

# Les milieux karstiques

patrimoines de la Terre et des Hommes



CONNAISSANCE



RESSOURCES



CONSERVATION



Ce cahier technique présente un milieu inhabituel : le karst. Développé dans les plateaux et les montagnes calcaires, il comporte une dimension souterraine tout à fait originale. Ce cahier technique vise à en faire comprendre toutes les valeurs patrimoniales et à donner des clefs utiles à la préservation et la gestion d'un milieu dont la fréquentation et l'aménagement nécessitent quelques connaissances et précautions bien spécifiques.

## Tous concernés !

La région Rhône-Alpes compte 16 000 cavités et huit départements touchés, avec plus ou moins d'ampleur, par cette présence de karsts. C'est le berceau des plus grandes profondeurs mondiales (le gouffre Berger, premier connu sur la planète à descendre à -1000 m et gouffre Jean Bernard, à Samoëns, record mondial pendant presque 20 ans avec -1602 m !). C'est aussi une région qui abrite six des principaux réseaux spéléologiques français dépassant les 50 km.

Dans cet univers, les hommes peuvent retrouver leurs origines avec lesquelles ils pourront renouer dans certains espaces de restitution muséographique. Mais la richesse des karsts de surface et surtout des grottes est multiple : leur faune, leurs rivières, leurs paysages et tant d'autres éléments de patrimoine représentent un bien commun que chercheurs, spéléologues, conservatoires d'espaces naturels et associations de protection de la nature révèlent avant de participer à leur protection. De telles collaborations nouvelles montrent aujourd'hui l'enjeu d'un partage des connaissances et des rôles.

## A qui est destiné ce cahier technique ?

A tous les usagers, personnes et structures (collectivités, entreprises, exploitations agricoles...) concernés par la présence du karst, du monde souterrain et de ses ressources en eau, sur leur territoire d'action ou en lien avec leurs activités professionnelles. Il s'adresse évidemment aux services publics, aux élus locaux et autres décideurs, techniciens ou encore membres d'associations naturalistes ou de loisirs.

A travers ce cahier technique, notre regard croisé cherche à faire comprendre ce milieu naturel, malheureusement trop souvent négligé voire détruit. Les enjeux qu'il porte dépassent largement la passion de quelques naturalistes et révèlent un véritable intérêt sociétal. Enfin ce cahier tente d'apporter des pistes d'analyse et de bonne conduite pour préserver les milieux karstiques.

Bonne lecture !

## SOMMAIRE

- **DES MILIEUX NATURELS NÉS DE L'EAU ET DU CALCAIRE** p. 3  
Qu'est-ce que le karst ? La circulation de l'eau dans le karst. Etudier les karsts : un regard croisé nécessaire. *la spéléologie, science, sport et tourisme.*
- **UN PATRIMOINE PRÉCIEUX ENCORE MÉCONNU** p. 9  
Une valeur paysagère. Des valeurs géologiques, historiques et préhistoriques.
- **LES RESSOURCES EN EAU KARSTIQUE, ABONDANTES MAIS VULNÉRABLES** p. 11
- **UNE BIODIVERSITÉ INSOUÇONNÉE** p. 14  
La faune des milieux souterrains. Les chauves-souris. Habitats et flore des karsts. L'exemple de l'Ardèche méridionale.
- **UN PATRIMOINE MENACÉ** p. 19
- **DE LA CONNAISSANCE À LA CONSERVATION DU MILIEU SOUTERRAIN** p. 20  
Une législation à connaître. La gestion de la ressource en eau. Gérer et protéger la biodiversité karstique. Patrimonialiser les paysages karstiques et leur géologie. Gérer les risques naturels liés au karst.
- **LES BONNES ET MAUVAISES PRATIQUES EN MILIEUX KARSTIQUES** p. 26  
Penser surface et profondeur. Promouvoir une attitude respectueuse du milieu. La mise en protection physique. L'action participative. La sensibilisation comme moyen de protection.
- **RÉFÉRENCES UTILES** p. 27





# DES MILIEUX NATURELS NÉS DE L'EAU ET DU CALCAIRE

## QU'EST CE QUE LE KARST ?

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les scientifiques adoptent ce terme pour désigner les reliefs affectés par les processus d'érosion chimique de roches sensibles à la dissolution par les eaux. Sont notamment concernées :

- les roches carbonatées (calcaires, dolomies) ;
- les évaporites (gypse, sel gemme) ;
- leurs dérivées (cargneules).

Les paysages "karstiques" se caractérisent également par la rareté des écoulements d'eau en surface, quelle que soit la pluviosité régionale, du fait de l'enfouissement rapide des eaux dans les profondeurs de la roche.

## Un système naturel

Le karst est en relation plus ou moins directe avec son environnement extérieur. Il est caractérisé par :

- **une structure** représentée par des formes et modèles particuliers, tant en surface qu'en souterrain où se développe un réseau de vides en trois dimensions. Karst de surface (exokarst) et karst souterrain (endokarst) sont complémentaires ;
- **un fonctionnement** : des eaux circulent mais aussi des gaz (atmosphère souterraine plus ou moins confinée) et des matières (sédiments, matières organiques...), le tout animé par des forces et des énergies combinées (gravité, processus chimiques, tectonique...);
- **une évolution** qui le fait changer d'aspect dans le temps et dans l'espace. Le système karstique s'auto-organise pour optimiser l'écoulement des flux d'eau et de matière en direction d'un point de sortie appelé "émergence" ou "source karstique".

L'évolution du système répond aux perturbations extérieures comme les changements climatiques, les grands mouvements tectoniques, les variations des fonds de vallée et du niveau des mers où se localisent préférentiellement les émergences.



© M. Démetre

Bas-relief naturel dans une dalle calcaire sculptée par les eaux de ruissellement (Désert de Platé, quelques mètres de large).

## D'où vient le mot "karst" ?

En 1893, le géographe serbe Jovan Cvijic publie "*das Karstphänomen*" ("Les phénomènes karstiques"). L'ouvrage est écrit en Allemand, langue de l'Empire austro-hongrois dans lequel se trouvait non seulement la Serbie mais également la région du Kras (*Karst* en Allemand) prise comme modèle par Cvijic pour décrire et expliquer les paysages et les formes liés aux processus de dissolution dans les roches calcaires. Cette région de plateau aujourd'hui verdoyante se trouve actuellement pour l'essentiel dans le sud de la Slovénie, mais déborde en Italie au-dessus de la ville de Trieste (les Italiens l'appellent "*Carso*"). Le terme vient de la racine pré-indoeuropéenne "*kar*", qui signifie "pierre" (qui a donné aussi "*Causse*" en Français via le latin *calx*).

À la suite des travaux de Cvijic le mot *karst* devient un terme générique (remportant son "duel" face au mot *causse* proposé par le spéléologue français E.A. Martel). Le géographe serbe fixera également une bonne partie de la terminologie scientifique relative au karst et peut être considéré comme l'un des principaux fondateurs de la karstologie, la science des karsts.



© Philippe Crochet



## Comment se forme le karst ?

Le phénomène se développe lorsque les eaux, chimiquement agressives, peuvent circuler dans un massif de roche soluble à la faveur de la fracturation.

La dissolution sculpte la roche en surface, agrandit les fissures dans lesquelles l'eau s'infiltré en profondeur, jusqu'à créer un réseau de drains souterrains de toutes tailles et interconnectés.

Ce phénomène est quasi invisible à l'échelle humaine dans le calcaire, mais il est mille fois plus rapide dans les évaporites (gypse, sel gemme) où les formes karstiques peuvent apparaître en quelques années.

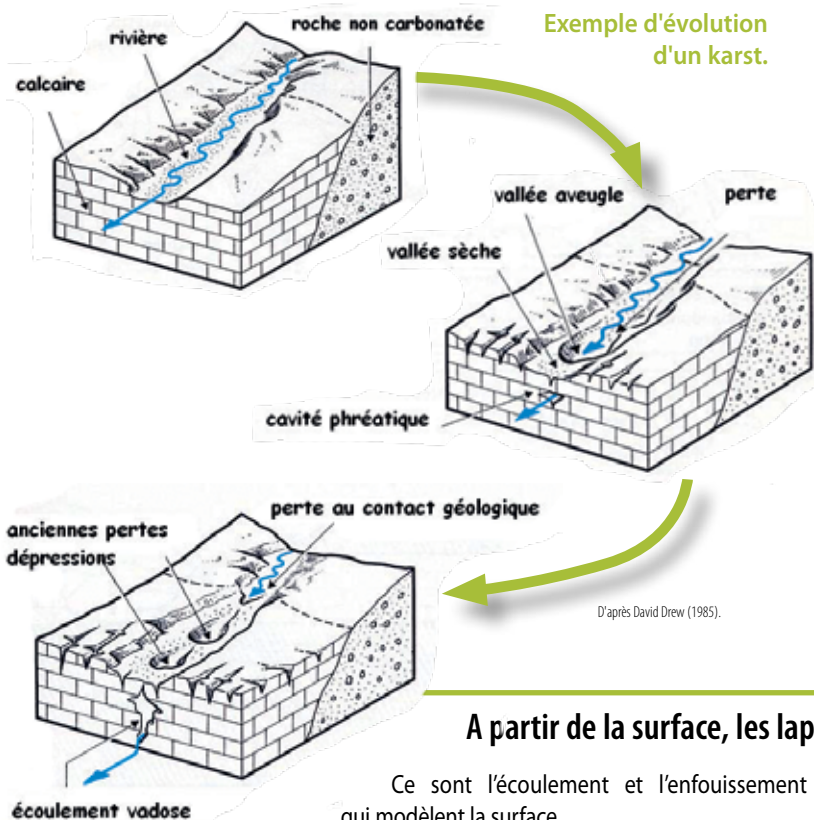
## Une dissolution plus ou moins rapide

La mise en solution du CO<sub>2</sub>, agressif pour les roches carbonatées, est facilitée par les climats pluvieux et froids, avec des sols riches en végétation, activant la production de CO<sub>2</sub> dans la zone d'infiltration des eaux.

La corrosion chimique du calcaire se mesure ainsi en mm/millénaire : de l'ordre de 15 en région méditerranéenne, jusqu'à 150 en moyenne montagne forestière humide.

Bien évidemment, le volume dissout ne correspond pas à une tranche uniforme enlevée en surface. Il se répartit de manière hétérogène en surface et en profondeur, au gré du cheminement des eaux. Dans le calcaire, un tel réseau hiérarchisé de drains, dont le collecteur présente des dimensions de taille humaine, peut se mettre en place en une dizaine de millénaires.

Si la dissolution est le processus d'érosion majeur et fondamental pour définir et expliquer le karst, il ne faut pas pour autant oublier que d'autres processus d'érosion, non karstiques, contribuent à faire évoluer les paysages de karsts en y laissant leur empreinte conjuguée : écroulements, éboulis, gélifraction\*... De plus, la dissolution libère les quelques pourcentages de résidus insolubles (argiles) contenus initialement dans la roche. Ces sédiments participent également au fonctionnement et à l'évolution du système karstique.



## A partir de la surface, les lapiés

Ce sont l'écoulement et l'enfouissement des eaux qui modèlent la surface.

- Par le ruissellement diffus sur le calcaire à nu, la dissolution élargit les fissures en cannelures et **lapiés**. Ces réseaux de fentes et de rigoles inscrites dans la dalle rocheuse peuvent couvrir de vastes superficies, aux arêtes généralement acérées.
- Par l'infiltration à travers un sol épais ou une formation sédimentaire perméable mais insoluble, l'eau de pluie va d'abord s'infiltrer dans cette "compresse" acide puis exercer son travail de corrosion au contact de la dalle calcaire. Les formes de lapiés, alors plus arrondies, sont invisibles tant qu'elles n'ont pas été décapées de leur couverture insoluble.
- Des creux de terrain et des recoupements de fractures peuvent concentrer le ruissellement de surface vers un point d'absorption des eaux que la dissolution va peu à peu transformer en entonnoir ou dépression circulaire fermée, appelée "**doline**". Les densités sont parfois spectaculaires, leur taille et leurs formes de détail sont très variables.
- Parfois, un cours d'eau né en amont, sur un terrain imperméable et insoluble, peut s'enfouir brutalement ou progressivement au contact du calcaire à la faveur de pertes diffuses ou concentrées. Dans certaines conditions, le cours d'eau traverse le massif karstique en restant en aérien, creusant un **canyon** encaissé (gorges de la Bourne, de l'Ardèche...).
- Quant aux "**polje**" (prononcer "polié"), il s'agit de plaines karstiques fertiles de dimensions plurikilométriques dans lesquelles des rivières coulent à ras de terre dans des plaines de corrosion qu'elles inondent et élargissent en période de crue, tout en imperméabilisant le fond par leurs sédiments. Les "polje" sont bien développés dans le karst en Slovénie, par exemple.



Exemple de lapias arrondi des monts Jura, dans l'Ain.

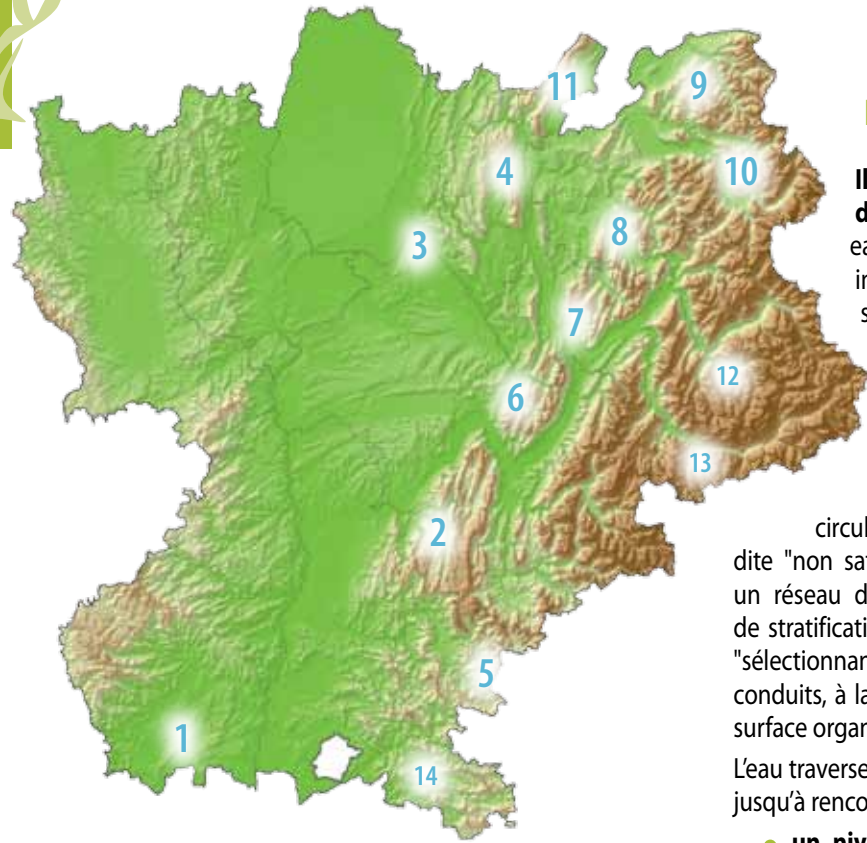
© CSR Rhône-Alpes - B. Vellon

\*Gélifraction : action liée à l'alternance gel / dégel.





## LA CIRCULATION DE L'EAU DANS LE KARST



Les principales zones karstiques de Rhône-Alpes



Source du Pissoir, à Torcieu, dans l'Ain.

- 1 Ardèche méridionale
  - 2 Vercors
  - 3 Plateau de Crémieu
  - 4 Bugey-Valromey
  - 5 Dévoluy
  - 6 Chartreuse
  - 7 Bauges
  - 8 Bornes Aravis
  - 9 Chablais
  - 10 Faucigny
  - 11 Monts Jura
- et des systèmes plus morcelés en Vanoise (12), Maurienne (13), Drôme provençale (14) et la bordure sédimentaire du Massif central.

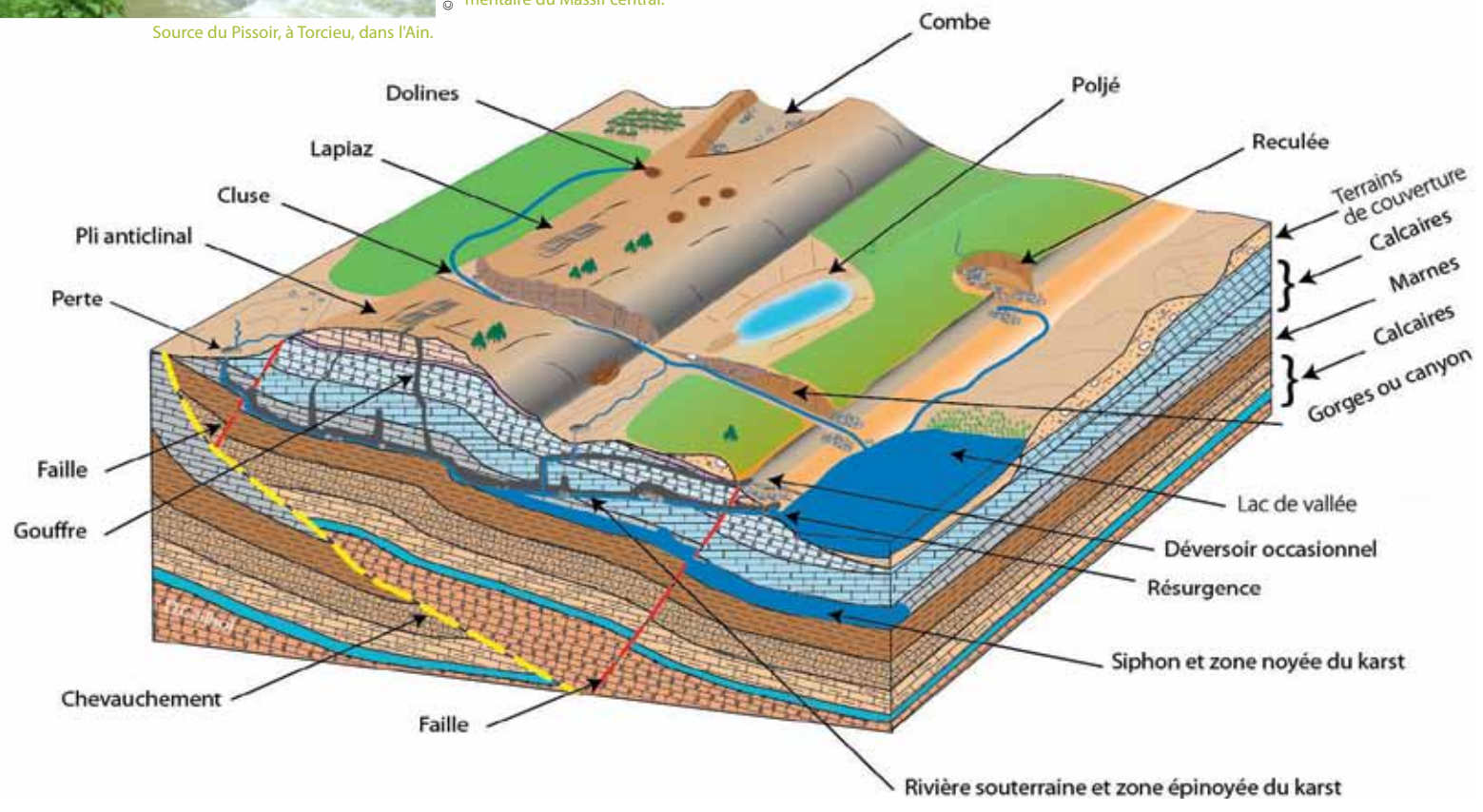
Il n'y a donc pas de karst sans circulation d'eau, et notamment sans infiltration des eaux depuis un bassin d'alimentation (ou impluvium) au travers d'un volume de roche soluble présentant une dénivellation entre l'amont (zone d'infiltration) et l'aval (zone d'émergence).

Une fois infiltrée dans les premiers mètres sous la surface, à la faveur des fissures, fentes de lapié ou dolines, l'eau circule d'abord en présence d'air dans la zone dite "non saturée" du karst souterrain. Elle suit alors un réseau de discontinuités (diaclasses, failles, joints de stratification, etc.) qu'elle élargit peu à peu tout en "sélectionnant" un nombre de plus en plus réduit de conduits, à la manière d'un réseau hydrographique de surface organisé autour d'un fleuve-collecteur.

L'eau traverse ainsi toute l'épaisseur de la masse calcaire jusqu'à rencontrer soit :

- un **niveau rocheux imperméable** (couche de marnes, socle cristallin) formant le niveau de base lithologique sur lequel elle va s'écouler en suivant la pente de la surface de contact ;
- le **niveau de base régional**, c'est-à-dire l'altitude du fond de vallée où se fait le drainage par le cours d'eau, qui situe l'émergence.

### Représentation générale d'un massif karstique.







## La zone noyée

Elle se développe en profondeur, en-dessous de la zone d'infiltration et en position aval, sans qu'elle soit nécessairement étendue à toute la formation carbonatée.

Dans la zone noyée on va pouvoir distinguer deux structures : le réseau de drainage et les zones de réserve.

- **Le réseau de drainage** correspond à l'ensemble organisé des conduits karstiques, siège principal des écoulements. Ceux-ci y sont souvent rapides (plusieurs hm/h) et souvent turbulents. Ce réseau a un rôle transmissif au sein du karst.

- **Les zones de réserve**, ou systèmes annexes au drainage, sont le siège d'écoulements lents. Elles sont constituées par la matrice fissurale de la roche et les vides de plus grande taille situés de part et d'autre du réseau de drainage mais mal connectés (pertes de charge). Ces réserves vont permettre un soutien du débit des drains en période d'étiage. On parle de fonction capacitive.

Ce système est capable de stocker les excédents d'eau que les drains collecteurs ne peuvent prendre en charge en période de crue. Ces systèmes annexes au drainage peuvent constituer des réserves d'eau souterraine de grande capacité. Ce sont aussi des biotopes encore méconnus.

## Des systèmes fragiles

En comparaison avec les autres grands types de réservoirs naturels d'eau souterraine (aquifères poreux, aquifères fissurés), les aquifères karstiques sont considérés comme les plus sensibles aux perturbations et pollutions liées à l'homme. Les karsts transmissifs, faiblement recouverts par un sol et par la végétation, présentent un faible pouvoir filtrant et auto-épurateur. Ils sont, de ce fait, particulièrement vulnérables aux phénomènes de turbidité (en période de crue) et de contamination bactérienne.



© M. Schwab

Des circulations karstiques en relation parfois étroite avec celles des cours d'eau de surface. Ici au bord du Chassezac dans le sud de l'Ardèche.

## Des karsts hydrothermaux d'origine profonde

Si la plupart des systèmes karstiques sont alimentés par les eaux météoriques circulant à faible profondeur sous le seul effet de la gravité (**karsts gravitaires**), le **karst hydrothermal** est spécifique, confiné et creusé par des circulations d'eau chaude et leurs émanations gazeuses remontant de plusieurs milliers de mètres de profondeurs, chargées en éléments acides corrosifs inhabituels, comme l'acide sulfurique produit par des réactions chimiques profondes au contact de roches sulfatées (gypses...).

De nombreuses cavités fossiles situées dans des régions de grandes failles tectoniques portent la trace d'une genèse anciennement hydrothermale, comme dans la vallée de l'Isère en Ardèche.



© D. Cathol

## Des fantômes dans le karst

Dans certains cas, la karstification peut s'initier en l'absence de relief et de gradient hydraulique suffisants pour permettre des écoulements d'eau souterrains capables d'engendrer une dissolution/évacuation de la roche. Celle-ci est alors, dans un premier temps, altérée *in situ*, par imbibition en milieu noyé le long des discontinuités du volume rocheux, pour donner une altérite résiduelle meuble, appelée "fantôme de roche". Cette altérite pourra laisser place, bien plus tard, à un vide (ayant l'apparence d'une galerie karstique) lorsque l'évolution du relief permettra la circulation d'eaux souterraines capables d'évacuer le matériel "fantomisé".

*Ci-dessus une illustration de fantôme, mis à l'échelle humaine.*



© CBR Rhône-Alpes



On voit le caractère évolutif des systèmes karstiques, et on comprendra que telle grotte sèche aujourd'hui perchée à flanc de paroi était autrefois une exsurgence de fond de vallée. La notion **d'héritage** est ainsi fondamentale pour expliquer les différents paysages karstiques, à l'exemple d'une vallée sèche.

## Les remplissages, le concrétionnement

L'eau est le principal vecteur de matières qui se déposent en périodes d'assèchement : matières solides, minérales et organiques, sans oublier les flux gazeux.

Les vides stockent ainsi des éléments sédimentaires soit **d'origine détritique** : blocs écroulés des parois, sables et galets transportés par les rivières souterraines, argiles de décalcification... soit **d'origine chimique** : spéléothèmes ou concrétions comme les stalactites au plafond et les stalagmites au sol des galeries, formées par précipitation de la calcite dissoute par les eaux d'infiltration circulant dans les fissures de la zone non saturée.

Les concrétionnements qui s'effectuent à l'aval immédiat des sources karstiques, cascading sur des lits de mousses ainsi pétrifiées, donnent **des tufs**.



Une galerie pleine d'eau est appelée "siphon". C'est le domaine d'exploration des plongeurs-spéléos munis de scaphandres autonomes. Celui-ci est dit "suspendu" s'il est situé dans la zone non saturée, ou "temporaire" s'il est ennoyé uniquement en hautes eaux (ici, la source des Castors, dans les gorges de l'Ardèche).



Les systèmes hydrothermaux actifs sont rares en France, un des plus remarquables étant celui des thermes d'Aix-les-Bains en Savoie avec une eau de source naturelle autour de 41°C. Il constitue un biotope très particulier. Ici la vasque de la source thermale d'Alun dans la grotte des Serpents.

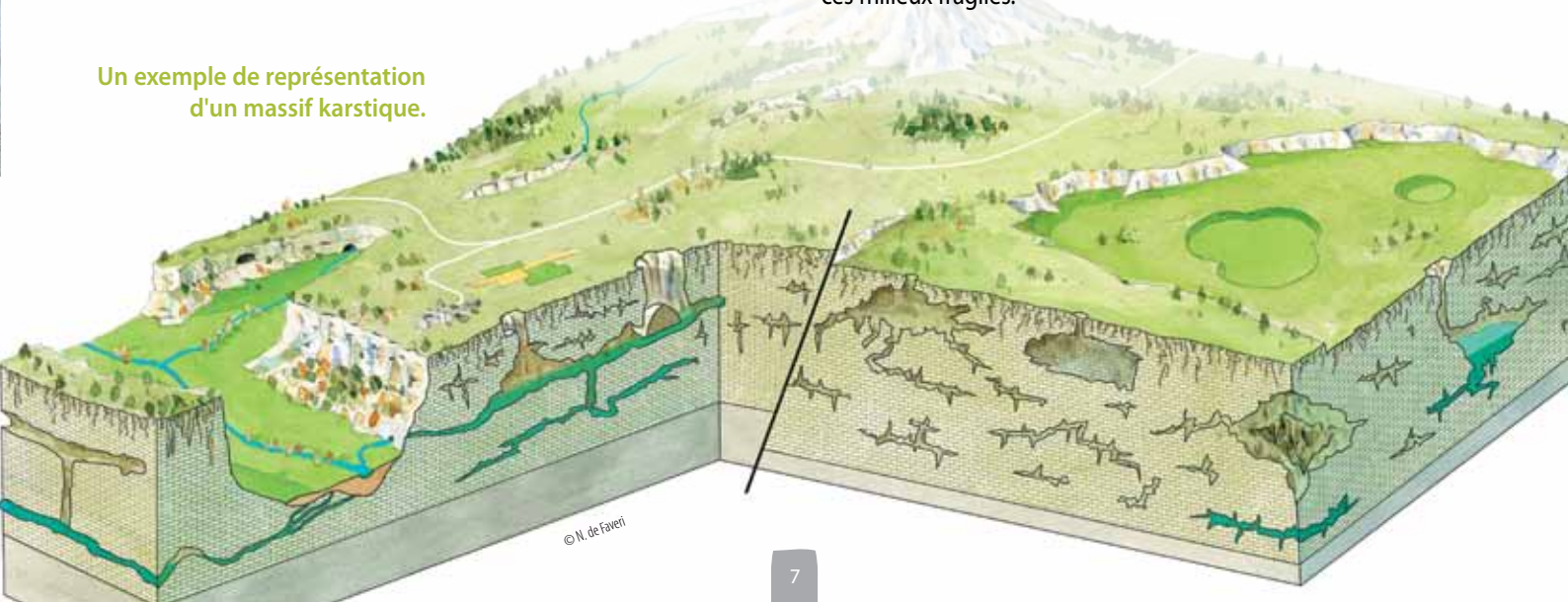
## ETUDIER LES KARSTS : UN REGARD CROISÉ NÉCESSAIRE

Ce sont les spéléologues qui s'occupent des milieux karstiques ! C'est tout du moins la vision qu'on en a mais la réalité est plus complexe.

Certes, sous l'égide de la Fédération française de spéléologie, les spéléologues révèlent les sites, les décrivent, contribuent à en valoriser certains et à les protéger. Mais l'étude et la protection des karsts ne s'arrêtent pas là et s'appuient beaucoup sur des karstologues de laboratoires universitaires, comme l'EDYTEM (Université de Savoie), des hydrogéologues d'agences de l'eau ou encore des techniciens d'associations de protection de la nature.

A travers les enjeux que dévoile le chapitre suivant, la complémentarité entre plusieurs disciplines est évidente : les botanistes se concentreront plutôt sur le karst de surface, les géologues s'attarderont sur les structures et la lithologie, les paléontologues et archéologues exhumeront les nombreuses traces de notre histoire dans ces cavités... Enfin diverses associations vont contribuer au suivi des connaissances, à la sensibilisation des populations locales et facilitent la prise en compte par les élus locaux, clé de voute du respect de ces milieux fragiles.

## Un exemple de représentation d'un massif karstique.



© N. de Favari



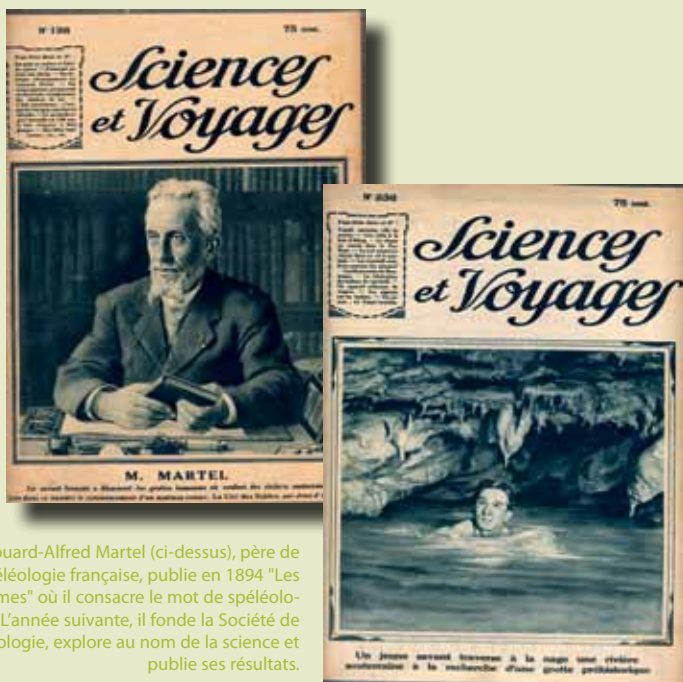
## LA SPÉLÉOLOGIE : SCIENCE, SPORT ET TOURISME

Par son étymologie, la spéléologie est l'étude des cavités souterraines, naturelles ou anthropiques, au sein d'un massif karstique, volcanique, au plus profond d'un glacier, d'une ancienne mine ou dans tout autre milieu que la nature ou parfois l'homme aura su creuser.

C'est la somme d'émotions uniques : franchir le pas, descendre dans un gouffre, se faufiler dans une fissure, se retrouver dans une salle immense ou une grotte aménagée. Du plus périlleux au plus aisé, un passage sous terre nous fait entrer dans un univers dépaysant, avec en prime le plaisir inestimable du retour au grand jour.

### Une science puis un sport

Les spéléologues ont cherché à comprendre un monde étrange, celui des grottes. Ils l'ont fréquenté, arpenté, exploré, s'y sont parfois perdus et se sont toujours laissés saisir par sa beauté et sa poésie. Les historiens de la spéléologie pourraient mentionner les pionniers préhistoriques, antiques, médiévaux que la planète entière a connus mais, en France, on a coutume de s'appuyer sur l'un des pères de la spéléologie, Edouard-Alfred Martel qui publie en 1894 son ouvrage "Les Abîmes".



Edouard-Alfred Martel (ci-dessus), père de la spéléologie française, publie en 1894 "Les Abîmes" où il consacre le mot de spéléologie. L'année suivante, il fonde la Société de spéléologie, explore au nom de la science et publie ses résultats.

La science des cavernes est alors une affaire de géologues, géographes, paléontologues, archéologues ou biologistes même si elle ne sera jamais reconnue comme une discipline scientifique. Durant l'entre-deux guerres, la dimension sportive prend le dessus, c'est aussi l'époque du développement du tourisme souterrain.



© CSR Rhône-Alpes

### Des grottes touristiques

Le tourisme souterrain apparaît dès le XVII<sup>e</sup> siècle en Occident. Ses promoteurs les plus actifs sont souvent des spéléologues. Aujourd'hui, on compte en France une centaine de grottes aménagées pour le public, soit presque trois fois plus qu'au seuil de la seconde guerre mondiale, dont 15 en Rhône-Alpes. Les aménagements se font plus discrets, plus respectueux du milieu et plus sophistiqués. Pour attirer le public il faut innover, ajouter des sons et de la lumière, sans oublier le respect d'exigences de sécurité croissantes.

Les commentaires des guides se font plus didactiques. On y parle formation des grottes, cristallisation, histoire et préhistoire. On admire les merveilles de la nature en cherchant de moins en moins à reconnaître des animaux fantastiques dans les concrétions.

### Passion et exploration

Les exploits romancés de Norbert Casteret ouvrent la voie à une nouvelle pratique de la spéléologie, plus sportive. En 1963, la naissance de la Fédération française de spéléologie renforce le lien entre sport et travaux scientifiques. Elle définit son projet par "*La passion de l'exploration : découvrir, explorer, étudier, partager, protéger nos milieux de pratique telle est notre ambition et notre raison d'être*".

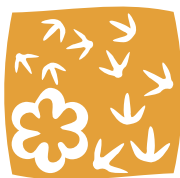
L'exploration, c'est mettre au jour chaque année plusieurs dizaines de kilomètres de nouvelles galeries. C'est un trait d'union entre pratiquants sportifs, géographes, géologues et hydrogéologues qui se consacrent aux relevés topographiques, à la cartographie et ainsi nous offrent une compréhension fine des cavités, de leur histoire et de leur fonctionnement.

La spéléologie reste confidentielle avec moins de 8000 licenciés en France, peu de pratique individuelle mais de nombreux clubs. Des éducateurs sportifs permettent maintenant d'ouvrir cette pratique à la découverte familiale, en plus des activités de la fédération à dominante sportive et scientifique, appuyée par des spéléologues spécialistes des grandes profondeurs.



© CSR Rhône-Alpes - S. Calliaut





# UN PATRIMOINE PRÉCIEUX ENCORE MÉCONNU

## UNE VALEUR PAYSAGÈRE

Le karst est à la fois un modelé de relief et un type d'aquifère. Cette dualité lui confère une réelle typicité paysagère, marquée par des affleurements de roche claire et burinée par la corrosion, manifestation du travail de l'eau. Vite enfouie dans la masse rocheuse, l'eau génère alors des modelés souterrains qu'elle anime par ses écoulements, créant un monde qui n'a pas d'équivalent en surface. Ce paysage souterrain peut contenir des éléments socialement porteurs d'une forte valeur esthétique et symbolique, comme les concrétions ou les lacs souterrains (en réalité plutôt rares).

Extérieurement, le karst revêt, en Rhône-Alpes, différents costumes : les forêts neigeuses du Vercors ou du Jura méridional, les pelouses alpines à karst dénudé du Haut-Giffre ou des crêtes jurassiennes, les collines et plateaux à buis, ou encore la garrigue ardéchoise.

## GÉOLOGIE, HISTOIRE ET PRÉHISTOIRE

### Comprendre les temps anciens

L'endokarst\* permet d'examiner la structure géologique interne (âge et propriétés de la roche encaissante dans laquelle se creuse le karst, fracturation renseignant sur l'histoire tectonique du massif) le long d'une "coupe" naturelle.

Toujours en souterrain, la dissolution met en relief les fossiles et autres nodules de silex contenus dans la roche encaissante, le plus souvent invisibles en surface. L'assèchement de certains niveaux de galeries permet la conservation des sédiments et concrétions en place dont l'analyse est précieuse pour la reconstitution des climats et des environnements passés (datations). Les cavernes sèches sont également de bons conservateurs des indices et traces de fréquentation ancienne par la faune et par l'homme préhistorique (Chauvet-Combe d'Arc...).

Le gisement paléontologique de la Balme à Collomb, en Chartreuse, a livré les restes de plusieurs milliers d'ours des cavernes datés entre -40 000 et -24 000 ans.

\*Endokarst : partie souterraine du karst, par opposition à l'exokarst, la partie aérienne.

### Un marquage historique

Les différentes générations d'usages historiques des grottes et des ressources karstiques depuis les débuts de notre ère jusqu'à nos jours sont également repérables par les archéologues, historiens et géographes qui recensent les cavités ayant servi d'abris, de refuges, d'habitat quotidien, d'ermitage, d'hôpital de fortune voire de lieu de soin (spéléothérapie), de citerne et de chambre de captage d'eau, de cave à fromages, de champignonnière, de glacière, de bergerie, de mine, de salpêtrière, de lieux de récolte (guano, nids d'hirondelle...), de laboratoire, de décor, de lieux de culte, de salle de bal et de spectacle ou de réception festive, de dépotoir, de charniers, de dépôts d'armement, de centrale énergétique (moulinage et turbinage des eaux souterraines), de réserve naturelle mises en défens pour la conservation d'espèces protégées (chauve-souris) sans parler de l'usage récréatif et culturel (spéléologie, tourisme souterrain) et de la ressource en eau potable.

### Un apport à l'archéologie préhistorique

- **Les fouilles archéologiques conduites dès la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle** font de Rhône-Alpes une région emblématique de la préhistoire où les principaux thèmes d'études sont abordés : archéologie funéraire, art rupestre et pariétal, paléontologie des grands et micro-vertébrés, mobilier lithique, céramique et métallique, etc. Certains sites sont devenus très célèbres : la grotte Chauvet, dans les gorges de l'Ardèche, est la parfaite illustration de la dimension mondiale de l'art pariétal paléolithique.

© M. Dubanette



Une rigole de lapiaz offre à ce calcaire une nouvelle valeur paysagère.

© Musée de l'ours, Entremont-le-Vieux



## Karst et préhistoire en Ardèche

- **Les gisements paléontologiques**

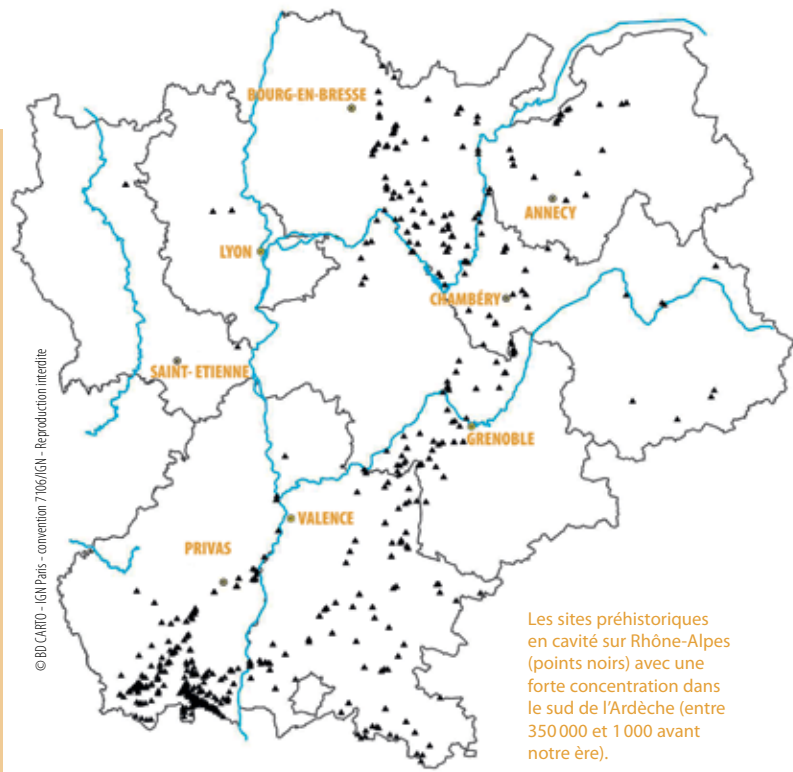
Les avens ont pu fonctionner en pièges naturels pour la faune qui a aussi utilisé les cavernes comme tanières, parfois en concurrence avec l'homme qui n'a pas manqué d'y laisser sa marque (outils, traces de découpe sur os).

- **L'habitat des premiers peuplements humains**

Chaque abri, chaque grotte a pu servir aux populations anciennes, à de multiples fins, jusqu'à la période actuelle. Le site le plus ancien de la région Rhône-Alpes bien daté est celui d'Orgnac III, entre 350 000 et 300 000 BP.

- **L'art pariétal paléolithique**

L'art des peuples chasseurs nomades du Paléolithique supérieur est daté en Europe entre 35 000 et 12 000 ans avant notre ère. Rhône-Alpes était considérée comme mineure jusqu'à la découverte en 1994 de la grotte Chauvet. La vingtaine de sanctuaires connue à ce jour constitue un ensemble d'art pariétal de première importance. L'essentiel des cavités ornées est regroupé dans les zones calcaires et karstiques de France (*Chauvet, Lascaux, Cosquer*), d'Italie et de la Péninsule ibérique (*Altamira*) et jusqu'en Roumanie (*Coliboaia*).



© BD, C.M.T.O. - IGH Paris - convention 7106/IGH - reproduction interdite

Les sites préhistoriques en cavité sur Rhône-Alpes (points noirs) avec une forte concentration dans le sud de l'Ardèche (entre 350 000 et 1 000 avant notre ère).

Plus de 150 années de fouilles souvent laissées ouvertes nécessitent la mise en sécurité des gisements préhistoriques par remblaiement des aires de fouilles. Depuis 2000, une vingtaine de cavités ont fait l'objet de ce type de protection qui respecte le cadre naturel des sites (ici la baume de Ronze à Orgnac).



© F. Prof'homme - Musée de préhistoire d'Orgnac



© N. de Faveri





Un ours dessiné en rouge dans la grotte Chauvet.

© DRAC Rhône-Alpes

● **Le cadre naturel joue sur la conservation des sites** en particulier la nature géologique du sous-sol. Par exemple, peu de découvertes ont eu lieu en zones cristallines.

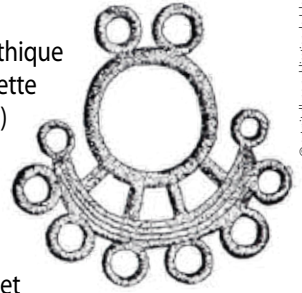
Ainsi, le domaine karstique favorise l'accumulation et la conservation des remplissages naturels et archéologiques qui témoignent sur des millénaires des modifications du milieu et des activités humaines. D'une manière générale, les cavernes abritent nos plus vieilles archives : elles en sont d'autant plus précieuses et vulnérables.

● **L'habitat des premières sociétés agricoles** profite, en Rhône-Alpes de l'abondance en karsts. Les grottes sont souvent choisies pour leur situation à la jonction entre des biotopes complémentaires (terres arables, pâturages, domaines forestiers et aquatiques), ce qui illustre parfaitement l'organisation d'un terroir au Néolithique. A l'inverse des habitats de plein air qui sont implantés sur les terres alluviales fertiles, les occupations en grotte paraissent être plutôt de courtes durées.

C'est dans ces contextes d'habitats éphémères que l'on retrouve des sépultures isolées, surtout de très jeunes enfants.

● **L'art rupestre** qui fleurit à la fin du Néolithique se poursuit au cours de l'âge du Bronze. Cette forme d'expression (peintures et gravures) est localisée sur les parois naturellement éclairées d'abris peu profonds mais de véritables grottes sont aussi décorées. Peu figurative, elle se caractérise par un schématisme accentué où hommes et animaux sont peu à peu réduits à l'extrême et deviennent de véritables pictogrammes annonçant en quelque sorte l'écriture.

● **Les dépôts d'objets métalliques** : à partir du début de l'âge du Bronze, vers 1800 ans av. J.-C., des objets métalliques (armes, outils, parures, etc.) sont enfouis dans des cavités, surtout des sites escarpés. Il s'agit le plus souvent de dépôts peu fournis en métal. Cet usage perdurera jusqu'aux périodes historiques avec en particulier les cachettes monétaires.



En Ardèche, parmi les dépôts de bronze, généralement peu fournis en métal, celui du Dérocs, à Vallon-Pont-d'Arc, fait exception.

© extrait d'une publication de Jules Ollier de Marchad - 1876

## RESSOURCES



# LES RESSOURCES EN EAU KARSTIQUE : ABONDANTES MAIS VULNÉRABLES

A l'échelle de la région, l'extension des systèmes karstiques est très variable avec des surfaces pouvant être comprises entre quelques km<sup>2</sup> (sources de débit moyen entre 10 et 20 l/s) à plus de 100 km<sup>2</sup> avec des sources écoulant plusieurs m<sup>3</sup>/s. Ainsi, le bassin d'alimentation des sources d'Arbois et Bournillon dans le Vercors est estimé à plus de 220 km<sup>2</sup> avec un débit moyen cumulé des deux sources de près de 8 m<sup>3</sup>/s.

Deux situations principales se distinguent :

● **Les karsts fortement plissés en domaine de montagne** : l'intensité de la tectonique et le relief marqué conduisent à une faible extension des ensembles carbonatés continus et à une reprise rapide des écoulements par les cours d'eau. Les ensembles sont alors très fractionnés et les systèmes dépassent rarement 20 km<sup>2</sup> de surface. De nombreux systèmes sont largement perchés au-dessus du fond des vallées en fonction de la position des niveaux imperméables et s'avèrent,

dans ces situations, extrêmement transmissifs. Les vitesses de transfert des eaux depuis la zone d'infiltration vers l'émergence peuvent atteindre seulement quelques heures.



© F. Vessier



© D. Cahillat - Elytem

Une ressource en eau exploitée de tout temps et avec des moyens variables : la réalisation d'un nouveau forage pour l'eau potable, ci-dessus, le captage d'un drain karstique, ci-contre.

● **Les karsts en domaines de plateau**, comme en Ardèche, pour le plateau des Gras-Laoul ou encore dans la partie centrale du massif du Vercors, ou dans le Haut-Bugey (synclinal du Valromey) : en présence de faibles ondulations, la structuration des écoulements karstiques a permis la constitution d'impluviums d'une surface pouvant dépasser les 100 km<sup>2</sup>.



© C. Fischer

### Les débits évacués aux exutoires

Ils sont directement dépendants des quantités d'eau infiltrées sur les impluviums. En Rhône-Alpes, les débits spécifiques varient de 8 à 12 l/s/km<sup>2</sup> dans l'Ardèche méridionale ou le sud de la Drôme, de 25 à 35 l/s/km<sup>2</sup> pour le Bugey ou le Vercors. Ils atteignent des records pour les karsts de haute montagne du Haut-Giffre (50 à 70 l/s/km<sup>2</sup>).

### Les sources karstiques

Elles se caractérisent par leur forte variabilité de débit et de qualité chimique selon les saisons et les années. Cette variabilité rend compte du fonctionnement du bassin-versant. Pour en délimiter l'extension, plusieurs traçages par coloration ou marquage des écoulements souterrains jusqu'à leur émergence sont souvent nécessaires.

### L'eau dans les karsts noyés

Avec l'évolution des niveaux de base des cours d'eau, en lien avec la surrection du massif alpin, les héritages des phases glaciaires ou les périodes de bas niveau marin, la karstification a pu se faire, à certaines périodes, en-deçà des niveaux de drainage actuels. Certains conduits se sont ainsi développés en profondeur dans les massifs carbonatés. Les témoins de cette histoire géologique sont nombreux en Rhône-Alpes. Des conduits noyés ont ainsi été reconnus par plongée, descendant à grande profondeur.

Systèmes karstiques	profondeur de plongée
Fontaines de Tourne (Bourg-St-Andéol - 07)	-209 m
grotte de Thais (Royans)	-97 m
exurgence du Diable (Royans)	-141 m



© P. Cochet

De même dans les vallées alpines et en périphérie (Arve, Giffre, Pays de Gex), certains anciens exutoires karstiques, mis en place à basse altitude, sont aujourd'hui masqués par des dépôts alluviaux ou glaciaires, ce qui laisse supposer des zones noyées importantes en amont. Toutefois, ces ressources restent encore peu explorées.

### L'exploitation des ressources karstiques

De nombreuses collectivités rhônalpines dépendent de massifs karstifiés pour leur alimentation en eau potable. Ces collectivités se concentrent dans les massifs du Bugey, des monts du Jura et dans les Préalpes (du Chablais au Vercors). Il faut aussi citer un certain nombre de ressources non négligeables exploitées dans les vallées intra-alpines en Maurienne, Tarentaise et Beaufortain ou encore en Ardèche (plateaux des Gras-Laoul) et dans la Drôme (Diois et Baronnies). Les débits exploitables par pompage dans les sources, ou dans des drains recoupés par forages peuvent atteindre des valeurs importantes (jusqu'à plusieurs dizaines de litres par seconde).



Une usine d'ultra-filtration (source des Eaux-Belles à Étrembières (Haute-Savoie).

On peut évoquer quelques sites de captage d'eau potable majeurs à l'échelle de Rhône-Alpes :

- les captages des sources du *Pont-de-Pierre* et de *Bunant* dans les Bornes (Haute-Savoie, Syndicat intercommunal des eaux de la Fillière) ;
- le forage du *Trou qui souffle*, qui capte à plus de 200 mètres de profondeur le drain noyé de la source de *Goule noire* (Vercors - Syndicat intercommunal d'Autrans-Méaudre) ;
- la source des *Eaux Belles* (Salève - Haute-Savoie-exploitée par l'agglomération d'Annemasse) ;
- le forage de *Gérige* (Bourg-Saint-Andéol, Communauté de communes du Rhône aux gorges de l'Ardèche), captant à 160 mètres de profondeur le drain noyé de la source du *Goul de la Tannerie*
- le forage de *Plaisians* (Drôme) captant à 200 mètres de profondeur le drain noyé de la source d'Aygues-Astaud.



## Savoir exploiter l'eau de l'aquifère

Bien que les aquifères karstiques posent certaines difficultés pour leur exploitation en lien avec leur grande vulnérabilité aux pollutions (problèmes de bactériologie, pics de turbidité) cela ne doit pas systématiquement constituer des freins à leur utilisation. D'une part, il existe des solutions pour minimiser ces difficultés, d'autre part, ces ressources présentent aussi d'autres avantages.

En effet les karsts offrent souvent des ressources en eau importantes avec des zones très productives, en particulier dans la zone noyée à proximité des exutoires. Les drains en profondeur constituent bien entendu des cibles de choix pour les forages, lorsqu'on peut les localiser, notamment par exploration directe, ce qui permet de limiter les risques d'échecs.

La sollicitation de réserves importantes dans la zone noyée peut permettre de s'affranchir des variations saisonnières du débit, en autorisant des prélèvements, sur une partie de l'année, supérieurs à ceux s'écoulant naturellement à la source.

Les volumes prélevés sont ensuite compensés par la recharge naturelle de l'aquifère lors des hautes eaux. Il s'agit du **principe de la gestion active**. C'est une méthode d'exploitation durable qui veille à respecter les conditions de reconstitution des réserves en s'opposant à toute surexploitation de l'aquifère et en assurant le soutien artificiel des cours d'eau initialement alimentés par débordement de l'aquifère.

## Une ressource parfois complémentaire

Les besoins en eau potable évoluent, les sollicitations sur certaines nappes ou cours d'eau s'accroissent. Ceux-ci sont aujourd'hui largement exploités et parfois dégradés du fait de pressions croissantes. Aussi, certaines ressources en eaux karstiques, profondes, noyées, reconnues ou potentiellement présentes sur certains territoires, peuvent constituer des ressources complémentaires ou alternatives intéressantes pour la satisfaction des besoins futurs en eau (intérêts patrimoniaux ou stratégiques). Il conviendra donc de les étudier et de les protéger dans cette perspective.

## Des eaux vulnérables

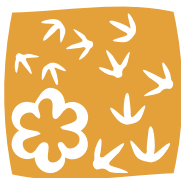
Les problèmes de turbidité, de germes bactériens nécessitent de traiter avant distribution les eaux karstiques destinées à l'usage en eau potable. Les solutions palliatives et de traitement utilisées sont variées et plus ou moins élaborées, suivant la taille et les moyens des collectivités concernées. Pour gérer les problèmes de turbidité, on utilise le plus souvent des systèmes automatiques qui permettent d'arrêter le captage et l'alimentation des réservoirs, au-delà d'un certain seuil. Des dispositifs de décantation et de filtration sur sable ou de traitement par ultrafiltration complètent parfois ces dispositifs pour régler le problème des germes.

### Les sources les plus importantes de Rhône-Alpes (débits moyens mesurés supérieurs à 500 l/s).

Système karstique et émergence	Massif	Débit en m <sup>3</sup> /s		
		Débit moy.	Débit mini	Débit maxi
Source du Bournillon (système d'Arbois-Bournillon)	Vercors	3.8	0	80
Sources d'Arbois (système d'Arbois-Bournillon)	Vercors	4	1.3	40
Source de la Goule noire - Trou qui souffle	Vercors	1.5	0.3	34
Source de la Goule blanche	Vercors	1.1	0.25	13
Source d'Archiane	Vercors	1.1	0.2	15
Source des Gillardes (Grandes et Petites Gillardes)	Dévoluy	4.8	0.4	60
Source du Pissieu	Bauges	1	0.08	8
Source de la Doria (Revard)	Bauges	0.6	0.02	15
Source du Groin et Fontaine St Martin	Haut-Bugey	2.2	0	?
Source de l'Allondon	Monts Jura	0.6	?	?
Source de Morette (Glières)	Bornes	1.5	0.055	12
Source de la Diau (Parmelan)	Thorens - Glières	0.6	0.025	8
Système de Tête des Verds-Flaine (cumul de 2 sources)	Platé - Flaine	10	0.3	1
Source de Tour noire	Aravis-Pointe percée	2 à 3	?	?
Fontaines de Tourne (cumul du goul de la Tannerie et du goul du Pont)	Plateau des Gras, Bois de Laoul (Ardèche)	1.4	0	3

© P. Gruchet





# UNE BIODIVERSITÉ INSOUÇONNÉE

Le karst est à la fois un milieu aérien crevassé, avec des habitats naturels reconnus d'intérêt communautaire (éboulis et pavements calcaires, forêt sur lapiaz, pentes et dalles rocheuses...) et un milieu souterrain également référencé dans la directive européenne habitats (***grotte non exploitée par le tourisme - code 8310***). Cet habitat précieux pour la biodiversité abrite des espèces spécialisées ou endémiques restreintes. Il est à l'origine de la désignation de plusieurs sites Natura 2000 rhônalpins.

Le milieu souterrain se distingue par sa grande minéralité et présente généralement une grande pauvreté en nutriments. La chaîne alimentaire est tronquée, à sa base, par l'absence de producteurs photosynthétiques primaires et d'herbivores et, à son sommet, par un très faible nombre d'espèces prédatrices strictes.

## Un milieu *a priori* très hostile à la vie

- l'obscurité totale et permanente induit une productivité primaire quasi nulle suite à l'absence de végétaux.
- Les températures sont fraîches mais très stables tout au long de l'année avec des écarts d'environ 1°C en Rhône-Alpes. Elles dépendent principalement de la latitude et de l'altitude et leurs variations ne sont sensibles que sur une grande échelle de temps.
- La composition de l'air présent dans les cavités est voisine de celle de l'extérieur et ce n'est généralement que dans les milieux profonds et confinés qu'une augmentation du taux de CO<sub>2</sub> est constatée. La mobilité de l'air est un facteur d'homogénéité thermique, mais elle peut induire des variations importantes selon les saisons et être source d'une hétérogénéité locale.
- L'humidité atmosphérique est très forte, la saturation est souvent de 95 à 100%.



Un myriapode et un pseudoscorpion en milieu souterrain.

## La biospéologie

C'est l'étude des organismes vivant dans les cavités terrestres. Elle s'est développée à partir du XIX<sup>e</sup> siècle.

## Le classement de la faune cavernicole

Il se fait, d'une part, sur l'adaptation des espèces au milieu souterrain et du temps passé sous terre, d'autre part, sur le milieu occupé : terrestre (préfixe *troglo* = grotte en grec) ou aquatique (préfixe *stygo* = issu du nom *Styx* - fleuve des enfers dans la mythologie grecque).







© M. Delamette

## La biodiversité du milieu souterrain fortement fragmentée

Dans une région karstique, même si les habitats sont tous identiques, ils sont en général déconnectés les uns des autres. Ainsi, une grotte héberge au maximum une vingtaine d'espèces, alors que les inventaires sur l'ensemble de la région karstique dont elle fait partie en dénombrent souvent plus du double.

De plus, la contrainte de la fragmentation des habitats induit un taux d'endémisme très élevé. On considère aujourd'hui que la carte de la biodiversité dans le milieu souterrain en Europe affiche les limitations dues aux dernières glaciations du Pleistocène tardif : elle est quasi nulle au nord de la limite de l'extension maximale de la calotte glaciaire, moyenne en France et forte dans la bande Pyrénées - Italie du Nord - Côte-Adriatique. Ajoutons que la biodiversité semble directement proportionnelle à l'énergie thermique reçue.

## LA FAUNE DES MILIEUX SOUTERRAINS

### Les hôtes occasionnels

Ils fréquentent les cavernes, soit pour y accomplir une partie de leur cycle biologique comme, par exemple, le repos hivernal à l'abri du gel, soit, arrivés sous terre par hasard, ils y séjournent durant un temps variable. Ainsi, certains insectes comme les moustiques et la découpure (papillon de la famille des *Noctuidae*) ou la plupart des espèces de chauves-souris qui ne fréquentent le milieu souterrain que pour hiberner, sont classés parmi les troglaxènes réguliers (suffixe "xène", du grec xenos : étranger).

Cocon de méta de Ménard.

## Les espèces aux capacités physiologiques appropriées à la vie souterraine

Elles sont affublées du suffixe "phile". Elles vivent et se reproduisent dans le milieu souterrain mais peuvent également vivre et se reproduire à l'extérieur. Toutefois, certaines adaptations physiologiques ou éthologiques prédisposent ces animaux à vivre dans les grottes. En Europe, quelques espèces de chauves-souris, comme le minioptère de Schreibers ou le rhinolophe euryale qui accomplissent l'ensemble de leur cycle biologique sous terre, sont qualifiées de troglaphiles. Il en est de même de la méta de Ménard (araignée de la famille des *Tetragnathidae*).



© CSR Rhône-Alpes

Un carabe en milieu souterrain (environ 5 mm de long).

## Les espèces strictement inféodées au milieu souterrain karstique

Le suffixe utilisé est "bie". Ces animaux vivent, se reproduisent et meurent dans les grottes et les fentes karstiques sans jamais en sortir. Ils sont absents des autres milieux souterrains et du monde extérieur. La caractérisation des espèces troglobies et stygobies tient compte de leur ancienneté phylétique, de leur degré d'évolution régressive et de leur degré d'affinité avec le milieu souterrain. En grandes profondeurs, vu la pauvreté en nutriments, la plupart des espèces troglobies et stygobies sont très résistantes au manque de nourriture.



© Y. Reynard

La tipule dans une grotte.



Espèces	Strictement liées au milieu souterrain (... BIES)	Adaptées au milieu souterrain (... PHILES)
Aquatiques (STYGO...)	STYGOBIES : 136 espèces en Rhône-Alpes soit environ 25% des espèces représentées en France dont les plus étudiées sont des crustacés ( <i>Niphargus virei</i> et <i>Niphargus rhodanensis</i> ...) et des gastéropodes dont 4 qualifiés de vulnérables à l'échelle mondiale par l'UICN : <i>Bythiospeum articense</i> , <i>Bythiospeum garnieri</i> , <i>Moitessieria locardi</i> et <i>Palacanthilhiopsis verrierii</i>	
Terrestres au sens large (TROGLO...)	TROGLOBIES : uniquement des invertébrés dont la plupart ont une taille millimétrique : pseudoscorpions, opilions, isopodes terrestres, certains myriapodes, collemboles en abondance dans les cavités, quelques insectes	Certaines espèces de chauves-souris en milieu souterrain tout au long de l'année (hivernage, transit et parturition) n'en sortant que pour chasser la nuit et pour réaliser leurs migrations saisonnières
Terrestres vivant dans le guano de chauves-souris (GUANO...)	GUANOBIES : un diptère, <i>Triphleba aptina</i> , qui vit sur les débris organiques dont le guano de chauves-souris et qui est incapable de voler malgré la présence d'ailes ; certaines espèces de papillons	



Parmi les araignées, la méta (environ 4 cm de long).

## Des êtres vivants adaptés !

Dans le monde hypogé les animaux se sont adaptés anatomiquement, éthologiquement et physiologiquement aux conditions ambiantes. D'une manière générale, leur physiologie est nettement moins active que celle de leurs homologues de surface. La dépigmentation tégumentaire résulte de cette vie hors de la lumière. Elle s'accompagne d'anophtalmie, résultat d'une régression évolutive qui affecte non seulement les yeux mais également les centres nerveux liés à la vision. Là encore, la vie dans l'obscurité est responsable et, bien qu'aveugles, la plupart des animaux troglobies affichent un comportement lucifuge.



Une autre méta.

## Les insectes des cavités

Typiquement troglophile, la **grande sauterelle des cavernes** (*Dolichopoda*) sort des grottes la nuit pour se nourrir de plantes vertes. Elle se trouve dans le Vercors, le Dauphiné et le nord du Jura.

Parmi les papillons, deux espèces du genre *Triphosa* présentes en Europe ainsi que la **noctuelle** *Scoliopteryx libatrix* fréquentent principalement le milieu souterrain en hiver ; elles sont qualifiées de sub-troglobiles et leur séjour dans le monde hypogé correspond à un phénomène de diapause.

N'oublions pas de citer le **moustique commun** *Culex pipiens* qui hivernent en grand nombre à l'entrée des grottes alors que certaines espèces de **diptères**, particulièrement des *Mycetophilidés*, tissent des toiles souterraines.

Enfin, c'est chez les **coléoptères** que l'on trouve la grande majorité des espèces de troglobies terrestres dont la plupart sont cantonnées à l'Europe centrale et méditerranéenne. En Rhône-Alpes, les *Bathysciinés* sont connus par des espèces comme *Isereus xambeui* qui fréquente les grottes froides du Massif de la Grande Chartreuse, ou encore des genres communs tels *Diaprysius* dans les Cévennes calcaires, *Royerella* dans le Jura et les karsts subalpins français.

## LES CHAUVES-SOURIS

Plus de 1116 espèces de chauves-souris sont connues à travers le monde, 36 en France et 30 en Rhône-Alpes ! Sous nos latitudes, toutes sont insectivores, ce qui les contraint à entrer en léthargie pour passer l'hiver. Elles occupent alors des gîtes frais mais tempérés, généralement des cavités souterraines. *A contrario*, au cours de la période estivale les femelles cherchent des gîtes plus chauds pour donner naissance à leur unique jeune.

Tout au long de l'année, une chauve-souris fréquente un vaste réseau de gîtes en fonction des conditions météorologiques. En été, certaines espèces s'installent exclusivement dans les cavités des arbres, d'autres dans les anfractuosités et les fissures des falaises mais la plupart sont dépendantes du milieu souterrain, notamment karstique, au moins à une période de l'année, généralement l'hiver.



Parmi les chauves-souris typiques des milieux karstiques, le minioptère de Schreibers est de taille moyenne (5-6 cm de long). Il est observé isolément mais forme le plus souvent d'importantes colonies qui peuvent rassembler plusieurs milliers d'individus.





© Y. Peyrad



© Y. Peyrad

A titre d'exemple, les gorges de l'Ardèche, le piémont du Vercors et le massif du Bugey font partie des secteurs les plus riches de Rhône-Alpes, en diversité spécifique et en taille de populations de chauves-souris. Les secteurs karstiques d'altitude (Chartreuse, Hauts Plateaux du Vercors...) sont principalement fréquentés aux périodes les plus chaudes de l'année. Toutefois, certaines espèces peu frileuses peuvent hiberner, parfois en nombre, dans des cavités d'altitudes ; c'est le cas de la barbastelle.

### Les chauves-souris en Rhône-Alpes

Des enjeux très forts se concentrent sur quelques grottes seulement : au total, moins de trente ! Elles sont utilisées comme gîtes de transit, fréquentés au printemps et/ou à l'automne, comme gîtes d'hibernation, occupés en hiver, ou plus rarement comme gîte de parturition où s'implantent les colonies de femelles pour la mise-bas et l'élevage des juvéniles.

## HABITATS ET FLORE DES KARSTS

La flore concerne essentiellement les parties aériennes des karsts. Depuis les fourrés restant verts toute l'année jusqu'aux végétations des anfractuosités rocheuses, plusieurs habitats naturels se partagent ces zones difficiles, selon l'épaisseur du sol et le degré de sécheresse/humidité. Les conditions d'altitude, de climat créent également de fortes variations et nous nous étendrons alors sur un exemple : celui de l'Ardèche méridionale.



© GSA Mandeuire

Une moisissure souterraine.

Petit et grand rhinolophes sont eux-aussi typiques de ces milieux, facilement reconnaissables à leur position : suspendus, ils s'enveloppent dans leurs ailes. Tout spéléologue en a déjà rencontré (ci-dessus le petit rhinolophe).



© CSR Rhône-Alpes

Certaines plantes arrivent à germer à l'intérieur des grottes mais leur développement est vite limité par l'impossibilité d'effectuer la photosynthèse.

## L'EXEMPLE DE L'ARDÈCHE MÉRIDIONALE

### Sur les dalles calcaires

L'aridité et la pauvreté en éléments nutritifs imposent leur loi. Des pelouses pionnières, vivaces, se sont installées dans lesquelles l'orpin à pétales dressés et celui de Nice sont associés à quelques espèces annuelles, comme le centranthe chausse-trappe, ou vivaces comme le thym, la laitue vivace, la mélisse ciliée.

### Les lapiés boisés

Il existe en France des formations boisées sur lapiés couvrant des surfaces conséquentes. Malgré la dynamique très lente de la végétation, les lapiés vifs peuvent néanmoins être colonisés de proche en proche par des éléments de pelouses calcicoles (*Seslerion caeruleae*) puis avec l'apparition de boisements de pins à crochets, de pin mugo ou de pessières. En altitudes plus basses, des chênaies pubescentes ou des hêtraies calcicoles peuvent se développer.

Ref. par les codes Eur 15 suivants : 9430 - 9410 - 9150





© M. Delamette

## Les pavements calcaires : un habitat prioritaire !

Si cet habitat est caractéristique en Angleterre, en Suède et surtout

en Irlande, il présente en France une forte originalité doublée d'une grande rareté. En altitude, on observe des champs de lapiés tabulaires formant de magnifiques paysages dominés par la roche nue. C'est le cas sur le Désert de Platé (Haute-Savoie), le Crêt de la Neige (Ain) et les hauts plateaux du Vercors.

À plus basse altitude, les lapiés nus sont plus rapidement colonisés par des végétations de pelouses, des fourrés, des boisements. Ils n'occupent plus que des étendues limitées, de quelques dizaines voire centaines de mètres carrés.

En dépit de cette extension réduite, leur organisation reste typique des pavements calcaires identifiés par la Commission européenne comme un habitat prioritaire.

Ref. par le code Eur 15 : 8240

## Parmi les végétations basses et ouvertes

Sur des sols peu profonds issus de calcaires durs, des pelouses annuelles marquent l'espace avec de petites plantes comme la trigonelle de Montpellier, le micropes dressé, la vulpie ciliée et le crépis fétide. Les orpins y sont généralement bien représentés, en compagnie de mousses et de lichens. Ces types de pelouses méditerranéennes sont répandus sur les calcaires du Bas-Vivarais et des Côtiers du Rhône.

Le brachypode rameux et le brome dressé ont constitué des pelouses plus fermées lorsque le sol s'y prêtait, on parle d'"ourlets méditerranéens". Sur quelques versants bien exposés et pierreux, des touffes denses de stipe accompagnent l'hélianthème commun et le thym dans des steppes peu développées et tendant à se raréfier. Mais le sol encore squelettique reste apparent ou recouvert de mousses et de lichens.

## Des garrigues sur des sols maigres

Les garrigues à thym, sauge, germandrées forment l'essentiel des pelouses vivaces sur des sols peu épais ou squelettiques. Elles s'étendent en tapis plus ou moins denses. Le liseron cantabrique marque plutôt les calcaires durs alors que le silène à oreillettes témoigne de sols plus argilo-limoneux des calcaires du Tithonien comme au Bois de Païolive, en Ardèche.

Des garrigues plus hautes se sont constituées à partir de fourrés à buis, à pistachier térébinthe voire à chêne kermès. Un faciès particulier est à souligner : le matorral arborescent à genévriers, un habitat communautaire disposant d'arbres au port nanifié très anciens.

## Eboulis et falaises

Le pied des falaises, les lapiés et les talus au bord des routes profitent à une autre végétation. Les pierriers actifs abritent le centranthe de Lecoq, la campanule carillon et la linaira couchée. Cet habitat, propre aux Cévennes méridionales et orientales, présente un caractère permanent tant que l'éboulis reste actif et mobile, ce qui maintient un équilibre avec la colonisation par les arbustes. Le centranthe marque aussi les anfractuosités des falaises calcaires du Bas-Vivarais, bien exposées au soleil, avec le phagnalon repoussant. Les anfractuosités les plus ombragées profitent plutôt aux doradilles, de petites fougères.

De haut en bas : le centranthe chausse-trappe, le grémil suffrutescent, la mélique ciliée.



© CEN Rhône-Alpes



© CEN Rhône-Alpes



© CEN Rhône-Alpes



© M. Delamette



© M. Delamette



© M. Delamette

© M. Delamette

Côté alpin, les espèces originales présentes sur les karsts ne manquent pas ! De gauche à droite : la campanule en thyrses, le silène acaule (accompagnée d'un cresson de chamois), la dryade à huit pétales et le dryoptéris de Villars.





## UN PATRIMOINE MENACÉ

Certes, le karst, établi dans des roches ayant souvent entre 100 à 200 millions d'années en Rhône-Alpes, et les milieux souterrains épargnés par le temps peuvent être vus comme indestructibles. Les travaux d'aménagement du territoire, les mauvaises pratiques spéléologiques, l'activité humaine en général peuvent toutefois constituer des atteintes irrémédiables sur ce patrimoine.

### Un paysage à ne pas dénaturer

Les modifications affectent non seulement la structure du paysage mais aussi les ambiances tributaires des couleurs (des roches, de la couverture végétale) et de la texture (liée aux modelés du relief, à l'allure des formations végétales). Une implantation mal réfléchie de domaines skiables, par exemple, risque de perturber la géométrie initiale du paysage (implantation des bâtiments, de pistes rectilignes, de lignes de câbles et de pylônes, des décaissements/remblais...), sans oublier que divers aménagements se sont traduits par le concassage du lapiaz ou le comblement de gouffres et de dolines.

La réflexion en vue de créer des retenues d'eau d'altitude, vision le plus souvent incongrue sur des karsts normalement arides en raison de l'infiltration rapide des eaux, demande également une prise en compte de ce paysage précieux. La modification des conditions environnementales en surface et dans l'endokarst a des répercussions sensibles sur le milieu souterrain (concrétions, rivière, faune...).

L'extraction de roches concerne les milieux karstiques à travers certains calcaires et le gypse. La constitution des dossiers d'ouverture de carrières nécessite une analyse complète des risques et impacts, tenant compte de la présence connue ou supposée de réseaux souterrains.

### Une palette chromatique modifiée

Certaines pratiques mettent à nu la partie interne du calcaire, différente de sa patine externe, qui mettra plusieurs siècles à se reconstituer, générant des effets de saignée. Autant de plaies béantes que l'on tente de cicatrifier par un engazonnement qui crée des rubans d'un vert intense et lisse, ourlés de raides talus de blocs à vif, en lieu et place du dégradé vert de gris du lapiaz semi couvert, le remède étant parfois pire que le mal.

© F. Hobléa



### Une qualité des eaux qui ne tient qu'à une faille

© CSR Rhône-Alpes

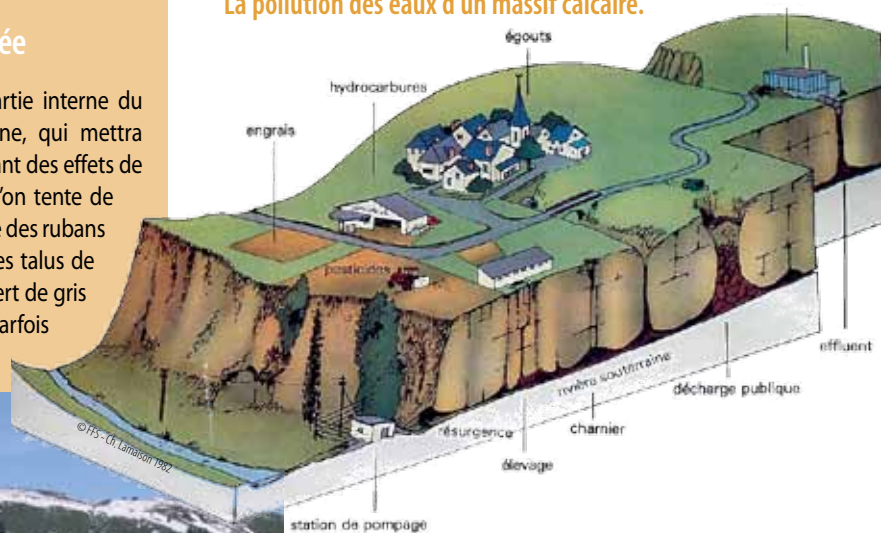
Les infiltrations et circulations d'eau s'effectuent sans filtration et les activités humaines en surface (agriculture, industrie...) sont autant de menaces pour les rivières souterraines, donc pour les réserves aquifères susceptibles d'être captées pour l'alimentation en eau potable et à l'origine d'écoulements de bon nombre de cours d'eau. L'implantation humaine a trop souvent fait fi des effluents qui s'évacuaient en profondeur et souillaient les fontaines des villages en contrebas. Martel et ses collaborateurs Fournier et Magnin en sont arrivés, en 1902, à proposer une loi mettant en garde la société contre les rejets dans les gouffres, suite à des épidémies meurtrières de typhoïde liées à ces négligences.

### Des visites non sans impact

Les conséquences de la surfréquentation des cavités ne sont pas à négliger aussi ! Dérangement d'espèces, salissures et modifications de l'atmosphère des grottes en découlent. La bonne spéléologie est celle qui s'efforce de ne pas laisser de trace de son passage. N'oublions pas que quelques secondes suffisent pour casser des milliers d'années de cristallisation d'une stalactite, par exemple, ou pour effacer une empreinte de pas préhistorique.

Sans vigilance et en quelques années, une belle grotte peut être réduite à l'état de tunnel nauséabond tagué. Tout est une question d'équilibre. Le niveau de richesse du pays, son niveau d'éducation, les choix politiques et les modes, le statut foncier du karst sont autant de paramètres, fluctuants pour certains, qui peuvent jouer sur le devenir des cavités et des paysages les renfermant.

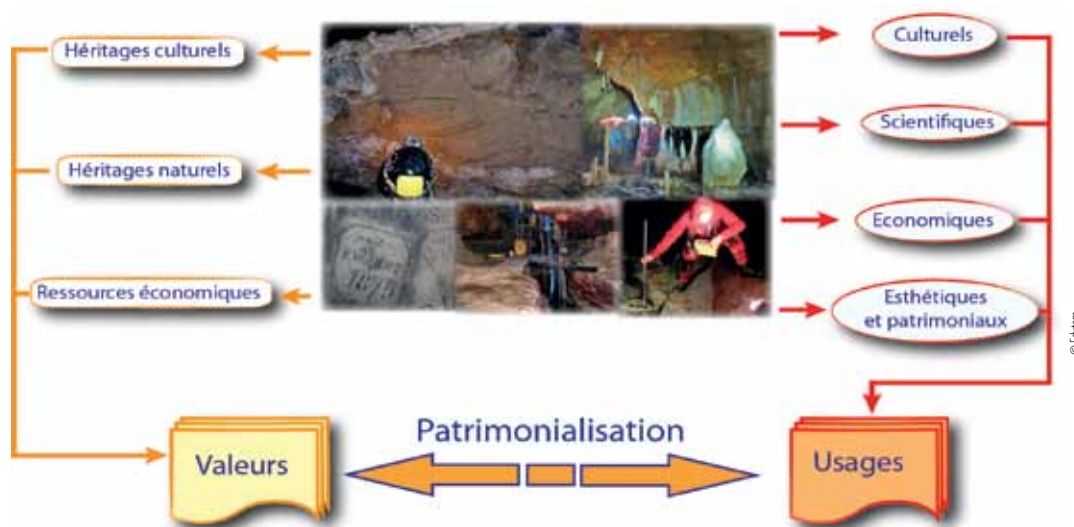
### La pollution des eaux d'un massif calcaire.



Le stade de neige du Margériaz, dans les Bauges, en 2000 : les couleurs ont peu évolué en une décennie.



# POUR UNE GESTION PRESERVATRICE DES RESSOURCES ET PATRIMOINES DU KARST



Concilier les usages avec la préservation des milieux et des espèces est d'autant plus déterminant qu'on dispose de milieux sensibles pour lesquels l'objectif de préservation est prioritaire. La mobilisation des acteurs est nécessaire mais aussi des connaissances scientifiques existantes ou à produire.

Le karst est un milieu complexe, qui se distingue par son développement en 3D avec une dimension souterraine occulte. En France, il n'est pas géré comme un tout spécifique et sa gestion relève de fait de plusieurs domaines distincts, relativement cloisonnés.

## UNE LÉGISLATION À CONNAÎTRE

- **La loi du 31 décembre 1913** a permis le classement de grottes au titre des **monuments historiques** ou leur inscription à l'inventaire du même nom. Dans l'Ain, des sites comme la grotte de Corveissiat ou celle de Hautecourt sont classés depuis le 8 juin 1909.
- **La loi du 2 mai 1930** (une ancienne loi de 1906 avait traité à la protection des monuments naturels et des sites) permet la **protection des sites** "dont la conservation ou la préservation présente, aux points de vue historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général."

### Le cadre législatif sur l'eau

- **loi du 16 décembre 1964** relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution,
- **loi sur l'eau du 3 janvier 1992,**
- **loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006** complétée par la loi du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale, affectant aux communes et intercommunalités la compétence "gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations" (compétence dite "GEMAPI").

### Mobiliser l'ensemble des acteurs

- de la connaissance des milieux (scientifiques, experts),
- de ses usages et pratiques (exploitation de ses ressources, valorisation des patrimoines, milieu associatif, spéléologues),
- de sa protection (services de l'État, ONG...)
- de la sensibilisation et formation (animateurs, enseignants...).

- Quant aux **éléments contenus dans ces sites souterrains, les lois du 27 septembre 1941 et l'ordonnance du 13 septembre 1945** ont traité à l'archéologie, interdisant les fouilles sauvages et obligeant à déclarer les découvertes fortuites.
- **La loi du 10 juillet 1976**, relative à la protection de la nature, concerne "la préservation de biotopes et formations géologiques, géomorphologiques et spéléologiques remarquables" ainsi que "la préservation de sites présentant un intérêt particulier pour l'étude de l'évolution de la vie et des premières activités humaines".

La même loi stipule : "Il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel dans lequel il vit. Les activités publiques d'aménagement, d'équipement et de production doivent se conformer aux mêmes exigences".

- Enfin, **la faune des milieux karstiques** est concernée par la loi de 1976 puis **un arrêté du 24 avril 1979**. Un nouvel arrêté du 23 avril 2007 s'applique spécifiquement à la protection des chauves-souris et de leurs habitats. **La directive européenne "habitats"** est venue compléter ces dispositifs en 1992, point de départ du réseau de sites Natura 2000.





## Le milieu souterrain : l'aspect foncier

Les grottes appartiennent au propriétaire des terrains sus-jacents au réseau souterrain. En France, on est propriétaire du sous-sol dans les limites d'une déclaration d'utilité publique du souterrain (tréfonds) pour raison minière ou archéologique. Le tréfonds peut d'ailleurs être séparé des terrains extérieurs pour une vente. Dans ce cas, il faut s'assurer un accès qui peut être sur une autre propriété.

**Concernant la maîtrise de l'usage d'un bien souterrain,** un bail emphytéotique, d'une durée maximale de 99 ans, transfère l'usage du bien au signataire.

Une convention entre propriétaire et association ou collectivité facilite le passage à une gestion partagée, des lieux mais aussi des responsabilités !

Dans tous les cas, une concertation paraît toujours plus constructive qu'une opposition, notamment dans la recherche d'un équilibre entre les usages d'une cavité et ses enjeux.

### A consulter :

- "Le régime juridique des grottes" fiche technique figurant dans "la vie communale et départementale" n° 899 d'octobre 2003
- "La maîtrise foncière dans les espaces naturels" Cahier technique du Cen Rhône-Alpes.

## LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU

L'hétérogénéité des réservoirs, l'extension des systèmes, la tendance à une concentration des eaux vers un exutoire unique, les grandes variations de débits saisonnières et journalières... Ces caractères confèrent aux systèmes karstiques une vulnérabilité supérieure aux aquifères poreux ou fissurés, ainsi qu'une forte susceptibilité aux risques de crue ou d'étiage sévère, autant de contraintes pour le gestionnaire !

La gestion des hydrosystèmes karstiques obéit principalement à des logiques d'exploitation préservatrice de la quantité et de la qualité des eaux, au regard de leur usage pour l'alimentation en eau potable. Les principaux opérateurs sont, au niveau national, les six Agences de l'eau et, au niveau local, les communes, intercommunalités dont les syndicats des eaux.

### La gestion intégrée de la ressource en eau (la GIRE)

Les Agences de l'eau les plus concernées par le karst, dont RMC qui couvre l'essentiel du territoire rhônalpin, ajustent depuis 16 ans les modalités de gestion aux particularités du karst. De nombreuses études ont été engagées pour identifier et caractériser les réservoirs aquifères calcaires. Ces éléments ont permis d'alimenter l'inventaire normalisé des "masses d'eau", au regard de la directive européenne cadre sur l'eau.

Par ailleurs, sur le bassin Rhône Méditerranée, un travail de délimitation des systèmes karstiques présentant les meilleures potentialités actuelles et futures pour l'alimentation en eau potable est en cours. Des zones de sauvegarde de ces ressources sont instituées, avec des préconisations pour conserver les eaux dans la meilleure qualité possible en limitant les pressions en surface. Ces zonages sont notamment à prendre en compte dans les projets d'aménagements et à retranscrire dans les SCOT et PLU.

Traçage par coloration.



En parallèle, l'Agence de l'eau RMC, avec la Fédération française de spéléologie, et certaines DREAL ont informatisé l'inventaire des traçages karstiques en créant et en gérant des bases de données sur les résultats, précieuses sources d'informations pour la délimitation et la protection des systèmes et ressources hydriques karstiques.

Ces informations sur les relations entre la circulation des eaux et les exutoires ont conduit à quelques expérimentations innovantes : test de périmètres de protection "satellites", disjoints du périmètre immédiat entourant le point de captage, ou de protection souterrains à l'intérieur de réseaux karstiques fréquentés par les spéléologues (exemple du forage du Trou du garde en Savoie).

### En Bauges et en Chartreuse,

dans cet esprit collaboratif, ont été expérimentés depuis 2010 des "traçages participatifs" associant différents types d'acteurs et de publics (dont des scolaires) à des "colorations" d'écoulements karstiques encadrées par des scientifiques.

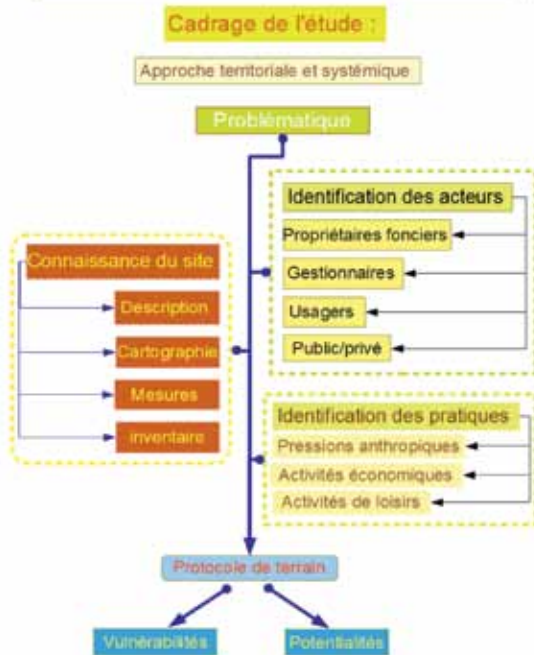
Ces opérations sont destinées tant à parfaire la connaissance de l'organisation des réseaux de drainage souterrains qu'à faciliter une protection rationnelle de la ressource, que ce soit par l'exploitation des résultats scientifiques du traçage ou par le rôle éducatif et de sensibilisation de ces opérations auprès des publics et des participants.

### Une gestion participative des ressources en eau

Dans les parcs naturels régionaux et geoparks karstiques de Rhône-Alpes s'expérimentent des opérations de recherches-actions-collaboratives, riches en implications citoyennes, qui optimisent la GIRE. Elles impliquent scientifiques, gestionnaires et acteurs territoriaux et illustrent la transversalité de la démarche de gestion dite "intégrée".

Ainsi le **protocole PEIPSEK** (cf. schéma page 22) s'inscrit dans une démarche de conciliation des usages en cherchant à apprécier le plus précisément possible l'impact de la fréquentation spéléologique sur la qualité de la ressource captée pour l'alimentation en eau potable (AEP). Les résultats d'étude en termes d'impacts peuvent donner lieu à des préconisations de bonnes pratiques et des dispositions permettant si possible une poursuite de l'activité sans compromettre la qualité de l'AEP.

## Démarches préalables au P.E.I.P.S.E.K.



## Deux retours d'expériences instructifs, liés à la méthodologie PEIPSEK

- **Impact de la pratique spéléologique sur le captage du Brudour** (Vercors, Drôme). Cette expérience de suivi et de mesure a montré et confirmé un impact indéniable de la fréquentation spéléologique massive (19 personnes !) dans le conduit actif capté pour ce qui concerne la turbidité, l'impact bactériologique étant globalement quasi nul. Des mesures de limitation ont été envisagées, contrariées par une pollution majeure aux hydrocarbures durant plusieurs mois !

- **Impact de la pratique spéléologique sur le captage installé dans la traversée du réseau Garde-Cavale** (Bauges, Savoie).

Il a pu être démontré que la fréquentation spéléologique de plusieurs dizaines de personnes sur une journée dans le réseau spéléologique à l'amont du captage n'a pas engendré de perturbations des paramètres indicateurs de potabilité des eaux souterraines captées au forage de la Féclaz et ce principalement grâce à la présence d'une longue partie siphonnante dans le collecteur en amont immédiat du captage (dilution, décantation).

## La méthodologie P E I P S E K

Elle permet d'évaluer les sensibilités d'un site ou d'un écosystème aux modifications de son environnement, du fait de projets d'aménagement ou de développement d'activités. Elle doit associer les structures gestionnaires de la ressource ou du milieu, les laboratoires spécialisés, des spéléologues de la FFS et des clubs locaux ainsi que des associations naturalistes. L'ensemble des facteurs qui interfèrent sur les écosystèmes sont pris en compte.

- **La réalisation de l'état "initial"** détermine les vulnérabilités et les capacités auto-épuratrices du système et repère les activités potentiellement polluantes sur l'ensemble du bassin de risque qu'il importerait alors de délimiter.

- **Un travail de documentation** fin est réalisé sur la base d'une cartographie. En fonction des problématiques, différentes batteries de mesures sont réalisées afin de pouvoir quantifier et qualifier les enjeux. Elles sont réalisées dans diverses conditions ou sur des cycles saisonniers pour obtenir des résultats significatifs.

- **Un travail d'analyse et de synthèse** établit les niveaux de pression ou de vulnérabilité. Des zones de sensibilité sont définies et permettent de fixer les conditions d'usage avec l'éventuelle détermination de seuils critiques de fréquentation ou d'utilisation selon les périodes de l'année.

## GERER ET PROTEGER LA BIODIVERSITE KARSTIQUE

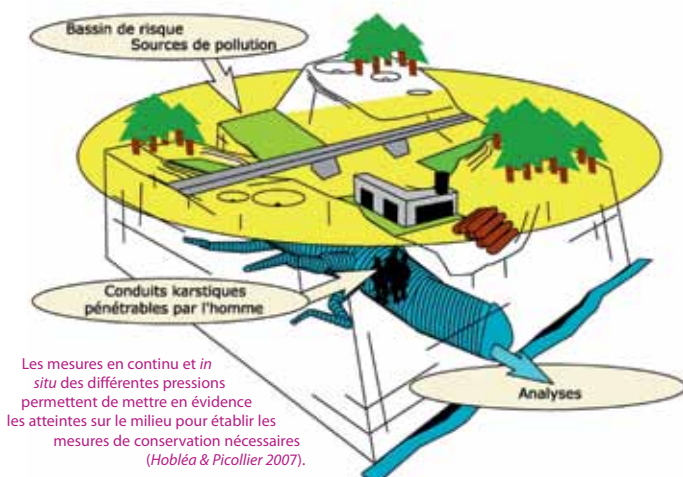
Là encore, la connaissance des espèces et de leur habitat est déterminante.

Leur protection, en surface comme en souterrain, passe par les outils de protection réglementaire que sont les réserves naturelles et les arrêtés préfectoraux de protection de biotope.

Outre la grotte de Hautecourt (*cf ci-dessous*), il existe en France quelques autres réserves naturelles nationales en grotte vouées à la protection de la faune souterraine (grotte du Carroussel en Haute-Saône depuis 1990, grotte de Gravelle dans le Jura depuis 1992 ou encore les réserves naturelles régionales de la grotte de la Baume et de celle de la Baume noire en Haute-Saône). Plusieurs arrêtés préfectoraux concernent spécifiquement les chauves-souris : en Franche-Comté (gouffre du Creux à Pépé, grotte inférieure de Saint-Léonard, grotte de Combe l'Epine) ou encore en Poitou-Charentes.

## La première réserve naturelle souterraine de France !

La grotte de Hautecourt, dans l'Ain, est visitée dès 1631 par le Marquis de Coligny ; les premiers textes à son sujet datent de la visite en 1848 de l'Abbé Perrodin. Son succès en fin du XIX<sup>e</sup> siècle est attesté par les graffitis constellant les parois mais en 1962, elle fut louée et close par la Faculté des sciences de Lyon, par l'équipe du Professeur Ginot. Celui-ci poursuivit la mise en "réserve naturelle" officialisée le 12 septembre 1980, préservant également les terrains sus-jacents sur une superficie de 10 hectares (incluant aussi la zone d'infiltration). Elle est dédiée à la protection d'une faune cavernicole riche ici de 184 espèces identifiées dont 21 protégées. Son accès n'est autorisé qu'aux seules études et suivis scientifiques. La gestion en a été confiée à la LPO Rhône-Alpes en 2013.







## PATRIMONIALISER LES PAYSAGES KARSTIQUES ET LEUR GEOLOGIE

Depuis la loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, le patrimoine géologique est officiellement reconnu comme partie intégrante du patrimoine naturel. Il est inventorié dans le cadre de l'inventaire national du patrimoine géologique, à l'échelle des régions, sous la responsabilité des DREAL, selon une méthodologie standardisée.

### Un travail d'inventaire progressif

Paradoxalement, le karst a été victime de l'extrême richesse de sa géodiversité qui se traduit par un inventaire spécifique pas encore programmé. Toutefois cette opération pourra s'appuyer sur le gigantesque travail d'identification et de documentation systématique des cavités et réseaux karstiques réalisé par les clubs adhérents à la Fédération française de spéléologie.

D'autres initiatives locales favorisent la valorisation des paysages et géosites karstiques :

- les candidatures au **réseau des geoparks européens**, velléitaires (Vercors, Haut-Jura) ou effectives (Bauges, Chablais, Monts d'Ardèche, Quercy) ;
- des inventaires géopatrimoniaux réalisés à l'échelle des **réserves naturelles** fortement marquées par leur géologie (hauts plateaux de Chartreuse et du Vercors) ;
- les procédures de **classement de sites** (loi de 1930) ;
- les dossiers de candidature pour intégrer le **patrimoine mondial de l'UNESCO**.



© B. Chetail



La grotte est-elle lieu pour l'affichage des points de vue de chacun, même là où nos ancêtres n'ont, eux, pas été loquaces ? Lorsqu'on découvre, dans l'Ain le "tag" laissé par le Marquis de Coligny en 1631 (Hautecourt-Ain), probablement le plus ancien connu dans le monde souterrain de l'Ain, la réponse devient alors moins évidente !

A ce jour les quelques régions ou sites karstiques français figurant sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO n'ont pas été intégrés au titre des biens naturels mais en tant que "biens culturels" (grottes ornées de la vallée de la Vézère en 1979 et celle du pont d'Arc dite grotte Chauvet-Pont-d'Arc en 2014), que "paysages culturels" (Causses et Cévennes, 2011) ou "biens mixtes".

### Des connaissances multi-patrimoniales du karst

Les plans de gestion sont désormais systématiquement demandés pour ce type de dossiers de candidatures, relevant non seulement des attributs (hydro) géologiques, mais aussi des vestiges paléontologiques, archéologiques et historiques conservés dans l'endokarst, auxquels s'ajoutent les valeurs biologiques, esthétiques et paysagères. Cette approche globale doit tenir compte des interactions entre les dimensions aériennes et souterraines du karst.

### L'exemple du bois de Païolive

Un travail a été mené sur le bois de Païolive, en Ardèche, afin de hiérarchiser les cavités à enjeux. Porté par le Cen Rhône-Alpes, il s'est appuyé sur l'expertise de la LPO et du Comité départemental de spéléologie. Plus d'une centaine de cavités ont bénéficié de cette approche croisée du patrimoine. L'enjeu était triple : tester une méthodologie de description et de hiérarchisation multicritères (intérêts géologiques, hydrologiques, biologiques, historique et loisirs), développer un discours sur l'intérêt pluriel des grottes et favoriser la mutualisation des connaissances entre ces différents acteurs, une mise en commun indispensable pour agir avec plus d'efficacité dans leur préservation.



© Y. Garner

La salamandre est fréquente à l'entrée des milieux souterrains. Il a été vu quarante individus dans le même trou !

## Une étude systémique à Choranche, une valeur d'exemple ?

Entre 2005 et 2007, les grottes de Choranche et le plateau des Coulmes qui les abrite (Vercors) ont fait l'objet d'une étude en vue de leur classement au titre de la loi de 1930. Cette mise en protection était motivée par la sélection de ces cavités au sein d'un bien sériel de 18 grottes à concrétions remarquables que l'État français souhaitait voir inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

L'organisation internationale n'a finalement pas retenu la proposition française, considérant que la valeur universelle des concrétions n'était pas évidente et que ces dernières étaient en quelque sorte l'arbre qui cache la forêt, à savoir que les enjeux patrimoniaux d'un système karstique dépassent largement ses seuls concrétionnements, aussi rares et esthétiques soient-ils.

### Quel enseignement en tirer ?

L'étude de classement concernant Choranche et le plateau des Coulmes, pilotée par la DREAL Rhône-Alpes et réalisée par le laboratoire universitaire EDYTEM, allait pour sa part dans le sens de l'UNESCO, en replaçant dans leur contexte karstique les stalactites fistuleuses faisant la réputation des grottes de Choranche en partie aménagées pour la visite touristique. C'est ainsi l'ensemble du géosystème karstique du plateau des Coulmes et de ses bordures (51 km<sup>2</sup>) qui a été examiné du point de vue de ses diverses valeurs

patrimoniales et scientifiques (géologiques, hydrogéologiques, paléogéographiques et paléoenvironnementales, paléontologiques, archéologiques, historiques, culturelles, biogéographiques, spéléologiques, paysagères).

Cette approche a permis de proposer des périmètres de classement à géométrie variable selon les enjeux et leur acceptation par les habitants, avec un minimum de 18 km<sup>2</sup> sur le plateau des Coulmes, établie selon des critères purement scientifiques (bassin d'alimentation des fistuleuses de la grotte de Couffin). Ce minimum a finalement été réduit à 7 km<sup>2</sup> en dernier arbitrage, prenant en compte la nécessité de diminuer au maximum l'emprise sur les zones habitées.

Malgré ces concessions issues d'une concertation méthodique et d'une approche participative de la définition des mesures de gestion, une partie influente de la population (propriétaires fonciers) et des élus est restée rétive à cette procédure de classement aux effets jugés trop contraignants par rapport au bénéfice pour les collectivités locales.

### Un travail modèle

Dans ce contexte, la procédure de classement du site de Choranche-Coulmes est restée en suspens. Mais l'étude associée a pris valeur de modèle méthodologique d'évaluation patrimoniale de site karstique, fondée sur une approche systémique à l'échelle d'une unité karstique cohérente prenant en compte les interactions entre l'exo et l'endokarst.

**L'exemple du projet de classement du site des grottes de Choranche et du plateau des Coulmes** entre 2005 et 2007 est à cet effet instructif (cf. ci-dessus). Il a permis de progresser dans cette voie pour faire déboucher d'autres dossiers considérés aujourd'hui comme des modèles vertueux, à l'exemple des sites ardéchois d'Orgnac et de la célèbre grotte Chauvet dont la gestion donne priorité à la conservation du site. Celle-ci s'accompagne d'une

valorisation par le biais d'un espace de restitution comprenant un fac-simile d'une ampleur jusqu'à présent inégalée. La conservation, comme la valorisation de ces haut-lieux patrimoniaux extrêmement sensibles, doit s'appuyer sur un solide corpus d'études scientifiques pluridisciplinaires et sur la fine connaissance et la solide expérience des spéléologues.



© S. Jallier - Edytem

## GERER LES RISQUES NATURELS LIES AU KARST

Les aquifères karstiques participent au régime des cours d'eau en soutenant les étiages et en stockant une partie des fortes précipitations d'eau. Mais ce rôle tampon connaît vite ses limites, notamment dans le cas des karsts très transmissifs soumis aux climats montagnard et méditerranéen. Les crues et mises en charge de systèmes karstiques liées à des épisodes pluvieux d'intensité exceptionnelle ou rapprochés peuvent participer à des phénomènes d'inondation retentissants, à l'exemple des redoutables crues-éclair de la Fontaine de Nîmes.

### Un changement climatique notable

Des répercussions sont observées sur les régimes karstiques, favorisant les extrêmes, crues comme étiages. Ainsi, certaines sources réputées pérennes manifestent depuis peu des signes de tarissement estival, parfois en lien avec la disparition des "glacières" dans les cavités karstiques de moyenne montagne qui jouaient un rôle essentiel dans le soutien des étiages.

Mesures et analyses de l'eau souterraine.





## Des conséquences mécaniques

Des effondrements brutaux au droit de cavernes proches de la surface du sol affectent les terrains calcaires (fontis) mais aussi et surtout les terrains comprenant des couches gypseuses triasiques, avec de nombreux exemples dans les Alpes du Nord (Chablais, Tarentaise...) et du Sud (du Trièves aux Alpes provençales).

Les conséquences sont parfois catastrophiques avec la formation de dolines-cratères ou de puits-entonnoirs circulaires de quelques mètres à quelques décimètres de circonférence et de profondeur. Ils peuvent être d'origine purement naturelle ou favorisés involontairement par des activités provoquant soit un surpoids sur la voûte fragile (construction de bâtiments, de routes...), soit une accélération de la dissolution souterraine par renforcement des écoulements souterrains vers la zone fragile. Ce fut le cas du méga-effondrement d'août 2001 au-dessus d'Allevard-les-Bains, lié à la divagation des écoulements souterrains d'anciennes galeries de mine abandonnées.

Ce type d'aléa peut survenir brutalement ; les signes avant-coureurs sont rares et ténus.

## Prévenir l'amplification de la dissolution karstique

En stations de ski, ce peut être un problème, comme à la Plagne en Savoie : pour empêcher le ravinement des pistes, les eaux de drainage ont été dirigées dans des entonnoirs de gypse en bord de piste, lesquels s'agrandissent de manière accélérée et viennent empiéter sur les pistes qu'ils étaient censés épargner des méfaits de l'érosion.

En domaines skiables karstiques, les chutes de skieurs et randonneurs hors-piste dans des cavités et gouffres masqués par la neige sont aussi à prendre au sérieux. Idem pour les troupeaux... et les animaux sauvages.

**Quelle prévention ?** Une bonne cartographie géologique recensant les terrains à risque (gypse en particulier), affleurant en surface mais aussi supposés ou reconnus inter-stratifiés en profondeur ; le repérage à partir des événements antérieurs ayant laissé des traces dans les mémoires ou le paysage ; des reconnaissances par forages et des analyses géophysiques et hydrogéologiques, assistées si possible de prospections spéléologiques.

## Prévenir des risques : PPR et PER

Les Plans d'Exposition aux Risques (PER) ou les Plans de Prévention des Risques (PPR) communaux ou intercommunaux identifient les potentialités d'effondrements. Leur traitement ne se justifie ensuite qu'au regard des enjeux à sauvegarder (tant humains qu'environnementaux). Il requiert en fait de gros moyens pour consolider les parois déstabilisées ou obturer les vides, avec nécessité de détourner les éventuels écoulements d'infiltration et souterrains qui entretiennent le phénomène.

La signalisation et la mise en défens de gouffres et zones lapiazées (clôtures, filets ou barrières de protection) sont à privilégier sur l'obturation des cavités. Cette dernière risque de perturber les écoulements d'eau et la fréquentation par la faune troglodyte.

### Une base de données nationale sur les cavités souterraines

L'inventaire systématique des cavités karstiques est un précieux outil de gestion de sécurité publique, lorsqu'il intègre les dimensions des orifices ouverts en surface. Il complète utilement l'inventaire institutionnel confié au BRGM depuis plusieurs décennies.

Cette base de données est désormais accessible au public sur le site Web Géorisques du MEDDE. On y trouve des informations sur la gestion du risque d'effondrement lié aux cavités naturelles et anthropiques, les moyens de surveillance, de consolidation et de suppression des vides par remblayage ou autre, ainsi que les méthodes de protection passive (fondations profondes etc.).

<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/cavites-souterraines>

## Un plan national "cavités"

Ce plan d'une durée de trois ans, lancé par le Ministère de l'écologie en 2013, repose sur une gouvernance partagée entre l'État, les collectivités territoriales, les professionnels et le monde associatif. Il propose aux acteurs locaux des solutions concrètes et des incitations destinées à mieux appréhender le risque d'effondrement et à en réduire l'impact dans les territoires concernés.

Le BRGM continue d'étudier et de caractériser les aléas liés à la présence et à l'effondrement de cavités karstiques en contexte calcaire. Il développe pour cela une approche multicritères de l'aléa, reposant sur l'analyse des facteurs d'ordre géologique, géomorphologique, géotechnique, hydrologique et hydrogéologique. La première phase de recherche bibliographique et d'analyse de cas sur sites s'est achevée en 2014 et sera suivie d'une seconde phase visant le développement et la validation de la méthodologie multicritères.

Dans le gouffre Chevalley, cette cheminée d'équilibre de l'aquifère thermal d'Aix-les-Bains a été trépanée accidentellement lors des travaux de construction des nouveaux thermes en 1997. Après analyse du risque géotechnique potentiel, le gouffre a été conservé en l'état et fait l'objet d'un suivi scientifique. L'orifice d'accès est coffré dans le sous-sol de l'établissement.



# LES BONNES ET MAUVAISES PRATIQUES EN MILIEUX KARSTIQUES

Ce que l'on pense être de nos jours une gestion vertueuse des milieux karstiques, de surface et souterrains, relève de quelques principes généraux et transversaux, dont les fondements ont été posés par l'Union internationale pour la conservation de la nature à la fin des années quatre-vingt-dix.

## PENSER SURFACE ET PROFONDEUR !

Prendre en compte les interactions entre la surface du karst et le milieu souterrain nécessite de raisonner à l'échelle du système karstique, comprenant le bassin d'alimentation en surface et la zone de transfert et de stockage souterraine en amont de la source.

Les éléments constitutifs du système à prendre en considération et à documenter, selon les finalités de la gestion, sont :

- **la structure géologique et morphologique** : les modelés de surface et le réseau de vides souterrains ;
- **le fonctionnement**, sur des plans hydrodynamique, morphodynamique (dissolution/concrétionnement...) et microclimatique (circulations d'air, phénomènes de confinement, englacement...). Différentes échelles de temps sont à considérer, depuis les variations diurnes et saisonnières jusqu'aux évolutions à une échelle géologique (paléokarsts, héritages, etc.).

Il ne faut pas négliger non plus les incidences des actions humaines sur un système karstique à l'aval de son émergence, soit dans ses environs immédiats (accès à la source ou aux orifices de trop-plein) soit par le biais du cours d'eau de surface dont il est tributaire.

## PROMOUVOIR UNE ATTITUDE RESPECTUEUSE DU MILIEU

L'ignorance face à la sensibilité des milieux karstiques est peut-être la raison principale des dégâts infligés à ces milieux et, bien sûr, la connaissance reste la clé de voûte des bonnes pratiques.

- **En cas de fréquentation touristique et de loisirs** (public pratiquant et professionnels de l'encadrement), on ciblera l'information sur les comportements non dérangeants (dont le respect des périodes de fermeture



Pour préserver des vestiges paléontologiques (traces, os...) contre le piétinement, des échelles métalliques sont mises en place.

© Cavens du Pôvre-d'Arc

de sites) et les périodes de moindre impact, mais aussi sur la fragilité et l'importance scientifique des formations géologiques rencontrées. L'enjeu sera notamment d'exclure les bris et ramassages-souvenirs, les jeux et tirs de boules de boue dans les grottes, les graffitis et autres signalisations sauvages, l'abandon de déchets...

- **Dans le cadre d'aménagements d'infrastructures lourdes** pour les transports (tunnels, pistes forestières...), l'hébergement et les activités de loisirs (stations et centres touristiques, remontées mécaniques, pistes de ski ou VTT, golfs, grottes touristiques...) et les infrastructures relevant des installations classées pour la protection de l'environnement (carrières, décharges, centrales de production énergétique, unités de stockage ou de traitement de produits dangereux, stations d'épuration...), on veillera à ce que le respect de la réglementation en vigueur (études d'impact, études d'incidence, loi sur l'eau, règlements d'urbanisme) tienne compte des spécificités du karst et s'appuie sur la connaissance fine du milieu récepteur.

Les inventaires patrimoniaux existants et les contraintes liées aux aires protégées en place sont à considérer, y compris les schémas territoriaux des carrières.

### Les études d'incidence

Pour les manifestations sportives ou culturelles qui y sont soumises, celles-ci gagneront à prendre en compte les spécificités des milieux karstiques traversés. Rendre compatibles des pratiques sportives avec la protection des ressources en eau captées et des milieux aquatiques peut éviter aux gestionnaires l'application systématique du principe de précaution consistant à interdire toute pratique au contact ou alentours de la ressource ou du milieu sensible. Une étude d'incidence au cas par cas impliquant les acteurs concernés et permettant d'envisager les conditions d'une pratique inoffensive ou soutenable serait plus profitable (cf. *protocoles de type PEIPSEK pour la spéléologie et le canyon*).





A gauche, un papillon nocturne : le *Scoliopteryx* et, à droite, une sauterelle cavernicole : le dolichopode.

© CSR Rhône-Alpes



© J. Feyraud

## L'intégration paysagère en question

L'étude paysagère doit être particulièrement soignée. L'expérience montre que l'absence de concertation en amont des projets avec l'ensemble des acteurs et gestionnaires du milieu est un facteur d'échec ou d'opposition et d'obstruction. Le signalement de découvertes spéléologiques (ouverture d'une cavité aveugle), paléontologiques (fossiles, ossements d'animaux anciens) ou archéologiques (exhumation de vestiges d'habitat ou de pratiques funéraires, gravures et peintures rupestres...) durant le chantier doit se faire auprès des services compétents après mise en sécurité du site.

Ces services mobiliseront, le cas échéant, des experts spéléologues ou des services d'archéologie préventive (INRAP ou autres). Pour mémoire, la doctrine ministérielle à destination des maîtres d'ouvrages, de leurs prestataires et des services instructeurs repose sur la séquence "éviter / réduire / compenser les impacts sur le milieu naturel".

- **Dans le cadre d'aménagements ou de travaux légers** non forcément soumis à études réglementaires, comme les cheminements piétonniers, sentiers d'interprétation, via ferrata, installations de monitoring scientifique, aires d'envol, aires d'accueil du public (notamment en grotte), aires d'interprétation, tables d'orientation et belvédères, petits parkings, petits aménagements en grotte, désobstructions spéléologiques... il s'agira de respecter autant que possible les principes de réversibilité. Les installations peuvent être pensées démontables ou non permanentes ; la multifonctionnalité peut aussi permettre des économies d'espace et de moyens.

Là aussi, l'intégration paysagère (camouflage, mimétisme...), une perturbation minimale et précautionneuse des modelés, des figures et enduits pariétaux, des structures sédimentaires et des vestiges qu'elles peuvent contenir constituent la règle de conduite à suivre.

- **Dans le cadre des activités forestières ou pastorales** : l'exploitation forestière n'est pas sans impact sur la qualité des ressources en eau souterraines karstiques, lorsque des coupes rases et du débardage par trainage sont réalisés sur des terrains karstiques. Des pratiques non précautionneuses peuvent engendrer des pics de turbidité aux émergences des systèmes concernés.

Pour ce qui concerne l'agriculture et l'élevage, ainsi que la transformation fromagère, les épandages et rejets sauvages de tous ordres sont à proscrire : eaux usées brutes, déchets verts, lisier et fumier, produits agro-chimiques, petit lait, carcasses et cadavres. Les points d'absorption concentrés que sont les dolines ou les pertes de ruisseaux doivent être des points de vigilance accrue. Il faut savoir que les déjections des troupeaux en pâture sont facilement lessivées dans le karst et que les éléments pathogènes qu'elles contiennent peuvent contaminer insidieusement les sources karstiques et représenter un danger pour la qualité de l'eau captée, notamment pour ce qui concerne les micro-polluants issus de l'industrie agro-chimique et pharmaceutique (antibiotiques animaliers...).

### Alpeau, un programme pour une meilleure gestion forestière

C'est l'accident survenu sur le système capté des Moises, en Haute-Savoie, qui a engendré ce programme de recherche Interreg franco-suisse, de 2008 à 2011. Il était consacré à l'étude du rôle protecteur de la forêt sur la qualité de l'eau en zones karstiques.

Alpeau a débouché sur la publication d'un guide pratique sur la protection des eaux souterraines en forêt qui comporte des recommandations pour les bonnes pratiques de gestion et d'exploitation forestière au regard du bon état qualitatif de la ressource en eau.

<http://www.alpeau.org>



© P. Crochet

N'oubliez pas de signaler toute découverte durant la phase de travaux ou à l'usage aux services compétents, voire aux comités départementaux ou régionaux de spéléologie en cas de découverte de nouvelle cavité ou de vestiges en grotte.

La Goule noire, dans la Drôme.

## LA RÉHABILITATION DES SITES, UN ENJEU COLLECTIF

Magré la loi Martel de 1902, des gouffres servent encore ou ont servi de charnier ou de poubelles. S'il est parfois "facile" d'évacuer dans les karsts des cadavres d'animaux domestiques ou tout objet logiquement pris en charge par les déchèteries, il est en revanche plus difficile de les en extraire !

La première chose dans la réhabilitation des sites est généralement de limiter les dépôts sauvages, d'informer et de faire comprendre l'intérêt du karst, notamment sur la qualité de l'eau qui en sort ! Les arguments ne manquent pas, il convient de les structurer et d'utiliser les médias appropriés pour les transmettre.

### La doline : bientôt plus un dépotoir !

L'usage longtemps en vigueur des dépressions et des cavités karstiques comme dépotoirs ou décharges dans des propriétés individuelles tend à disparaître ; les décharges résiduelles sont peu à peu débarrassées et nettoyées de leurs débris, le plus souvent avec l'aide active des spéléologues locaux. Le travail de manutention parfois acrobatique doit souvent bénéficier du renfort de moyens mécanisés lourds : pelleteuse et benne tractée.



© CDS Ain

L'exemple de la dépollution du gouffre de la Cabosse, dans les Monts Jura (Ain).

Le rôle des collectivités locales est déterminant pour créer une émulation locale autour d'un projet, le nettoyage collectif d'un site, médiatisé, peut être une excellente occasion de restaurer un site mais aussi de faire en sorte que les citoyens concernés s'approprient le karst et sa préservation. Il faut dépasser le cliché de la grotte objet de valorisation touristique, généralement en dehors de chez soi et bien encadré par d'autres. C'est aussi une préoccupation de société !



Des surprises accompagnent parfois le travail de réhabilitation. Ainsi, lors de l'enlèvement d'un tas d'ordure en fond de gouffre dans la réserve naturelle de la Haute chaîne du Jura, une fouille paléontologique a révélé des traces d'un bison daté de - 4325 ± 35 BP (gouffre de la Cabosse à Divonne-les-Bains).

© CDS Ain

## Choisir les bonnes techniques

Au début des années trente, l'abbé Breuil se préoccupait déjà de la protection des grottes préhistoriques. Ces dernières décennies, les méthodes et techniques de protection (incluant la surveillance et le monitoring) et de réhabilitation des cavités ont beaucoup progressé. C'est aussi le cas des performances de nettoyage (élimination des tags et décapage des concrétions souillées). Des recherches scientifiques appliquées et de l'ingénierie dédiée enrichissent le savoir-faire :

- caméras de surveillance (entrée de la grotte Chauvet, en Ardèche),
- portes blindées avec systèmes d'ouverture sécurisés (grotte Chauvet, Balme à Collomb en Chartreuse...),
- grilles et portes ajourées adaptées au maintien des flux et passages animaliers,
- éclairages sans UV pour les cavernes aménagées ou les grottes ornées (Bourges et al., 1999) afin d'éviter les phénomènes de "lèpre verte" (algues et mousses pariétales),
- etc.

Plusieurs articles et ouvrages sont désormais disponibles qui synthétisent l'état de l'art en la matière. Ils aideront à éviter erreurs et "sur-dégâts" commis involontairement en croyant bien faire, comme cela s'est déjà vu avec l'effacement de gravures préhistoriques en pensant nettoyer des graffiti récents.

### Le nettoyage du Gouffre Berger

C'est une opération d'envergure, appuyée sur un état des lieux préalable réalisé au cours d'une mission de reconnaissance spécifique par une équipe de spécialistes des opérations de nettoyage en milieu reculé. Ce travail s'est fait dans le cadre d'une démarche collaborative au sein du milieu associatif concerné (Fédération Française de Spéléologie, Mountain Wilderness...).



© J.-F. Basset

Certaines réhabilitations nécessitent de confier le travail à des connaisseurs ! Ici, un nettoyage de la suie (carbone) laissée depuis l'époque des pionniers de la spéléologie (fin XIX<sup>e</sup> et années d'après-guerre 1939-45) dans la grotte de Jujurieux (Ain). Maintenant, les éclairages puissants à LED permettent d'éviter ces dépôts dus aux flambeaux et lampes à gaz. On remarque bien la démarcation entre la calcite retrouvant sa blancheur et la suie.

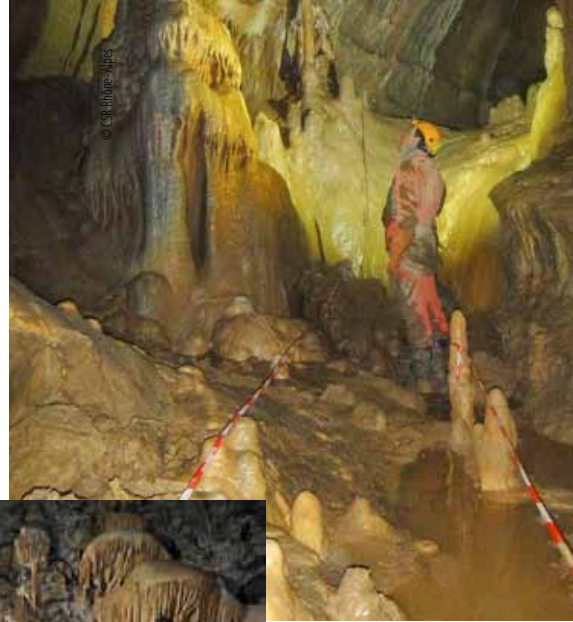




## LA MISE EN PROTECTION PHYSIQUE

La fermeture des sites à forte valeur patrimoniale, les clôtures d'urgences karstiques vulnérables sont des solutions de dernier recours à ne mettre en oeuvre qu'en l'absence de solution préventive alternative. Elles doivent toutefois s'effectuer en pleine concertation avec les usagers des sites. Dans les travaux à réaliser, il est souhaitable de ménager, si possible, un accès contrôlé selon des modalités respectueuses des enjeux soumis à protection : une périodicité adaptée, un nombre-seuil de visiteurs par groupe et/ou quota annuel, des pratiques adaptées (éclairage acétylène interdit, passages en main courante hors d'eau, balisage au sol, signalement des objets fragiles et zones sensibles, parcours en chaussons et sous-combinaisons non souillées, sacs à déchets, etc.).

Le balisage au sol, à l'exemple de ces deux photos, peut constituer un moyen simple d'éviter du piétinement de zones plus fragiles et la dégradation involontaire d'éléments du patrimoine.



### L'exemple de Glandieu

Sur cette grotte du massif du Bugey, le choix fait en collaboration entre le Comité départemental de spéléologie, la LPO, la commune et le Cen Rhône-Alpes s'est porté sur une fermeture de la cavité du 15 octobre au 1<sup>er</sup> avril de façon à préserver l'hibernation des chauves-souris sans empêcher l'usage de cette grotte en spéléologie. Une convention passée entre ces quatre acteurs clarifie le rôle de chacun.



© Cen Rhône-Alpes - G. Garnier



© Cen Rhône-Alpes

## L'ACTION PARTICIPATIVE

Les moindres démarches de gestion et de protection de milieux karstiques nécessitent d'être accompagnées d'un état des lieux préalables des usages et usagers associés aux sites puis d'une forme d'implication de leur part aux projets.

Le recours à la participation encadrée et informée est à développer : pour la réhabilitation ou la requalification de sites (opérations de nettoyage de lapiés et de gouffres), pour l'entretien et l'embellissement de sites fréquentés. C'est aussi profitable dans le domaine de la connaissance des phénomènes karstiques : recherches participatives comme les traçages expérimentés dans les parcs du Massif des Bauges et de la Chartreuse.

### Pour les chauves-souris : les alternatives à la fermeture des cavités

Les chauves-souris sont sensibles au dérangement, notamment lorsqu'elles sont en léthargie et lorsqu'elles élèvent leur jeune. Des cavités trop fréquentées par l'homme nécessitent de trouver des solutions partagées pour limiter la fréquentation au cours des périodes sensibles. La fermeture de ces grottes n'est pas

une fin en soi mais plutôt une solution ultime.

Outre les grilles permanentes (ou ouvertes à certaines

périodes de l'année) installées lorsque les enjeux le nécessitent, différentes solutions ont été testées dans la région en fonction des contraintes des sites et des périodes de sensibilité.

- **Le "déroctage"** : testé sur deux sites actuellement, les opérations ont consisté en l'élimination des blocs de rochers servant de prises pour accéder aux sites. Des suivis sont actuellement en cours pour tester l'efficacité des opérations.

- **L'ennoisement d'une partie de l'entrée** : la création d'une retenue d'eau dans une entrée artificielle d'une cavité drômoise, a réduit drastiquement la fréquentation de cette grotte (de 700 passages par an à quelques dizaines). Un second aménagement va être fait dans une grotte ardéchoise (résurgence).



© V. Royard



## LA SENSIBILISATION COMME MOYEN DE PROTECTION

La sensibilisation, l'éducation voire la formation aux richesses et fragilités des milieux karstiques font partie d'une gestion globale et intégrée et contribuent indirectement à la préservation du milieu. La médiation scientifique et l'interprétation patrimoniale en sont les principaux vecteurs vers le grand public ou les usagers plus ciblés. Ces derniers, tout comme les gestionnaires, peuvent également bénéficier d'actions de formation (stages thématiques de la Fédération française de spéléologie par exemple, mais aussi d'une formation professionnelle et continue aux techniques de traçage hydrogéologique dispensées par le CETRAHE de l'Université d'Orléans).

### Les projets éducatifs de spéléologie

Les valeurs éducatives de la spéléologie ne manquent pas pour développer des projets scolaires, souvent pluridisciplinaires. L'accroche se fait essentiellement par la connaissance du milieu souterrain et renforce ainsi celle liée à l'éducation physique et sportive.

En Rhône-Alpes, trois exemples illustrent cette approche :

- **La section sportive du collège Henry Ageron de Vallon-Pont-d'Arc** : une quinzaine d'élèves se forme à la spéléologie

sur deux ans. L'enseignant d'EPS qui coordonne le projet travaille en collaboration avec le Comité départemental de spéléologie de l'Ardèche. A l'issue du cycle, les élèves sont capables de progresser sur corde, de manière autonome et en toute sécurité, jusqu'à une profondeur d'environ 150 mètres. A cette compétence s'ajoute la connaissance du

milieu. C'est la seule section sportive scolaire de spéléologie de France.

- **L'enseignement facultatif de spéléologie au lycée de Die** fait partie de la section "sport nature" et peut dispenser des enseignements d'activités physiques et sportives non prévues dans les programmes. Les intentions éducatives visent à faire découvrir des milieux spécifiques. 18 élèves pourront faire valoir au BAC l'option spéléologie et auront une double qualification professionnelle dans les sports de nature.



© CSR Rhône-Alpes



© Cen Rhône-Alpes

- **Le contrat éducatif isérois**, en partenariat avec le Conseil général de l'Isère qui finance un appel à projets pluridisciplinaires sur le niveau cinquième. "L'action de l'eau sur les paysages" et "s'adapter à l'incertitude d'un environnement" sont deux aspects des programmes de SVT et d'EPS qui sont abordés par le biais de la spéléologie. Plus de 1 000 élèves sont concernés chaque année par ce dispositif.

### Quelques règles à connaître :

- **A l'école primaire**, les élèves peuvent visiter des cavités allant de la Classe 0 (cavité touristique aménagée) à la classe 2 (cavité simple, sans danger de crue, avec petite verticale). L'encadrement doit être agréé par les services départementaux de l'Education nationale, qu'il soit bénévole fédéral ou breveté d'Etat.
- **Dans le secondaire**, il n'y a pas de procédure d'agrément. C'est le chef d'établissement qui valide le projet et la compétence de l'encadrement via le Conseil d'administration.
- **Pour les accueils collectifs de mineurs**, la loi oblige les encadrants, depuis 2013, à posséder au minimum le brevet fédéral de moniteur ou le diplôme d'État de spéléologie. Aucun encadrement rémunéré ne peut se faire hors de ce cadre.

### Un protocole d'alerte en cas d'accident

Les accidents de spéléologie sont rares, de par la spécificité du milieu qui incite les visiteurs à être vigilants sur la progression, le matériel, l'encadrement et la météo. Toutefois, majoritairement des novices, ou des personnes expérimentées peuvent être victimes des aléas liés à leur type de pratique.

Pour alerter les secours, précisez qu'il s'agit d'un accident de spéléologie au **numéro vert 0800 121 123 ou au 112**. Les responsables locaux, des spéléologues, sont agréés par le Préfet et interviennent au même titre que des pompiers ou des gendarmes. A noter que 75 % des secourus ne sont pas des spéléologues fédérés.

### La Fédération française de spéléologie

C'est un acteur aujourd'hui incontournable de la protection du milieu souterrain et karstique qui intervient dans la connaissance, la gestion directe de sites, jusqu'à la réalisation de sentiers d'interprétation, de stages de formation, etc.

Ses comités régionaux et départementaux, clubs affiliés, assurent le relais pour agir sur le terrain, notamment dans la lutte contre la pollution des cavités, la réalisation d'inventaires ou d'opérations de nettoyage.

Elle est garante de l'intégrité du milieu souterrain et de l'accès aux cavités pour ses adhérents. Aussi, ses adhérents admettent-ils des restrictions d'accès à certaines cavités selon les enjeux et la sensibilité.



### Sur la karstologie et la protection du karst

**Choppy J., 2008** – Pourquoi se creusent les grottes ?  
Karstologia Mém. n°16, 200 p.

**Nicod J., 1972** – Pays et paysages du calcaire.  
Collection sup, PUF, 244 p.

**Salomon J.N., 2000** – Précis de karstologie. Collection  
"Scieteren" Presses Universitaires de Bordeaux, 250 p.

**Hobléa F., 2008** – La protection et la valorisation  
des patrimoines du karst. Géosciences, 7/8, n° spécial  
"Découvrir le patrimoine géologique de la France",  
BRGM, mars 2008, p. 101.

**Gauchon C., 1997** – Des cavernes & des hommes.  
Karstologia Mémoires n°7 FFS/AFK, 248 p.

**Audra Ph. (Dir.), 2010** - Grottes et karsts de France.  
Karstologia Mémoires, n°19, 360 p. Association Française  
de Karstologie.

**EDYTEM, 2007** – Grottes de Choranche et massif des  
Coulmes : enjeux de protection. Rapport scientifique et  
paysager.

### Sur l'eau en milieux karstiques

**Agences de l'Eau AG et RMC /Ginger env./SIEE, 2011**  
- Stratégies de protection des ressources karstiques utili-  
sées pour l'eau potable - Guide pratique, 80 p.

**Dorfliger N. et alii, 2010** - Guide méthodologique. Les  
outils de l'hydrogéologie karstique pour la caractérisa-  
tion de la structure et du fonctionnement des systèmes  
karstiques et l'évaluation de leur ressource. 246 p., 5 ann.  
BRGM, rapport 58237-FR

**Roux J.C., (Dir.), 2006** - Aquifères et eaux souterraines  
en France 956 p. BRGM / AIH Ed.

**Hoblea F. & Picollier J. - 2007** - Étude d'impact de la  
pratique spéléologique sur la qualité des eaux souter-  
raines karstiques captées. Mise au point d'un protocole  
d'étude, applications en Savoie et dans le sud-Vercors.  
Rapport final – juin 2007 - 58 p.

### Sur la spéléologie

**Biot V., 2006** - Le tourisme souterrain en France.  
Karstologia mémoire, Lyon, N°15, 236p.

**Schut P.-O., 2007** - L'exploration souterraine. Une  
histoire culturelle de la spéléologie. L'Harmattan, coll.  
Espaces et Temps du sport, Paris, 394 p.

**Terre Sauvage, 2011** - supp. au n° 275.

### Sur le patrimoine naturel

**Tscherter C., Cabrol P., 2008** – Richesse et diversité  
du patrimoine naturel souterrain. Géosciences, 7/8,  
n° spécial "Découvrir le patrimoine géologique de la  
France", BRGM, mars 2008, p. 94-103.

**Ginet R. & Decou V., 1977** - Initiation à la biologie et à  
l'écologie souterraine - Ed. J.-P. Delarge, Paris.

**Colson-Proch C., 2009** - thèse. Ecophysiologie évolutive  
en milieu aquatique souterrain : influence des variations  
de température sur la distribution de *Niphargus rhen-  
rodonensis* et *Proasellus valdensis* Université Claude  
Bernard (Lyon 1).

**Dole-Olivier M.-J. & Malard F., 2010** - Faune stygobie :  
l'émergence d'un monde inconnu - Bull. Soc. linn. Lyon  
HS n°2.

**Groupe chiroptères et LPO Rhône-Alpes, 2014** - Les  
chauves-souris de Rhône-Alpes.

**LPO & CEN Rhône-Alpes, 2007-2011** - Les gîtes caverni-  
coles à chauves-souris - Ed. Les cahiers techniques.

### DES ORGANISMES A CONTACTER

- La **DREAL Rhône-Alpes** (divers services concernés)  
[http://www.rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/  
presentation-de-la-dreal-r824.html](http://www.rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/presentation-de-la-dreal-r824.html)  
Tél. 04 26 28 60 00

- La **DRAC Rhône-Alpes** (Service régional de l'archéo-  
logie)  
[http://www.culturecommunication.gouv.fr/Regions/  
Drac-Rhone-Alpes/La-DRAC/Pole-patrimoines-et-  
architecture/Service-regional-de-l-archeologie](http://www.culturecommunication.gouv.fr/Regions/Drac-Rhone-Alpes/La-DRAC/Pole-patrimoines-et-architecture/Service-regional-de-l-archeologie)  
Tél. 04 72 00 44 00

- **Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse**  
2 allée de Lodz 69007 Lyon  
Tél . 04 72 71 26 00

- **L'ARS** (Agence régionale de santé)  
[http://www.ars.rhonealpes.sante.fr/ARS-Rhone-Alpes.  
rhonealpes.0.html](http://www.ars.rhonealpes.sante.fr/ARS-Rhone-Alpes.rhonealpes.0.html)  
Tél . 04 72 34 74 00

- **L'ONEMA** (police de l'eau)  
<http://www.onema.fr/DIR-region-rhone-alpes>  
Tél . 04 72 78 89 40

- **Les DDT** dans chaque département

- La **LPO Rhône-Alpes**  
<http://rhone-alpes.lpo.fr/>  
Tél. 04 72 77 19 84

- **EDYTEM** (Université de Savoie)  
[http://edytem.univ-savoie.fr/Ressources-documentaires/  
Centre-de-ressources-karst/](http://edytem.univ-savoie.fr/Ressources-documentaires/Centre-de-ressources-karst/)  
Tél. 0 4 79 75 87 84

- **Laboratoire d'hydrobiologie et écologie  
souterraines** (Université de Lyon I)  
Tél. 0 4 72 44 80 00 (poste 3878)

En matière de spéléologie :

- **Comité spéléologique régional Rhône-Alpes**  
[comite.speleo.rhone-alpes@wanadoo.fr](mailto:comite.speleo.rhone-alpes@wanadoo.fr)

- **Fédération française de spéléologie**  
<http://www.ffspeleo.fr/>

28 rue Delandine 69002 LYON  
Tél. 04 78 56 09 63

ainsi que les comités départementaux de spéléologie pour  
chaque département de Rhône-Alpes.

## "LES CAHIERS TECHNIQUES"

est une collection du réseau d'acteurs d'espaces naturels de Rhône-Alpes.  
Chaque numéro est le fruit d'une collaboration entre divers spécialistes du sujet et membres de la société civile.

## "LES MILIEUX KARSTIQUES, PATRIMOINES DE LA TERRE ET DES HOMMES"

est un travail collectif de rédaction associant :

Fabien Hobléa et Didier Cailhol (Université Savoie Mont-Blanc - Edytem), Bernard Gély (DRAC Rhône-Alpes),  
Bernard Chirol, Bertrand Valton et Fabien Leguet (Comité de spéléologie de Rhône-Alpes),  
Philippe Fleury (Spéléo club d'Annecy), Laurent Cadilhac (Agence de l'eau RMC), Julien Girard-Claudon (LPO Rhône-Alpes),  
François Schwaab (Université de Lorraine), Marcel Meyssonier (FFS - Groupe d'études biospéologiques), José Mulot (FFS)  
et Benoît Pascault (Cen Rhône-Alpes).

Coordination du projet :  
Edwige Prompt et Pascal Faverot (Cen Rhône-Alpes).



Maison forte 2, rue des Vallières - 69390 Vourles  
Tél. : 04 72 31 84 50  
[www.cen-rhonealpes.fr](http://www.cen-rhonealpes.fr)

ISSN 1276-681X - ISBN 978-2-37170-002-4

Dépôt légal : avril 2015

