-Pyrénées ariégeoises et garonnaises. Essai d'étude morphogénétique d'une lisière de montagne*. Privat éditions, Toulouse, 897 p.
- Hobléa F. (1999)** – *Contribution à la connaissance et à la gestion environnementale des géosystèmes karstiques montagnards : études savoyardes*. Thèse de doctorat en géographie, université Lumière (Lyon 2), 995 p.
- Hobléa F. (2009)** – Karstic geomorphosites: managing subterranean natural-cultural heritage sites. In Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (Eds.) *Geomorphosites*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munich, 189-200.
- Jaillet S. (2000)** – *Un karst couvert de bas plateau : le Barrois (Lorraine, Champagne, France). Structure, fonctionnement, évolution*. Thèse de doctorat, université Bordeaux 3, 710 p.
- Julian M. (1992)** – Quelques réflexions théoriques sur le karst. In Salomon J.-N., Maire R. (Eds.) *Karst et évolutions climatiques. Hommage à Jean Nicod*. Presses universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 31-42.
- Kuhn T.S. (1972)** – *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion, Paris, 246 p.
- Maire R. (1976)** – *Recherches géomorphologiques sur les karsts hauts alpins des massifs de Platé, du Haut-Giffre, des Diablerets et de l'Oberland occidental*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Nice, 458 p.
- Maire R. (1990)** – *La haute montagne calcaire*. Thèse d'Etat, université de Nice. *Karstologia* mémoires, 3, 732 p.
- Maire R. (2001)** – Philippe Renault (1925-2001). Un des fondateurs de la spéléologie moderne. *Spelunca*, 37, 1-9.
- Maire R. (2008)** – Le cinéma documentaire d'exploration et de spéléologie. *Karstologia*, 52, 39-50.
- Mangin A. (1974)** – Concepts méthodologiques adoptés. Systèmes karstiques étudiés. In *Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques*. *Annales de spéléologie*, tome 29, fascicule 3, 283-332 ; tome 29, fascicule 4, 495-601 ; tome 30, fascicule 1, 21-124.
- Marchand T. (1985)** – *La Chartreuse méridionale : étude des grands réseaux karstiques, recherches hydrogéologiques et géomorphologiques*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, université de Grenoble, 308 p.
- Marres P. (1935)** – *Les Grands Causses, étude de géographie physique et humaine*. Arrault, Tours, 658 p.
- Martel E.-A. (1894)** – *Les abîmes*. Delagrave, Paris, 578 p.
- Martel E.-A. (1928)** – *La France ignorée*. Delagrave, Paris, 2 tomes, 294 p. et 306 p.
- Mocochain L. (2007)** – *Les manifestations géodynamiques - externes et internes - de la crise de salinité messinienne sur une plateforme carbonatée péri-méditerranéenne : le karst de la Basse Ardèche (moyenne vallée du Rhône; France)*. Thèse, université de Provence (Aix-Marseille 1), 223 p.
- Nicod J. (1967)** – *Recherches morphologiques en Basse-Provence calcaire*. Thèse d'Etat, université d'Aix-en-Provence (Aix-Marseille 1), 557 p.
- Nicod J. (1972)** – *Pays et paysages du calcaire*. Presses universitaires de France, Paris, 244 p.
- Nicod J. (2010)** – Les étapes de la karstologie en France. In Audra P. (Ed.) *Grottes et karst de France*. *Karstologia*, 19, 16-21.
- Ortega R., Maire R., Deves G., Quinif Y. (2005)** – High-resolution mapping of uranium and other, trace elements in recrystallized aragonite-calcite speleothems from caves in the Pyrenees (France): implication for U-series dating. *Earth and Planetary Science Letters* 237, 911-923.
- Perrette Y. (2000)** – *Étude de la structure interne des stalagmites : contribution à la connaissance géographique des évolutions environnementales du Vercors (France) : développement et application d'une approche multiparamètre des archives stalagmitiques*. Thèse, université de Chambéry-Savoie, 324 p.
- Psoiadis D., Dotsika E., Zisi N., Pennos C., Pechlivanidou S., Albanakis K., Syros A., Vaxevanopoulos M. (2009)** – Geoarchaeological study of Katarraktes cave system (Macedonia, Greece): isotopic evidence for environmental alterations. *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 4, 229-240.
- Quinif Y. (2001)** – Hommage à P. Renault. *Karstologia*, 37, 9.
- Quinif Y. (2010)** – *Fantôme de roche et fantômisiation. Essai sur un nouveau paradigme en karstogénèse*. *Karstologia* mémoires, 18, université de Mons éditions, Belgique, 190 p.
- Quinif Y., Maire R. (1998)** – Pleistocene deposits in Pierre Saint-Martin cave, French Pyrenees. *Quaternary Research* 49, 37-50.
- Renault P. (1967-1968)** – *Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse*. Thèse de doctorat ès sciences naturelles, université de Lyon. *Annales de spéléologie*, tome 22, 5-17 et 209-267 ; tome. 23, 259-307 et 529-559 ; tome 24, 317-337.

- Renault P. (1970)** – *La formation des cavernes*. Presses Universitaires de France, collection Que-sais-je, 1400, Paris, 126 p.
- Renault P. (1990)** – Introduction à une histoire des études karstiques. *Karstologia*, 15, 1-21.
- Renault P. (1992)** – La karstologie française de 1900 à 1992. In Salomon J.-N., Maire R. (Eds.) *Karsts et évolutions climatiques, Hommage à J. Nicod*. Presses universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 17-30.
- Rodet J. (1981)** – *Contribution à l'étude du karst de la craie. L'exemple normand et quelques comparaisons*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université Paris-Sorbonne (Paris 4), 426 p.
- Rodet J. (1992)** – *La craie et ses karsts*. Thèse d'État, université de Paris, CNEK et groupe Seine, CNRS, Caen, 560 p.
- Rodet J. (1996)** – Une nouvelle organisation géométrique du drainage karstique des craies : le labyrinthe d'altération, l'exemple de la grotte de la Mansonnière (Bellou-sur-Huisne, Orne, France). *Comptes-rendus de l'académie des Sciences, Paris*, série II.a, 232, 1039-1045.
- Siart C., Ghilardi M., Holzhauser I. (2009)** – Geoarchaeological study of karst depressions integrating geophysical and sedimentological methods: case studies from Zominthos and Latô (Central and East Crete, Greece). *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 4, 241-256.
- Tricart J., Cailleux A. (1955)** – *Cours de géomorphologie. Introduction à la géomorphologie climatique*. Centre de documentation universitaire, Paris, 228 p.
- Tricart J. (1965)** – *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Masson, Paris, 496 p.
- Vanara N. (1998)** – *Le karst du massif des Arbaïlles (Pyrénées occidentales, France). Contrôle tectonique, climatique, hydrogéologique et anthropique de la morphogenèse*. Thèse en géographie, université Michel-de-Montaigne (Bordeaux 3), 480 p.
- Vanara N. (2011)** – *Diversité et sensibilité des archives karstiques. Application aux montagnes calcaires humides. Pyrénées, Caucase et Chine*. Habilitation à diriger des recherches (HDR), université Panthéon-Sorbonne (Paris 1), 283 p.
- Vergari A. (1996)** – *Contraintes paléokarstiques dans l'exploitation carbonifère sur le bord nord du synclinorium de Namur en Hainaut occidental*. Thèse, université de Mons, 276 p.
- Wainer K. (2009)** – *Reconstruction climatique des derniers 200 ka à partir de l'étude isotopique et géochimique des spéléothèmes du sud de la France*. Thèse, université Paris 11, 232 p.

Article soumis le 19 novembre 2011, accepté le 28 novembre 2011.