

Éric Gilli

Karstologie

Karsts, grottes et sources

DUNOD

Du même auteur

- *Hydrogéologie*, Dunod, Paris, 2008.

Illustration de couverture : Lapiaz du Désert de Platé (Haute-Savoie)

© Photo D. Decobecq

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2011
ISBN 978-2-10-057119-2

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
Chapitre 1. Présentation et définitions	5
1.1 Karst, karstique, karstologie	5
1.2 La région du Karst en Slovénie	6
1.3 Définitions	7
1.4 Composantes du relief karstique	8
1.5 Les grandes régions karstiques de France	10
1.6 Répartition mondiale des zones karstiques	11
Chapitre 2. Histoire de la karstologie	12
2.1 Les précurseurs	12
2.2 L'apport de la spéléologie	14
2.3 La karstologie française et le paradigme climatique	15
Chapitre 3. Les roches carbonatées	17
3.1 Définition	17
3.2 Rappels sur l'origine des carbonates et du calcium	17
3.3 Les calcaires	20
3.4 La craie	23
3.5 Les roches dolomitiques	23
Chapitre 4. La dissolution du calcaire	25
4.1 Les cycles de l'eau, du CO ₂ et des carbonates	25
4.2 La solubilité des calcaires	26
4.3 Les facteurs de la karstification	27
Chapitre 5. Les composantes du karst de surface	34
5.1 L'épikarst	34
5.2 Lapiés	35
5.3 Couloirs	41

Table des matières

5.4	Dolines	41
5.5	Poljés	45
5.6	Vallées sèches	47
5.7	Canyons, reculées, vallées aveugles ou à éclipses	47
5.8	Émergences, tufs et travertins	48
Chapitre 6.	Les différents types de reliefs	51
6.1	Rôle du climat	51
6.2	Karsts des pays tempérés et méditerranéens	51
6.3	Karsts des régions froides	51
6.4	Karsts tropicaux	53
6.5	Karsts des zones arides et semi-arides	55
Chapitre 7.	L'endokarst et la spéléogenèse	57
7.1	Infiltration de l'eau agressive	57
7.2	Organisation spatiale des discontinuités	57
7.3	La spéléogenèse ou creusement des grottes	63
7.4	Les drains vaclusiens	75
7.5	Les cavités hypogènes	75
7.6	Les grands volumes	78
7.7	Les sédiments souterrains	81
Chapitre 8.	Évolution des reliefs karstiques et paléokarsts	87
8.1	Variations climatiques et évolution paléogéographique	87
8.2	Polyphasage du karst	90
8.3	Paléokarsts	91
Chapitre 9.	Parakarsts et pseudokarsts	93
9.1	Parakarsts	93
9.2	Pseudokarsts	95
Chapitre 10.	La spéléologie et l'étude de l'endokarst	98
10.1	Précurseurs et historique de la spéléologie	98
10.2	La communauté spéléologique	99
10.3	Les méthodes de la spéléologie	99
10.4	Impact de la spéléologie sur la qualité des eaux souterraines karstiques captées	106

Chapitre 11. Les aquifères karstiques	107
11.1 Caractères spécifiques	107
11.2 Géométrie du système aquifère	107
11.3 Fonctionnement du système	109
11.4 Conséquences quantitatives et qualitatives	112
11.5 Circulations des systèmes hydrothermaux	112
Chapitre 12. Caractérisation des aquifères	113
12.1 Géométrie du système karstique	113
12.2 L'acquisition des données	114
12.3 Analyse des données	117
12.4 Les traçages d'eau en domaine karstique	121
12.5 Modélisation des écoulements	125
Chapitre 13. Exploitation et Gestion des eaux	127
13.1 La gestion des eaux	127
13.2 La gestion des eaux de surface	127
13.3 Mobilisation des ressources en eau	130
13.4 Gestion quantitative	133
13.5 Gestion qualitative	139
Chapitre 14. Les karsts littoraux et sous-marins	142
14.1 Aspect morphologique	142
14.2 Aquifères karstiques littoraux et sous-marins	143
14.3 Les karsts sous-marins profonds	151
14.4 Étude et gestion des aquifères littoraux	152
Chapitre 15. Les problèmes d'aménagement en zone karstique	157
15.1 Anomalies dans le sous-sol	157
15.2 Problèmes hydrologiques	159
15.3 Affaissements et soutirages karstiques	164
15.4 Détection, positionnement et traitement des cavités	167
Chapitre 16. Le tourisme	177
16.1 Les régions touristiques	177
16.2 Les sentiers et parcours karstiques	178
16.3 Les grottes touristiques	179
16.4 Travaux d'aménagement des grottes touristiques	181

Table des matières

Chapitre 17. Les ressources minérales	184
17.1 Le piège karstique	184
17.2 Hydrocarbures	186
Chapitre 18. Hydrothermalisme et géothermie	193
18.1 Thermalisme	193
18.2 Climatisation naturelle	194
Chapitre 19. L'étude des paléo-environnements	196
19.1 Les archives karstiques	196
19.2 Les méthodes de datation utilisées en karstologie	199
19.3 Paramètres environnementaux	204
19.4 Application à l'enregistrement des déformations	206
19.5 Application à l'étude des paléoclimats	214
Chapitre 20. Géodésie et mécanique des roches	216
20.1 Intérêt des systèmes karstiques	216
20.2 Mécanique des roches	219
Chapitre 21. Paléontologie, préhistoire et biologie	223
21.1 Piégeage et conservation	223
21.2 Les phosphorites du Quercy	223
21.3 L'homme des « cavernes »	224
21.4 Piège et dérive génétiques	225
21.5 Les extrémophiles	225
Conclusion	227
Bibliographie	229
Index	243

*Chaque fois que tu veux connaître le fond d'une chose,
confie-la au temps.*
[Sénèque]

à mon fils Paul.

AVANT-PROPOS

Entraîné un dimanche d'hiver de 1974, par un camarade de lycée, pour la visite de la Ratapignata, petit gouffre de la région niçoise, je n'aurais jamais pu imaginer que ce plongeon dans le monde souterrain allait m'ouvrir les portes de l'exploration, de la science et de l'université. Ce manuel présente une vision du monde du karst qui repose sur trois décennies d'aventure scientifique personnelle.

Mais cette tranche de vie a été parsemée de rencontres qui m'ont ouvert d'autres portes : Yves Créac'h avec son approche scientifique de la spéléologie et son goût des belles topographies ; Claude Chabert et sa philosophie des voyages ; Christian Mangan avec son sens inné de la géologie de terrain ; Jacques Mudry pour son écoute attentive et son appui maintes fois renouvelé ; Jean Nicod à l'origine de nombreuses vocations de karstologues et à qui je dois de m'être orienté vers le monde académique ; Claude Rousset qui a dirigé mes deux thèses ; Robert Théron infatigable géologue qui m'a accueilli à EDF pour y réaliser une thèse de spéléologie ; Philippe Audra dont l'esprit incisif m'a souvent obligé à abandonner des certitudes. Partageant la même passion du karst, ils sont présents entre les lignes de cet ouvrage et je tiens ici à leur rendre hommage.

PRÉSENTATION ET DÉFINITIONS

1

1.1 KARST, KARSTIQUE, KARSTOLOGIE

Le mot karst, d'origine slovène, désigne un relief particulier façonné par l'eau dans les roches carbonatées. Son synonyme français est causse. Les régions karstiques sont riches en dépressions fermées, renferment des grottes et gouffres, les cours d'eau s'enfoncent parfois sous terre et des sources puissantes s'observent à leur périphérie. Les zones karstiques intéressent environ 50 % du territoire français et représentent près de 15 % des affleurements rocheux de la planète. Elles accueillent 1,5 milliard d'habitants.

La karstologie ne donne pas lieu à un enseignement universitaire spécifique. En France, elle s'étudie traditionnellement en géographie mais elle intéresse d'autres spécialités telles que la géologie, l'hydrogéologie, le génie civil, la paléontologie animale et humaine, la climatologie. Le mot karst n'a donc pas toujours la même signification. C'est un modelé pour le géographe, un aquifère pour l'hydrogéologue et un simple vide pour le géotechnicien ou le carrier.

Nous proposons dans cet ouvrage de montrer la diversité des approches face à un domaine caractérisé par trois dimensions : la surface, le monde souterrain et le temps. Quelques exemples peuvent illustrer l'importance du karst. L'alimentation en eau relève de l'hydrogéologie karstique pour près de la moitié du territoire français. La plupart des découvertes sur l'Homme fossile ont été effectuées dans des grottes. Les plus gros gisements de pétrole sont contenus dans les vides des roches carbonatées. L'évolution climatique est enregistrée depuis des millions d'années dans les concrétions des grottes. Dans le domaine de la géotechnique, vides karstiques et eaux souterraines sont redoutés par les aménageurs. Les grands chantiers de génie civil (TGV, barrages, tunnels, etc.) sont fréquemment confrontés à des problèmes relevant de la karstologie et l'on est souvent surpris de voir la méconnaissance qu'en ont les géotechniciens.

Sur un plan plus ludique, de nombreuses zones karstiques sont connues pour offrir d'extraordinaires paysages. En France, le Vercors, le Verdon, les Causses, les Cévennes, les Calanques, etc. À l'étranger, la Baie d'Along, les forêts de pierre du Yunnan, les pitons de Guilin, les tsingy de Madagascar. Les grottes aménagées pour le tourisme attirent chaque année des millions de visiteurs.

Nombre de livres ou de films entraînent leurs personnages dans les profondeurs mystérieuses des cavernes. Enfin, grottes, sources, rivières souterraines, peuplées de fées, dragons, lutins, djinouns ou autres êtres surnaturels, sont à la base de nombreux mythes, légendes et religions.

Cet ouvrage s'adresse donc à un public large de professionnels ou d'amateurs éclairés qui souhaitent comprendre comment se forment paysages karstiques et grottes. Il intéressera aussi les ingénieurs en charge de gérer les problèmes d'aménagement en zone karstique.

Les thèmes abordés dépassent largement le territoire national mais les exemples français seront présentés en priorité pour illustrer le texte. Le livre est complété par quelques vidéos, accessibles sur le site dunod.com. Elles présentent des exemples de phénomènes ou d'interventions en sites karstiques.

1.2 LA RÉGION DU KARST EN SLOVÉNIE

Le Karst ou Kras, région éponyme du karst, s'étend au nord de Trieste. C'est une zone de plateaux boisés, au relief tourmenté, avec de multiples dépressions fermées, des grottes et des gouffres. La roche lorsqu'elle affleure, y est souvent sculptée de formes pittoresques. Les cours d'eau sont rares et disparaissent rapidement sous terre. D'importantes rivières souterraines y ont été explorées comme la Reka dans le gouffre de Skocjan ou la Piuka dans la grotte de Postojna. Cette dernière est un haut lieu du tourisme qui attire chaque année plusieurs centaines de milliers de touristes venant visiter les grottes ou le château de Predjama construit dans un vaste porche calcaire.



Figure 1 — Carte du Karst (ou Kras) slovène.