

On dit que tu es né au fond des océans, on dit que ta couleur change du gris au blanc, on dit que tu habilles les collines, on dit que tu absorbes et transportes l'eau de pluie, on dit que tu embellis villes et villages, on dit que tu façones les paysages, on te dit imposant et resplendissant, on te nomme Calcaire; mais qui es tu réellement ?

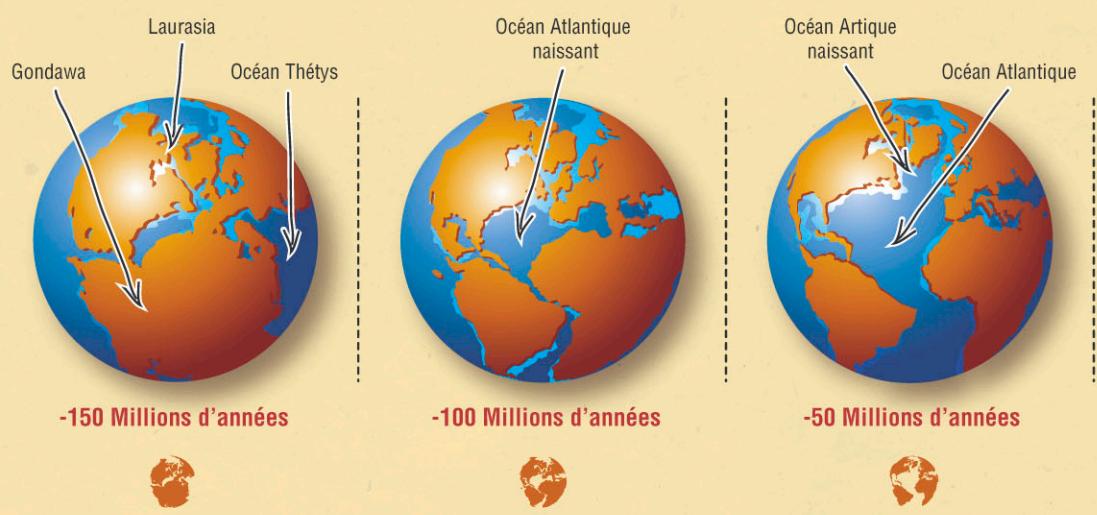
Le mot karst provient du terme allemand, Karst, désignant un plateau calcaire de slovénie le Kras.

## A Une Vieille Dame de 4,6 Milliards d'années

### La tectonique des plaques

Il y a 180 millions d'années, notre planète était un continent unique, la Pangée. Celui-ci se morcelle en 2 grandes plaques créant un nouvel océan, la Téthys. Vers 100 millions d'années, le sud-est de la France était en bordure de l'océan Téthys, avec un climat tropical et

peuplé de dinosaures. Dans ce nouvel océan se déposent les roches sédimentaires, que l'on trouve aujourd'hui dans le Verdon. Au fil du temps, d'autres mouvements tectoniques des plaques continentales font apparaître ou disparaître des océans.



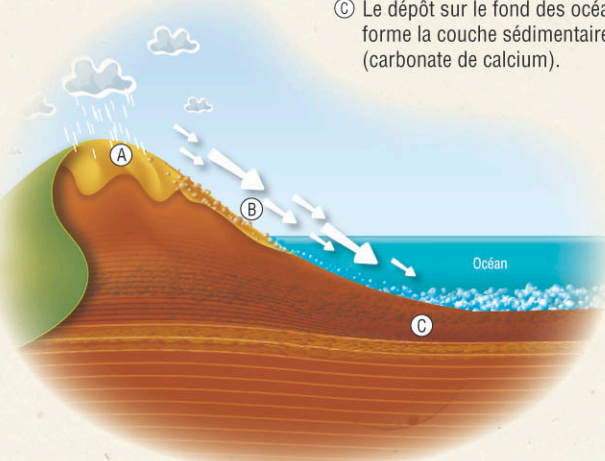
Les premiers continents sont apparus il y a 3,8 milliards d'années. Ils sont composés de diverses roches dont certaines sont sédimentaires. Les roches sédimentaires peuvent être d'origine marine (formée sur le fond des mers par l'empilement d'organismes vivants, coquilles, tests d'oursins,

coraux, squelettes, algues calcaires,...) où d'origine continentale (élaborée par le dépôt de matériaux prélevés sur les continents après altération des roches préexistantes et transport par des agents mécaniques externes tel que l'eau, le vent et les glaciers).

#### La sédimentation

C'est un processus qui combine 3 phénomènes : l'altération de la roche mère, le transport et le dépôt des matériaux qui s'accumulent dans les rivières, les lacs et les mers.

- ① L'érosion (agents chimiques, désagrégation mécanique) altère, fragmente les roches.
- ② Transport des produits issus de l'érosion (éléments solubles, minéraux et fragments de roche).
- ③ Le dépôt sur le fond des océans forme la couche sédimentaire (carbonate de calcium).



\*C'est un ensemble de phénomènes qui assurent la transformation d'un sédiment meuble en une roche cohérente. Les matériaux qui se trouvent à la base sont soumis à des conditions physico-chimiques de plus en plus différentes de celles qui régnaient lors de leur dépôt, la température et la pression augmentent, transformant le sédiment meuble en roche.

#### Diagenèse\*

Au fil du temps les sédiments meubles vont se transformer en roche. En fonction de la composition du sédiment, il formera différentes roches comme le calcaire, le grès, la marne, etc...



#### Les strates

C'est la superposition de couches horizontales homogènes de même niveau qui ressemble au gâteau "le mille feuilles".

#### Les Fossiles

Outre les dépôts meubles laissés par les eaux, sont emprisonnés des coquillages tel que la fabuleuse Ammonite que l'on retrouve aujourd'hui sous forme de fossile.

## B Le Grand Chamboulement

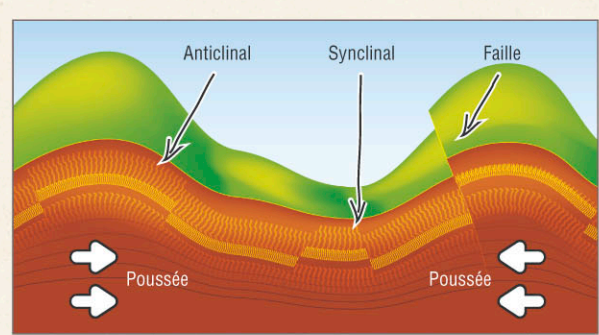
Les couches sédimentaires sont déformées sous l'effet des poussées de l'écorce terrestre à la manière d'une liasse de feuilles de papier que l'on presse de part et d'autre : il en résulte une suite de plis et de creux appelés respectivement anticlinaux et synclinaux. Plusieurs massifs calcaires vont naître au cours du temps, lors du bouleversement tectonique, de l'apparition des continents et du soulèvement des montagnes, créant des failles, fractures et de nombreuses déformations.

#### Pli ou plissement

Ondulation des couches d'un terrain qui peut être soit convexe (anticlinal), soit concave (synclinal).

#### Fracture et faille

Cassure de l'écorce terrestre accompagnée d'un déplacement latéral ou vertical séparant les couches géologiques.



Lorsque la poussée devient trop forte sur l'écorce terrestre, des failles se forment en surface.

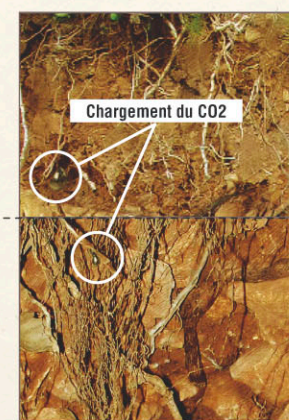
## C Tendre Calcaire

Ce qui fait la particularité des roches calcaires par rapport aux autres roches fissurées (granite, grès, basaltes) c'est leur solubilité non négligeable dans l'eau chargée de gaz carbonique (dissolution). Le creusement des grottes est le résultat de l'attaque chimique du calcaire par les eaux de pluie auxquelles s'est ajouté le gaz carbonique de l'atmosphère et celui rencontré dans les couches superficielles du sol créant l'acide carbonique; ces eaux corrosives en s'enfonçant dans les fissures de la roche calcaire, ont créé des vides, donnant naissance au karst.



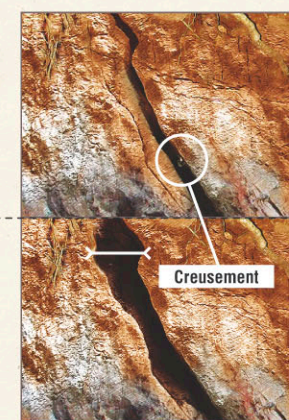
#### L'eau de pluie

La roche calcaire est une roche carbonatée dont la propriété est de se dissoudre dans les eaux chargées en acide carbonique. L'altération chimique combinée à la désagrégation mécanique en surface (alternance gel/dégel) permettent ainsi le développement de fissures, le creusement et le développement en profondeur de grottes et cavités.



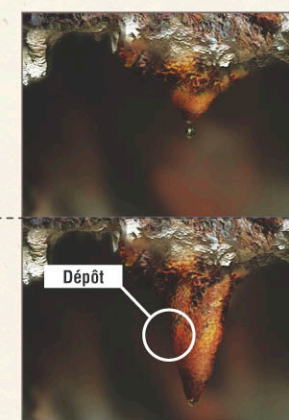
#### L'acide carbonique

Le calcaire est relativement peu soluble dans l'eau pure, par contre si l'eau est chargée en gaz carbonique, la solubilité du calcaire devient importante. La proportion de ce gaz dans l'atmosphère et dans le tapis végétal (humus) suffit à multiplier par 10 ce pouvoir dissolvant. Le combiné eau + gaz carbonique va donner un acide: l'acide carbonique.



#### La création des cavités

L'eau chargée en acide carbonique va permettre d'attaquer le calcaire, et en quelques centaines de milliers d'années, l'eau va éroder, agrandir les fissures qui couvrent la surface des massifs calcaires. C'est la dissolution du carbonate de calcium (minéral constituant du calcaire) et la naissance des gouffres et des grottes.

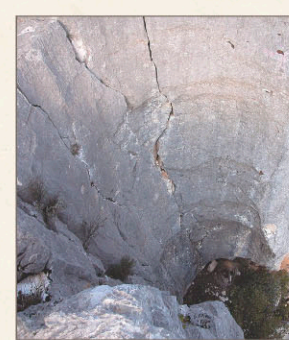
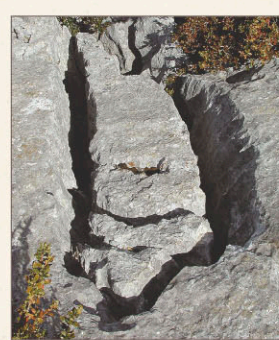


#### Le remplissage chimique

L'eau dissout le calcaire et se charge en carbonate de calcium. Ces eaux saturées en carbonate, libèrent leur gaz carbonique lors du contact avec l'oxygène présent dans des cavités existantes. Le calcaire qu'elle contient peut alors se déposer le long de la paroi. C'est la naissance des stalactites, stalagmites, piliers, draperies qui ornent les grottes.

### 4 facteurs sont responsables du creusement des grottes et des gouffres:

#### Le facteur géologique

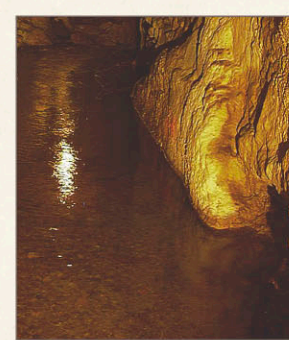
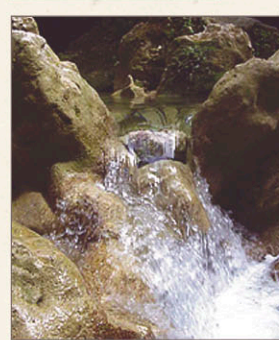


Il faut du calcaire bien sûr (ou toute autre roche ayant des propriétés similaires : dolomite, craie, gypse). Il faut en outre que ce calcaire soit pourvu de discontinuités (failles, fissures, joint de stratification...)

#### Fissures

Du haut de la falaise de l'Escalet aux Gorges de Baudinard le calcaire est strié en surface par de multiples fissures profondes.

#### Le facteur climatique



Il faut de l'eau aussi, (en quantité la plus importante possible) et que cette eau soit chargée et riche en gaz carbonique. Le climat avec ses alternances de gel et de dégel va faciliter la fissuration de la roche et favoriser ainsi l'infiltration de l'eau. Les Karsts ne se formeront pas de la même manière sous les climats, tropicaux ou tempérés.

#### L'eau en surface

Écoulement à l'entrée du gouffre de "la Nouguière", (plateau de Canjuers).

#### Le Verdon souterrain

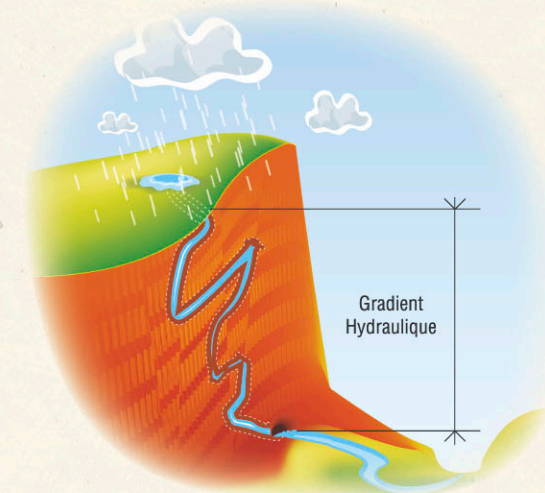
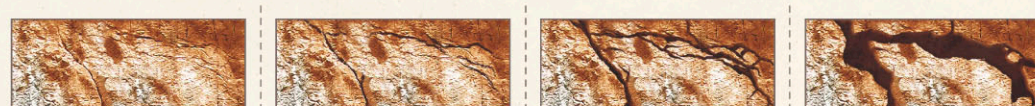
"Le grand aven de Canjuers".

#### Le facteur moteur

Enfin, il faut une pente entre les points d'infiltration et de restitution (sources). Cette différence d'altitude (gradient hydraulique) va permettre le transit de l'eau sous terre. C'est le moteur du système.

#### Le facteur temps

Et il faut du temps... Car si certains karsts sont récents, quelques dizaines de milliers d'années, d'autres datent de plusieurs millions d'années.



## Les Paysages Karstiques dans le Parc Naturel Régional du Verdon

# La Naissance du Karst





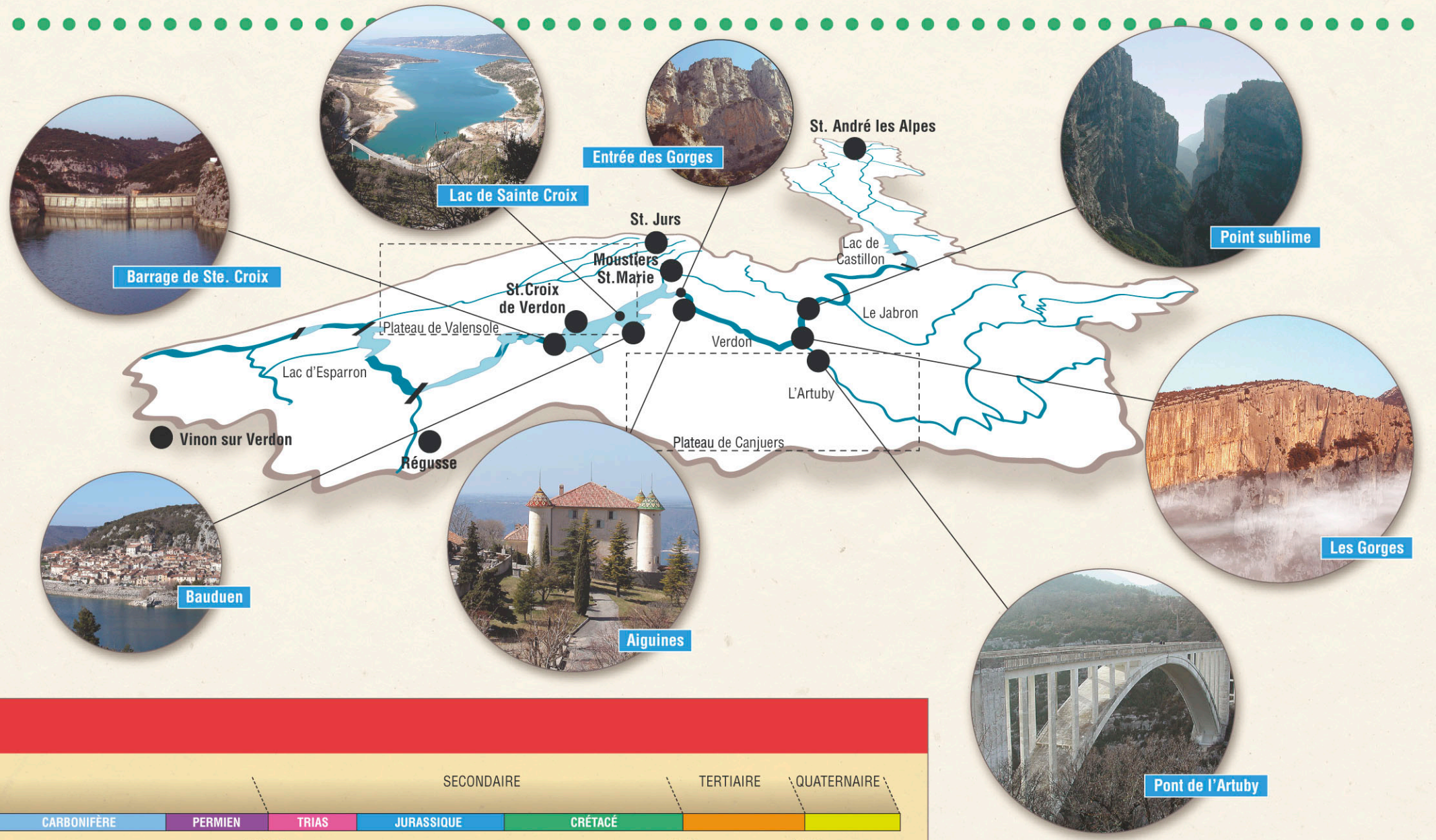
**Le Parc Naturel Régional du Verdon fut créé le 3 mars 1997 à cheval sur les départements des Alpes de Haute Provence et du Var. Il comprend 45 communes pour une superficie de 176961 ha avec comme rivière principale le Verdon.**

### A Cadre Géographique

Le Parc Naturel Régional du Verdon s'étend d'Est en Ouest de Peyroules à Vinon sur Verdon et du Nord au Sud de Saint André les Alpes à Régusse. Le Verdon prend sa source dans le massif des trois Evêchés à Allos et parcourt 155 km jusqu'à sa confluence avec la Durance. L'ensemble du Parc est un site d'exception, ses majestueuses gorges témoignent d'un fantastique travail d'érosion de la rivière sur les calcaires. Mais sans ce calcaire, le Verdon ne serait pas le Verdon.

### B Cadre Géologique

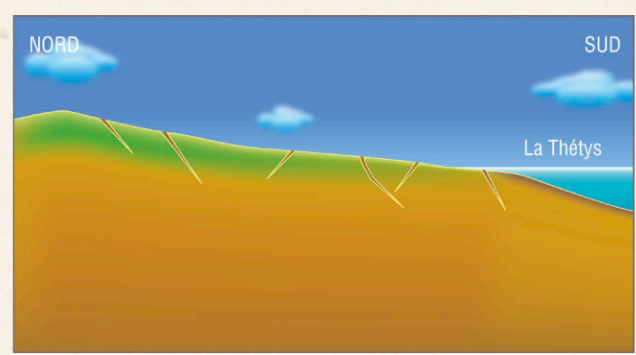
La géologie du pays du Verdon est conditionnée par la collision de l'Afrique sur l'Eurasie et l'océan aujourd'hui disparu "La Thétyss". Il nous faut remonter jusqu'à l'ère secondaire l'époque des dinosaures et des ammonites. L'histoire géologique du Verdon, c'est 9 grandes étapes entre l'ère secondaire et la fin du tertiaire et du quaternaire.



### Les ères géologiques

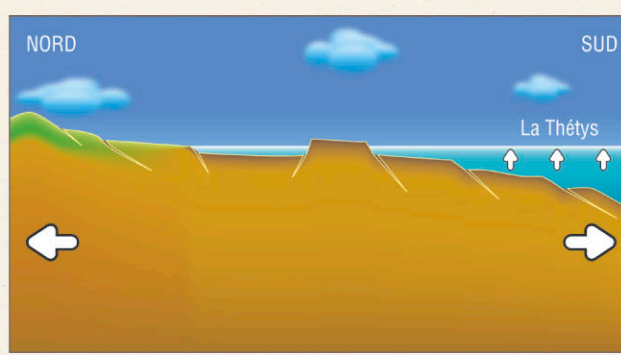


#### 1- Trias inférieur



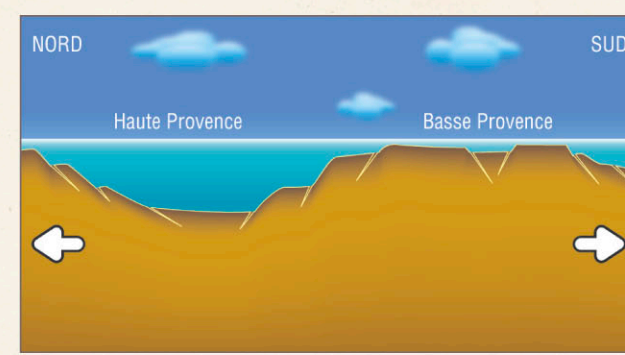
Au début de l'ère secondaire, il y a 245 millions d'années, la Provence, vieux continent érodé, se présente comme une vaste plate-forme faiblement inclinée, limitée à l'est et au sud par un vaste océan: la Thétyss.

#### 2- Trias moyen Sup.



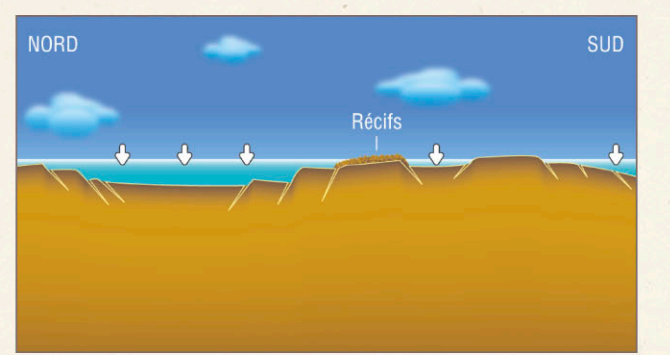
La plate-forme est étirée; des affaissements associés à une montée du niveau de la mer permettent des inondations temporaires de la région.

#### 3- Jurassique inférieur moyen



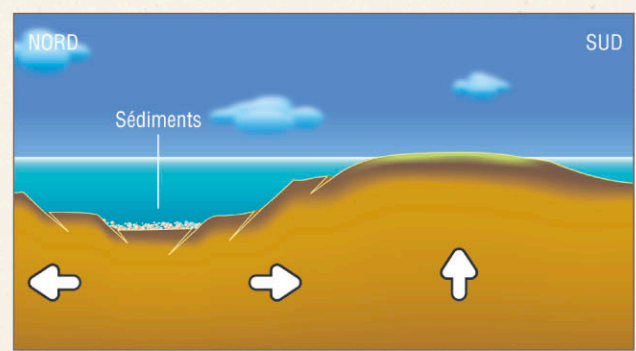
Au jurassique, notre bonne vieille terre s'agite et provoque un effondrement de toute la région. L'invasion marine est franche, le fond de la mer est irrégulier. Vers le nord, la Haute-Provence est sous une tranche d'eau beaucoup plus importante qu'au sud (Verdon - Basse Provence).

#### 4- Jurassique supérieur



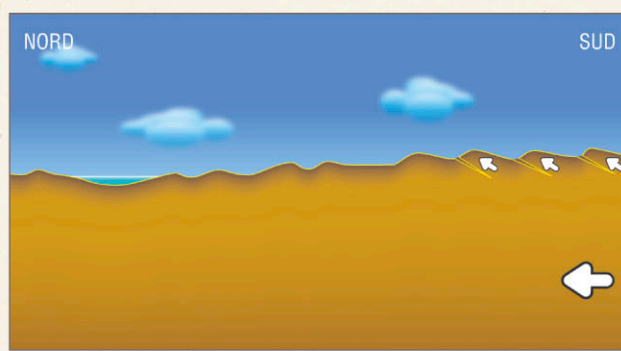
A la fin du jurassique, le niveau général de la mer baisse, les reliefs sous marins s'estompent. Dans la future région du Verdon, les hauts fonds permettent l'installation de récifs, des coraux, organismes constructeurs (squelettes) qui seront à l'origine des calcaires du Verdon.

#### 5- Crétacé inférieur moyen



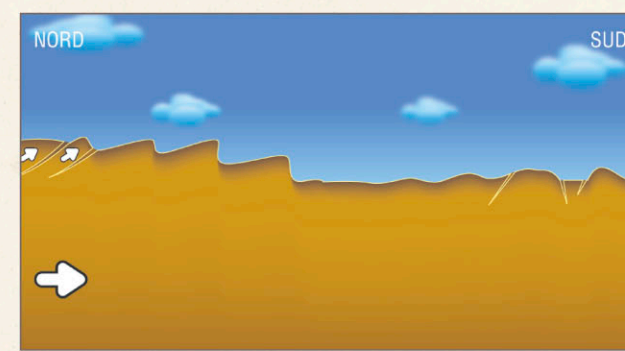
Au Crétacé, l'Afrique "en vadrouille", se déplace vers le nord, comprimant et réduisant l'espace océanique qui borde le sud de l'Europe. Une partie de la région va être déformée et émerge.

#### 6- Fin du Crétacé - Début du Tertiaire



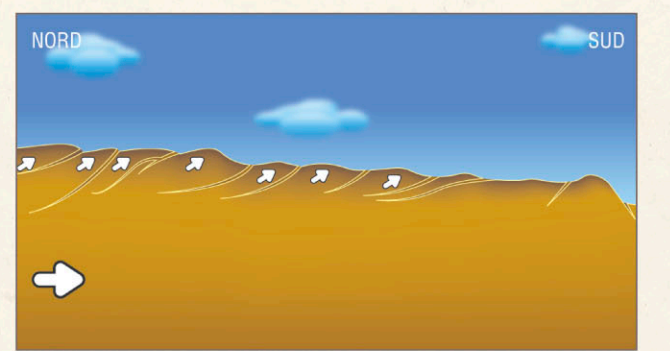
Les plissements vont s'intensifier et à la fin du Crétacé, la mer qui demeurait dans le nord va progressivement être comblée par les matériaux provenant des reliefs qui s'élèvent au sud. Une partie de la région va être déformée et émerge.

#### 7- Tertiaire

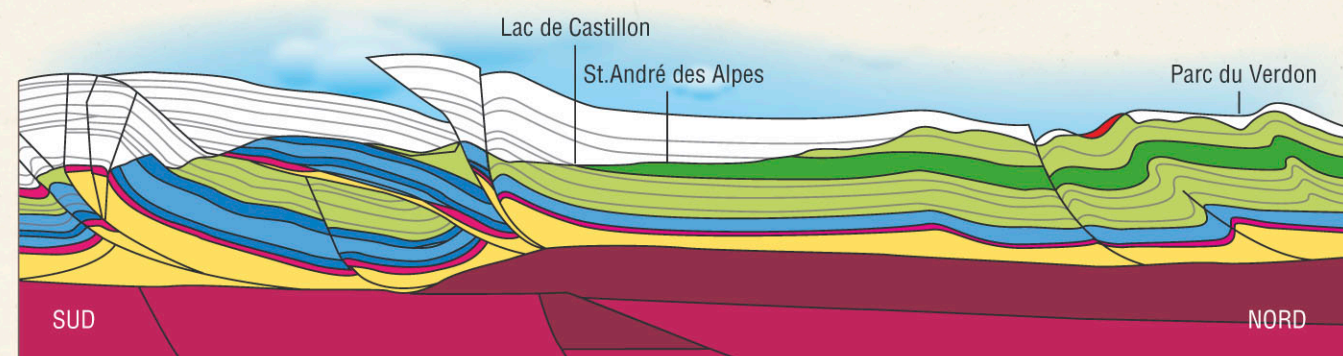


Au cours du Tertiaire, le rapprochement de l'Afrique vers l'Europe ont un morceau entre en collision, entraîne la disparition de la Thétyss. Les Alpes sont en train de naître.

#### 8- Fin du Tertiaire



Vers la fin du Tertiaire, les poussées alpines de plus en plus importantes provoquent les plissements de grands panneaux de roches les uns sur les autres - ce sont des chevauchements. Vers le sud et l'ouest (Valensole), des effondrements donnent naissance à un nouvel espace océanique qui pré-figure notre méditerranée actuelle : les rivières s'écoulent désormais vers le sud.



#### 9- Quaternaire

Les baisses du niveau marin liées soit à un isolement de la méditerranée (évaporation) à la fin du Miocène, soit aux glaciations du Quaternaire ont provoqué des incisions profondes : érosion et dissolution des calcaires. Au contraire les remontées du niveau marin ont permis de combler les entailles successives; plusieurs millions d'années ont été nécessaires pour sculpter les gorges et les paysages d'aujourd'hui.

## Les Paysages Karstiques dans le Parc Naturel Régional du Verdon

# Situation Géologique et Géographique du Parc



P a t r i m o i n e N a t u r e l

Conception et rédaction : Sphaéro, Jul. 05 15 15 05 - Conception graphique et illustrations : Sphaéro, Jul. 05 20 17 05 - Photographes : 1. L'ensemble des 5 étapes - Remontées du Parc Naturel Régional du Verdon - Michel Guerin - 2. Lac de Sainte Croix - Dominique Chery



**Les zones karstiques font parties aujourd'hui des paysages que l'on rencontre dans tous nos voyages. Grottes et canyons attirent bon nombre de touristes qui y découvrent des beautés cachées et protégées. Outre l'aspect architectural du monde souterrain, les réseaux karstiques renferment des secrets méconnus de l'homme. Que connaît-on réellement du karst? Comment s'organise un réseau karstique?**

## A Organisation du Réseau Karstique

Le réseau karstique (souterrain) s'organise verticalement de la manière suivante (de haut en bas) :

L'entrée du karst se situe en général dans les zones montagneuses au dessus des vallées. La roche calcaire apparaît presque partout, tailladée et érodée de fissures qu'on appelle lapiaz. Ces formes sont mises au jour après la disparition du couvert végétal.

Mais il existe aussi des karsts recouvert par la végétation ne laissant rien apparaître de notre bonne roche calcaire, on parle alors de karst couvert ou crypto-karst. A ce niveau nous sommes dans la "zone d'absorption".



Pâturage



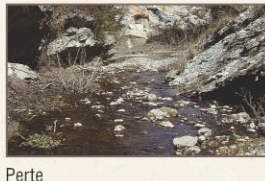
Ecoulement d'eau en surface

### Zone d'absorption

Pâturage, rivière, pente, aven, plantation, habitat... sont des zones qui seront soumises aux influences extérieures (pluies, pollutions, acides qui permettront la dissolution de la roche). Cette zone accumule l'eau en importance pour la conduire dans la "zone de transfert".

### Zone de transfert verticale ou zone Vadose

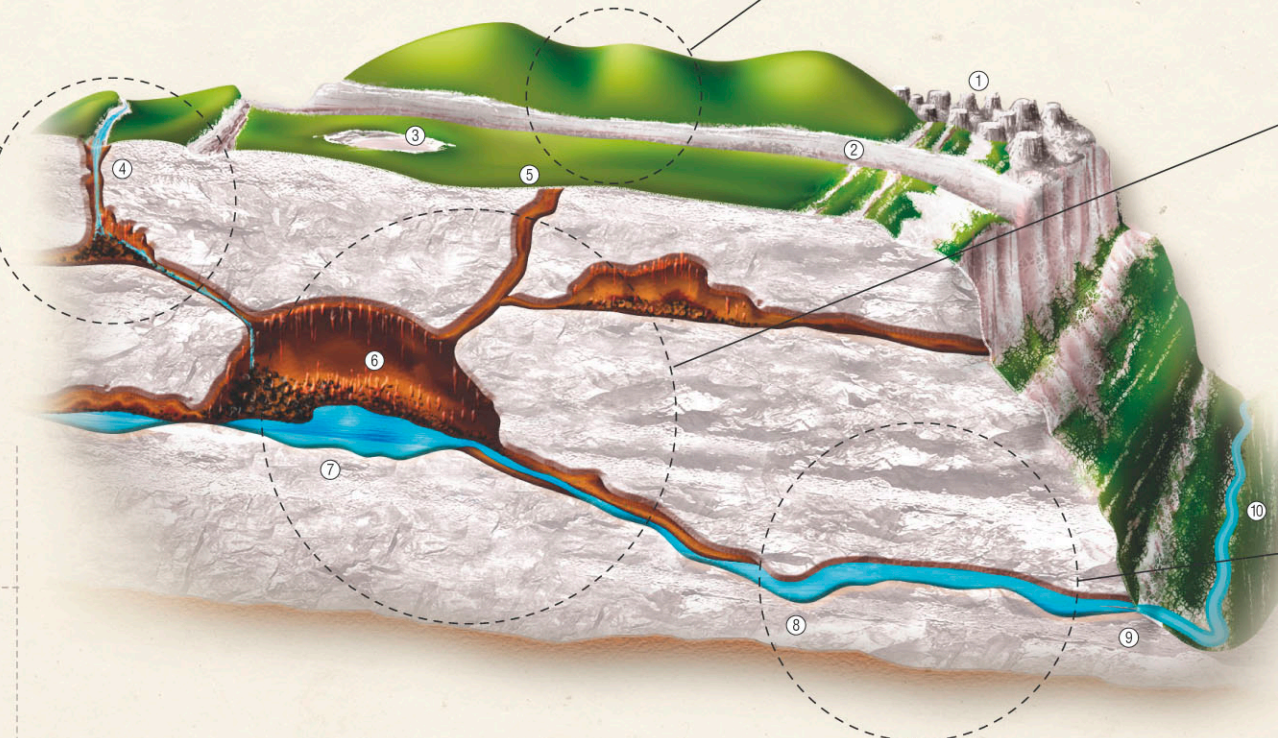
L'eau va prendre des chemins très courts, agrandir les fentes et fissures par dissolution (érosion) créant ainsi des puits et des méandres jusqu'au niveau de base. Puis l'eau se trouvant sur une couche imperméable va creuser des conduits horizontaux et former une rivière, appelée, "Zone aérée".



Perte

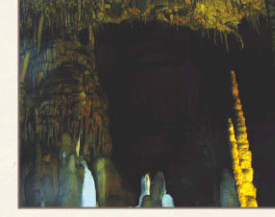


Aven



### Zone aérée de transfert horizontal ou semi-noyée.

C'est là que l'on va trouver les grandes galeries horizontales (stalactite, stalagmite, fissure de plafond, arrivée d'eau, grande salle, galerie, fosse, etc...) parcourues par des rivières souterraines. Puis les rivières vont se heurter à des fissures et conduits saturés en eau, c'est là la "zone noyée".



Grande salle et galerie horizontale

### Zone noyée.

Elle correspond à la zone où s'accumule l'eau (une couche étanche empêche les eaux de s'infiltrer encore plus bas) délimitée généralement par un siphon. Les conduits faisant suite aux siphons tendent souvent vers une section cylindrique dépourvue en principe de concrétions. L'eau réapparaît au pied des massifs karstiques dans les vallées, par des résurgences.



Siphon



Résurgence

#### ① Lapiatz - Lapiés

Les lapiés sont des rainures de corrosion creusées à la surface des calcaires. Le terme "lapiatz" désigne étymologiquement des "champs de lapiés".

#### ④ Perte

Disparition totale ou partielle d'un cours d'eau qui devient souterrain et réapparaît plus loin en formant une resurgence.

#### ② Vallée sèche

On l'appelle aussi vallée aveugle et son origine est fluvo-karstique (creusée par des anciens cours d'eau).

#### ③ Avens

Puits naturel qui se forme en région calcaire, soit par dissolution, soit par effondrement de la voûte de cavités karstiques.

#### ⑤ Dolines

Ce sont des dépressions karstiques fermées de quelques décimètres à plusieurs centaines de mètres de diamètre, formées par dissolution ou par effondrement du plafond d'une cavité.

#### ⑥ Concrétions

Concentration de Calcite aragonite (CaCO<sub>3</sub>) en des points de la grotte. Leur forme peut être sphérique, ovoïde, mamelonnée, rocailleuse...

#### ⑦ Lac souterrain

Poche d'eau formant des lacs dans les grottes.

#### ⑧ Siphon

Conduit naturel envahi entièrement par l'eau.

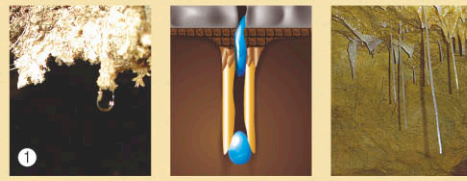
#### ⑨ Résurgence

Réapparition à l'air libre, sous forme de grosse source, d'eaux infiltrées dans un massif calcaire.

#### ⑩ Canyon

Vallée étroite et profonde aux parois verticales parcourue par un cours d'eau.

## Le remplissage chimique



#### ① Stalactite

A la sortie d'une petite fissure, la goutte d'eau dépose autour d'elle un très mince anneau de calcaire. Ainsi naissent les stalactites, souvent percées d'un canal creux en leur milieu.



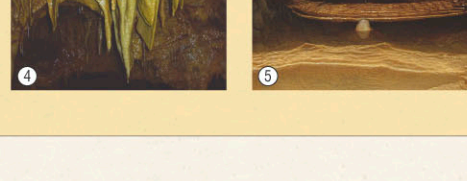
#### ② Stalagmite

Quand les gouttes tombent sur le sol, elles y déposent un peu de calcaire. Ainsi s'édifient des concrétions plus massives, les stalagmites.



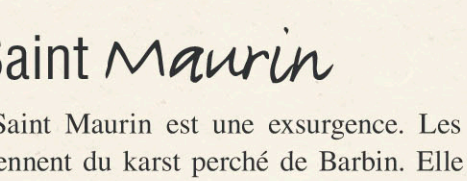
#### ③ Colonne

Une stalactite qui tombe et une stalagmite qui monte peuvent se rejoindre pour former une colonne.



#### ④ Draperies

Les draperies naissent par suintement de l'eau et dépôt de calcite le long des parois.

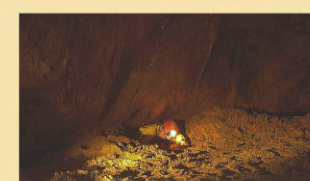


#### ⑤ Gours

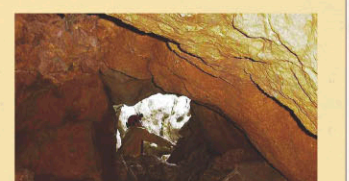
Les gours ressemblent à des petits barrages situés en travers de galeries à faibles pentes où la circulation de l'eau sur le sol est active mais pas torrentielle.

## Le remplissage détritique

Bon nombre de grottes se sont remplies et colmatées par les sédiments transportés par l'eau ou les éboulements. Ces sédiments étant insolubles dans l'eau, nous les retrouvons un peu partout dans la grotte, ce sont: les argiles, les sables, les graviers et les galets. Il existe des grottes entièrement remplies et impenétrables par l'homme. Les scientifiques s'intéressent aux remplissages car ils sont les témoins de notre passé tout comme les dépôts chimiques qu'on appelle "les concrétions".



Sable déposé par l'eau.

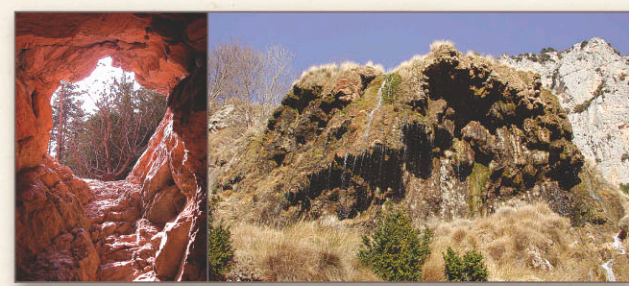


Chaos Ensemble de galets charriés par l'eau.

## B Saint Maurin

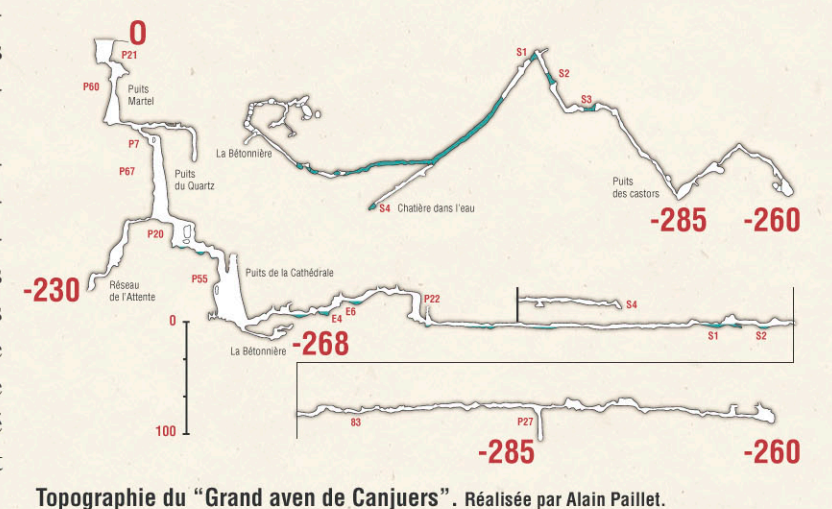
Saint Maurin est une exsurgence. Les eaux proviennent du karst perché de Barbin. Elle se remplit et déverse ses eaux lors de grosses pluies et alimente le canyon. Les eaux des sources de Saint Maurin ont donné lieu à des formations spectaculaires qu'on appelle "tuf" ou "travertin". La formation des plateaux et des cascades jusqu'au Verdon est liée

au dépôt de calcaire sur les herbes et les mousses qui absorbent du CO<sub>2</sub>, favorisant la précipitation de CaCO<sub>3</sub>. Cette roche est très sensible et les plateaux supérieurs sont inaccessibles au grand public à cause de leur fragilité.



## C Les Avens de Canjuers

Ils surplombent les gorges du Verdon et le lac de Sainte Croix de 500 m, le grand et le petit plan de Canjuers forment le karst le plus connu du Var et celui qui a certainement le meilleur potentiel spéléologique. Martel les révéla en 1905 et au fil des années, maintes explorations et prospections permirent de découvrir plusieurs avens parcourus par d'importantes rivières souterraines. Les plus connus et les plus profonds sont "le gros aven de Canjuers (- 260 m)", "l'aven de la Citerne (- 280 m)" et "l'aven du Clos del Fayoum (- 140 m)". Toute cette zone est drainée principalement par "Fontaine l'Evêque" (résurgence des massifs de Canjuers) aujourd'hui noyée sous 85 m d'eau par le barrage de sainte Croix. Les recherches spéléologiques sont malheureusement arrêtées depuis plus de 30 ans lors de l'installation du plus grand camp militaire d'Europe. Plus aucune découverte n'y a été faite, alors qu'il y avait encore tout à trouver.



Topographie du "Grand aven de Canjuers". Réalisée par Alain Paillot.

# Les Paysages Karstiques dans le Parc Naturel Régional du Verdon

# Le Karst Aujourd'hui





Depuis la goutte de pluie qui tombe sur le sol jusqu'à la mer, l'eau formant ruisseaux, torrents et rivières intervient dans un autre cycle très important sur la terre : le cycle des roches. L'eau érode, façonne et modifie le paysage tout en transportant des matériaux. L'érosion et le creusement du canyon du Verdon résulte des conditions climatiques, mais aussi de la structure propre de la roche calcaire et des conditions géologiques. Il faut donc remonter le temps pour comprendre la création des gorges.

### A Le creusement des gorges



Le grand canyon - La falaise de l'Escalet. Une rupture franche avec en contrebas le Verdon

#### Avant le creusement

Entre 35 et 25 millions d'années, le secteur du Verdon n'était qu'un vaste plateau calcaire où s'écoulaient plusieurs rivières en direction du nord. Pendant la période de 20 à 17 millions d'années, ont eu lieu plusieurs événements et phases tectoniques :  
 - le comblement de la Mer Alpine  
 - des déformations tectoniques (plissement et charriage)  
 - ouverture de la Méditerranée occidentale  
 - invasion des zones basses (sillon pré-Alpin) par la mer.

L'ouverture du bassin Provençal ou mer Méditerranéenne modifie le contexte local. Les rivières ne s'écoulaient plus vers le nord et l'est : la mer a totalement disparue

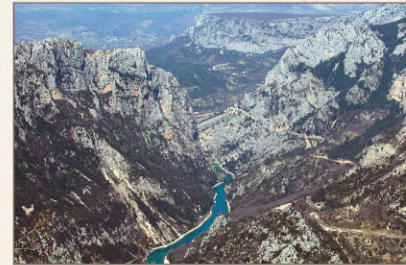
avec la mise en place des premiers reliefs alpins. Un nouveau réseau hydrologique s'installe qui préfigure l'actuel. Les rivières se jettent dans le nouvel espace marin entraînant leur écoulement vers le sud. Le Verdon va creuser son lit, au travers d'unités charnières se chevauchant, entaillant par deux fois le Jurassique supérieur. Les Karst se forment...



La mer se retire laissant place à des rivières



L'eau s'infiltré dans les fissures et creuse son lit en force



L'entrée des gorges entre le lac de Ste Croix et l'Imbut



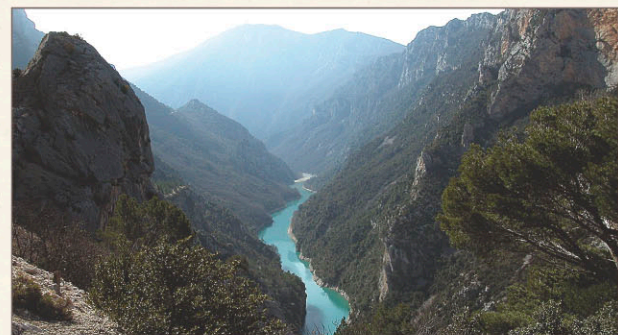
Le fond des gorges du haut des parois de l'Escalet

#### 1<sup>ère</sup> phase du creusement

Les quatre facteurs étant réunis (pente entre les rivières dû à l'assèchement de la mer Méditerranée, le temps, notre bonne roche calcaire et l'abondance d'eau), le Verdon continue à creuser son lit en érodant les massifs calcaires. Ce sont surtout les eaux des rivières et des fleuves qui, avec la pente, sont un facteur d'érosion. L'eau en ruisselant, s'infiltré dans les interstices de la roche calcaire et la dissout (phénomène de dissolution voir panneau) et creuse au fur et à mesure son lit.

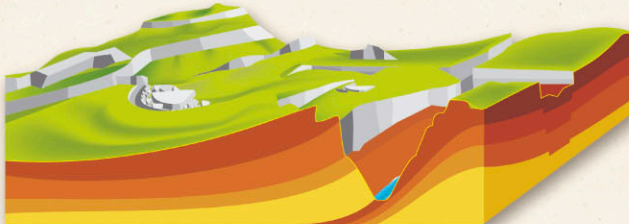
#### 2<sup>ème</sup> phase du creusement

Il faudra attendre les périodes froides et les glaciations du quaternaire (de 2 à 4 millions d'années) pour admirer les gorges majestueuses du grand canyon, le plus profond d'Europe avec un dénivelé de plus de 700m.



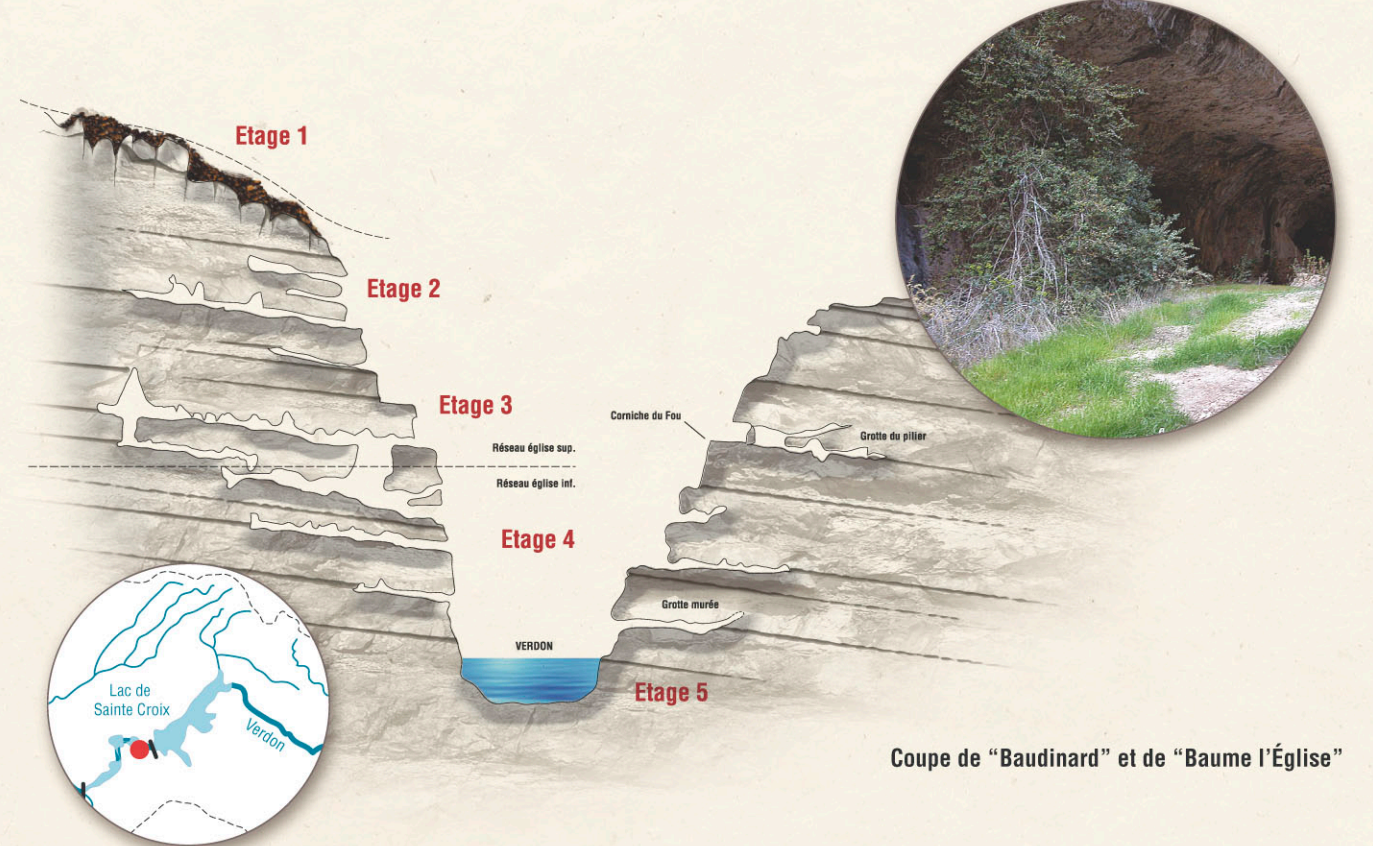
Le Verdon avant de se jeter dans le lac de Ste-Croix.

L'action du gel et du dégel dans les fissures des falaises, démantèle d'énormes blocs calcaires. Ces blocs sont lessivés et transportés par le Verdon. Selon le débit (la force du courant), des galets, des graviers, du sable sont emportés, puis déposés dès que la force du cours d'eau diminue, et ensuite à nouveau transportés lors d'une crue.

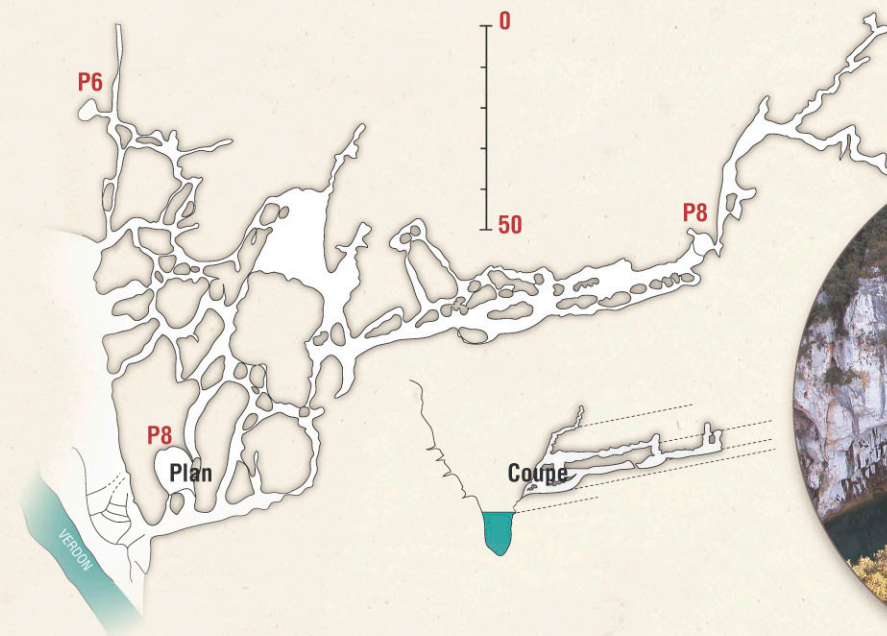


### B Les grottes de Baudinard et de Baume l'Église

Le réseau de Baudinard et de Baume l'Église est directement lié au creusement du Verdon et a débuté il y a environ 7 millions d'années pour se poursuivre jusqu'au quaternaire. Les réseaux de galeries se sont étagés sur plusieurs niveaux en fonction du creusement des gorges, dû principalement à l'abaissement de la mer Méditerranéenne.



**Etage 1** C'est le réseau le plus ancien et fut creusé bien avant les gorges du Verdon.  
**Etage 2** La morphologie des grottes s'accorde avec le début du creusement du canyon.  
**Etage 3** Le fort développement des galeries de cet étage montre une phase importante du creusement du canyon.  
**Etage 4** Ces grottes correspondent au dernier stade du creusement.  
**Etage 5** Correspond au niveau de base actuel.



Topographie de la cavité de "Baume l'Église" (J.J. Blanc)

La cavité s'ouvre par neuf orifices en rive gauche du Verdon, quelques centaines de mètres en aval du barrage de Sainte Croix.

### Un habitat pour nos ancêtres

Les grottes de "Baume l'église" ont été appelées ainsi depuis qu'un prêtre réfractaire y disait la messe, au temps de la révolution. Des fouilles archéologiques y ont été entreprises. A partir du néolithique, les grottes de Baume l'église ont été occupées par les populations préhistoriques. De nombreuses figures peintes (grand soleil rouge) au fond des galeries et de la céramique y ont été trouvées. Ces peintures seraient les plus anciennes du Parc Naturel Régional du Verdon trouvées jusqu'à aujourd'hui. Le site étant protégé, l'accès y est interdit en l'absence d'autorisation (arrêté municipal).



Les Paysages Karstiques dans le Parc Naturel Régional du Verdon

# La Formation des Gorges





Il y a le cycle de l'eau... et le cycle de l'eau en terrain calcaire. Fissures et fractures des collines calcaires absorbent les eaux de pluies pour les stocker et les transporter jusqu'aux sources. L'homme prend cette eau pour alimenter villes et villages, irriguer les champs, remplir les piscines,... Mais le calcaire reste une roche qui ne filtre pas la pollution.

Protéger le calcaire, c'est protéger l'eau que l'on boit, et les spéléologues s'y emploient par le biais d'une étude que l'on appelle "traçage". Les spéléologues contribuent ainsi à identifier et étudier l'origine des eaux souterraines, pour une meilleure gestion et protection.

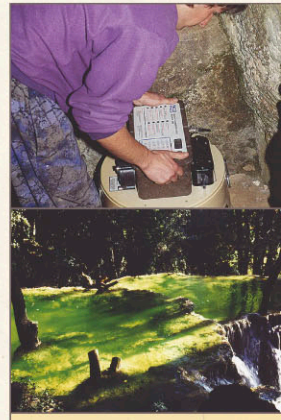
### A Le Traçage

Pour déterminer l'origine des eaux des sources, les spéléologues effectuent des traçages sur les hauts plateaux calcaires.

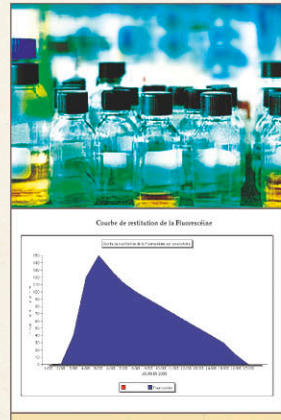
L'opération consiste à colorer l'eau qui s'infiltre dans le sous-sol calcaire, puis de surveiller les sources.



**L'injection**  
Cela consiste à introduire un marqueur chimique (traceur tel que la fluorescéine) en un point donné d'un karst pour mettre en évidence une relation éventuelle des eaux d'infiltration avec un ou plusieurs points de sortie des eaux (exutoires).



**Le prélèvement**  
Une fois l'injection du traceur réalisée, il faut effectuer des prélèvements d'eau réguliers aux émergences. Sur les échantillons d'eau prélevés, on mesurera les concentrations en traceur. À partir de ces mesures on établira la courbe de restitution du traceur.



**L'étude**  
L'étude détaillée des courbes de concentration en fonction du temps, apporte de nombreuses informations. La dilution et la dispersion du traceur, sa vitesse d'écoulement, les taux de restitution, sont autant d'informations qui vont permettre de comprendre le trajet de l'eau sous terre.

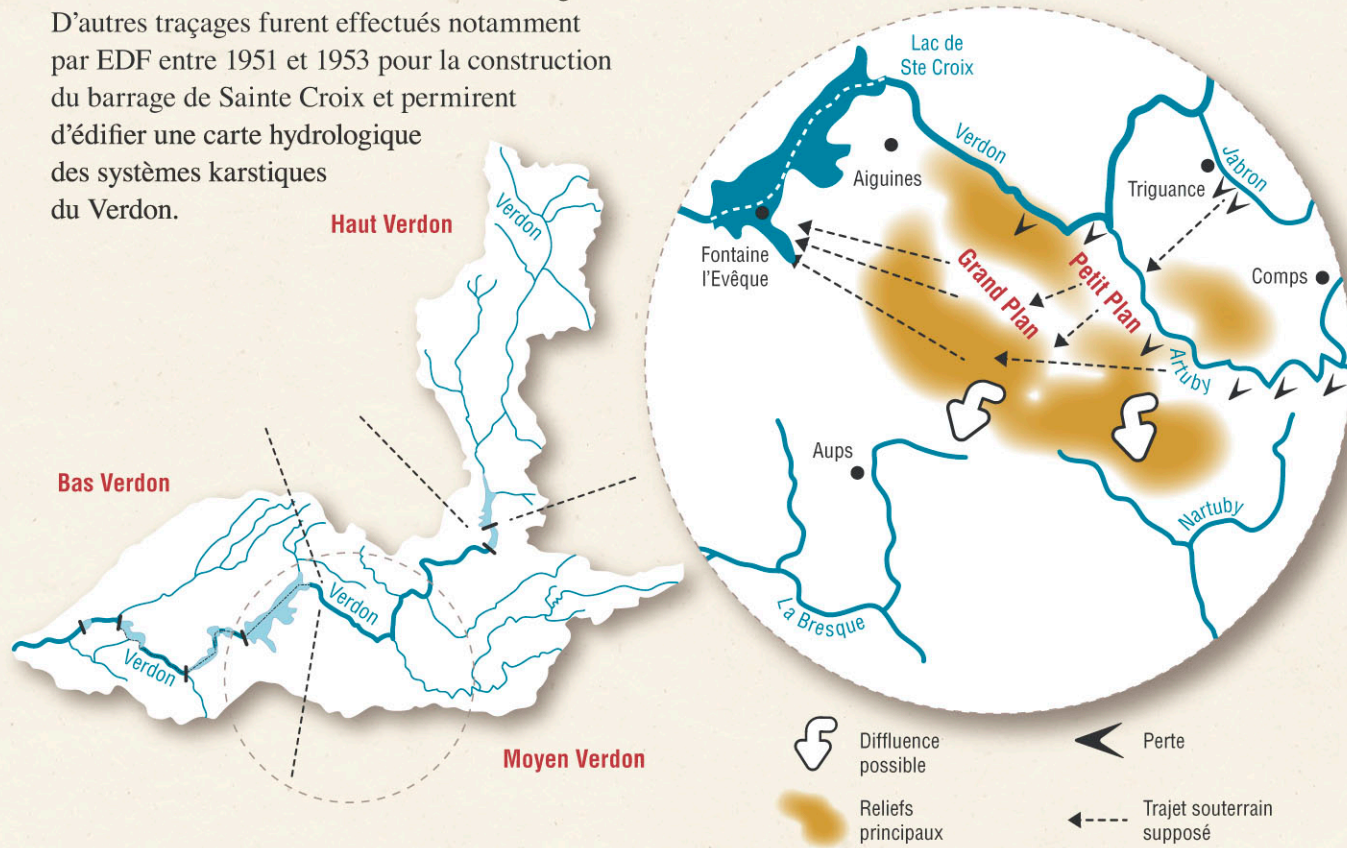
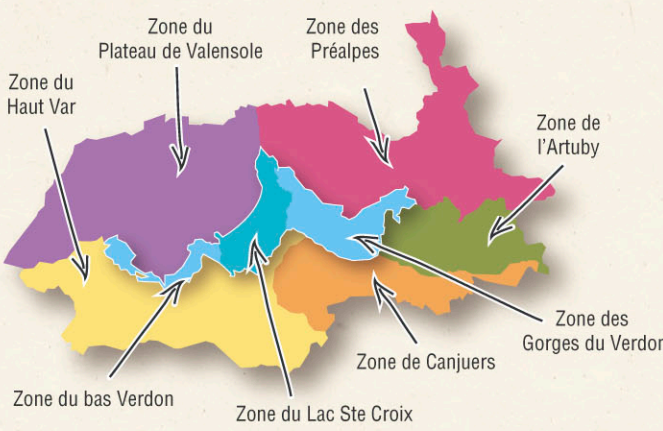


**Les conclusions**  
Les résultats obtenus permettent ainsi de valider le traçage (ou de soulever d'autres questions!) et d'en déduire des précisions sur les modalités de circulation des eaux souterraines. Si le colorant arrive sur une source les pouvoirs publics pourront mettre en place des périmètres de protection et lutter contre les pollutions.

Plusieurs traçages furent effectués à des époques différentes, dans les pertes du Verdon, de l'Artuby et du Jabron ainsi que sur les hauts plateaux calcaires du plan du Verdon. Les résultats permettent d'en savoir plus sur l'origine des eaux de sources de Fontaine l'évêque et du Garruby mais aussi de mieux comprendre le mécanisme de circulation des eaux dans le karst du Verdon.

### B Hydrologie du système Karstique du Verdon

On détermine l'origine des eaux d'une source par traçage en effectuant plusieurs injections sur les massifs calcaires environnants. Cela peut prendre des années car un seul traçage ne suffit pas à délimiter un bassin d'alimentation, on parle alors de "système karstique" et on dresse ensuite une carte hydrologique. Le premier traçage fut réalisé en 1915 par E.A. Martel, dans les pertes de l'Artuby: le traceur fut retrouvé au bout de 5 jours à Fontaine l'évêque. La distance est de 30 km et la vitesse de transmission de 241 m à l'heure. L'expérience fut renouvelée en 1924 avec des résultats analogues. D'autres traçages furent effectués notamment par EDF entre 1951 et 1953 pour la construction du barrage de Sainte Croix et permirent d'établir une carte hydrologique des systèmes karstiques du Verdon.



### C Le cas Fontaine l'Evêque



Fontaine l'Evêque  
Carte postale de la résurgence avant la création du barrage de Sainte Croix qui a submergé la vallée sous Aiguines

Avec un débit moyen de 6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> et de 15 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> lors des crues, Fontaine l'Evêque était l'une des plus importantes résurgences karstiques de France. L'origine des eaux de Fontaine l'Evêque provient en partie des pertes du Jabron, de l'Artuby (30%) et du Verdon (20%) ainsi que du formidable bassin d'alimentation qu'offre le plateau de Canjuers (180km<sup>2</sup>). Fontaine l'Evêque est actuellement submergée par les eaux de la retenue de Sainte Croix et contribue ainsi à alimenter en eau potable les départements des Bouches du Rhône et du Var.

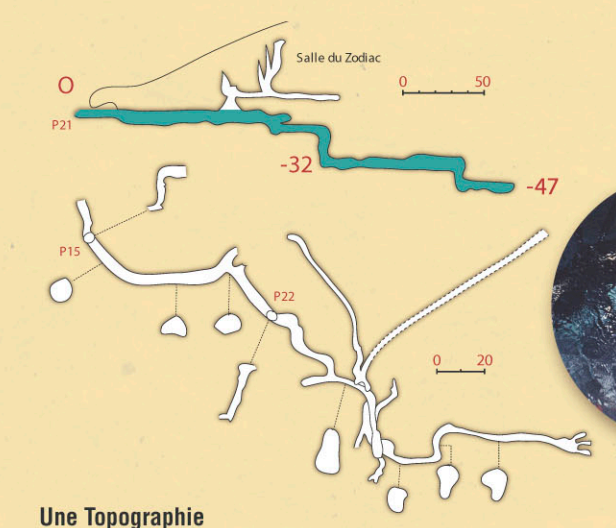


#### Histoire de "Fontaine l'Evêque"

Fontaine l'Evêque, ou Font de Sorps, jaillissait d'une cavité horizontale du calcaire jurassique, à l'extrémité nord-ouest des ravins de Bauduen et du plan de Majastre. Son double nom vient du latin, "surgere" (surgir), et d'une villa qui y avait été construite en 1634 par un évêque.

A 4 km en amont, en rive gauche du Verdon existait une quarantaine d'orifices, étagés et impénétrables qu'on nommait les sources des Garruby. Elles ne jaillissaient qu'après de fortes pluies et suite à la fonte des neiges. Les traçages ont montré que Fontaine l'Evêque et Garruby étaient liées.

### Topographie de «Fontaine l'Evêque»



Les parties noyées (siphon, partie fondée sur la topo) de Fontaine l'Evêque furent explorées par des spéléonautes (plongeurs spéléos), avant sa submersion par l'EDF. Elles ont été reconnues sur une longueur de 300m et une profondeur de 47m (par rapport à l'altitude de l'entrée, point 0 sur la topographie). Le siphon est très large, et le courant très important à empêché toute progression. D'autres boyaux à l'air libre au niveau de la salle du Zodiaque (partie claire sur la topographie) ont été parcourus sur une longueur de 100 m.

La mise en eau de la retenue de Sainte Croix n'a pas permis la suite des explorations. 85m sous la surface du lac, les expériences ne furent jamais renouvelées, et Fontaine l'Evêque gardera son secret.

### D Protégeons le Calcaire

La roche calcaire doit une partie de sa perméabilité à sa fracturation; l'eau qui y circule n'est pas filtrée et se retrouve presque telle quelle dans les exutoires. Un seul gramme de pesticide suffit à contaminer et à rendre impurs 10 millions de litres d'eau. En conséquence, toutes les pollutions externes, engrais agricoles, résidus industriels ou domestiques, pesticides, abandon de cadavres d'animaux, occasionnent des dégâts catastrophiques pour la faune aquatique ou non aquatique, dont souvent seuls les spéléologues ont connaissance. La qualité de l'eau est également touchée. Les traçages permettent de mettre en place des périmètres de protection et de lutter contre les pollutions. Les spéléologues jouent un rôle fondamental en signalant aux autorités responsables des dérives de notre société, préjudiciables pour la qualité des eaux, qu'elles soient captées ou non.



Décharge sauvage à l'entrée d'une grotte.



Déchets industriels à flanc de colline.



Déchets ménagers en bordure de nos rivières.



Déchets domestiques, pneu, huiles usagées,...

Les Paysages Karstiques dans le Parc Naturel Régional du Verdon

# Circulation des Eaux Souterraines





Outre les spécificités géologiques propres au Parc Naturel Régional du Verdon, celui-ci joue un rôle essentiel dans l'économie locale et régionale. Lacs, barrages, nature resplendissante, villages, activités agricoles et artisanat, participent à l'économie et à la renommée internationale du Parc Régional du Verdon.

## A Les ressources en Eau

Depuis des siècles l'homme utilise les rivières souterraines pour son alimentation en eau, et de nos jours, les études sur l'eau permettent de mieux exploiter les ressources karstiques. L'aménagement des barrages de Sainte Croix, de Quinson et de Gréoux sur le Verdon, comme celui de Serre-Ponçon sur la Durance, lie les possibilités énergétiques et l'alimentation en eau dans le cadre régional. Le réservoir de Sainte Croix alimenté en partie par le Karst du plateau de Canjuers (Fontaine l'Evêque et les sources de Garruby) permet d'assurer le débit estival.



**Barrage de Sainte Croix.**  
Alimenté par de multiples sources, le barrage permet l'alimentation en eau et la production d'électricité.

## B Les ressources Minérales



Le karst est un terrain qui recèle de nombreuses ressources. La pierre calcaire a été exploitée soit comme simple matériel de construction soit en tenant compte de ses aspects décoratifs (marbre, concrétions, travertin de Tivoli, ...).

Un problème crucial est la sensibilité de la surface du sol érodé par l'écoulement des eaux de pluie. C'est pourquoi les flancs des collines ont été façonnés en gradins étayés par des murettes (restanques) donnant lieu à de véritables paysages "agro-karstique".

**Aménagement de restanques**  
Le calcaire sert à édifier des constructions propres aux paysages karstiques

## C L'agriculture



**Culture de la Lavande**  
De Baudinard au plateau de Valensole, la culture de la lavande s'impose dans le paysage karstique du Verdon.

Une grande partie de l'économie tourne autour du Verdon et de ses plateaux, avec une agriculture essentiellement vouée à la culture de la lavande et du lavandin.

Le calcaire émerge souvent sous forme de rocher et le labour mécanique y est souvent difficile parfois impossible, c'est pourquoi les terres du Verdon sont souvent consacrées à l'élevage.



**Elevage de moutons**  
Entre la Palud sur Verdon et les falaises de l'Escalet.

## D Le Tourisme

Une grande partie des activités touristiques se déroulent en milieu calcaire ou karstique allant de la simple découverte paysagère, la randonnée, l'escalade, l'initiation spéléologique à la spéléologie plus sportive.



Escalade

Canyoning

Randonnée pédestre

Promenade sur le lac

Le Pont de l'Artuby

## E Education à l'Environnement

Le Parc Naturel Régional du Verdon organise avec des associations spécialisées, des journées d'éducation à l'environnement. Tout au long de l'année, les enfants des écoles primaires et des collèges découvrent le fonctionnement du cycle de l'eau en terrain calcaire dans les grottes du Parc; ils sont également sensibilisés à la préservation des espèces animales qui peuplent les cavités (cavernicoles, chauves-souris, etc...).



**"Grotte des chèvres"**  
Visite guidée avec des scolaires à La Palud sur Verdon.



**Château de calcaire**  
Un spécialiste explique le cycle de l'eau en terrain calcaire à des enfants.

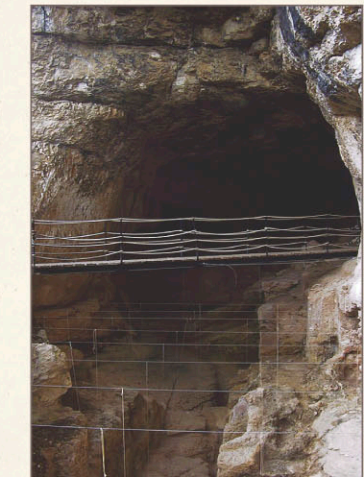
## F L'archéologie

Évidemment, les grottes ou porches bordant le Verdon ont attiré bon nombre d'hommes et l'activité archéologique y est abondante. L'archéologie, c'est la science de l'homme depuis son apparition. Les archéologues fouillent le sol à la recherche de restes de constructions et d'objets, qui leur serviront d'indices pour reconstituer le passé et comprendre les civilisations disparues. Les résultats et l'historique de ces recherches sont

consignés au musée de Quinson où l'on nous explique le mode de vie de nos ancêtres installés dans les grottes de la Baume Bonne, de Baume l'Eglise, des grottes de Baudinard.



Musée archéologique de Quinson



**"La Baume Bonne"**  
Haut lieu d'habitation de nos ancêtres et de fouille pour nos archéologues.



**Patrimoine archéologique**  
Les fouilles de plus de 60 sites archéologiques permettent de retracer l'histoire de l'Homme en haute Provence depuis 1 million d'années. Une sélection de ce matériel original est exposée dans les galeries de ce musée. (photographies musée de Quinson).

Les Paysages Karstiques dans le Parc Naturel Régional du Verdon

# Activités Autour du Karst



Patrimoine Naturel