



Géomorphologie et Spéléologie Étude géologique sur le site naturel de Crussol-Soyons Rendu final

Didier Cailhol

► To cite this version:

Didier Cailhol. Géomorphologie et Spéléologie Étude géologique sur le site naturel de Crussol-Soyons Rendu final. [Rapport de recherche] UMR 5204. 2016. hal-01740721

HAL Id: hal-01740721

<https://hal.science/hal-01740721>

Submitted on 22 Mar 2018

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

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

Géomorphologie et Spéléologie

Étude géologique sur le site naturel de Crussol-Soyons

Rendu final



Didier Cailhol
24/10/2016

Étude géologie sur le site naturel de Crussol-Soyons

Table des matières

1. Introduction.....	4
1.1. Le cadre de l'étude	4
1.2. La méthodologie de travail	4
2. Présentation des sites	6
2.1. Le contexte général	6
2.2. Le contexte géologique	6
i. L'incision messinienne	6
ii. L'aggradation Pliocène	7
iii. Le rôle de la tectonique dans la mise en place des structures.....	8
2.3. Les structures géologiques	11
i. Processus de mise en place	11
3. Châteaubourg.....	13
Le vallon de la Goule	15
i. Les observations à partir du front de taille de la carrière	15
ii. Les conduits hypogènes dans le vallon de la Goule	16
iii. Les cavités présentes dans le vallon de la Goule.....	17
iv. La tectonique dans le vallon de la Goule.....	23
4. Crussol	25
4.1. Les différents ensembles géologiques présents sur la montagne de Crussol.....	25
i. Le Trias.....	25
ii. Le Jurassique moyen.....	26
iii. Le Jurassique supérieur	27
4.2. Le château	29
4.3. Les carrières.....	32
i. La Grande Carrière.....	32
4.4. Les grottes de la montagne de Crussol.....	32
i. Les cavités de la partie supérieure du versant Saint Péray-Toulaud.....	32
ii. Les cavités situées sur le versant oriental	34
4.5. Le Ravin d'Enfer	36
i. Le contexte géologique	36
ii. Les unités géologiques présentes.....	38
5. Soyons.....	40
5.1. Contexte géologique et géomorphologique	40

i.	Le Trias.....	40
ii.	Les structures du serre de Guercy.....	44
5.2.	Les grottes	46
i.	Localisation et contexte topographique.....	46
ii.	Description géomorphologique des grottes.....	48
iii.	Présentation générale des cavités.....	48
iv.	Description des cavités	50
v.	Hypothèse sur la genèse des grottes.....	60
5.3.	Le patrimoine géologique à Soyons.....	61
i.	L'activité minière	61
ii.	Les conduits de mines	63
iii.	Les minéralisations dans les grès du Trias et les eaux hypothermales	65
6.	Le paléo Rhône dans la dépression de Saint Péray - Toulaud	68
7.	Cartes et localisation des phénomènes géologiques et des cavités	72
I.	Secteur de Crussol	72
II.	Secteur de Soyons	74
III.	Secteur de Châteaubourg.....	76
8.	Bibliographie.....	77
Axes de médiation		
A.	Axes de valorisation patrimoniale et de médiation	83
B.	Axes de valorisation à partir des sites et des infrastructures.....	84
C.	Le patrimoine géologique.....	85
a.	La mise en scène de paysages ou de sites.....	85
b.	Des lieux d'activités	87
D.	Les patrimoines de la géomorphologie	87
a.	Les paysages	87
b.	Les grottes témoins des évolutions environnementales.....	89
E.	Les patrimoines culturels.....	90
a.	Le temps des hommes.....	90
b.	Histoire sciences et techniques	91
	Histoire des sciences de la terre (géologie, archéologie).....	91
	L'activité minière	93
	Les activités extractives et industrielles	94

1. Introduction

1.1. Le cadre de l'étude

Parmi les compétences de la Communauté de communes Rhône Crussol figure la gestion des patrimoines naturels des massifs de Soyons, Crussol, Cornas et Châteaubourg. Ces ensembles font l'objet d'inscriptions dans les réseaux Natura 2000 et Espaces naturels sensibles qui ont été initiées à partir de démarches d'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF) conduites par la collectivité avec l'appui des services de l'État, la région et le département.

Par ailleurs, un riche patrimoine archéologique, paléontologique et géologique est présent sur ces territoires. Ces différents aspects ont fait l'objet d'études thématiques dans le cadre de fouilles programmées ou de démarches d'inventaire du patrimoine géologique.

En effet, cette région de carrefours présente un grand intérêt pour la compréhension des phases d'évolution de l'histoire de la Terre et des contextes géologiques et géomorphologiques régionaux. La grande diversité des formations géologiques présentes, les évolutions complexes des paysages permettent de disposer d'une lecture à haute résolution des épisodes géologiques, tectoniques et paléo-environnementaux qui se sont succédés depuis la fin de l'ère primaire jusqu'à l'actuel.

Cette volonté de connaître, conserver et partager ces patrimoines naturels et culturels amène la Communauté de communes Rhône Crussol à pouvoir disposer de la connaissance précise des différentes composantes géologiques et géomorphologiques présentes sur son territoire, pour en intégrer les politiques de conservation et de valorisation nécessaires aux différents schémas de développement territorial qu'elle conduit.

Pour cela, un travail d'inventaire et de synthèse géologique a été entrepris à partir du mois d'avril 2014 dans le cadre de cette étude commandée par la collectivité.

1.2. La méthodologie de travail

Trois axes de travail ont été développés pour répondre à cette commande :

Un travail de synthèse bibliographique

Un recensement des connaissances existantes à propos des patrimoines géologiques et des objets naturels remarquables présents sur les différents secteurs du terrain d'étude a été entrepris.

Les recherches ont été menées auprès des bibliothèques universitaires ou spécialisées telles que :

- Le Fonds Choppy dédié au karst, à la bibliothèque de l'Université de Savoie à Chambéry ;
- La bibliothèque de l'Université Joseph Fourier de Grenoble qui assure la gestion des fonds et collections de l'Institut Dolomieu ;
- Le Centre national de documentation spéléologique de la Fédération française de spéléologie à Lyon.

Des bibliothèques en ligne ont également été consultées.

Il s'agit de :

- Persée, bibliothèque en ligne de revues scientifiques consacrées aux sciences de la terre et à la géographie physique, gérée par le PRES Université de Lyon – Saint-Étienne, l'École Normale Supérieure de Lyon et le Centre National pour la Recherche Scientifique ;
- Le catalogue du Système Universitaire de Documentation (SUDOC) est le catalogue collectif français réalisé par les bibliothèques et centres de documentation de l'enseignement supérieur et de la recherche.
- Le Bulletin bibliographique de spéléologie (BBS) est édité par l'Union Internationale de Spéléologie (UIS). C'est d'une revue annuelle qui fait le recensement de la littérature spéléologique mondiale. Environ 4000 titres sont référencés chaque année, le plus souvent avec une courte analyse.

Les inventaires du Comité départemental de spéléologie d'Ardèche ont été utilisés pour faire l'état de la connaissance des cavités présentes dans les différentes communes.

Le centre de documentation de la Cité de la Préhistoire à Orgnac-l'Aven a été consulté sur les aspects de documentation des aspects d'archéologie et de paléontologie des sites étudiés sur les territoires concernés par l'étude.

Le musée de Soyons et les archives du service de la Communauté de communes ont permis de compléter la documentation et la bibliographie existante sur les différents sites. Ces différents services ont apporté une forte contribution aux recherches bibliographiques et à la mise en relation de personnes ressources.

Réalisation d'une démarche d'inventaire

À partir des informations recueillies avec le travail de synthèse bibliographique, une méthodologie d'inventaire des différents objets naturels a été organisée.

Trois catégories d'objets ont été identifiées :

- Les objets relevant des géopatrimoines ;
- Les objets relevant du patrimoine spéléologique ;
- Les objets relevant des activités anthropiques.

Un travail de prospection de terrain a été engagé pour identifier et qualifier les sites d'intérêts. Une documentation photographique et un positionnement géographique des différents objets ont été réalisés de manière systématique afin de constituer une base de données.

La démarche est complétée par un travail de cartographie des cavités et de levés géologiques présentant un intérêt fort pour la compréhension des géopatrimoines.

Ces différentes actions ont abouti à la réalisation d'une démarche de synthèses géologiques, karstologiques et spéléologiques qui est présentée ici comme point d'étape à la commande de la Communauté de communes Rhône Crussol.

Remerciements :

Ce travail a pu être mené à bien grâce à la collaboration bienveillante du Comité départemental de spéléologie de l'Ardèche en permettant la consultation de sa base de données ; la société CEMEX qui nous a ouvert l'accès à la carrière de Châteaubourg et apporté des informations très utiles pour la compréhension du contexte géologique du vallon de la Goule.

Il nous faut également exprimer toute notre gratitude à Philippe Audra, Professeur à l'Université de Nice - Sophia Antipolis pour ses conseils et observations avisées ainsi que sa relecture attentive des documents.

Il faut également souligner les apports de Ridha Mouici, géologue de l'Université de Tebessa lors des sorties de terrains, à propos du Trias et de la tectonique de la Montagne de Crussol.

Françoise Prudhomme de la Cité de la Préhistoire à Orgnac-l'Aven a fourni une documentation utile et des mises en relations essentielles pour la conduite de cette étude.

Fanny Derym, en charge du musée et des grottes de Soyons, nous a permis l'accès le plus large aux cavités chaque fois que nous l'avons demandé, ainsi que Fabien Cayrat de la communauté de communes Rhône Crussol pour la mise à disposition d'une documentation riche sur les patrimoines naturels des territoires de la CCRC.

Bernard Gély du Service Régional d'archéologie de Rhône-Alpes nous a permis l'accès à la Baume Moula pour les relevés topographiques et les observations géomorphologiques

2. Présentation des sites

2.1. Le contexte général

Le cadre de cette étude concerne les ensembles sédimentaires intercalés en d'étroites bandes entre les collines de la bordure cristalline et la dépression de Valence.

Ces ensembles constituent un relief méridien qui domine la rive droite du Rhône au sud de Valence. Ils s'étendent sur 15 km, avec Châteaubourg au nord, Saint-Péray avec la montagne de Crussol (406 m), suivis du Serre de Saint-Christol (276 m), jusqu'aux Serres de Guercy et d'Aurouze (246 m) entre Soyons et Charmes-sur-Rhône au sud. La plaine alluviale (alt. 100 m) fait la transition entre le Rhône et le versant des Serres, elle atteint 1 km de largeur au sud de Soyons, alors qu'elle est inexistante au nord de Soyons où le Rhône est accolé au versant. Les versants orientaux des Serres dominant le Rhône sont toujours raides, parfois escarpés (Crussol). Le sommet est en arête étroite (Crussol), ou en plateau large de quelques dizaines de mètres à 1 km. Contrairement au versant oriental raide en bord du Rhône, le versant occidental, quoique nettement marqué, descend plus progressivement sur la vallée de Touloud. Cette longue vallée sèche à fond plat, située vers 200 m d'altitude et large d'un bon kilomètre assure la transition avec les contreforts du Massif central qui s'élèvent rapidement à l'altitude de 500-600 m.

2.2. Le contexte géologique

Les reliefs des structures sédimentaires de Soyons, Crussol et Châteaubourg marquent de manière appuyée les paysages du sillon rhodanien. Elles sont les témoins les plus septentrionaux des transgressions mésozoïques qui ont occupé la bordure orientale du Massif central. La rive droite du Rhône dans la région valentinoise est en effet constituée des terrains hercyniens en amont de Châteaubourg et en aval de Charmes-sur-Rhône jusqu'à La Voulte-sur-Rhône. Il s'agit de différents ensembles de grès, de marnes et de calcaires qui se sont déposés depuis le Trias jusqu'à la période crétacée.

Au cours du Cénozoïque, la succession de grandes phases tectoniques va imposer des changements radicaux des structures et des paysages. Ainsi, à partir de l'Éocène supérieur, l'épisode tectonique qui affecte les Pyrénées et la Provence provoque les premiers mouvements compressifs, accompagnés de failles avec l'amorce des structures de plissements qui se développeront ultérieurement.

À la fin de l'Éocène, une phase de distension est à l'origine d'une grande déchirure de la croûte continentale qui produit un alignement de fossés d'effondrement (fossés rhénaux, Limagnes, Bresse, Valence, Nîmes, Alès, Camargue, Manosque) recoupant à l'emporte-pièce toutes les structures antérieures, de la mer du Nord jusque dans le Golfe du Lion de l'actuelle Méditerranée et installe le rift ouest-européen (fig. 2). Ces effondrements de grande ampleur vont être à l'origine de grands lacs, souvent salins, avec localement d'éphémères connexions marines qui occupent ces fossés et donnent lieu, principalement entre la fin de l'Éocène et l'Oligocène inférieur, à l'accumulation de couches importantes de sédiments atteignant plusieurs milliers de mètres d'épaisseur.

Au Miocène, des phases de transgression (invasion par la mer) de la proto-Méditerranée par le Sud, et du bras de la « mer périalpine » à l'Est, vont apporter de nouveaux dépôts de calcaires, marnes et molasses, avec la poursuite du comblement du fossé (Clauzon & al., 1990).

Au cours du Serravallien, le bassin s'est considérablement élargi ce qui lui permet d'atteindre à l'ouest, le Massif central et, au nord, la région de Lons-le-Saulnier. À partir de -10 millions d'années, celui-ci se continentalise progressivement selon un double gradient E-O et N-S. Vers -7 et -6 millions d'années, le paléo-Rhône assure alors le drainage du bassin périalpin qui est intégralement exondé.

i. L'incision messinienne

À partir de -5,96 millions d'années et jusqu'à -5,32 millions d'années, la fermeture progressive du détroit bétique puis du corridor rifain (à l'emplacement actuel du détroit de Gibraltar) dans un contexte tectonique transpressif (compression et cisaillement au niveau de plaques), associée à une longue période de climat sec

et chaud et à l'abaissement du niveau marin mondial, a installé l'isolement du bassin méditerranéen et conduit à une chute très rapide du niveau de la mer.

Ces processus sont à l'origine de la « Crise messinienne » qui constitue l'un des plus grands épisodes de formation d'évaporites de l'histoire de la Terre. Ses effets spectaculaires se sont traduits par d'importantes variations des paramètres physico-chimiques des masses d'eau méditerranéennes (salinité, température, oxygénation) et surtout par un abaissement marin estimé entre 1600 et 1900 m dans les bassins résiduels (Clauzon & al., 1990).

Les répercussions de ces phénomènes vont avoir pour effet d'installer des processus d'érosion régressive intenses sur une grande partie du bassin d'alimentation du Rhône et de ses tributaires. Le réseau hydrographique qui a contribué à la mise en place des sédiments molassiques s'enfonce alors sur place très profondément. Ainsi, au droit de Péage-de-Roussillon, la vallée du Rhône messinien incise le socle du Massif central sur une profondeur supérieure à 450 m, ce qui place le talweg du fleuve à cette époque vers – 110 m NGF (Clauzon & al., 1990).

ii. L'aggradation Pliocène

À partir de -5,3 millions d'années jusqu'à 2 millions d'années, la mer envahit le canyon résultant de l'incision messinienne. Il s'installe alors une ria longiligne et longue de 400 km, allant des plaines abyssales méditerranéennes à la Bresse, ria profonde de 1300 m au niveau du littoral actuel et étroite de quelques kilomètres aux endroits de son encaissement les plus importants (sections épigéniques selon le terme géomorphologique).

Le comblement va se réaliser de manière très rapide, au début par des faciès marins, sur lesquels vont s'installer des faciès continentaux détritiques (galets fluviaux). Une interruption brutale des processus de remplissages sédimentaires s'opère alors au début du Pléistocène vers 2 Ma (Clauzon, 1997) avec l'installation d'une dynamique d'incision de ces remplissages, incision liée aux changements climatiques qui vont se succéder au cours de cette période.

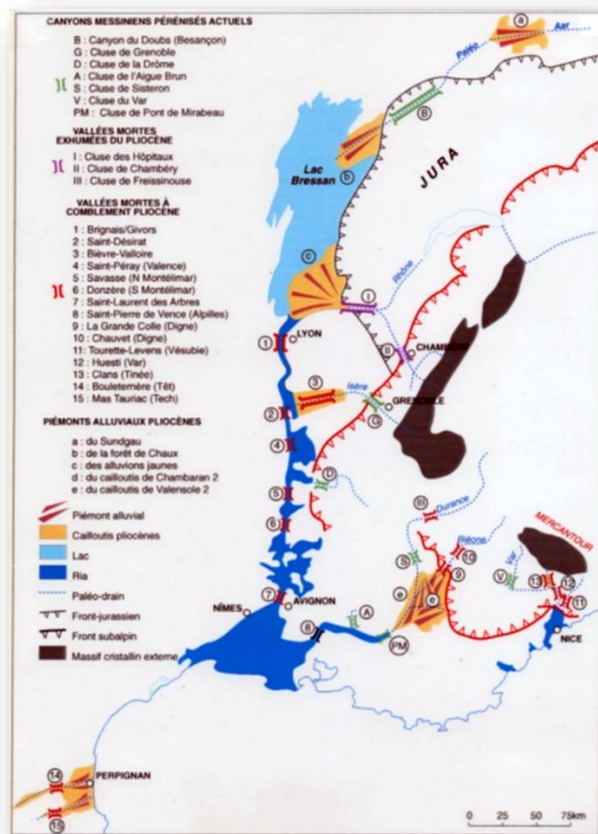


Figure 1 : Carte de l'extension de la Ria pliocène du Rhône et du contexte géomorphologique lors de la transgression intervenue à cette période, (Carte Rubino et al., 2002).

iii. Le rôle de la tectonique dans la mise en place des structures

La région valentinoise constitue une zone de carrefour marquée par le fossé d'effondrement de Valence. Celui-ci s'est amorcé il y a environ 40 million d'années à l'Éocène. Le processus s'est ensuite poursuivi au cours de l'Oligocène (- 34 à - 23 Ma). Il est lié à l'évolution du Rift ouest-européen qui a connu une phase de distension active durant cette période. De ces épisodes, il en a résulté l'installation d'un graben (fossé), avec des gradins de chaque côté, du fait de l'effondrement des différentes structures. Les différentes failles qui ont accompagné ces mouvements géologiques ont abaissé les terrains situés à l'est vers le fond du fossé d'effondrement, qui s'est ensuite entièrement comblé dans les différents contextes décrits *supra*.

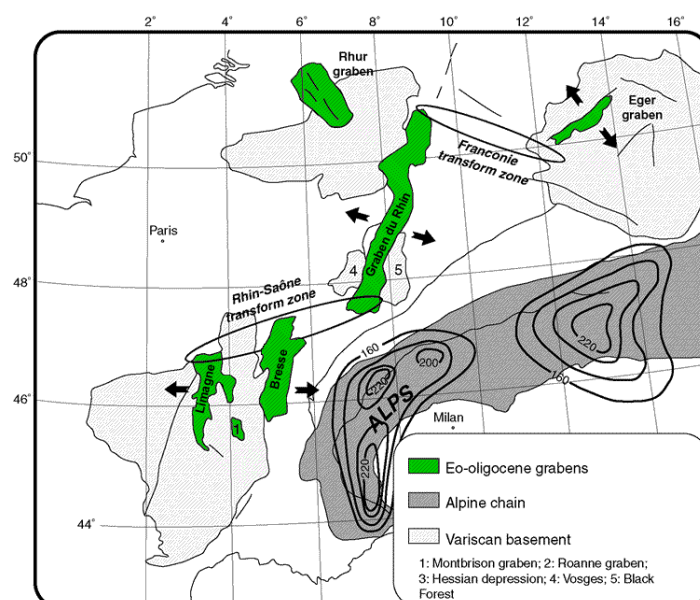


Figure 2 : Carte de localisation du Rift Ouest-européen. Le fossé de Valence est situé au Sud de la Bresse (Michon, 2000).

C'est donc un phénomène de grande ampleur qui a affecté les structures géologiques de la région. Les roches granitiques du socle sont reconnues par forage et géophysique à 4 000 m de profondeur au milieu du fossé. Les molasses fluviatiles se retrouvent actuellement à plus de 400 m de profondeur dans le fossé de Valence (Gudefin, 1977 ; Cave, 2011).

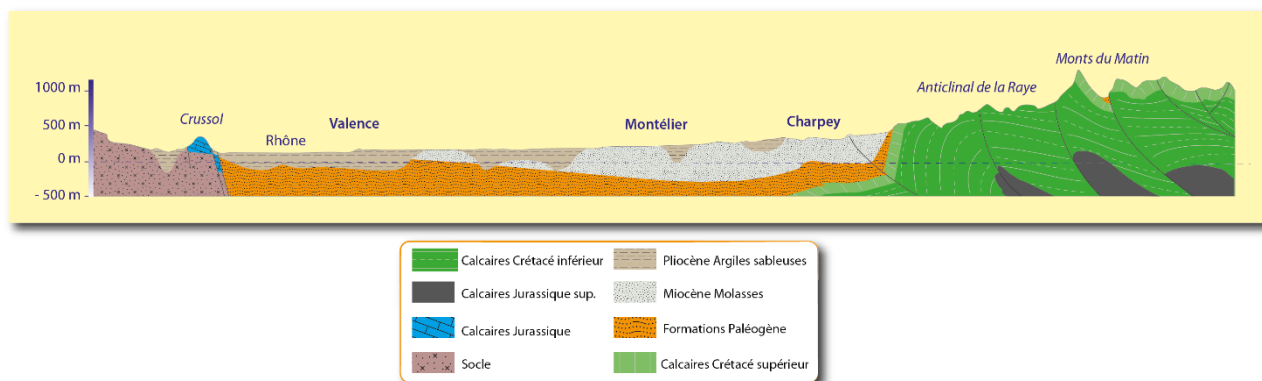


Figure 3 : Coupe géologique est – ouest depuis le Vercors au Massif-central des différents ensembles autour du fossé de Valence. La montagne de Crussol repose sur le socle granitique qui est affecté de failles profondes en gradins (d'après De la Vaissière, 2006).

Les ensembles de Soyons, Crussol et Châteaubourg, appuyés sur la bordure orientale du Massif central ont été structurés par ces éléments de tectoniques.

Ils s'inscrivent complètement dans le système d'accidents méridiens consécutifs du rifting ouest-européen avec ici, l'installation du bassin valentinois à partir de l'Oligocène.

Les conséquences sont nettement inscrites dans les paysages le long de la rive droite du Rhône entre Soyons et Crussol, avec les flancs abrupts des serres et dans la Vallée de Saint-Péray -Toulaud où une faille normale met en contact les granites de Tournon et les calcaires du Jurassique supérieur.

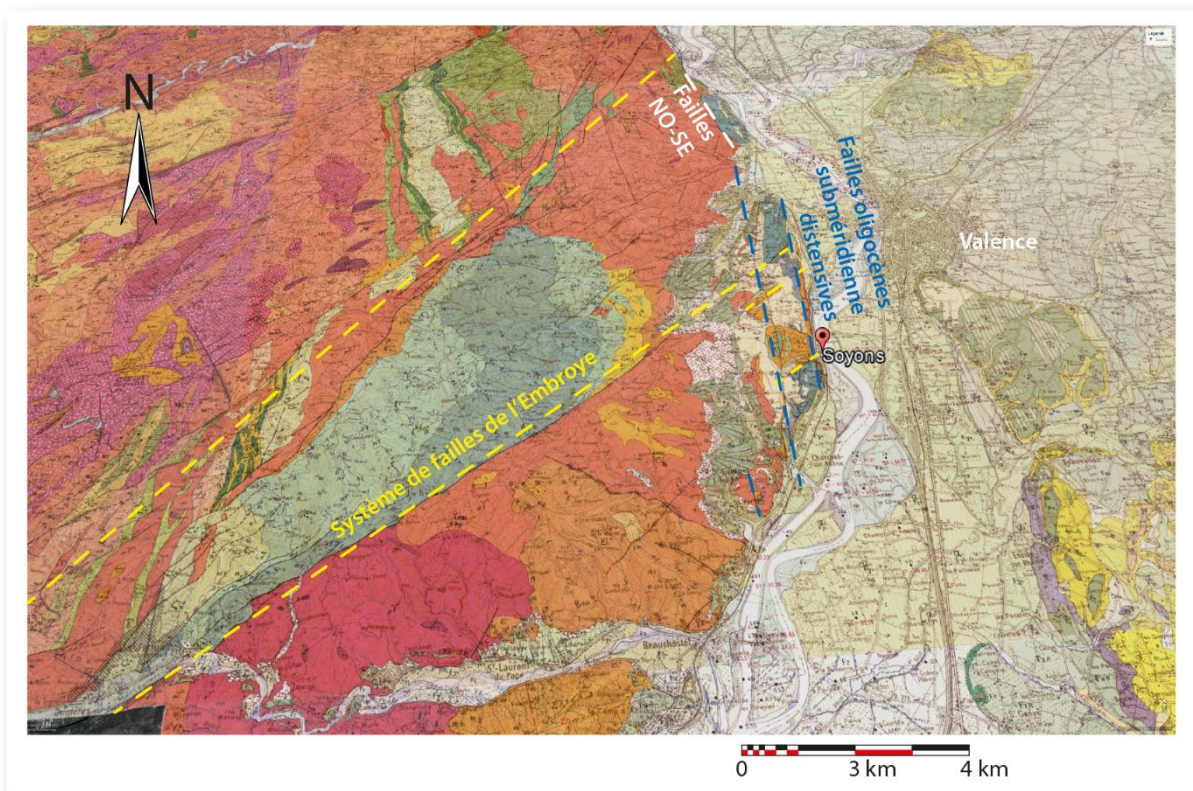


Figure 4 : Carte des structures géologiques et du contexte tectonique de la partie nord du département de l'Ardèche jusqu'à la plaine de Valence et la confluence du Rhône et de l'Isère. Les traits d'axes tiretés jaunes indiquent les directions des systèmes de failles associées à la mise en place du rift nord-ouest méditerranéen, les traits tiretés bleus correspondent aux failles méridiennes oligocènes liées à la mise en place du bassin valentinois. (Fond de carte : carte géologique BRGM, Infoterre).

Un deuxième système de failles contribue de manière importante à la structuration des reliefs de ces massifs. Il s'agit de différentes failles d'orientation NE-SO, dénommées également failles de l'Escrinet (Carfantan, 1964 ; Mandier, 1969). Ce sont de grands accidents parallèles aux failles des Cévennes et de Nîmes et contemporains de ceux-ci. Ils s'inscrivent dans le contexte de la mise en place du rift nord-ouest méditerranéen avec l'installation jusqu'au Miocène inférieur de séries de grabens (Serrane et al., 1995). Les failles de l'Escrinet constituent les répercussions les plus septentrionales de ces événements.

Ces systèmes de failles sont à l'origine de la bascule vers le nord-est de la montagne de Crussol, et plus au sud à Soyons, de la structuration singulière du serre de Guercy et du serre d'Aurouze, par rapport aux terrains triasiques qui les enserrent.

À Châteaubourg, ce système de failles combiné aux failles méridiennes a contribué, lors des phases de rejeu, à l'isolement de l'ensemble calcaire dont il ne reste qu'un petit lambeau très fracturé.

2.3. Les structures géologiques

La montagne de Crussol, les serres d'Aurouze et de Guercy ne font en fait qu'une seule et même structure, restée en position après l'installation du bassin valentinois (Gudéfin, 1977, Cave, 2011). L'importance des effets des phases tectoniques et l'action de l'érosion ont segmenté puis individualisé les différentes entités. Les ensembles sédimentaires constitués des serres d'Aurouze et de Guercy constituent le flanc méridional de cette structure qui prend la forme d'un anticlinal étroit de direction N80E.

Le flanc nord correspond à la montagne de Crussol qui repose sur le socle au niveau de Saint-Péray.

Le cœur calcaire très fracturé de l'ensemble a été évidé par l'érosion. Il ne subsiste plus que les terrains triasiques depuis le nord de Soyons jusqu'au Ravin d'Enfer.

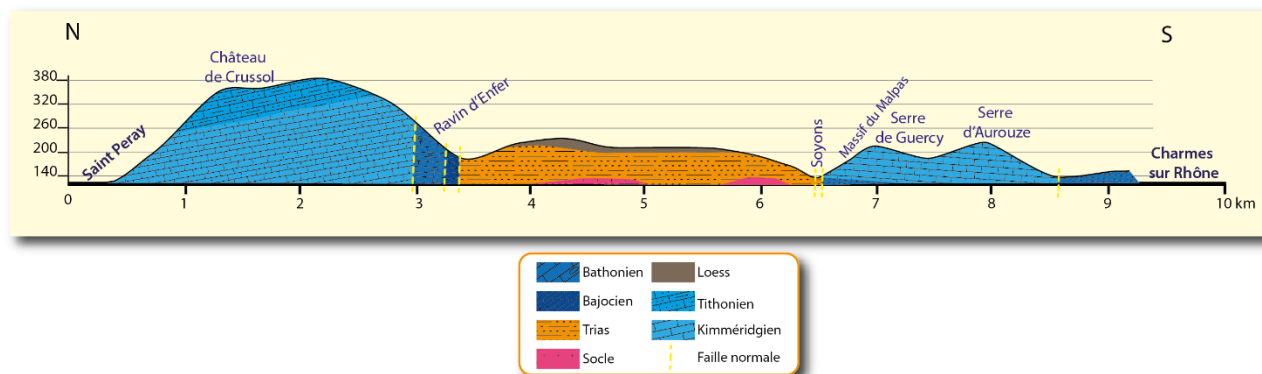


Figure 5 : Coupe géologique de l'anticlinal évidé constitué par la montagne de Crussol pour son flanc nord et des serres de Guercy et d'Aurouze pour son flanc sud, l'axe du pli est de direction N80°E.

i. Processus de mise en place

La succession des phases tectoniques, et plus particulièrement celles d'époque oligocène, va introduire le démantèlement des structures sédimentaires en les découpant et en faisant disparaître en profondeur la plus grande partie de celle-ci, ne laissant en position que cette étroite bande à côté des terrains cristallins.

Les processus extensifs, avec l'installation de grabens, vont déchirer la plateforme, ne laissant que les minces bandes présentes de Charnes-sur-Rhône à Saint-Péray et celle au sud de Châteaubourg.

Ces mouvements s'exercent suivant deux axes : l'un suivant une direction est – ouest avec des failles normales méridiennes bien marquées du côté de l'actuelle vallée du Rhône et dans la vallée de Touloud, l'autre suivant une direction NO-SE qui engendre des fractures de direction N50°E à N60°E.

Il en résulte localement des mouvements complexes que l'on peut observer au Ravin d'Enfer ou à proximité du serre de Guercy. Toutefois, les mécanismes qui ont contribué à ces différentes évolutions peuvent se décomposer de la sorte (fig. 6) :

- Une première phase extensive est – ouest qui ne laisse en place que les quelques lambeaux des séries triasiques et les calcaires du Jurassique et du Crétacé découpés suivant une direction nord-sud.
- La seconde phase installe des distensions inégales au sein des structures avec des mouvements plus intenses du côté de Saint-Péray où le fossé est plus profond que côté sud vers Charnes-sur-Rhône.

Cela entraîne une bascule des ensembles à partir de failles de direction N50°E qui vont découper les structures en trois entités : la montagne de Crussol au nord, un ensemble médian, et les serres de Guercy et d'Aurouze au sud. De plus, la faille normale méridienne de la vallée de Touloud provoque l'abaissement d'une centaine de mètres du gradin correspondant à l'ensemble central. Au nord à Saint-Péray, la conjonction d'action des différentes familles de failles va provoquer l'abaissement des niveaux de plus de 350 m, en une série de gradins complexes.

Les mouvements ont produit une intense fracturation de la partie médiane qui subit alors plus intensément les processus d'érosion. Les niveaux du Crétacé et du Jurassique sont érodés, dégageant une surface structurale au toit des séries du Trias

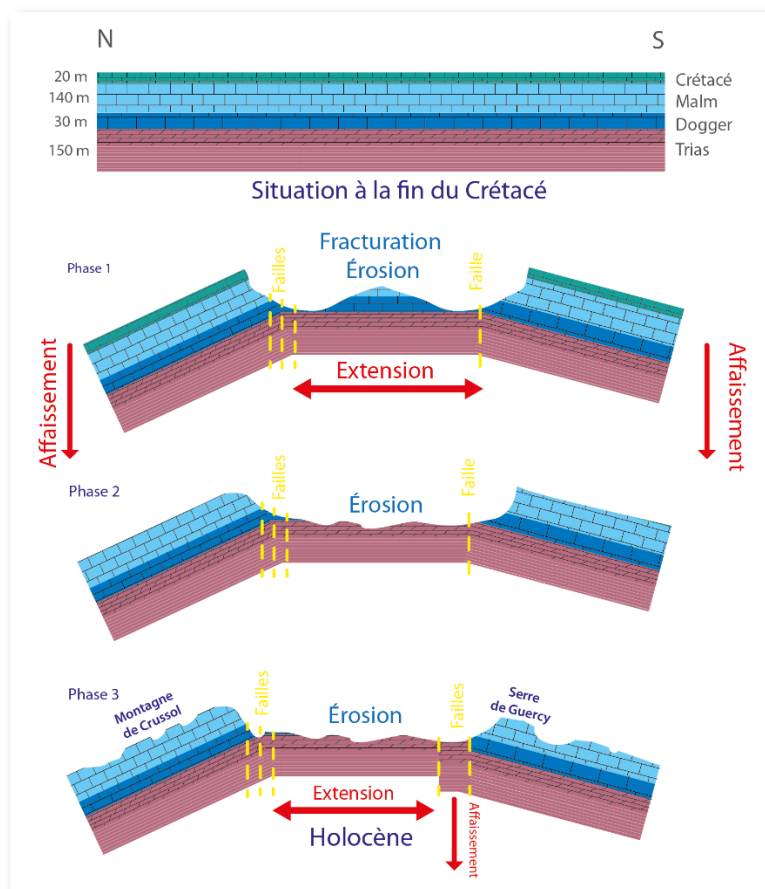


Figure 6 : Schéma des différentes phases de mise en place des structures géologiques de la montagne de Crussol au serre de Guercy au cours du Cénozoïque. Les 4 étapes récapitulent les mécanismes intervenants dans la mise en place des structures et les évolutions géomorphologiques qui les ont accompagnées.

Au Quaternaire, les processus d'érosion poursuivent les évolutions des paysages avec des éboulissements et des colluvionnements importants. Enfin, les niveaux de loess issus des phases des glaciations quaternaires sont venus adoucir les morphologies en comblant les dépressions.

3. Châteaubourg

L'étroite bande calcaire située au sud de Châteaubourg est constituée des formations du Kimméridgien. Il s'agit du cœur d'un synclinal à faible rayon de courbure dont apparaît ici le flanc ouest (Carfantan, 1974). Il est bordé à l'ouest par la grande faille nord-sud qui passe par Crussol, Châteaubourg et Glun. Cet accident long de 17 km met au contact les granites de Tournon et les calcaires kimméridgiens.

Ces calcaires ont fait l'objet d'une forte érosion, ils sont actuellement complètement intégrés dans la pente générale du versant des terrains du socle qui se poursuivent à l'ouest en direction de Saint-Romains-de-Lerps. Au niveau de la plaine de Valence, ils se terminent par des escarpements d'une cinquantaine de mètres de hauteur, le long de la rive droite du Rhône.

Une petite surface de terrain du Trias apparaît au nord près de Châteaubourg aux croisements de failles normales qui mettent au contact les granites, le Trias et les calcaires.

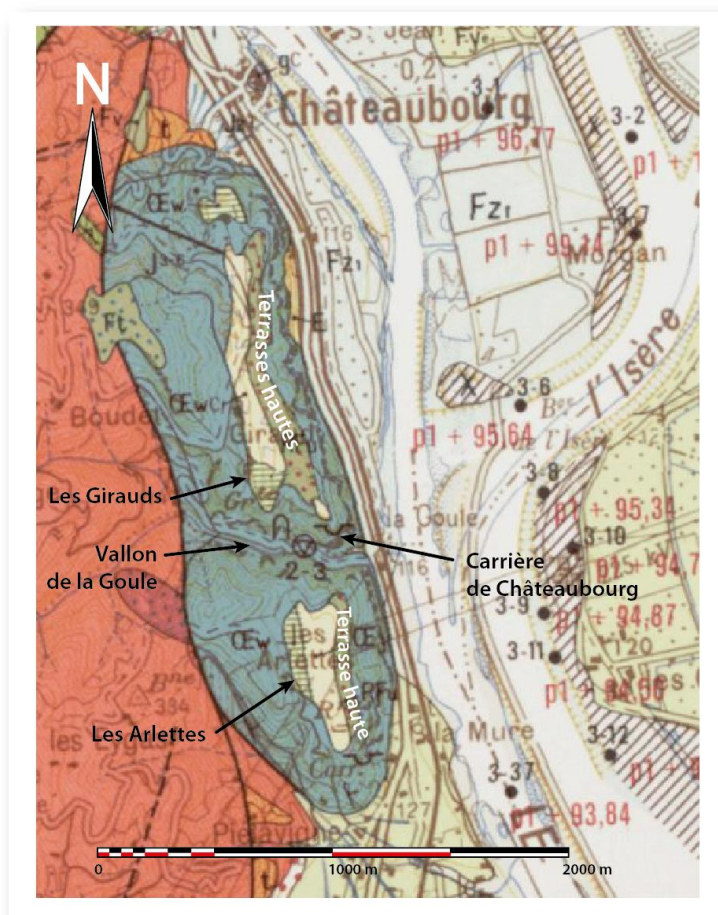


Figure 7 : Carte des structures géologiques de la partie méridionale de Châteaubourg. Les terrasses hautes des lieux dits les Girauds et les Arlettes correspondent aux dépôts du Rhône au début du Quaternaire. Des lœss plus récents sont venus recouvrir ultérieurement ces dépôts. (Fond de carte : carte géologique BRGM, Infoterre).

Le long de la rive droite du Rhône, les escarpements font un contraste marqué dans le paysage avec la plaine de Valence. Au pied, un tablier de colluvions conséquent assure la transition avec les parois verticales. Dans le tiers supérieur, elles montrent d'anciens niveaux de galeries de grottes recoupées par le recul du versant du fait des phénomènes gravitaires

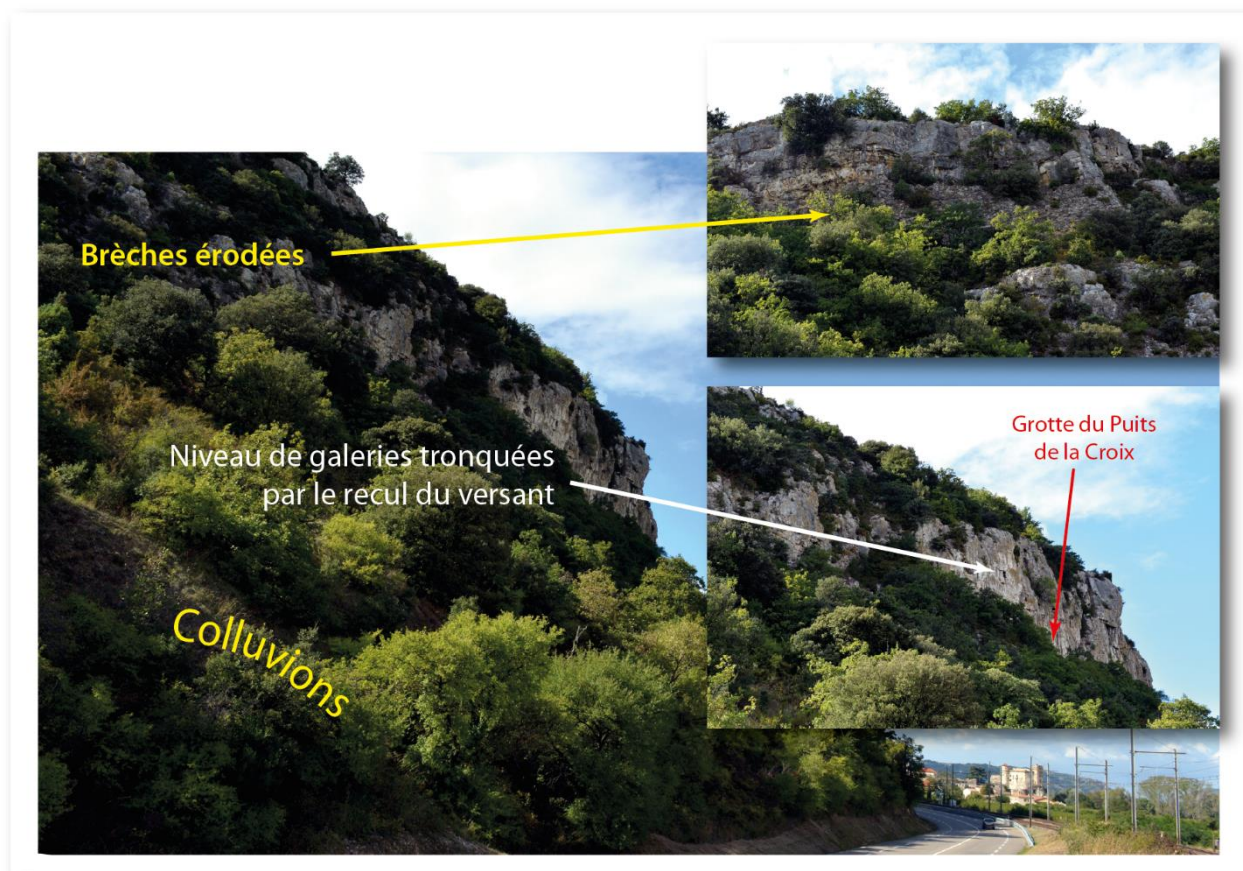


Figure 8 : Vue de l'escarpement le long de la route départementale D86 en direction de Châteaubourg, au lieu-dit « les Côtes ». Dans la partie supérieure de la paroi, des portions de cavités ont été recoupées par le recul du versant. La grotte du Puits de la croix s'ouvre au-dessus du tablier des colluvions. Des lambeaux de brèches très érodées sont encore en position dans le versant.

Une fracturation intense affecte l'ensemble calcaire. Un important système de failles complexes est à l'origine du vallon de la Goule qui entaille, au sud, les formations d'ouest en est.

Sur les surfaces sommitales au lieu-dit les Girauds et plus au sud vers les fermes des Arlettes, on retrouve des niveaux durcis de lœss que viennent recouvrir d'autres surfaces de lœss bien meubles qui eux, font l'objet de cultures (céréales et arbres fruitiers).

Ces surfaces sont en recouvrement des niveaux de terrasses hautes, à forte dominante de galets de quartzite. Elles se situent à la cote 210-220 m NGF et restent visibles à l'affleurement sur la bordure de la surface au-dessus des escarpements. Ces terrasses témoignent de la position du Rhône au début du Quaternaire, lors des phases antérieures aux glaciations du Günz (Mandier, 1974).



Figure 9 : Vue depuis les Girauds de la terrasse haute des Arlettes, de la plaine de Valence et du cours actuel du Rhône. Au premier plan la carrière de Châteaubourg entaille la rive gauche du Vallon de la Goule. En arrière-plan, la montagne de Crussol et le château sont nettement visible. La terrasse haute correspond au cours du Rhône anté Günz.

Le vallon de la Goule

Le vallon de la Goule entaille profondément les calcaires. Il est parcouru par le ruisseau de la Goule qui coule à contre pendage des strates en direction du Rhône. Il y a eu une surimposition du cours du ruisseau au fur et à mesure de l'incision du Rhône dans sa vallée.

Une végétation dense recouvre les versants abrupts. Les différents épisodes d'écroulement survenus en rive gauche, en amont de la carrière Cemex, ont considérablement modifié les rives du vallon et installés des corridors d'éboulis et des blocs instables de grosses dimensions.

i. Les observations à partir du front de taille de la carrière

La visite de la carrière a pu être faite grâce à la collaboration de la société CEMEX et de sa responsable environnement Virginie Theuillon.

L'exploitation se fait sur une hauteur de 90 m en plusieurs gradins.

Le front de taille met en évidence une structure faillée complexe qui combine une faille normale de direction sud-est – nord-ouest avec un rejet d'une cinquantaine de mètres et plusieurs ensembles de mouvements décrochants qui font plonger la structure en direction du sud. La fracturation est intense, de nombreuses diaclases affectent les bancs de calcaires.

Des cheminées sont visibles en plusieurs endroits, à proximité des failles. Elles mettent en évidence les processus hypogènes (dissolution des carbonates par des fluides chauds et minéralisés d'origine profonde) à l'origine de la création des différentes cavités et conduits présents dans le vallon. Des concentrations d'argile rouge entraînées par les ruissellements le long du front, témoignent également de ces phénomènes. Ces écoulements proviennent de fissures situées à mi - paroi.

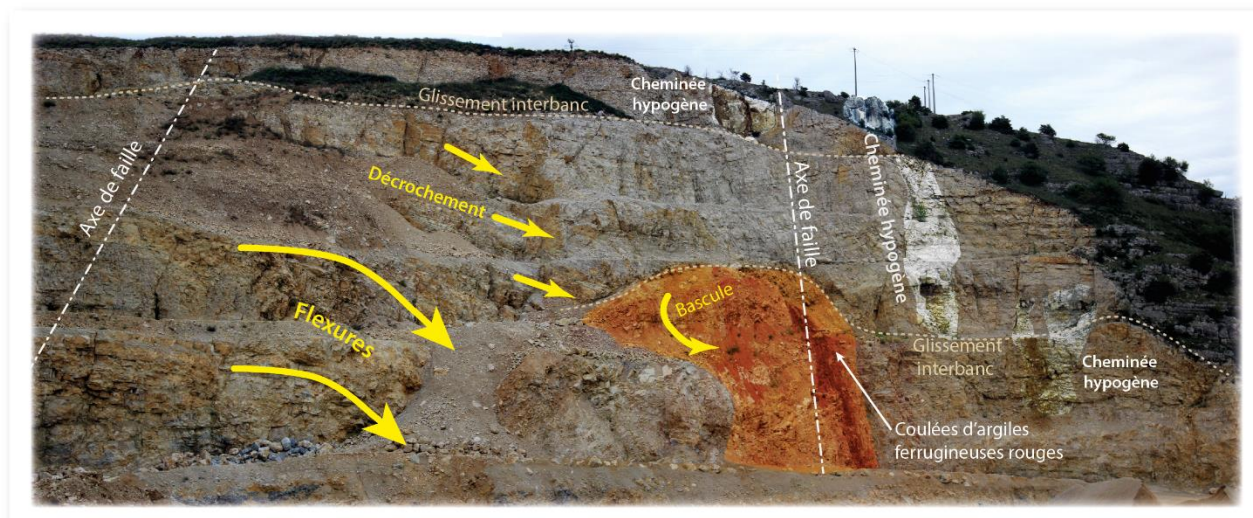


Figure 10 : Le système de failles qui affecte la partie aval du vallon de la Goule est bien visible sur la partie orientale du front de taille. On observe les mouvements décrochants qui constituent des arêtes verticales, ils ont accompagné le plongement vers le sud des strates du fait de la faille normale. À droite, les coulées d'argiles rouges sont bien visibles dans le tiers inférieur de la paroi.

Ces phénomènes hypogènes sont liés à des remontées de fluides profonds, chauds et minéralisés qui installent les processus de dissolution des carbonates et vont participer à la formation du bas vers le haut, de cavités et de réseaux spéléologiques. Ils contribuent également à l'installation de minéralisations secondaires en fonction du contexte géologique rencontré.

ii. Les conduits hypogènes dans le vallon de la Goule

Le front de taille de la carrière met en évidence l'importance des phénomènes hypogènes rencontrés dans le vallon. Des cheminées remontent sur toute la hauteur du front de taille.

Dans la partie est de la carrière, des paléo conduits partiellement colmatés ont été recoupés par les différentes phases d'exploitation du site. Il en reste néanmoins des vestiges bien marqués dans les paysages, dans les zones supérieures de la carrière. À proximité se trouvait la grotte des Ours qui constituait une cavité importante et accessible depuis les terrasses des Girauds.

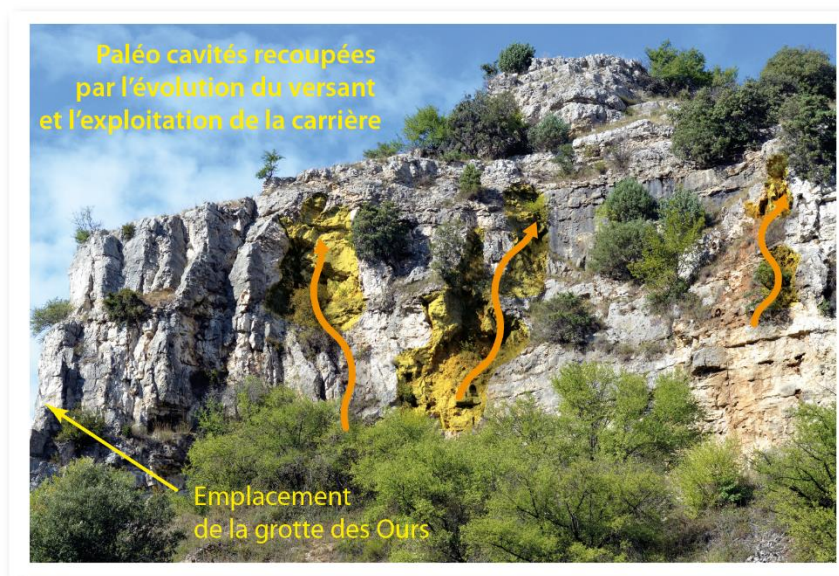


Figure 11 : Vue de la partie orientale de la rive gauche du vallon de la Goule. Les conduits hypogènes ont été recoupés par le recul du front de taille lors de l'exploitation de la carrière.

Sur l'autre versant du vallon de la Goule, des phénomènes similaires s'observent le long de la route qui remonte en direction de Saint-Romain-de-Lerps. Ils sont moins visibles du fait de la végétation et de l'érosion du versant, mais se développent pratiquement en face de ceux décrits précédemment dans la carrière.

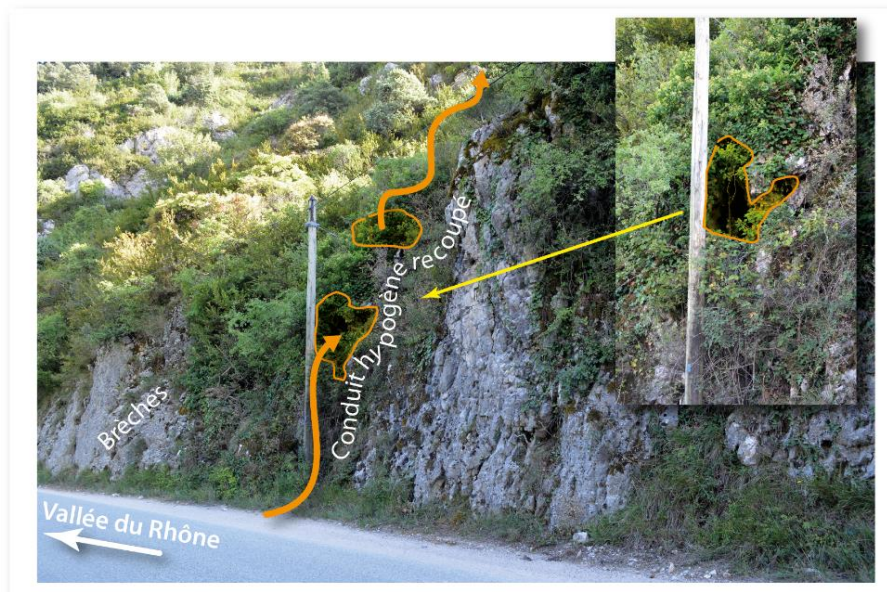


Figure 12 : Vue d'un conduit hypogène recoupé par le recul du versant en rive droite du vallon de la Goule. Ce petit conduit est situé à 300 m du carrefour avec la RD 86.

Ainsi, les phénomènes hypogènes s'observent sur toute la hauteur du versant du vallon de la Goule, tant en rive droite qu'en rive gauche.

iii. Les cavités présentes dans le vallon de la Goule

Sur les escarpements, des départs de galeries sont visibles des deux côtés du vallon. Il s'agit de petites cavités constituées, très souvent, d'une seule galerie qui se termine rapidement. Plusieurs d'entre-elles ont constitué des sites d'importance en matière d'archéologie et de paléontologie et livré des vestiges et matériels abondants.

La grotte de l'U

Il s'agit d'un petit conduit qui se développe en rive gauche du vallon. Son accès est maintenant très difficile du fait de la végétation en place et de la pente du terrain.

De taille modeste, cette unique galerie qui a la forme d'un tube en U, se développe sur une longueur de 7m. Elle comporte une deuxième petite entrée impénétrable.

La grotte Billon

La grotte Billon s'ouvre en rive gauche du vallon juste en-dessous de la grotte en U. Elle doit son nom à l'instituteur de Cornas qui l'a découverte.

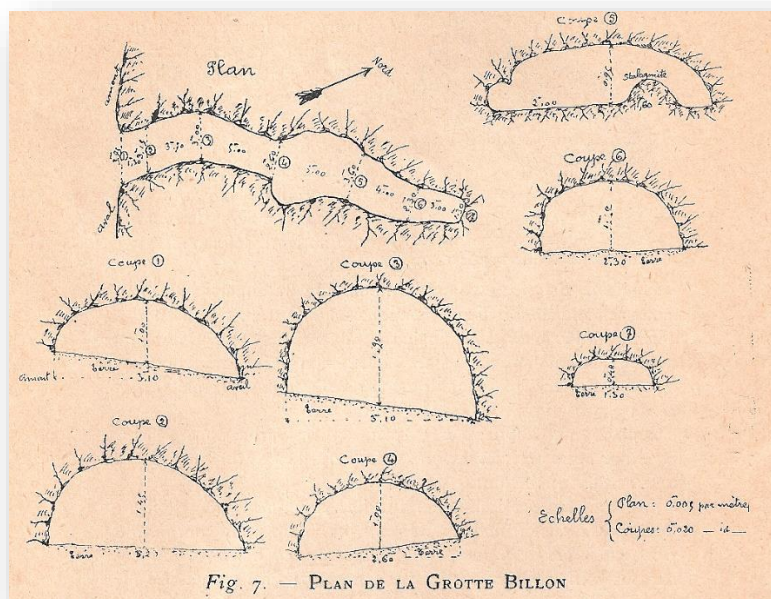


Figure 13 : Topographie de la grotte Billon publiée par le docteur Bonnard en 1934.

Il s'agit d'un simple conduit relativement rectiligne qui se développe sur 22 m de longueur en direction du Nord-est. Elle est de dimensions modestes, la galerie mesure de 2 à 5 m de largeur, la galerie est constituée d'une voute semi circulaire basse, haute de l'ordre d'un mètre. Dans la partie terminale, un gros massif stalagmitique occupe la partie centrale de la galerie. Elle se termine sur une diaclase impénétrable d'une dizaine de mètres de hauteur. Différents restes humains ont été mis au jour par les travaux de fouilles. La cavité a dû être utilisée comme sépulture. Des restes de poteries et de l'industrie lithique ont été également découverts.

La grotte Issartel

La grotte Issartel est située en rive gauche du Vallon de la Goule. Avec sa position en hauteur, elle se remarquait par un porche relativement imposant d'une dizaine de mètres de hauteur. Très rapidement celui-ci s'abaisse et l'accès à la galerie se fait par un passage réduit qui ne dépasse pas un mètre de hauteur, derrière, la galerie reprend une dimension plus confortable.

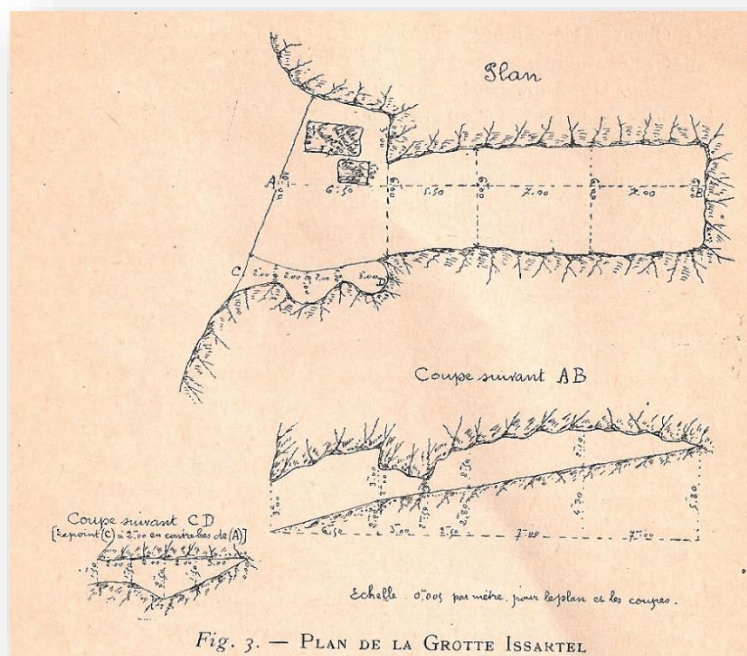


Figure 14 : Topographie de la grotte Issartel publiée par le docteur Bonnard en 1934.

Les fouilles archéologiques du Docteur Bonnard ont livré essentiellement de la poterie et de l'industrie lithique rapportées au Néolithique et à l'âge du Bronze. D'autres vestiges d'époque romaine et historique ont été trouvés.

Elle a constitué un site d'importance pour les Chiroptères avec des colonies de *Myotis* qui disparurent du site dans les années 1980, des *Rhinolophes* et des *Minioptères*.

La grotte Issartel est maintenant complètement détruite par l'extension de la carrière et les écroulements récents du versant.



Figure 15 : Le porche d'entrée de la grotte Issartel en 2014. La concrétion visible à l'aplomb du versant était située au fond du porche lors des fouilles Bonnard dans les années 1930. Les différentes phases d'exploitation de la carrière ont fait reculer le versant de 7 m. En 2015, la cavité n'existe plus. La poursuite de l'exploitation et la stabilisation de la zone d'écroulement un peu plus à l'ouest l'ont fait disparaître.

La grotte de la Borne Chaude

La cavité s'ouvre juste au bord de la route en rive gauche du vallon de la Goule. Une porte métallique barre l'entrée.

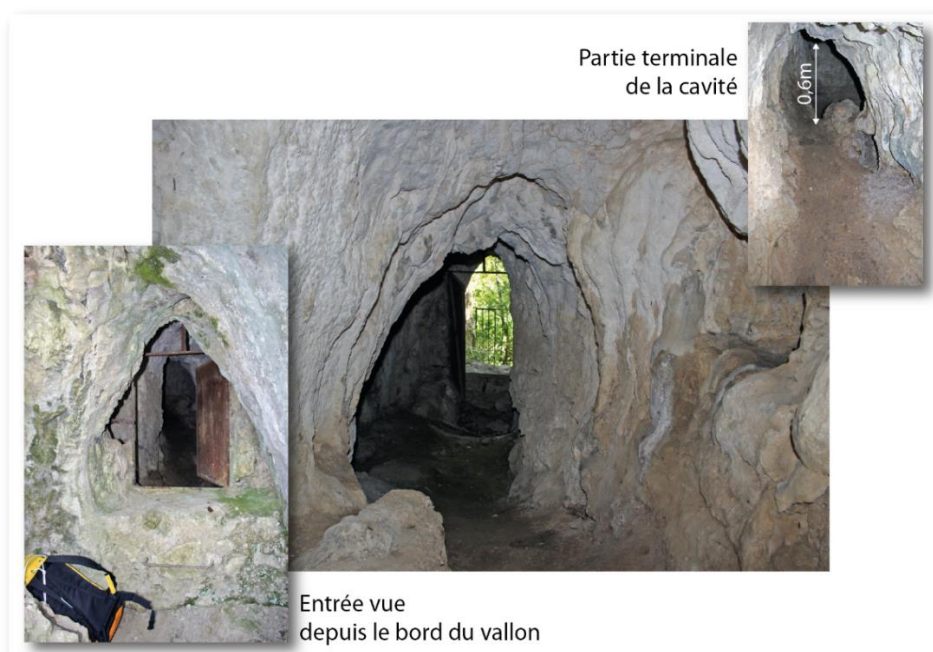


Figure 16 : Vues de l'entrée et de l'intérieur de la grotte de la Borne Chaude.

Il s'agit d'une petite cavité qui se développe sur une quinzaine de mètres. Les conduits sont légèrement remontants par petits paliers successifs.

La grotte des Ours

La grotte des Ours n'existe plus. L'extension de la carrière vers l'est a complètement détruit les galeries. Elle constituait une grotte importante du vallon. Toutefois, différentes traces de sa présence restent inscrites dans le paysage, c'est pour ces raisons qu'un descriptif en est fait à partir de la documentation tirée de la publication « Exploration et études des grottes de la vallée de la Goule à Châteaubourg » du docteur Bonnard, petite monographie de 40 pages, publiée en 1934. Une postface de l'archéologue nancéen Georges Goury accompagne les textes de Bonnard.

Lorsqu'il démarre sa campagne de fouilles, les parties de la cavité qu'il explore et étudie, sont directement au front de la carrière. La zone d'entrée a déjà disparu lors des premiers temps de l'exploitation de la carrière installée par les entrepreneurs des digues du Rhône en 1865. Lorsque Lepic et de Lubac ont commencé leurs campagnes archéologiques, celle-ci était déjà largement en exploitation. De ce fait, ils ne firent que de simples reconnaissances en 1871, qui ne leur semblèrent pas très intéressantes au vu de ce que les carriers leur remirent. Lors des premières fouilles du Docteur Bonnard, la première salle qui donna le plus de vestiges, était déjà en grande partie détruite. Il ne restait que 5 à 6 mètres de cette galerie. Dans la deuxième salle, il fut retrouvé une quantité importante d'ossements : *Ursus spelæus*, *arctos*, *Bos*, *Rhinocéros tichorhinus*, *Equus*, *Crocota crocuta spelaea*, *Cervus élapus*, *tarandus* et différents restes humains.

De nombreux foyers occupaient différents emplacements de la première la salle et de la stratigraphie des niveaux de remplissages. La seconde salle ne contenait par contre, aucun foyer ni d'industrie lithique, ce qui semble militer pour une tanière.

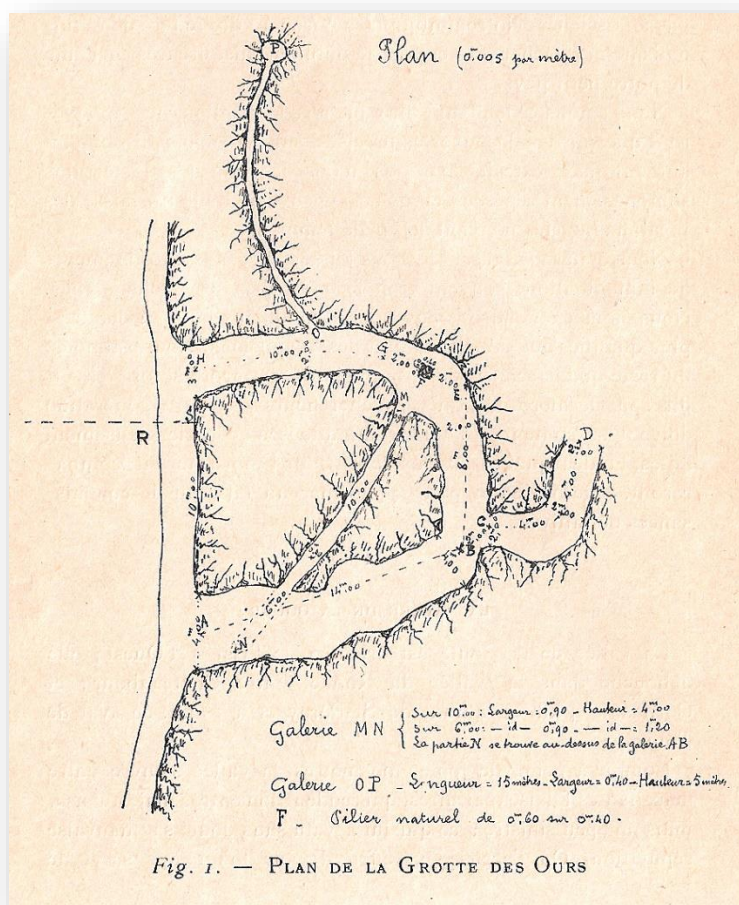


Figure 17 : Topographie de la grotte des Ours publiée par le docteur Bonnard en 1934.

La description de la cavité montre un concrétionnement et des niveaux de remplissage parfois importants. Il est mentionné un niveau riche en humus, puis des couches de limons fluviatiles de couleur jaunâtre à grisâtre avec des placages en hauteur sur les parois dans lesquels se trouvaient des ossements. Le gisement d'ours des cavernes est décrit comme important.

La partie terminale de la cavité (galerie C-D) est décrite comme humide avec des suintements le long des parois à l'origine de différentes stalactites et des coulées stalagmitiques. Une importante colonie de chauve-souris était installée là depuis longtemps.

Ce qui restait de la cavité formait une galerie semi circulaire que revenait sur le front de taille de la carrière. Une petite galerie latérale se poursuivait en direction du nord. Un important remplissage de cendres, restes des foyers des différentes occupations humaines, constituaient un niveau de remplissage conséquent.

Aven du ruisseau de la Goule

Dans la partie médiane du lit du ruisseau de la Goule, une petite perte est signalée dans la bibliographie spéléologique des années 1970 (aven du ruisseau de la Goule). Il s'agit d'une petite ouverture agrandie dans le lit du ruisseau de la Goule. La cavité se compose d'une petite verticale de 3,5m de hauteur qui aboutit après une courte galerie et une seconde petite verticale, à petite salle de 3 m de diamètre.

Elle n'a malheureusement pas pu être retrouvée du fait des importants éboulements qui se sont produits récemment. Elle est très probablement enfouie sous le cône d'éboulis ou les matériaux rocheux déblayés lors des crues.

Les petites cavités de la rive droite

Un ensemble de petites cavités est bien visible en rive droite du ruisseau de la Goule dans la partie médiane du vallon. Elles sont situées dans le tiers supérieur de l'escarpement. Il s'agit de petits conduits de très faible développement (longueur inférieure à 10 m, largeur des conduits de 0,5 à 1m).



Figure 18 : Localisation des petites cavités de la rive droite du vallon de la Goule.

iv. La tectonique dans le vallon de la Goule

Les brèches dans la partie orientale du vallon de la Goule

En bordure du vallon de la Goule, du côté de la rive droite du Rhône, on observe sous la ligne électrique un ensemble de compartiments effondrés en différents gradins. Les ensembles les plus à l'est sont recouverts de lambeaux de brèches qui reposent avec un pendage de 20° en direction du nord-est sur ces compartiments. Le site a été utilisé également comme petite carrière dans la partie supérieure.

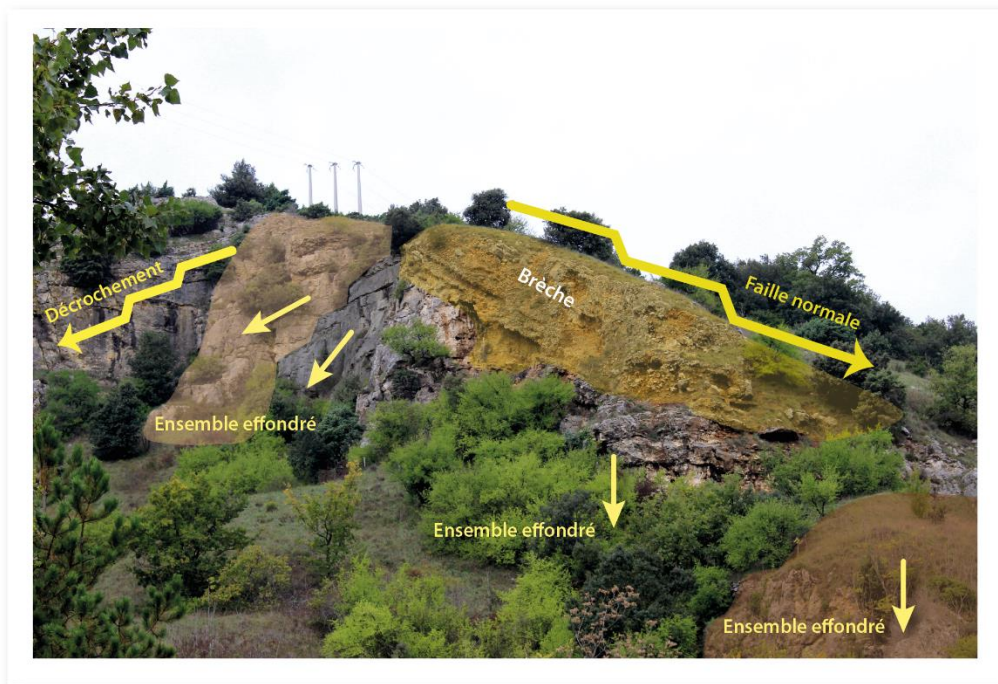


Figure 19 : Localisation des niveaux de brèches en bordure orientale du vallon de la Goule. Les différents gradins de failles structurent le paysage. Les brèches reposent sur ces niveaux avec une pente de 20° orientée vers le nord-est.

Les écoulements rocheux

Des écoulements rocheux importants ont affecté le vallon de la Goule ces dernières années. Deux ensembles rocheux très fracturés sont à l'origine des gros volumes qui se sont détachés de la partie supérieure du versant de la rive gauche.

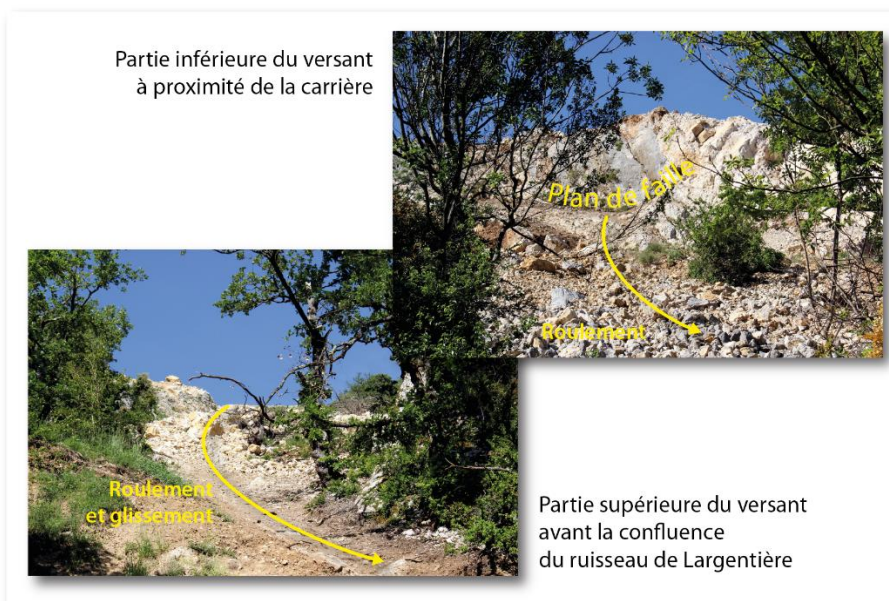


Figure 20 : Vues des zones de départ des écoulements dans le versant de la rive gauche du vallon de la Goule.

Ces écoulements importants ont mis en mouvement des volumes conséquents de rochers de taille décimétrique jusqu'à pluri métrique qui sont venus emporter la route et remplir une partie du fond du vallon de la Goule. Les matériaux se sont détachés d'une zone fortement fracturée à proximité d'une des failles de décrochement. Le mouvement initial a été donné par le détachement d'un volume important de roches dans la partie supérieure de l'escarpement qui a remobilisé les éboulis accumulés sur le versant. Ils se sont ensuite épanchés sur la route et dans le fond du vallon.



Figure 21 : Vue des volumes et de la taille des roches épanchées sur la route.

La taille des blocs à l'origine du départ et le volume de l'écroulement empêchent actuellement la circulation dans ce secteur.

4. Crussol

La montagne Crussol est le massif calcaire le plus élevé de cette bordure de la plaine de Valence. Il culmine à 406 m à la borne à proximité de Saint Estève. Cette bande calcaire de 4 km de longueur se développe suivant un axe nord – sud. On y retrouve les séries des roches sédimentaires du Trias au Jurassique supérieur. Cette caractéristique et sa facilité d'accès lui ont valu de faire l'objet de nombreuses attentions de la part des géologues et des naturalistes dès le 19^{ème} siècle.

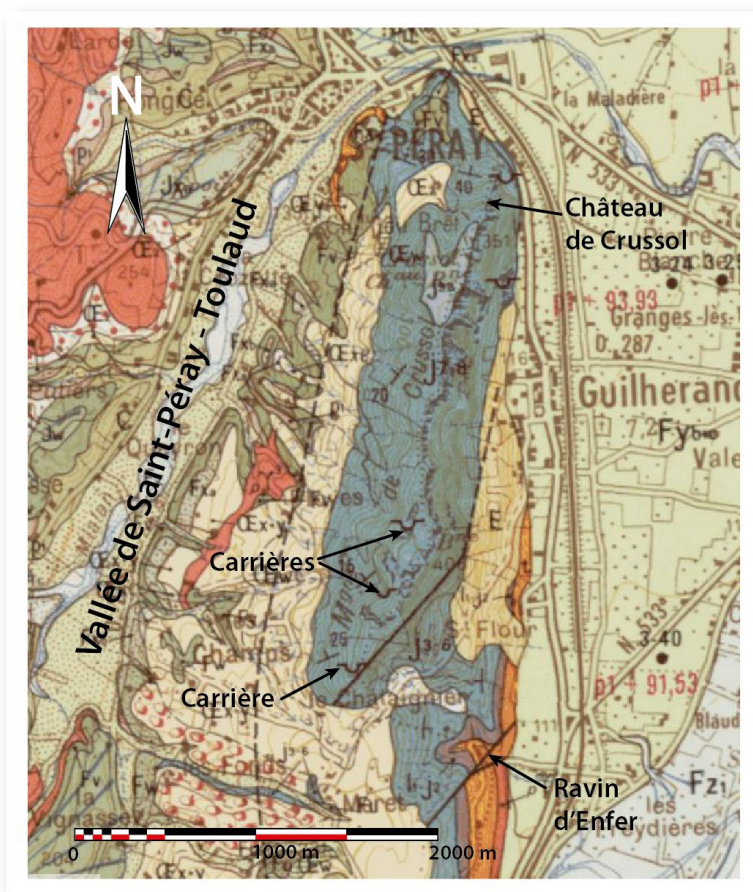


Figure 22 : Extrait de la carte géologique du secteur de la Montagne de Crussol (source Infoterre BRGM). La vallée de Saint Péray-Toulaud a été le cours du paléo Rhône au cours de divers épisodes un peu avant le Pliocène et à la fin de cette époque. Les séries rencontrées dans le ravin d'Enfer vont du Trias au Jurassique moyen. Elles permettent de rendre compte de la structure du flanc nord de l'anticlinal et de la tectonique présente. Les cavités sont visibles au niveau de la grande carrière sur le flanc ouest et en-dessous du château plus au Nord.

Le massif est affecté par une tectonique marquée qui a compartimenté la montagne de Crussol. Dans sa partie orientale, il s'agit de failles normales de direction N15°E d'un rejet d'une cinquantaine de mètres qui ont accompagné la formation du bassin valentinois par une succession de gradins. Deux autres familles de fractures se retrouvent régulièrement sur la montagne de Crussol, elles sont de direction N30°E et N°60°E. La partie méridionale est plus marquée avec notamment le ravin d'Enfer.

4.1. Les différents ensembles géologiques présents sur la montagne de Crussol

i. Le Trias

Les niveaux alternés de grès, marnes et calcaires dolomitiques des séries du Trias se retrouvent à Saint-Flour. Elles sont particulièrement visibles au ravin d'Enfer ou elles se trouvent à l'affleurement. Au droit de Saint-Flour, elles sont recouvertes par les colluvions du versant et par des glissements de masse encore bien marqués dans le paysage.

Ils correspondent aux dépôts d'une timide transgression marine qui a recouvert la région par un chenal situé sur l'emplacement de l'actuel sillon rhodanien reliant le bassin germanique et le bassin provençal.



Figure 23 : La base des formations géologiques est composée des grès. Des petites failles décalent les niveaux marno-calcaires. Elles sont à l'origine de l'affaissement sur la droite du cliché.

ii. Le Jurassique moyen

Le dogger est peu présent dans la montagne de Crussol. On le retrouve très localement à l'affleurement dans le ravin d'Enfer et juste à l'ouest de Saint-Flour. Il s'agit de niveaux d'âge bajocien, bathonien et callovien difficile à différencier.

Les marnes du Bajocien sont présentes dans le ravin d'Enfer dans la partie supérieure du ruisseau du Rioulet. Elles ont une épaisseur de 6 à 12 m. Elles évoluent ensuite en une série de calcaire marneux gréseux et micacé de couleur gris clair, suivie par un horizon marneux de couleur bleutée.



Figure 24 : Les unités marneuses dans le Ravin d'Enfer.

Les séries calcaires du Bathonien sont massives d'une épaisseur de 6 à 10m. On les retrouve en superposition dans le paysage, à différentes altitudes du fait des rejeux des compartiments de failles normales de la bordure de la fosse de Valence. Ces systèmes s'observent dans la partie supérieure du ruisseau du Rioulet. Un niveau repère est bien identifiable dans le paysage, il s'agit d'une couche marneuse de 10 à 15 cm d'épaisseur de couleur ocre. Elle est formée d'une matrice argileuse enveloppant des rognons calcaires. Ceux-ci sont constitués de galets roulés et perforés atteignant 0,10 m recouverts d'une pellicule noirâtre ou rousse et des fossiles généralement usés sur une face. La limonite imprègne irrégulièrement l'argile.

iii. Le Jurassique supérieur

Les calcaires du Jurassique supérieur ont fait l'objet d'une exploitation importante au fil des temps historiques, de nombreuses carrières ont été installées sur les hauteurs de la montagne pour rechercher les calcaires massifs du Kimméridgien et du Tithonien.

- Le Kimméridgien

À sa base on retrouve des niveaux marneux et ferrugineux



Figure 25 : L'horizon marneux à une épaisseur de 0,5m environ. Au-dessus, les calcaires renferment des niveaux ferrugineux.

La partie supérieure du Kimméridgien inférieur est constituée de bancs calcaires gris-beige à pâte fine, puissants de 35 m environ, ce calcaire était très recherché des carriers. La couche se termine par des niveaux avec des passées fines (strates) de calcaires compacts, brècheoïdes.



Figure 26 Les calcaires de la partie supérieure du Kimméridgien sont bien visibles dans le paysage avec un aspect compact. Des niveaux de stratification d'hauteurs métriques à pluri métriques structurent ces formations.

Le Tithonien inférieur est bien visible au-dessus du château de Crussol. Il s'agit de calcaires massifs blanc rosé, ils sont formés de bancs de l'ordre d'un mètre d'épaisseur, d'une puissance de 30 m environ. Ces calcaires sub-lithographiques et ruiniformes ont été désignés par Fontannes (1876-1879) sous le nom de « partie supérieure des calcaires du Château de Crussol ».

4.2. Le château

Le Château de Crussol est bâti sur un promontoire rocheux qui domine la plaine de Valence.

Il constitue un élément majeur du paysage.

Sous les ruines du château de Crussol, on retrouve les calcaires massifs blanc-rosé du Tithonien. Ces derniers sont formés de bancs de l'ordre d'un mètre d'épaisseur. Ils reposent sur les calcaires du kimméridgien.

Le secteur du Château est affecté d'une tectonique accentuée par les phénomènes de décompression.

Du côté de la vallée du Rhône différents gradins de failles marquent le versant abrupt.

De nombreuses diaclases affectent les calcaires et participent largement aux processus d'évolution des versants.



Figure 27 : Une fracturation intense affecte le sommet des calcaires du Kimméridgien. Il s'agit principalement de fractures de direction N15°E et N60°E. Du côté du versant, les processus gravitaires deviennent prépondérants et participent à l'ébouilisation intense de ce secteur. Au premier plan, un couloir hydrothermal qui arrive jusqu'à la surface sommitale actuelle, décapée par l'érosion.

Du côté de la vallée de Saint-Péray-Toulaud, le versant est un peu moins abrupt, malgré la présence d'une faille normale qui met les calcaires du Jurassique supérieur au contact des granites de Tournon.

Les phénomènes de décompression sont là aussi très importants et jouent un rôle conséquent dans l'évolution du versant et la production des colluvions qui viennent recouvrir le contact entre le socle et les séries jurassiques.

Au niveau du Château, d'autres coupoles sont visibles. Elles remontent jusqu'à la partie sommitale. Des conduits ont été retrouvées jusqu'à la cote d'altitude 385m NGF.

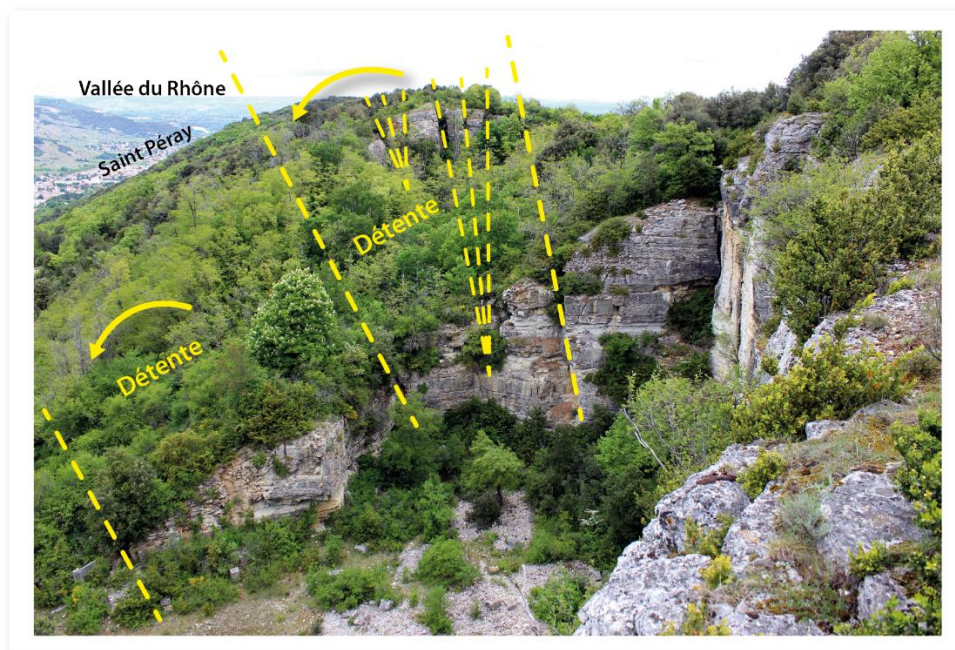


Figure 28 : Vue de la fracturation qui affecte le versant occidental de la montagne de Crussol au niveau de la Grande Carrière. Les phénomènes de détente du massif installent des déformations lentes et du fauchage.

Du fait de cette tectonique importante en relation directe avec les structures du socle, la montagne de Crussol est également affectée par des processus hypogènes.

Sur le versant est, au-dessus de Guilherand, dans la petite combe sous le théâtre de plein air, on observe dans les escarpements des conduits tronqués par les mouvements de versants qui renferment de la calcite hydrothermale. Celle-ci se trouve maintenant altérée par les conditions climatiques extérieures, mais elle est néanmoins abondante et caractéristique. Dans la partie supérieure de la paroi, les restes d'une coupole sont bien visibles. La calcite hydrothermale s'est déposée en formant des cristaux dans les alvéoles de la coupole. D'autres dépôts en couche viennent également couvrir les parois.



Figure 29 : la partie inférieure de l'escarpement est une coupole qui a été remplie de calcite hydrothermale. Au-dessus, dans la partie centrale, les restes d'une coupole tronquée par l'évolution du versant.



Figure 30 : Cristaux de calcite hydrothermale qui ont précipité dans les alvéoles de la coupole.

4.3. Les carrières

Les carrières exploitent les calcaires du Jurassique supérieur. Elles sont situées sur les deux flancs de la montagne de Crussol. Les plus importantes ont été implantées sur le versant occidental. La fracturation et surtout, les processus d'altération sont moins intenses que les conditions rencontrées sur les escarpements du côté de la vallée du Rhône où les parois sont affectées par les écroulements. La pierre pour la construction est donc de meilleure qualité du côté de la vallée de Touloud.

Ce sont les parties supérieures des couches du kimméridgien qui ont été recherchées. Les calcaires sont massifs en bancs épais, cela en fait des matériaux de premier choix pour la pierre de taille et la construction.

i. La Grande Carrière

Dans la grande carrière on retrouve des conduits qui ont été recoupés par l'avancée du front de taille. Il s'agit d'un même niveau de conduits karstiques organisés en réseaux labyrinthiques sur une maille orthogonale. Ce réseau se développe entre les cotes d'altitudes 370 et 390m NGF. Les conduits ont été partiellement comblés par des remplissages de type argilo-sableux avec parfois des graviers et des galets. Leur exploration a mis en évidence un réseau de galeries connectées suivant deux axes de directions : N15° E et N 115° E.



Figure 31 : Le front de la carrière montre un système de fractures verticales remplies de dépôts argilo-sableux. Elles sont situées dans le tiers supérieur de l'escarpement. Ces fractures sont interconnectées par un réseau maillé.

4.4. Les grottes de la montagne de Crussol

La montagne de Crussol renferme un nombre important de petites cavités que l'érosion des versants ou les carrières mettent en évidence.

i. Les cavités de la partie supérieure du versant Saint Péray-Touloud

Elles sont particulièrement visibles dans le front de taille de la Grande Carrière où elles apparaissent remplies de sédiments composé d'argiles, de sables et de galets.

La structuration et la morphologie des conduits, leur relative homogénéité de taille ainsi que la position au sein du massif évoquent une possible mise en place suivant des processus hypogènes (à partir de flux agressifs remontants). Les axes des galeries des cavités observées sont calés suivant les directions N15°-E et N115°-E. Il est intéressant de noter que les coulées des phases actives du volcanisme ardéchois se calent également sur ces directions (Michon, 2000).

Différentes analyses géochimiques vont être réalisées pour caractériser cela.

Les remplissages argileux témoignent d'une phase de fonctionnement phréatique ultérieure de type paragénétique.

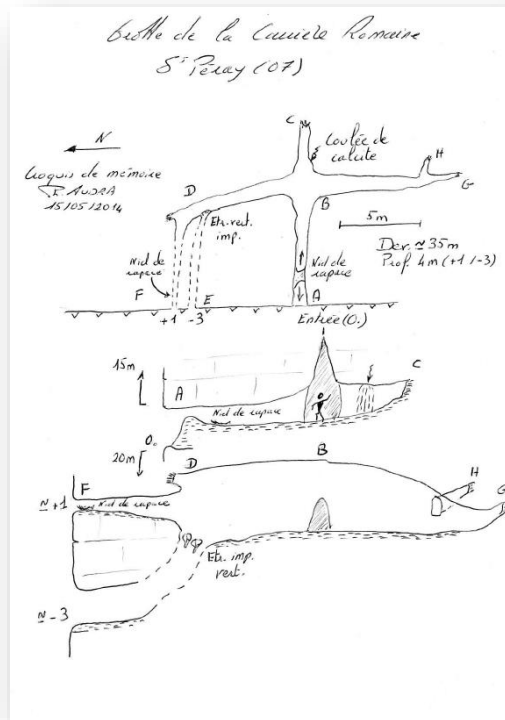


Figure 32 : Structuration d'une fracture en réseau interconnecté. Ce conduit a été exploré à partir de la paroi.

D'autres conduits de morphologie similaire ont été également inventoriés sur la partie supérieure des exploitations des carrières en bordure du sentier de randonnée qui traverse la montagne de Crussol pour rejoindre le Château. Ils ont des orientations identiques.

Les remplissages argilo-sablo-graveleux indiquent une phase terminale de fonctionnement phréatique qui a produit le colmatage.

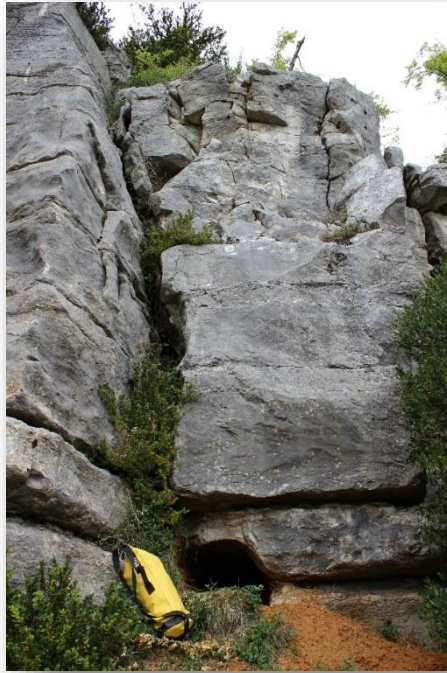


Figure 33 : Fissures et conduits observés sur la partie centrale de la montagne de Crussol. Le conduit circulaire est complètement rempli de matériaux argilo-sableux. Il a été vidé par les activités de la faune. Au-dessus, une cheminée se prolonge avec des formes de coupole.

ii. Les cavités situées sur le versant oriental

La grotte inférieure de Crussol située sous le théâtre de plein air a fait l'objet d'une visite attentive. Son entrée est située dans un petit escarpement à 3 m de hauteur. Elle développe 20 m de longueur.

Les morphologies de conduit sont circulaires et s'organisent à partir du joint de stratification incliné d'une dizaine de degrés du fait du pendage dans ce compartiment. La structuration du conduit est légèrement remontante et perpendiculaire à l'axe du vallon.

Un remplissage argilo-sableux recouvre le sol. Toutefois, la grande fréquentation du site a entraîné une forte érosion et ne permet plus de distinguer l'organisation du remplissage.

Cette cavité se développe juste en-dessous de l'escarpement où les observations de calcite hydrothermale ont été faites (fig. 29 & 30).

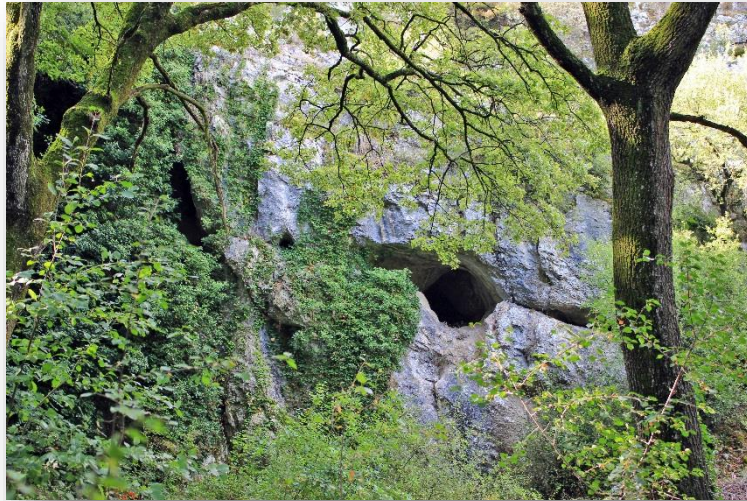


Figure 34 : Vue de l'entrée principale de la grotte inférieure de Crussol. Les autres conduits qui se développent de part et d'autre, sont interconnectés par des fissures de très petite taille.

À proximité du château de Crussol

Dans les escarpements sous le donjon, on retrouve différents niveaux de galeries avec des remplissages argilo sableux à l'intérieur. Les conduits avec des morphologies de coupôles et de cheminées ont été recoupés par l'évolution de la paroi.

Ces niveaux de conduits et de cheminées se développent à partir des cotes d'altitude 150m NGF et se retrouve jusqu'au sommet à 390 m NGF. La structuration de ces tronçons de galeries se rapproche des labyrinthes 3D rencontrés dans les systèmes hypogènes.

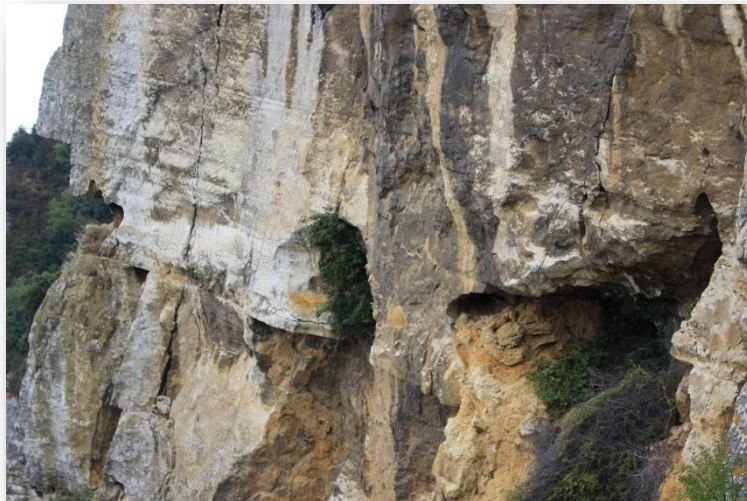


Figure 35 : Couloirs hydrothermaux qui structurent des systèmes de cavités à différents niveaux dans la paroi. Des niveaux de remplissages sont encore en place.

Différentes cavités ont été répertoriées dans ce secteur, le fichier du Comité départemental de spéléologie de l'Ardèche en compte 11 dont le développement est supérieur à 3 m.

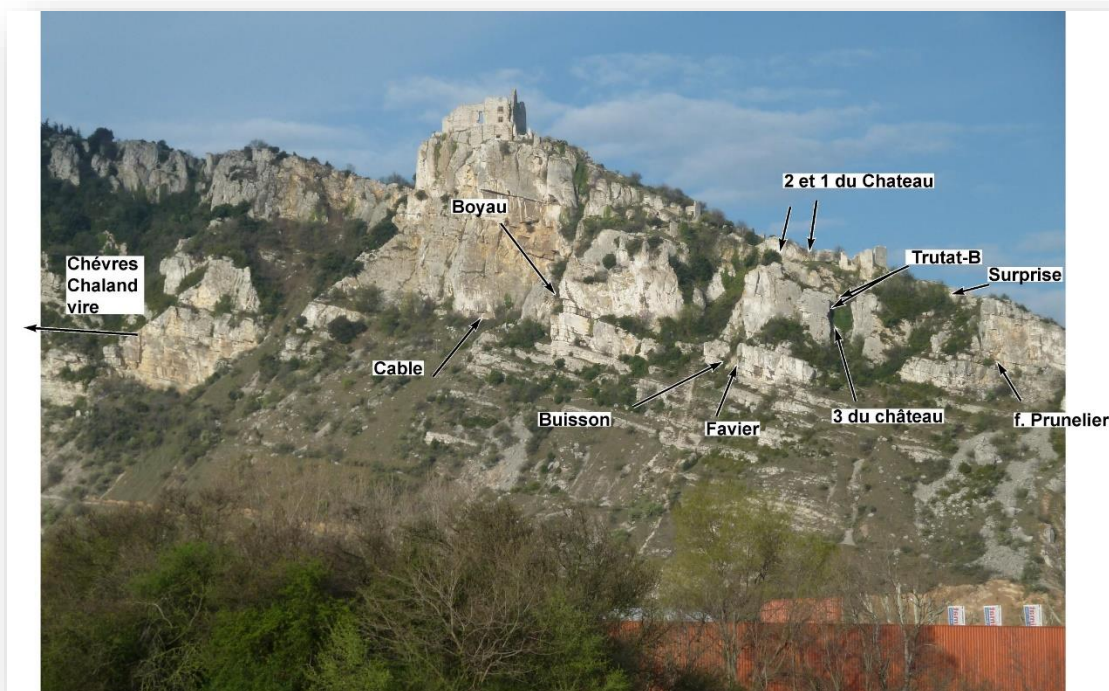


Figure 36 : Situation des cavités situées sous le château de Crussol. L'inventaire des différentes cavités a été dressé par Bruno Mercier. Le montage photographique date de 2011 (Document Bruno Mercier). Les cavités présentent toutes des morphologies de type hypogène. Elles sont situées sur des couloirs ou des cheminées plus ou moins démantelés par les reculs de versants.

4.5. Le Ravin d'Enfer

i. Le contexte géologique

Le Ravin d'Enfer se trouve dans la partie méridionale de la Montagne de Crussol. Il est installé au croisement de différentes failles. L'une de direction N30°E est liée aux systèmes décrochants qui ont affecté les structures du socle à l'Eocène (40 Ma). L'autre de direction N15°E correspond aux failles normales qui se sont formées lors des différentes étapes de la mise en place de la Fosse de Valence. Le rejet de l'ensemble est de l'ordre d'une cinquantaine de mètres. Plusieurs gradins d'effondrement consécutifs de ces phases, sont bien marqués dans les paysages du Ravin d'Enfer où ils constituent des terrasses plus ou moins inclinées d'une quinzaine de mètres de hauteur.

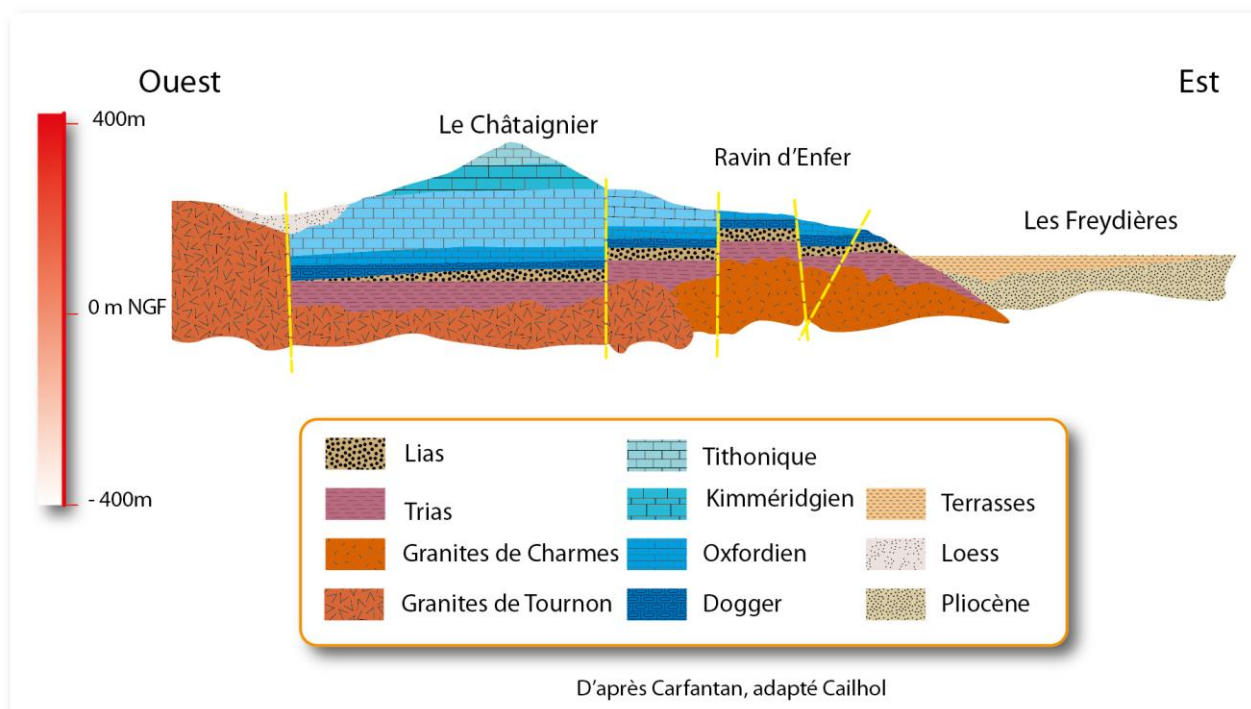


Figure 37 : Coupe interprétative des structures géologiques de la montagne de Crussol, suivant un axe est-ouest, depuis les Freydières, passant par le ravin d'Enfer et la croupe du Châtaignier. Les rejeux combinés des failles de la bordure du bassin valentinois ont compartimenté en de petits ensembles la partie orientale et amené à l'affleurement le Lias et le Dogger dans le ravin d'Enfer.

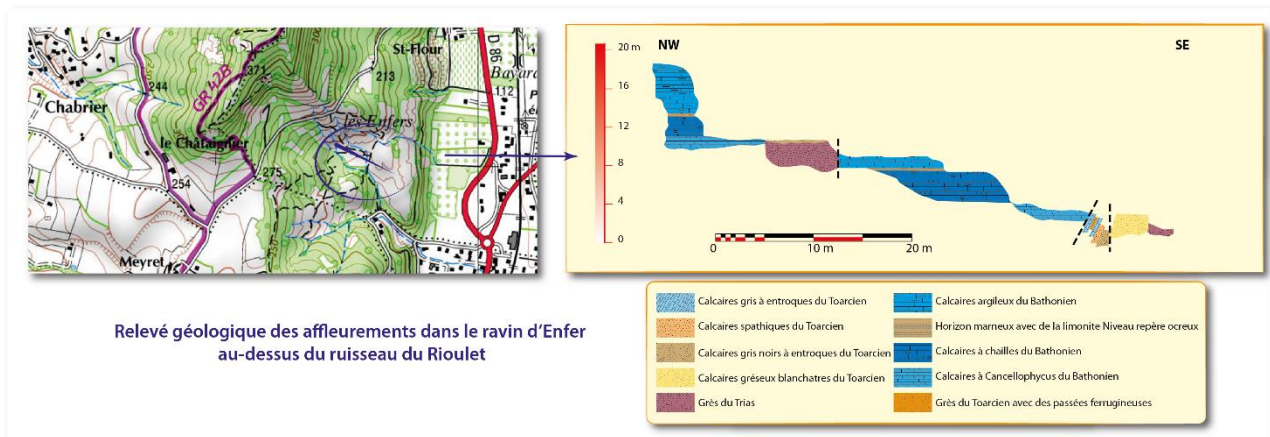


Figure 38 : Localisation du profil géologique du secteur du ruisseau du Rioulet. Le profil met en évidence les différents gradins liés à la faille qui affecte ce secteur. Les mêmes séries se retrouvent ainsi à des altitudes différentes.

ii. Les unités géologiques présentes :

Le Trias

Les terrains du Trias sont constitués de différents niveaux gréseux qui présentent des aspects caractéristiques avec une assise gréseuse de quelques centimètres à 1 m, formée de grains de quartz hétérométriques associés à des débris de calcaire dolomitique, d'argile verte ou noire et de bélemnites. Cette couche qui affleure dans la coupe du ravin d'Enfer peut être rapportée à l'Anisien-Ladinien (230 Ma).



Figure 39 : Les différents faciès de la base du Trias se retrouvent à cet endroit. Les grès plus massifs marquent l'affleurement, les marno-calcaires et les marnes se trouvent au-dessus.

Les calcaires du Toarcien

Il s'agit de différents ensembles de calcaires gréseux à la base, puis ensuite marneux. La série se termine par des calcaires spathiques. Leurs couleurs évoluent en fonction des évolutions de faciès avec des bancs foncés et clair.



Figure 40 : Faciès des calcaires du Toarcien rencontrés dans la Vallon d'Enfer

Les micros paysages remarquables du ravin d'Enfer

On observe sur le bord de la route des microformes liées aux processus d'érosion sur les marnes et les grès qui donnent des paysages originaux.



Figure 41 : Érosion dans les niveaux gréseux.



Figure 42 : Détail de l'érosion dans les niveaux de grès

5. Soyons

5.1. Contexte géologique et géomorphologique

Les serres au sud de Soyons sont composées par les premiers termes de la couverture sédimentaire reposant sur le socle granitique du Massif central (fig. 3). On retrouve à la périphérie le Trias gréseux et dolomitique (Keuper-Muschelkalk) qui se prolonge en direction de l'ouest dans la vallée de Toulaud au nord de Soyons. L'Oxfordo-Callovien argileux constitue le pied du versant occidental, surmonté par les calcaires en plaquette du Kimméridgien, qui arment le serre de Guercy et dans lesquels se développent les grottes de Soyons. Globalement, la structure s'apparente à un gradin bordé de failles méridiennes dénivellant le socle paléozoïque à l'ouest par rapport à la vallée néogène du Rhône à l'est, les serres constituant un gradin mésozoïque intermédiaire (fig. 4). Des failles secondaires NE-SO et NO-SE sont responsables des découpages de la partie méridionale de Soyons.

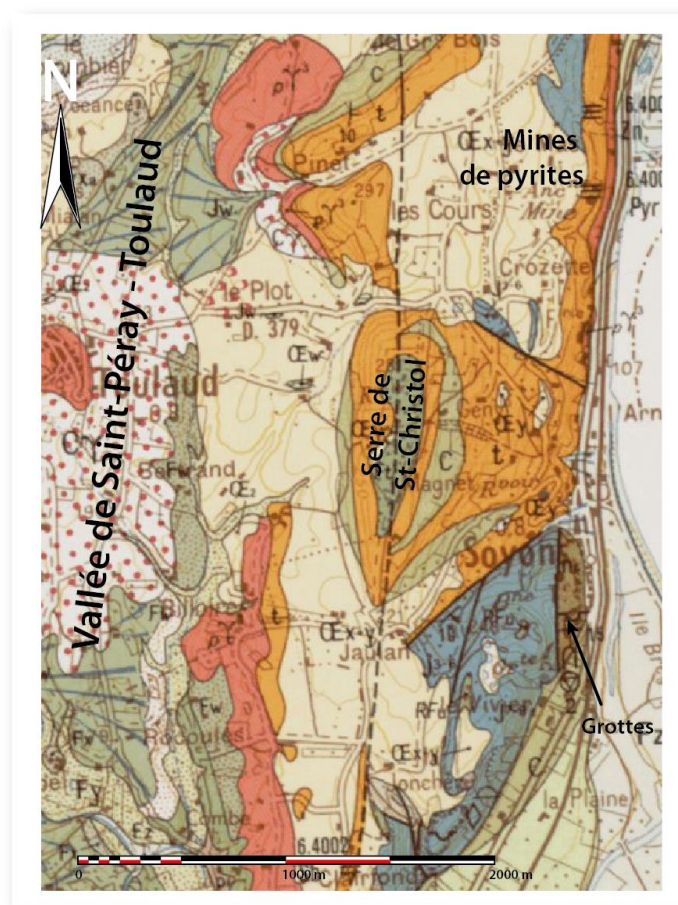


Figure 43 : Extrait de la carte géologique du secteur de Soyons (source Infoterre BRGM). Les grottes se développent dans la couverture de calcaires kimméridgien (J7-8 sur la carte). Les mines de Soyons sont installées dans les terrains du Trias (t sur la carte). Le serre de Saint Christol est une des terrasses hautes du paléo Rhône qui coulait dans la vallée de Saint Péray – Toulaud.

i. Le Trias

Le Trias montre ici une puissante série de 70 à 80 m.

Au-dessus des granites de Charmes (Carfantan, 1964), on rencontre à la base, des grès grossiers intercalés avec des parties de granites sous-jacents fortement altérés. Au-dessus se positionne un ensemble de grès plus ou moins dolomitiques et des calcaires gréseux. Par endroits, se retrouvent des niveaux charbonneux. Les niveaux suivants montrent des dolomies gréseuses avec des cargneules. Des argiles schisteuses et des

grès très grossiers avec des encroûtements ferreux sont intercalés dans ces niveaux. La série se termine par des grès argileux et noduleux.

Des écoulements d'eaux ressortent des terrains, dans le tiers inférieur du versant. Les eaux sont de couleur rouge avec des irisations d'hydrocarbures (processus naturels).

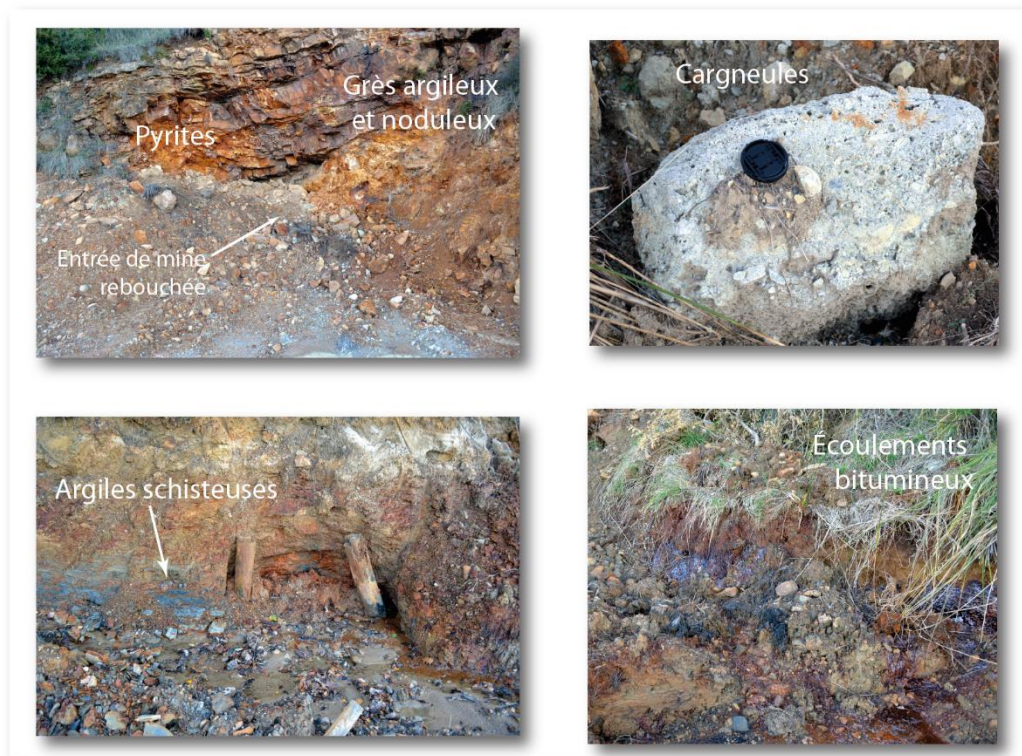


Figure 44 : Caractéristiques des différentes composantes du Trias de Soyons

Des mesures de conductivité électrique et de température ont été entreprises :

- Écoulements sur le bord de route, mesure du 29/04/14 :
 - Conductivité électrique 2200 μ S/cm avec une température de 19.9°C



Figure 45 : Écoulements d'eau avec une forte teneur en fer dissout qui ressort au contact des granites.

- Écoulements du vallon en-dessous de la mine sud mesure du 29/04/14 :
 - 1097 μ S/cm avec une température de 15.4°C



Figure 46 : Les minéralisations de ces écoulements sont davantage influencées par les niveaux contenant de la limonite ce qui pourrait expliquer une plus faible conductivité.

Dans les versants dégagés de la végétation par les ruissellements, on trouve de la barytine crêtée de couleur bleutée. Cette barytine provient des processus hydrothermaux en provenance du socle constitué des granites de Charmes que l'on retrouve à l'affleurement à proximité de ce secteur.



Figure 47 : Barytine cristallisée à l'affleurement dans les niveaux gréseux du Trias

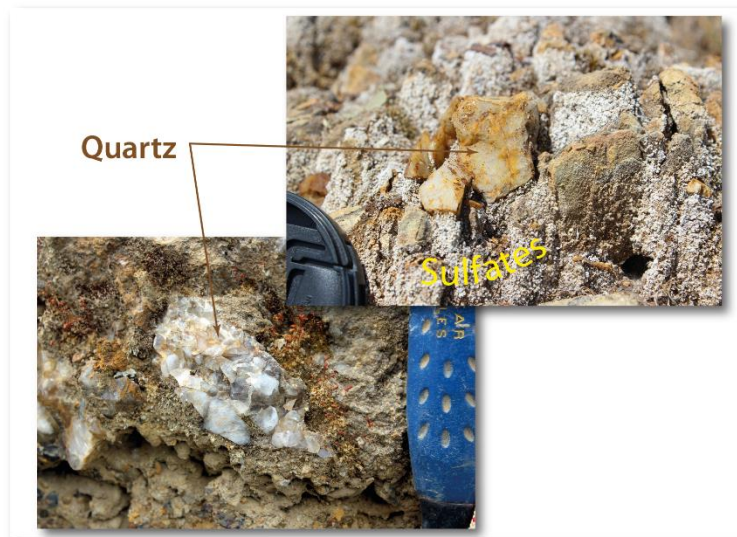


Figure 48 : Des éléments de quartz dans les niveaux altérés des grès du Trias. On observe également des sulfates qui précipitent à la surface des grès, du fait des ruissellements sur le versant à la suite d'épisodes pluvieux.

Un travail plus conséquent serait à entreprendre pour mieux définir le contexte de ces minéralisations et de l'hypothermalisme présent. Cela passe par un suivi hydro chimique des eaux et des analyses géochimiques des différentes minéralisations présentes dans ce secteur.

La comparaison avec les sites de Charmes-sur-Rhône pourrait être utile pour définir ce thermalisme de basse température de la bordure du Massif central.

ii. Les structures du serre de Guercy

Grottes de Soyons

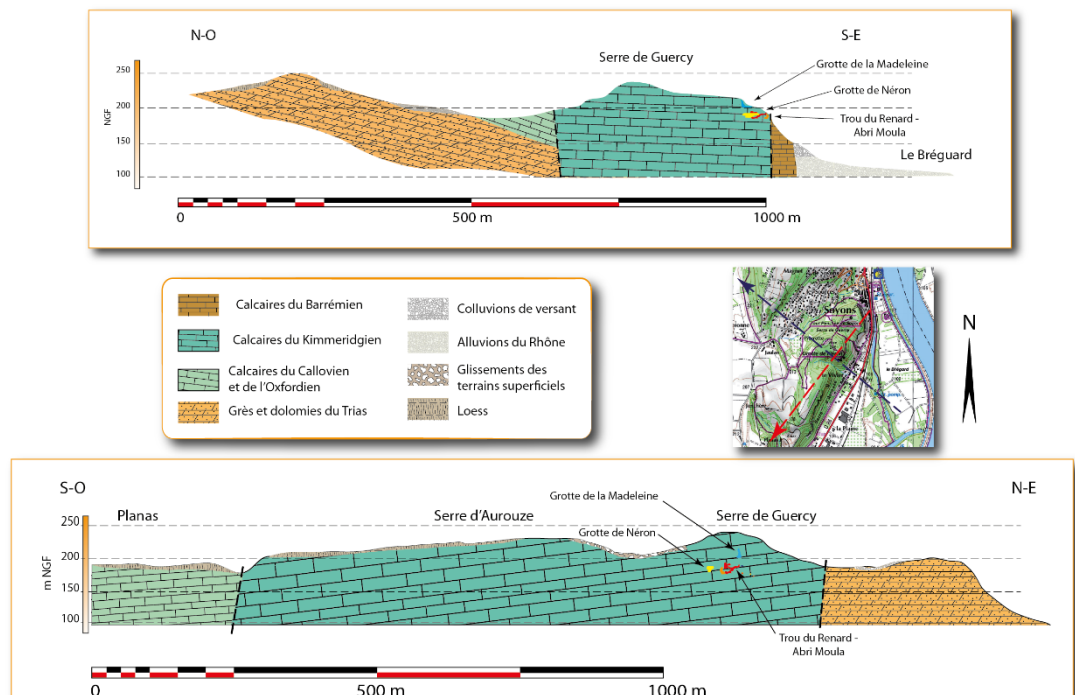


Figure 49 : Profils géologiques simplifiés aux environs des grottes de Soyons. Elles se développent au sein de la bande de calcaires kimméridgiens.

La tectonique régionale en extension a compartimenté le Serre de Guercy par des mouvements de descente de différents ensembles. Ainsi, la croupe sommitale sur laquelle la Tour penchée a été construite, est constituée des calcaires du Tithonien qui se sont morcelés en plusieurs compartiments lors des mouvements de descente consécutifs aux rejeux des systèmes des failles.

L'emplacement de la faille est marqué par une zone de broyage bien visible dans le paysage (fig. 5). Les calcaires du Tithonien à proximité sont affectés d'une flexure importante au niveau de l'escarpement oriental. Cette faille est associée comme faille secondaire au grand système de failles de l'Escrinet, d'orientation SO-NE.

Le grand escarpement qui marque la partie orientale de l'ensemble Tithonien résulte des mouvements des failles méridiennes liées à l'installation du bassin valentinois. Les répercussions de cette plongée affectent l'ensemble avec des mouvements relatifs plus ou moins importants.

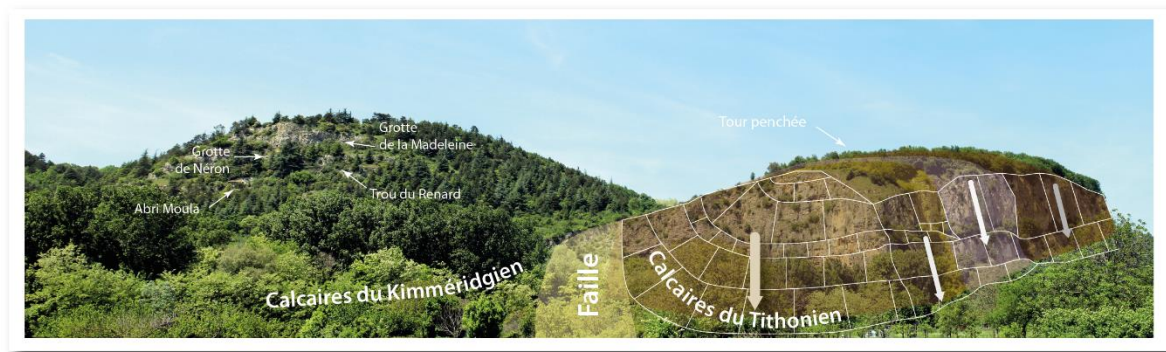


Figure 50 : Vue du serre de Guercy depuis le bord du Rhône. La partie de droite sous la tour penchée est constituée d'un ensemble de différents compartiments qui sont plus ou moins descendus lors du rejeu de la faille. Au niveau de l'escarpement, les calcaires du Tithonien présentent une flexure importante au contact de la faille. Les grottes de Soyons se développent dans les calcaires du Kimméridgien. Malgré la végétation, elles sont bien visibles dans le versant.

Les mouvements de terrain sont actifs avec le glissement progressif des compartiments de l'extrémité du serre. Cette évolution est visible dans le paysage avec les gradins qui structurent la surface sommitale.



Figure 51 : Les processus de détente du massif provoquent des glissements lents et des phénomènes de fauchage des versants.

La Tour penchée au sommet du serre témoigne des mouvements d'affaissement et de glissement rotationnel des compartiments qui s'amorcent au sein des calcaires du Tithonien et sont responsables des problèmes de fondations.



Figure 52 : La tour penchée témoigne de l'activité des processus de détente du massif. Ses fondations ont été implantées sur une zone affectée par les mouvements de fauchage liés à la faille de direction N50°E qui traverse le serre de Guercy.

5.2. Les grottes

i. Localisation et contexte topographique

Les grottes de Soyons s'ouvrent au $\frac{3}{4}$ de la hauteur (176 à 210 m) du versant oriental du serre de Guercy (246 m), en regard de la vallée du Rhône. Il s'agit de 3 cavités principales, de bas en haut, la grotte de la Madeleine, l'ensemble trou du Renard – baume Moula-Guercy, et la grotte de Néron. Toutes sont accessibles à partir d'un sentier balisé démarrant du parking des grottes. S'y ajoutent 4 cavités mineures situées dans la partie basse : Trou Roland, Trou du Mouton jouxtant le Trou du Renard, Trou du Nord et Trou « en-dessous », grotte des Enfants entre le Renard et Néron. Le développement cumulé atteint 425 m

ii. Description géomorphologique des grottes

Les grottes s'organisent selon un dispositif étagé de conduits horizontaux, avec le niveau supérieur représenté par la grotte de la Madeleine, et un niveau inférieur groupant les autres grottes (fig. 6). Plus précisément pour cet ensemble, deux conduits principaux de grande taille, Néron et Renard, avec pour ce dernier des niveaux inférieurs plus petits (galerie Ursus, Moula, et les petites cavités inférieures). Les entrées de Néron et Renard sont à la même altitude, mais le conduit de Néron se situe nettement plus bas que celui du Renard. Vues en plan, 3 ensembles parallèles orientée NO-SE se distinguent, successivement du NE au SO : Madeleine, Renard-Moula, et Néron. Les plus élevés sont au NE (fig. 6).

Le pendage des couches calcaires relevé dans le secteur des grottes est de l'ordre de 7,5° vers l'OSO.

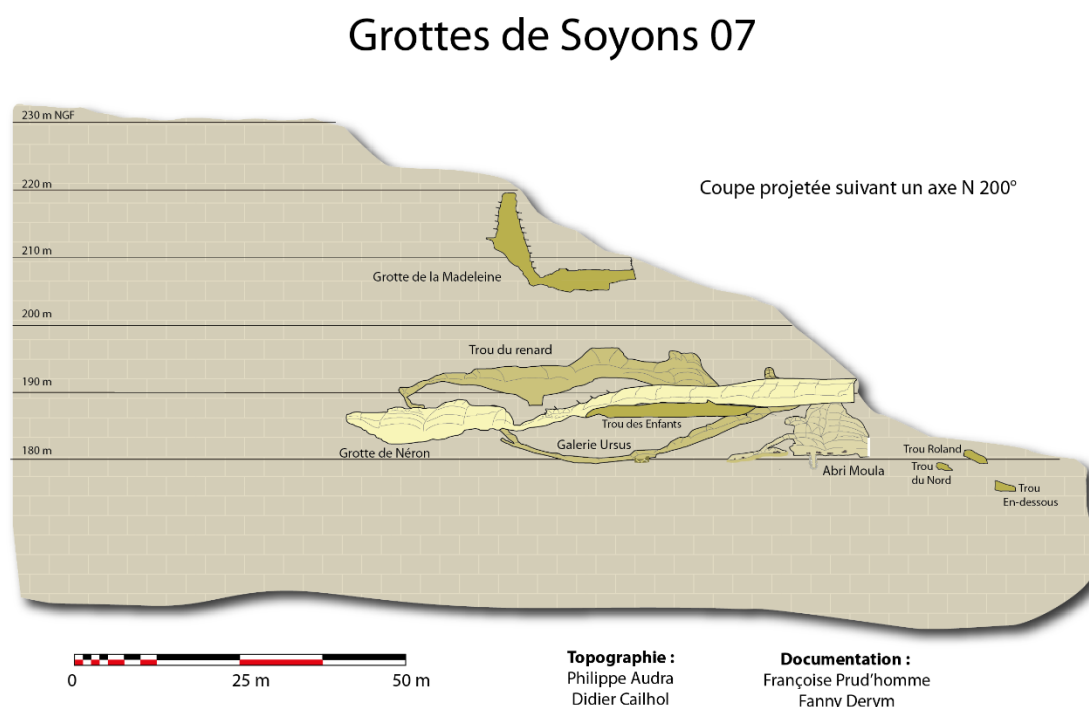


Figure 54 : vue en coupe des grottes de Soyons s'enfonçant sous le serre de Guercy. L'étagement fait apparaître un niveau supérieur (Madeleine), et un niveau inférieur, lui-même composé de drains principaux (Renard, Néron) et de cavités inférieures plus modestes ayant joué le rôle de soutirage des drains principaux (galerie Ursus, abri Moula, petites cavités à droite de la figure). Cette figure rassemble les différentes cavités, mais elles se situent sur des plans verticaux différents au sein du serre de Guercy.

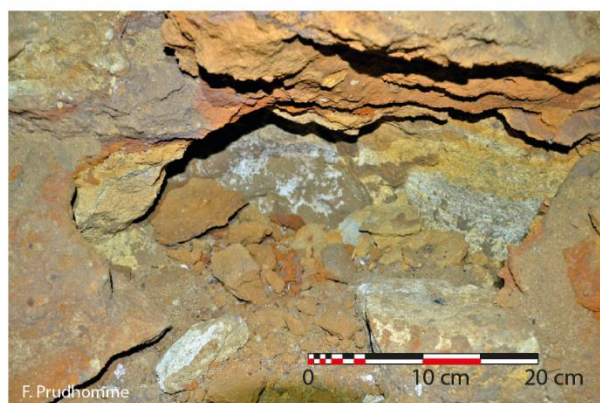
iii. Présentation générale des cavités

Les zones d'entrée sont dégradées par les éboulements (Madeleine, Néron), issus de l'influence du gel durant les périodes froides et de l'intense décompression des fractures en bordure de massif. On retrouve la morphologie originelle des conduits une fois franchi les rétrécissements présents à peu de distance des zones d'entrée. Ces sections sont tubulaires, de grandes dimensions pour Néron et Renard (plus de 4 m de diamètre). Dans les réseaux inférieurs de Moula et de la galerie Ursus, la taille réduite (50 cm à 1 m de diamètre) n'est qu'apparente, le cheminement s'effectuant dans le chenal de plafond de conduits plus vastes remplis de sédiments, sans doute de taille comparable aux autres. Les morphologies de paroi présentent des coupes de plafond, des chenaux de voûte qui témoignent de fonctionnements phréatiques des cavités. Une phase importante de comblement postérieure a complètement rempli la plus grande partie des conduits. En effet, les différentes galeries de ces grottes ont constitué un réseau de drainage d'un aquifère avec un bassin d'alimentation en lien probable avec des alvéoles drainant la paléo vallée de Touloud. Ces alvéoles sont à situer à l'ouest du serre de Saint-Christol qui est aujourd'hui déconnecté du serre de Guercy par le vallon qui part de Jaulan et se développe en direction des Sources au village de Soyons.

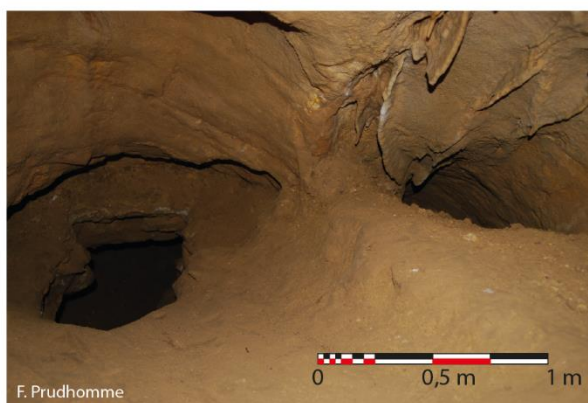
L'érosion intense des calcaires ne permet plus de retrouver les traces de ces paléo surfaces et réseaux karstiques. Par contre, aucune morphologie dans les galeries ne permet de caractériser de manière précise des phases de fonctionnement hydrologique (coups de gouge, marmites, etc.). Un seul petit déversoir d'écoulement libre est visible à la sortie du trou Roland, attestant d'un déversement vers l'actuelle vallée du Rhône.

Les remplissages sont partout présents. Les zones d'entrées présentent des remplissages typiques de l'influence des périodes froides : blocs et gélifracts (Madeleine, Néron), loess (Moula), absence de concrétions. Des cheminées envahies de matériel provenant de la surface s'étalent dans les conduits, en trémies de gros blocs (entrée du Renard, fond de Madeleine) ou de terre (fond du Mouton).

Les sédiments détritiques sont exclusivement fins (argiles et limons avec éléments quartzeux et micacés) attestent d'une origine extérieure (remaniement des terrasses fluviales). Des « sables » grumeleux rouge ou jaune clair avec liserés d'oxydation (après l'étranglement de Néron, sous le plancher) ont probablement une origine interne.



Argiles et altérations des calcaires



Remplissages argilo-sableux

Figure 55 : Caractéristiques des remplissages argilo-sableux rencontrés dans les cavités. Les altérations des calcaires et les processus de dissolution produisent des argiles de couleur jaune et rouge du fait des pyrites présentes dans les niveaux du Kimméridgien. Les dépôts liés aux phases phréatiques remplissent les conduits des niveaux argilo-sableux avec des cortèges minéraux caractéristiques des altérations des granites et des grès.

Un petit diverticule aveugle dans le trou du Renard montre que le calcaire localement granuleux a été profondément altéré sur place, peut-être fantômisé (QUINIF 2010). Cette altération est très probablement la source de ces sédiments grumeleux clairs que l'on observe fréquemment dans les réseaux.

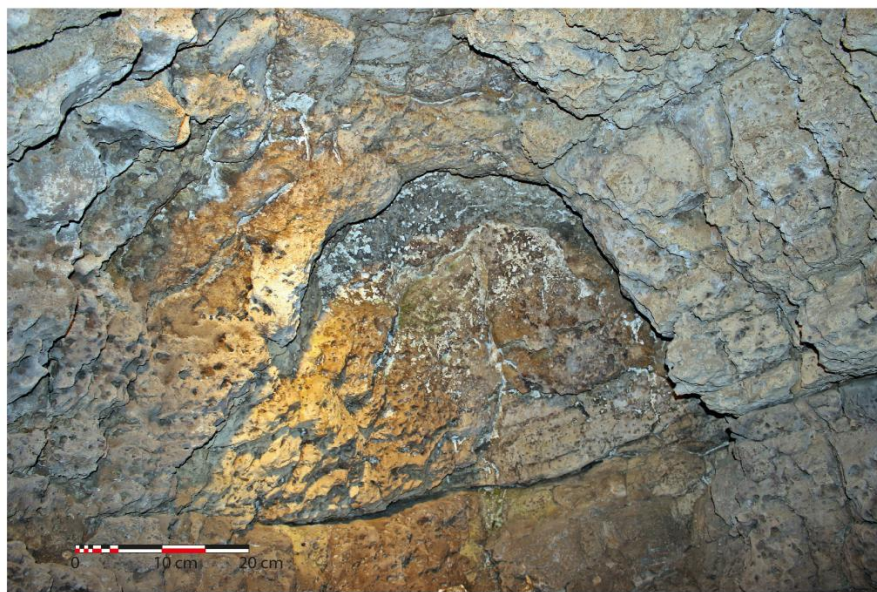


Figure 56 : Vue des parois de la grotte de Néron. Les calcaires présentent des petites alvéoles liées à la dissolution des calcaires par des effets de condensation liés à la climatologie de la grotte ; du fait de la présence de pyrite, des petits encroutements gypse de couleur claire apparaissent à la surface à la suite l'oxydation du sulfure de fer.

Par ailleurs, on observe régulièrement des phénomènes d'altération des parois par la condensation. Dans les cavités, on distingue au moins deux générations de concrétions, une active, l'autre inactive avec des traces de corrosion par un écoulement ancien. L'ensemble des concrétions porte des marques de fracturation liées aux mouvements des remplissages sur lesquels elles reposent, influencés par les mouvements gravitaires du versant bordant la vallée du Rhône.

Dans les parties profondes, les concrétions sont abondantes et massives. En plusieurs endroits comme dans le trou du Renard, les coulées de calcites sur les parois ont été altérées par des dépôts anciens de guano dont il ne subsiste que quelques traces dans les sols.

Enfin, des racines sont présentes notamment au fond de la galerie Ursus, pourtant éloignée de plus de 30 m de la surface.

Des calcites en dents de cochons sont présentes dans la carrière entre Soyons et Charmes. Ces phases hydrothermales sont antérieures aux grottes de Soyons.

iv. Description des cavités

Abri Moula ou Baume Moula-Guercy

L'abri Moula est connu avant tout comme site archéologique. Cette cavité fut découverte en 1972, il s'agissait au départ d'un modeste abri qui fut dénommé ainsi, du nom de son inventeur.

Les différentes fouilles archéologiques ont permis d'établir la stratigraphie des niveaux de remplissages rencontrés dans l'abri sur une hauteur de plus de 8 m (Chennaoui, 2004, Defleur & al., 2001, Payen & al., 1990).

La partie profonde du sondage entre 8,3m et 6,6 m met en évidence des éléments sableux fins et grossiers (granulométrie comprise entre 0,01mm et 2mm) avec une forte teneur en éléments carbonatés d'origine autochtone et différentes composantes minérales qui correspondent aux marqueurs du Massif central. En effet, les minéraux lourds de la base du remplissage indiquent un apport allochtone, avec plus particulièrement des teneurs élevées en andalousite dont l'origine la plus proche est la zone des micaschistes à andalousites, présente 10 km plus à l'ouest dans la synforme de Bruzac (Bornand et al., 1978 ; Saos & al., 2014), mais aussi avec le disthène et surtout la staurotide de la zone des micaschistes, le sphène et la monazite des granites. Dans ces cortèges minéralogiques, on retrouve également l'influence alpine, exprimée avec les minéraux caractéristiques de la zone supérieure du métamorphisme général, l'épidote, le grenat et surtout le glaucophane (Saos & al. ; 2014).

On note aussi une similarité avec les dépôts loessiques analysés dans la vallée de Touloud (Saos & al. ; 2014).

Cette partie correspond à une phase de fonctionnement phréatique de la cavité.

Les niveaux supérieurs des remplissages étudiés au cours des campagnes de fouilles archéologiques montrent les évolutions environnementales du Pléistocène avec une très bonne résolution sur la transition Pléistocène moyen à supérieur. Les restes des occupations humaines, les vestiges osseux de la microfaune et la macrofaune permettent une bonne définition des paléo-environnements correspondants jusqu'à -300 000 ans (Desclaux et al., 1997). Il en ressort pour ces périodes la disparition du fonctionnement phréatique de la cavité, son ouverture large sur le milieu extérieur par le flanc du versant. Les données paléontologique, palynologiques (Desclaux et al., 1997) et l'identification de phases de volcanisme à partir des téphra (Saos et al., 2014), permettent un bon calage chronologique en cohérence avec la stratigraphie.

Par ailleurs, les excavations réalisées dans le cadre des recherches archéologiques ont permis de mettre en évidence les morphologies spécifiques des conduits karstiques.

On observe, en effet, des emboitements de cheminées et de coupoles qui remontent le long des parois (fig 57), ainsi que des structures de brèches à l'origine des blocs retrouvés en abondance dans les différents niveaux stratigraphiques. Ces éléments ont conditionné la morphologie de la cavité et son évolution. Cela a également permis, en fonction de la dynamique du versant, les conditions d'accès à cet espace relativement protégé des conditions extérieures durant le Pléistocène moyen et supérieur, comme en témoignent les vestiges archéologiques et paléontologiques.

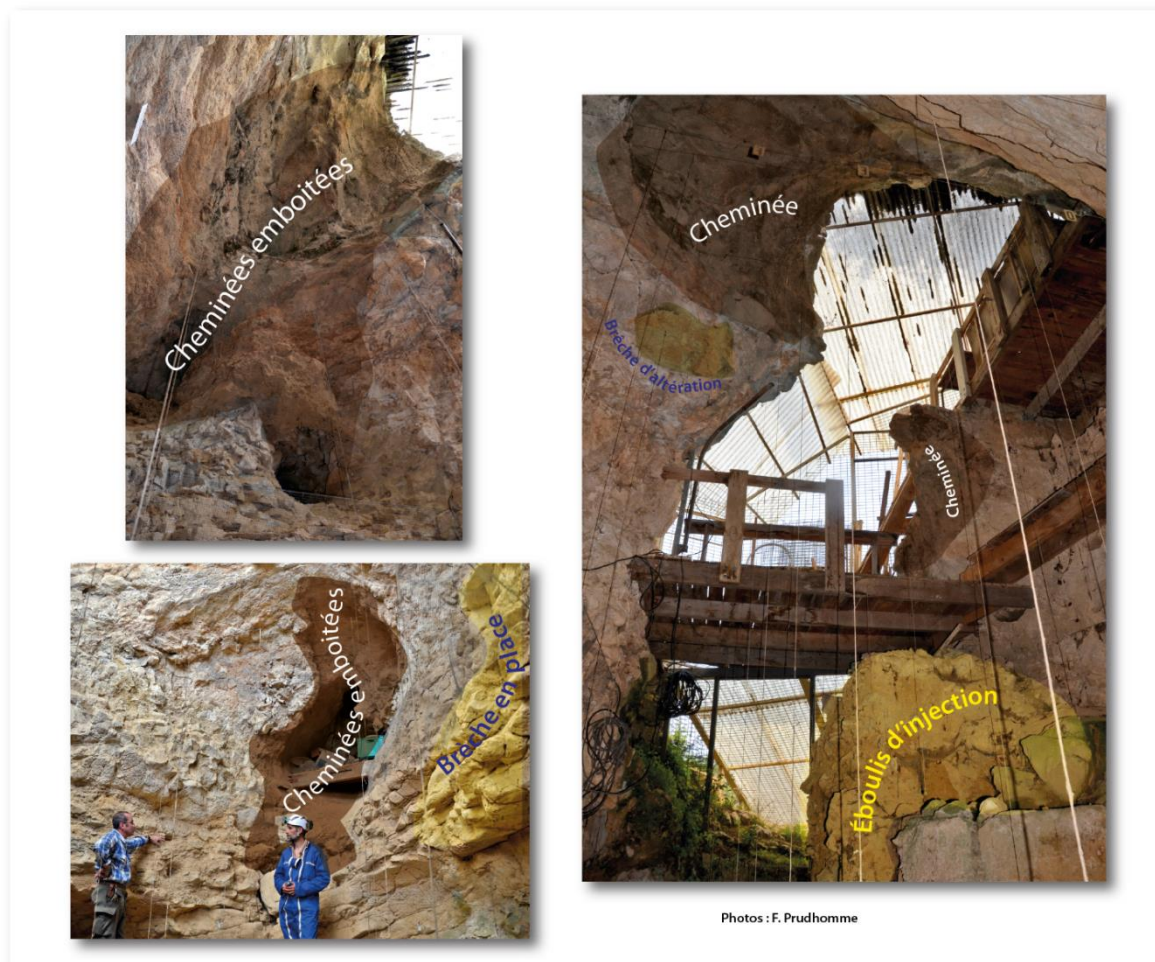


Figure 57 : La zone d'entrée de l'abri Moula après les travaux de fouilles archéologiques. Les différentes campagnes de fouilles ont vidé les remplissages présents sur une hauteur de 8 m, révélant les morphologies des parois de la grotte. Malgré l'effondrement de cette partie de la cavité avec les évolutions du versant, on retrouve des emboitements de cheminées qui courent sur toute la hauteur. Des brèches sont encore en place, recouvertes par des éboulis d'injection venus du versant.

Les parties inférieures de la cavité ont servi de drain pour les phases phréatiques en lien avec l'écoulement du Rhône dans la dépression de Saint-Péray (Mandier, 1974). En effet, durant les phases de transitions Pliocène – Pléistocène, les circulations ont laissé plusieurs niveaux de dépôts bien identifiables. Comme ceux du serre de Saint-Christol. Ils constituent des marqueurs importants pour aider à l'appréhension de l'organisation d'anciens systèmes spéléologiques et leurs perspectives de relations avec les grottes de Soyons. Toutefois, le contexte du site ne permet pas de disposer d'indices suffisamment éloquents pour renseigner les modalités de fonctionnement du système hydrologique qui a pu s'installer lors de ces périodes (localisation des pertes, des points d'émergences).

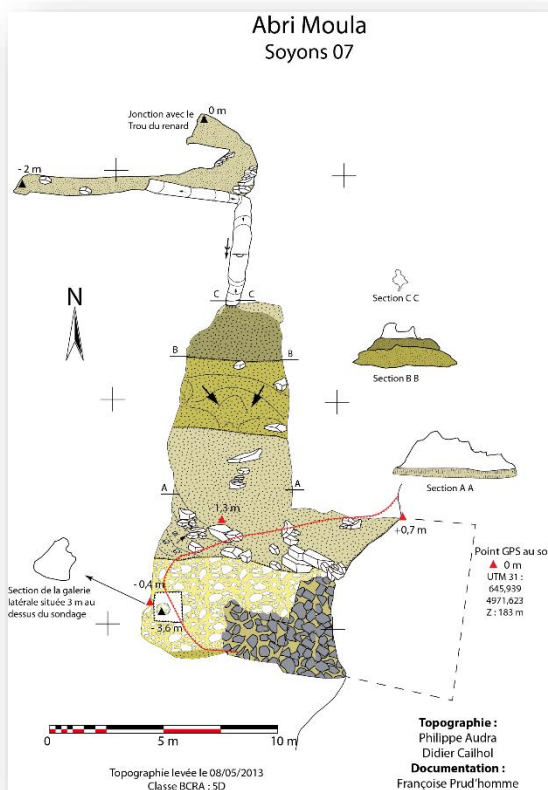


Figure 58 : topographie en plan de l'abri Moula. Les fouilles archéologiques ont été réalisées dans la zone d'entrée.

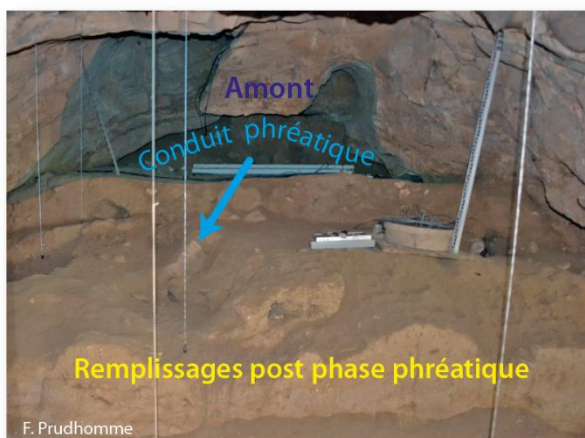


Figure 59 : Les départs de galeries visibles au niveau de la base des sondages archéologiques. Un drain organisé a fonctionné avant les phases d'occupations humaines. La morphologie de la galerie et la nature des remplissages dans la partie amont montrent un fonctionnement phréatique avec des circulations lentes.

Le trou du renard et le réseau Ursus

L'entrée du trou du Renard se situe un peu plus haut que l'abri Moula. Les deux cavités sont très proches l'une de l'autre et font partie d'un même ensemble, même si actuellement la relation spéléologique entre les deux se limite à un forage de positionnement réalisé dans les années 1980 au travers une structure de remplissage qui les isolait auparavant.

Elle est signalée pour la première fois par L.N. Lepic et J. de Lubac (1872).

Le trou du Renard avec la galerie du réseau Ursus est la cavité qui présente le plus long développement de l'ensemble des grottes de Soyons. Le développement est de 236 m pour une dénivellation de 15 m.

La zone d'entrée recoupe un complexe d'éboulis d'injection analogue à celles que l'on observe dans l'abri Moula.

Une désobstruction importante a permis de passer cette zone pour accéder à la Grande galerie et la galerie du réseau Ursus en dessous.

La Grande galerie est un ensemble relativement concrétionné qui se développe suivant un profil en montagnes russes. De nombreuses formes de parois témoignent d'un fonctionnement phréatique de la cavité. Elles indiquent des phases de fonctionnement en régime noyé du conduit. Ces formes pariétales témoignent des circulations lentes installées durant ces périodes. Toutefois rien ne permet d'indiquer avec certitude un sens de circulation de l'eau au vu de ces seules morphologies. Leurs emboitements militent pour une circulation du fond vers l'entrée de la cavité, ce que confirme la nature des sédiments (infra je suppose). Cependant, le faible développement de la cavité, les phases importantes du recul du versant n'offrent pas beaucoup d'éléments d'interprétation.

Dans le fond de la grande galerie, différents niveaux de concrétions barrent la galerie.

Les coupoles de l'entrée et de celles du fond de la grande galerie, se sont développées juste à proximité de deux zones de brèches. Au fond, la brèche est bien visible dans la zone terminale de la galerie Ursus et se trouve à quelques mètres en dessous de cette partie de la Grande Galerie.

La galerie du réseau Ursus se développe sous la Grande galerie. Il s'agit d'un conduit de taille métrique comblé pour partie par des remplissages silto-sableux.

Ces remplissages se sont mis en place au cours du Pléistocène inférieur à moyen comme en attestent les ossements d'ours trouvés dans la partie supérieure de la stratigraphie du sondage réalisé au point bas de la galerie.

La géométrie et la position du réseau Ursus et celles de la grande galerie du Trou du Renard sont caractéristiques des boucles de galeries épiphréatiques (Audra & Palmer 2013). Ce type de fonctionnement d'un système karstique se rencontre juste au-dessus de la zone noyée et d'un niveau de base régional où ces conduits servent comme exutoires lors des épisodes de hautes eaux.

On dispose ainsi d'une bonne information pour décrire une paléogéographie et l'organisation de l'hydrosystème qui lui est associée.

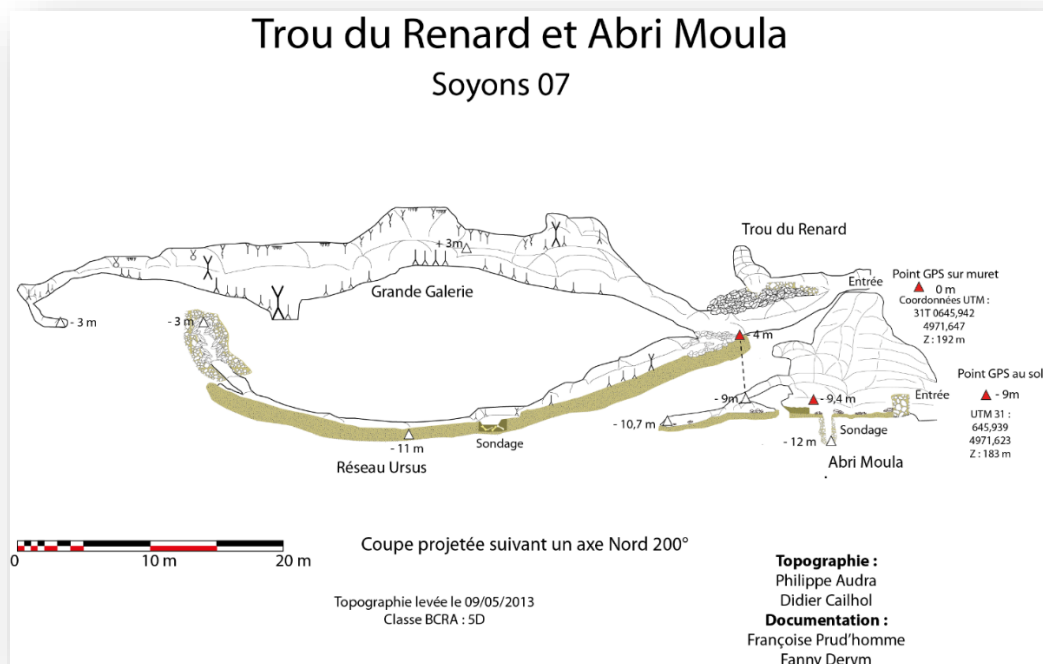


Figure 60 : Coupe projetée suivant un axe N200°E du Trou du Renard, du réseau Ursus et de l'Abri Moula. Ces différentes cavités et galeries interconnectées forment des boucles épiphréatiques (sensu Audra & Palmer) qui mettent en évidence une zone de battement au-dessus d'une zone noyée d'un système karstique. Celui-ci a ensuite complètement évolué avec l'incision du Rhône, comme le montrent les différents remplissages liés aux évolutions des versants et le concrétionnement présent dans la grande galerie et l'entrée du réseau Ursus. Les occupations humaines et les vestiges paléontologiques apportent un calage chronologique du caractère fossile de cet ensemble.

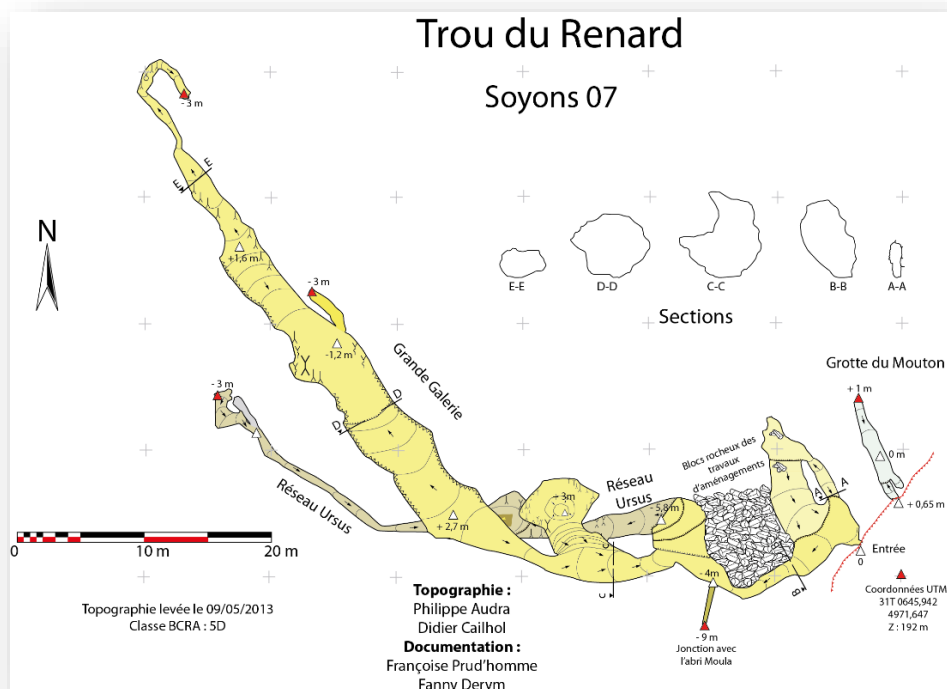


Figure 61 : Topographie en plan de la grotte du Renard et du réseau Ursus en dessous. Une jonction avec l'abri Moula a été faite par un forage dirigé de 9 m au travers du remplissage sédimentaire qui isolait auparavant les 2 cavités.

Trou du Mouton

Le trou du Mouton est une petite cavité qui jouxte l'entrée du trou du Renard.
Parallèle au trou du Renard, il présente également un emboîtement de coupoles.

Grotte de Néron

La grotte de Néron possède un développement de 134m pour une dénivellation de 7m.

Il s'agit d'une galerie rectiligne, légèrement déclinée qui se compose de deux ensembles séparés par une courte étroiture.

La zone d'entrée qui constitue la partie touristique et pédagogique de la cavité, a été complètement remaniée par les différents travaux de fouilles archéologiques entrepris dès la fin du 19^{ème} siècle.

Les données obtenues des sondages jusqu'à 2 mètres de profondeur, mettent en évidence des occupations humaines et faunistiques de la période du Würm II autour de 40 000 ans. Des vestiges des périodes romaines et historiques sont également inventoriés dans les niveaux superficiels.

Les dimensions de la galerie de la zone d'entrée sont vastes, la largeur est de 11m pour une hauteur de 3m. Le pendage est de 15° de direction N140°E en relation avec les systèmes de failles qui marquent la séparation du Serre de Guercy de celui d'Aurouze.

Dans la zone d'entrée, les parois sont très altérées les blocs de calcaire se détachent en de petits bancs décimétriques. Un peu plus vers le fond, les marques d'altération des parois sont nombreuses et modèlent complètement le paysage souterrain.

Ces deux processus constituent les sources des niveaux de remplissages rencontrés dans cette partie de la cavité. Dans les parties supérieures du remplissage, des blocs anguleux de taille décimétrique recouvrent le sol, tandis que des sables et silt de couleur jaunâtre comblent les interstices.

La partie terminale de la cavité, derrière la zone étroite est une galerie rectiligne d'une vingtaine de mètres de longueur avec une section de 4 x 6m. Le sol est recouvert d'un remplissage argilo-sableux avec un niveau de plancher de calcite dans la partie supérieure. Les calcaires sont riches en pyrite, leur altération laisse des niveaux de limonite jaune qui imprègnent largement ces dépôts argileux.

La morphologie de la galerie est fortement marquée par la phase de fonctionnement phréatique.

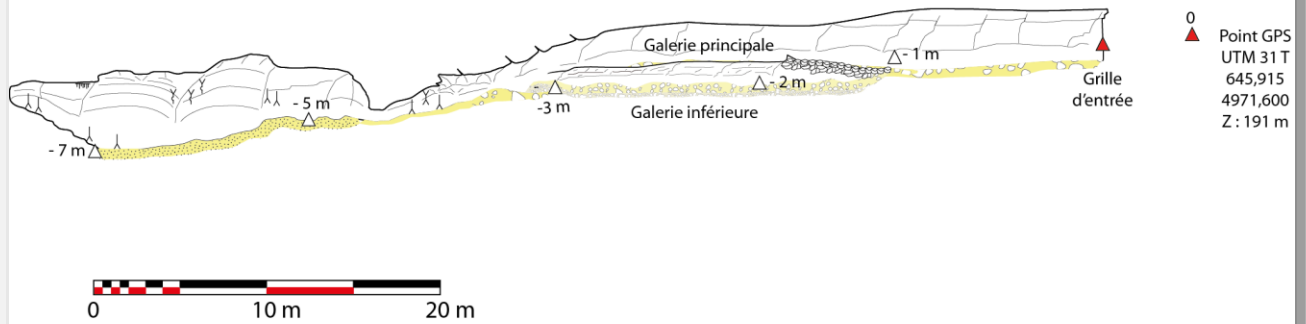
La partie étroite a protégé les morphologies de la galerie des actions gels.

Cette partie de la cavité a servi de gîte à Chiroptères comme en témoignent les dépôts noirâtres scellés par la calcite.

Grotte de Néron

Soyons 07

Coupe projetée suivant un axe N 200°



Topographie :

Philippe Audra

Didier Cailhol

Documentation :

Françoise Prud'homme

Fanny Derym

Topographie levée le 08/05/2013

Classe BCRA : 5D

Figure 62 : Coupe projetée suivant un axe N200°E de la grotte de Néron. La galerie présente un profil de boucle épiphréatique. Les morphologies de la galerie dans la partie terminale présentent des coupes, encoches qui sont associées à ces modes de fonctionnement. Les remplissages argilo-sableux témoignent de l'évolution du fonctionnement hydrologique avec des phases de comblements puis l'abandon progressif du drain avec l'abaissement du niveau de base régional.



Figure 63 : Morphologie de la galerie terminale de la grotte de Néron. Les formes phréatiques avec des encoches, coupes et des chenaux de voutes sont nettement visibles sur les parois.

Différentes encoches de rivières marquent les parois gauche et droite. Le plafond est relativement plat. Deux coupoles s'observent dans le milieu de cette partie de la galerie. Un chenal de voute assure la liaison. Malheureusement, les sols ont été complètement remaniés et ne permettent plus une interprétation facile des conditions de leur installation. La galerie se termine sur une coulée stalagmitique qui obstrue complètement le conduit.

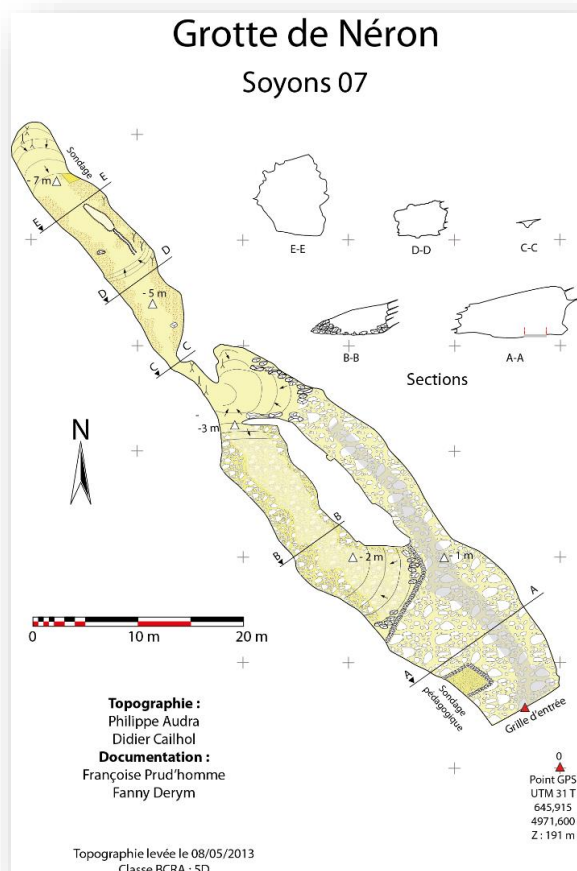


Figure 64 : topographie en plan de la grotte de Néron

La grotte de la Madeleine

La grotte de la Madeleine s'ouvre sur une petite terrasse juste sous le sommet du serre de Guercy. Elle se développe à la cote d'altitude 209 m NGF.

Il s'agit d'une large galerie pratiquement rectiligne qui se termine après une vingtaine de mètres sur une cheminée quasi verticale partiellement remplie de blocs décimétriques scellés dans une matrice argilo-sableuse. Le sommet de la cheminée que l'on peut atteindre en escalade est très proche de la surface.

Les parois sont complètement démantelées par les phénomènes de gélifraction. Le sol de la cavité est entièrement recouvert des blocs anguleux détachés des parois et du plafond.

Différents sondages plus ou moins sauvages, permettent de retrouver au pied des parois, des remplissages argileux à une profondeur comprise entre 1m et 1,5m.

Dans la partie médiane de la galerie, une coupole circulaire permet d'identifier une phase de fonctionnement phréatique de cette galerie. Au pied de la cheminée en paroi de droite, on retrouve également un chenal de paroi qui indique un remplissage de la galerie par des dépôts argileux dans un contexte de circulation d'eau très lente et remontante (fonctionnement paragénétique de la cavité sensu Renault. La dissolution des calcaires ne s'exerce que sur les parties qui ne sont pas recouvertes par les remplissages lors d'une remontée du niveau de base local ou régional).

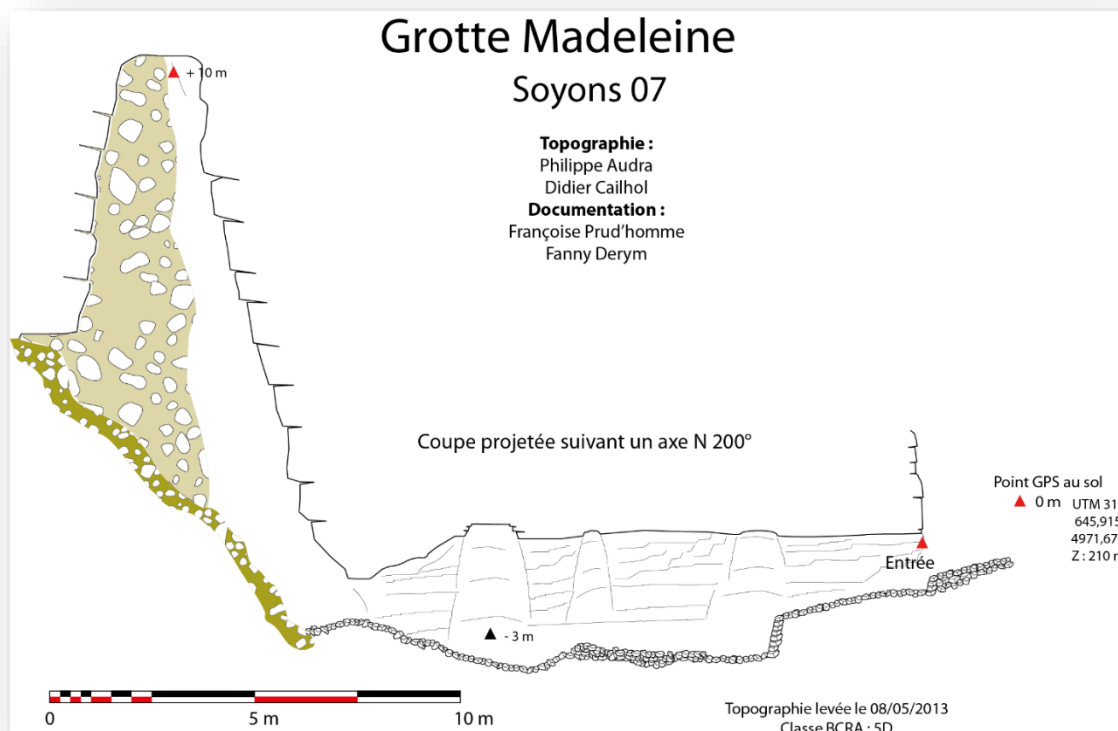


Figure 65 : Coupe projetée suivant un axe N200°E de la grotte de la Madeleine. Cette courte galerie se termine par une importante cheminée qui remonte tout près de la surface.

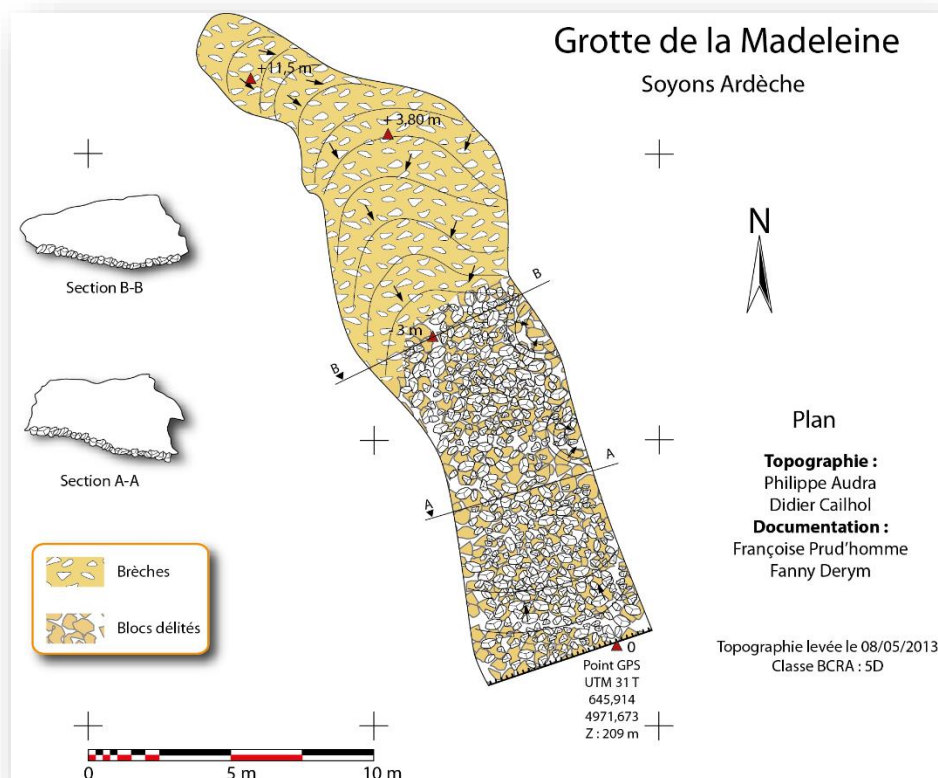


Figure 66 : Plan de la grotte de la Madeleine. Il faut noter l'importante surface au sol de blocs délités par les actions du gel qui viennent recouvrir les niveaux de dépôts argileux sous-jacent.

La grotte de la Madeleine est la plus haute en altitude du groupe de cavités du serre de Guercy. Elle présente en plusieurs endroits des indices de phases de fonctionnement phréatique. Malgré la forte action du gel sur les parois et les plafonds, la grotte conserve quelques formes caractéristiques d'un fonctionnement phréatique. Une coupole d'un mètre de diamètre est visible dans la partie médiane de la cavité. Au pied de la cheminée terminale, la paroi de droite conserve encore les traces d'une coupole emboîtée et d'un petit chenal ascendant. Toutefois, les effets de l'érosions sur le serre ne permettent pas de distinguer les relations avec les autres grottes présentes.

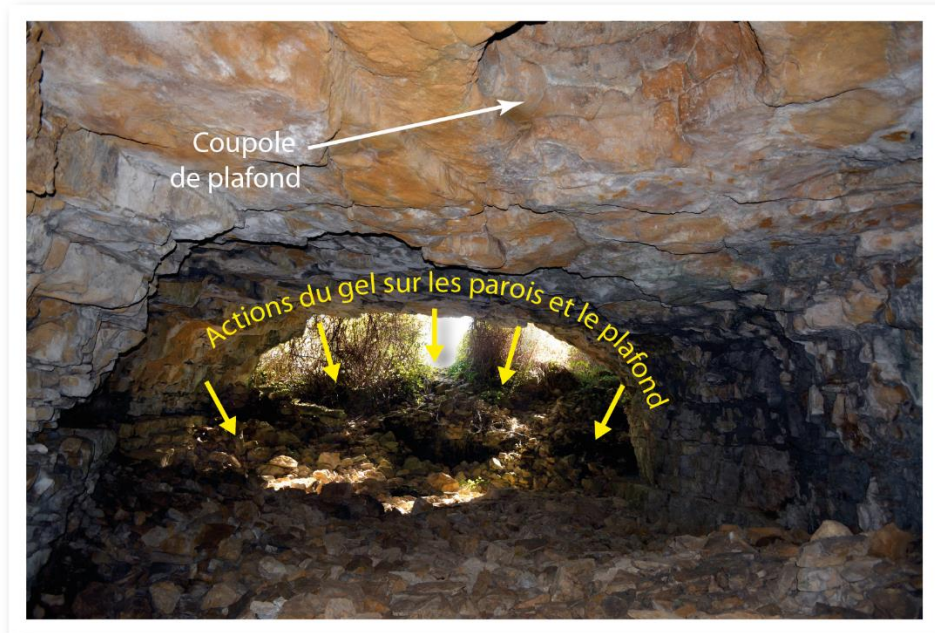


Figure 67 : Vue en direction de l'entrée de la galerie horizontale de la grotte de la Madeleine. Le sol est recouvert de blocs détachés des parois et du plafond par les actions du gel. Au premier plan dans le plafond, on observe une coupole qui témoigne d'une phase de fonctionnement phréatique de la cavité.

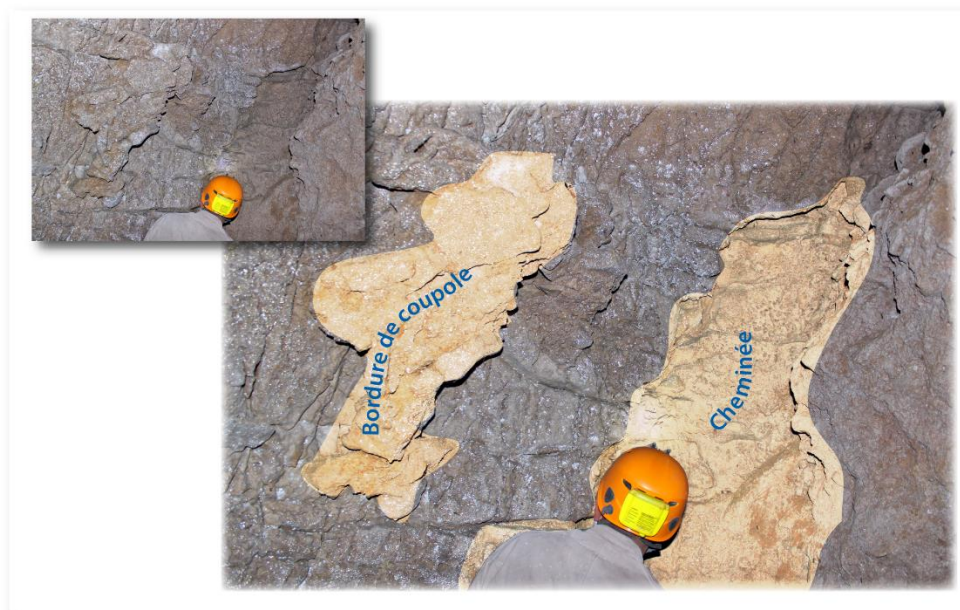


Figure 68 : Vue de la paroi de droite de la galerie de la grotte de la Madeleine, au pied de la cheminée terminale. La bordure d'une coupole avec un chenal ascendant sont bien marqués.

v. Hypothèse sur la genèse des grottes

L'examen des parties profondes, isolées de l'érosion externe et le plan d'ensemble permettent certains constats, d'où nous proposons une genèse possible.

Concernant l'orientation des écoulements (depuis la vallée de Touloud vers le Rhône actuel, ou le contraire), l'absence de sédiments grossiers caractéristiques de la zone d'injection semble exclure un fonctionnement en perte pour ces cavités. L'omniprésence de sédiments fins suggère plutôt un fonctionnement en résurgence. Les pertes se seraient alors localisées sur le versant ouest. La présence d'éléments cristallins (quartz, mica) renforce ce constat. Toutefois, aucune morphologie de paroi indiscutable (vague d'érosion) ne permet de confirmer cette direction d'écoulement.

Les réseaux inférieurs au trou du Renard (réseau Ursus, Moula et petites cavités inférieures), de plus petite taille, sont des soutirages ayant servi à vidanger en fin de crue, tandis que les conduits principaux servaient d'exutoires de crue. Les coupoles et chenaux de voûte illustrent ce fonctionnement phréatique, où dans un contexte noyé la dissolution est reportée au toit de comblements sédimentaires.

Si l'on admet un écoulement vers l'actuelle vallée du Rhône à l'est, la configuration la plus probable consiste à envisager un petit bassin perché dans la vallée morte de Touloud alimentant une percée vers le Rhône, en cours d'incision de son actuelle vallée. Cette période se situerait entre la fin du Pléistocène inférieur et le Pléistocène moyen, soit environ 1 à 0,5 Ma. On ne peut toutefois exclure d'autres scénarii, plus complexes, impliquant des événements successifs ayant laissé peu de traces. Notamment, les concrétions corrodées et les chenaux de voûte suggèrent des phases d'arrêt et de reprise des écoulements, des comblements et des érosions sédimentaires. Passée cette phase d'activité, les réseaux devenus perchés ont été progressivement abandonnés, les soutirages inférieurs entièrement comblés de sédiments fins, tandis que les drains supérieurs restaient ouverts et se concrétionnaient. Un recul modéré des versants a recoupé les conduits, qui ont alors été soumis au gel, déclenchant de la gélifraction et des écroulements (Néron, Madeleine), tandis que l'action éolienne plaquait des lœss dans les porches ouverts (Moula).



Figure 69 : Zone d'entrée de la grotte de la Madeleine. Les éboulis au sol proviennent de blocs détachés du plafond par les actions du gel en période froide (Photo F.Prudhomme).

Les zones d'entrée soumises à l'influence du gel hivernal et des périodes plus froides sont dégradées par les éboulements (Madeleine, Néron). Mais avec l'installation de rétrécissements dans les galeries (remplissages argileux, blocs effondrés) un confinement des zones profondes se produit avec la conservation des morphologies originelles des conduits.



Figure 70 : galerie terminale de la grotte de Néron. Les formes de parois et la nature des remplissages au sol montrent une phase de fonctionnement de la cavité avec des circulations d'eau. (Photo : F.Prudhomme).

5.3. Le patrimoine géologique à Soyons

i. L'activité minière

La carte géologique mentionne au nord de Soyons des mines de sulfures (Fe, As, Sb, Pb, Zn) dans le Trias.

Au sud de Soyons, entre les lieux dit Riverand et Servol, une activité minière s'est développée au cours du XIX^e et début du XX^e siècle. Il s'agissait de l'exploitation de minerai de « limonite » et d'hématite en poche ou dans les fractures qui affectent les calcaires du Jurassique supérieur. Il ne reste plus que deux excavations de cette exploitation qui sont partiellement comblées. Les lieux sont devenus difficilement accessibles avec une abondante végétation.

Au nord de Soyons, entre les lieux-dits du Mas et des Crozettes, une exploitation de pyrite associée à de la limonite et de la barytine s'est développée au cours du XIX^e et début du XX^e siècle. C'est dans les grès du Trias qu'ont été creusées les mines. La production a été importante dans la deuxième moitié du XIX^e siècle. Lors des dernières phases d'exploitation il sortait un minerai à 45 % de soufre et 0,3 à 3 % d'arsenic. Deux systèmes de galeries ont été installés pour l'exploitation qui s'est arrêtée en 1916.

Le gisement a été exploité sur 270 m le long du versant et sur 160 m en suivant la pente. La puissance varie de 1 à 2 m.

En 1862, l'ingénieur des mines l'indique comme étant abandonné depuis plusieurs années. La concession a été exploitée de 1863 à 1886 par la Compagnie des Produits Chimiques d'Alais et de la Camargue. La production a été d'environ 6 000 tonnes de pyrites par an.

L'exploitation a surtout porté sur les régions Nord et Centre de la concession. L'exploitation comprenait essentiellement 3 centres constitués chacun par une galerie de niveau poussée de l'est vers l'ouest.

Ces galeries sont du nord au sud : Le Port, Le Cros de Marlan et La Maladière. L'extraction était en moyenne de 7 à 8 000 tonnes de minerai brut. En 1876, l'ancienne mine du Port s'épuise, les travaux se reportent sur la galerie du Cros de Marlan et on poursuit, au sud du Cros de Marlan, le creusement de la galerie de la Maladière. En 1877, l'exploitation est intense avec une production de 55 tonnes par jour. La couche principale est presque entièrement dépilée dans la zone nord ; dans la région sud, une descenderie donne accès à d'importants chantiers.

En 1880, l'exploitation est concentrée le long de la descenderie qui joint la galerie du Cros de Merlan à celle de la Maladière, d'une part, de l'autre vers les extrémités occidentales des travaux du Cros et du Port.

En 1884, les avancements ouest des galeries du Port et du Cros de Marlan pénètrent dans une zone d'amincissement et les travaux sont arrêtés.

Dans la partie sud (galerie de la Maladière), l'exploitation n'a jamais été très importante. Elle a été arrêtée en 1886 par suite de l'appauvrissement du gisement.

L'exploitation a repris entre 1918 et 1922 et enfin de 1942 à 1948. Environ 157 000 tonnes de pyrites ont été extraites.

En 1916, MM. Plantin déblaient la galerie de la Maladière, la moins exploitée jusqu'ici, sur 135 m et dégagent une couche de 0,80 m qui est tracée. Une seconde couche est mise en évidence au fond de la galerie. Le tonnage extrait en 1916 est de 300 tonnes de minerai à 45 % de soufre et 0,3 à 3 % d'arsenic. Une voie ferrée de 110 m, puis un plan incliné reliaient le débouché de la galerie à la route nationale.

Pendant la seconde Guerre Mondiale, la réouverture de la mine est envisagée. Les Ets Plantin obtiendront ainsi des subventions le 30 juillet 1943 (1 650 000 francs) puis en juin 1947 (1 720 000 francs) pour la remise en état des installations et le désembourbage des galeries.

La production 1944 est de 306 tonnes. La production en 1946 est de 630 tonnes à 35 % de soufre et 33 % de fer. La production est entièrement utilisée par l'exploitant pour ses fabrications. En 1946 des travaux de reconnaissance ont été poussés dans les quartiers du Port, Champ Furel et Puits Caria. Les travaux sont cependant arrêtés en mars 1948 (Naud, 1982).

Des restes d'infrastructures sont encore en place. Il s'agit des ruines de bâtiments et des équipements qui servaient pour le tri et l'évacuation du minerai vers la route le long du Rhône. Des installations permettaient également l'écoulement des eaux d'exhaure des galeries. Les haldes constituent maintenant des niveaux de terrasses bien visibles dans le paysage. Les circulations d'eau venant des anciennes galeries s'écoulent le long des versants.



Figure 71 : Terrasse et installations liées à l'activité minière dans la partie supérieure du Trias dans le secteur de Chareiron. Une entrée de mine dans les niveaux gréseux est bien visible sous le transformateur. La terrasse qui se développe devant est constituée des stériles laissés en place après le triage de l'extraction. Le minerai est ensuite évacué par des rampes installées dans le versant.

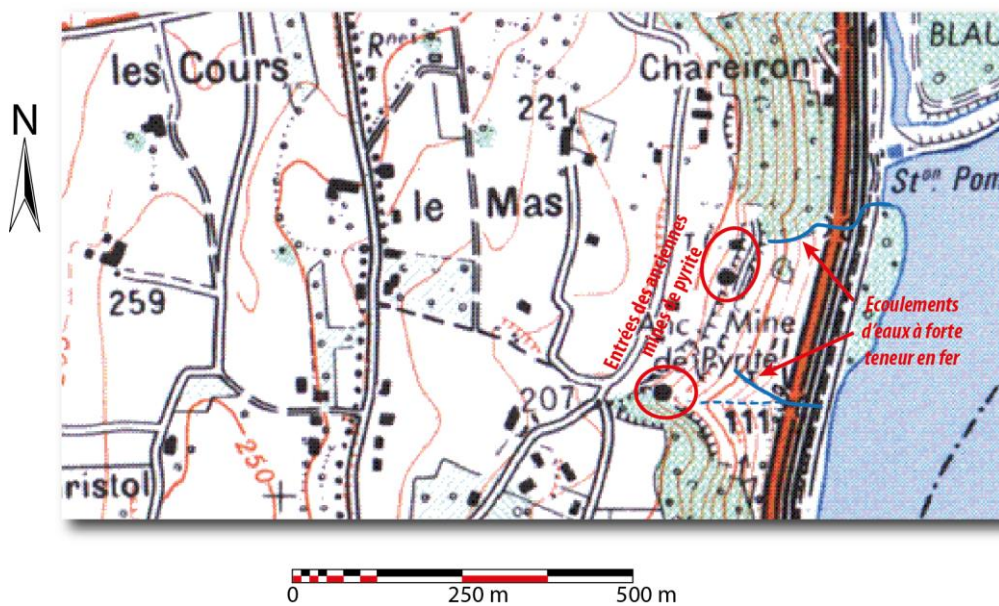


Figure 72 : Carte de localisation des sites miniers de Soyons et des écoulements d'eaux fortement minéralisées. (Fond cartographique IGN).

ii. Les conduits de mines

Les conduits de mines sont de petites dimensions. La technique d'excavation employée suivait les horizons riches en pyrite et en limonite. Ces niveaux relativement tendres se creusaient sans avoir nécessairement besoin de mettre en œuvre des dispositifs lourds.

Des écoulements d'eau fortement minéralisée se retrouvent en plusieurs endroits dans la galerie. La couleur rouge indique de fortes concentrations en fer dissout.

Dans la partie terminale de la galerie, il se développe des concrétions qui se forment à partir de biofilms de ferro-bactéries.



Figure 73 : Vues des différentes parties d'une petite galerie de mine. La galerie était de dimensions modestes et suivait le niveau riche en pyrite. Actuellement des écoulements d'eau d'infiltration se retrouvent en différents points de la galerie. La forte minéralisation des eaux leur donne une couleur rouge. Des petits massifs de concrétions se développent à partir de biofilms.

iii. Les minéralisations dans les grès du Trias et les eaux hypothermales

De nombreuses minéralisations se retrouvent dans ces niveaux de calcaires gréseux dans le sommet est fortement dolomitisé.



Figure 74 : différents sulfates qui se développent à la surface des niveaux gréseux et de la pyrite.

Dans le versant, des encroûtements ferreux se présentent sous une forme massive, compacte et dure ou avec des niveaux d'oxydation bien marqués qui correspondent aux dépôts sidérolithiques et d'autres d'aspect plus friable et de couleur tirant sur le jaune la limonite et des fines strates dures et compactes de couleur rouge d'hématite.



Figure 75 : Encroûtements ferreux rencontrés sur le versant

La limonite est un hydroxyde de fer ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$) structuré sur un système cristallin orthorhombique. Elle se présente sous la forme de lentilles au sein des niveaux gréseux et avec un aspect pulvérulent et terreux ocreux ou en blocs décimétriques concrétionnés dans les versants.

L'hématite est un oxyde de fer de couleur rouge foncé (Fe_2O_3). Son système cristallin est rhomboédrique



Figure 76 : Limonite



Figure 77 : Hématite

Les circulations d'eau dans le versant

Un peu plus au Nord du vallon qui conduit à l'entrée des mines de pyrite, on retrouve dans le versant des circulations d'eau de faible débit en périodes d'été. A. Riche (1924) signale une source importante au Nord des exploitations. Celle-ci doit correspondre à l'émergence repérée à l'extrémité du site (fig78).

Celles qui présentent une forte coloration rouge proviennent de la base des grès triasiques. D'autres écoulements de couleur blanchâtre proviennent des anciens conduits de mines, aujourd'hui foudroyés.

Ainsi, les écoulements d'eau concentrent les éléments ferreux et suivant le débit vont assurer un transport de particules que l'on retrouve accumulées ou précipitées en plus ou moins grande quantité le long de ces écoulements. La conductivité électrique est alors très élevée.

Des mesures de la conductivité électrique et de la température ont été réalisées.

- Au niveau de la sortie de mine, mesure du 10/05/15 :
 - 1750 $\mu\text{S/cm}$ avec une température de 15,5°C



Figure 78 : Écoulements d'eau à la sortie des galeries de Chareiron. Le débit d'étiage est de l'ordre d'1l/s. La couleur blanche de l'eau est liée à la forte teneur en sulfates. Sur les côtés on observe les précipitations ferreuses qui viennent recouvrir la végétation et les feuilles mortes.

Les eaux s'écoulent ensuite le long du versant avec des précipitations des sulfates en érodant les haldes le long du versant.



Figure 79 : Écoulements d'eau le long du versant près de Chareiron. On remarque l'importante croûte de sulfate qui se dépose sur les grès du Trias.

Barytine

La barytine se trouve à la base des grès du Trias. Il s'agit d'une barytine hydrothermale formée dans des filons de basse température. Ils sont à mettre en relation avec l'activité épirogénique du Lias inférieur (Bornand, 1978).



Figure 80 : Les différentes formes de Barytine présentes à la base des grès du Trias. À gauche, il s'agit de Barytine blanche à grands cristaux. À droite d'une forme plus massive.

6. Le paléo Rhône dans la dépression de Saint Péray- Touloud

Si le Rhône voit son cours actuel bien installé dans la plaine de Valence, il n'en a pas toujours été ainsi dans l'histoire géologique récente. De la fin du Miocène jusqu'au début du Pléistocène, de nombreux témoins dans les paysages montrent qu'il a établi son cours dans la vallée entre Saint-Péray et Saint-Georges-les-Bains (épigénie mio-pliocène).

Les conditions hydrogéologiques variaient considérablement de ce que l'on connaît actuellement avec une organisation des réseaux hydrographiques bien différente. Au début du Pliocène, le bassin hydrographique englobait bien plus au nord, le cours supérieur du Rhin qui coulait en direction du sud par l'Allemagne méridionale et les Vosges pour rejoindre le fleuve alpin préfiguration du Rhône. Ce système hydrologique avait un cours orienté au sud-ouest devant les reliefs préalpins en cours de structuration.

Au Pliocène moyen, une phase de soulèvement du Jura va faire évoluer cet ensemble avec l'installation de l'Aar comme tributaire du Rhône en passant à l'ouest de Bâle pour rejoindre la vallée du Doubs et le grand lac bressan. Tandis que le Rhin se structure autour de son cours actuel en direction de la Mer du Nord (Gibbard, 1988), le Rhône s'organise à partir des reliefs alpins qui s'élèvent pour couler en direction du Sud. Durant cette période c'est donc un système fluvial puissant qui coule et structure les vallées (fig.1).

Au niveau de Valence, du Miocène (et jusqu'au Pléistocène inférieur), le Rhône s'écoule alors, à l'ouest, dans la vallée épigénique (incisée par le cours d'eau) de Touloud qui entaille le contrefort du socle centralien. À la fin de cette période, l'ultime surcreusement messinien a été comblé, lors de la transgression pliocène, par des argiles bleues, marines, puis par les conglomérats deltaïques et fluviaux en aggradation quasi-continue jusqu'à la fin du Pliocène. Ainsi, les niveaux de cailloutis cimentés les plus élevés (280 m sur le Serre de Saint-Christol, sont probablement les témoins de la surface d'abandon pliocène (CLAUZON 1996). Les terrasses à 230 m NGF sur les Serres de Guercy et d'Aurouze correspondent à une phase ultérieure anté Günz.

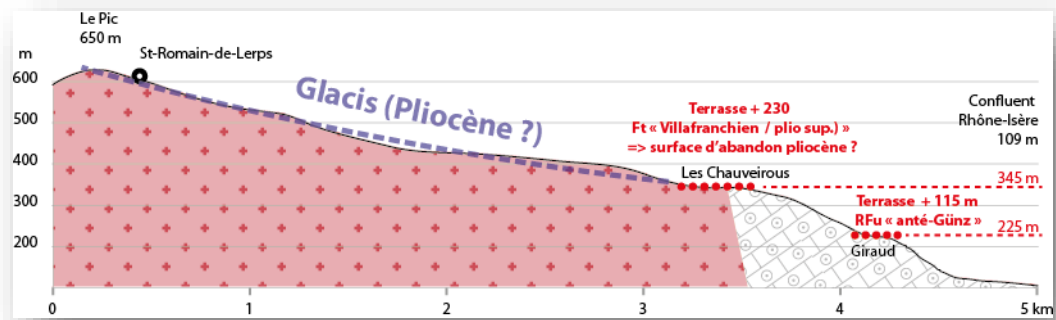


Figure 81 : Profil depuis le sommet du Pic jusqu'à la vallée du Rhône passant par les Chauveirous de la montagne de Châteaubourg. La terrasse au niveau des Chauveirous marque la surface d'abandon pliocène, celle à la cote 225m NGF correspond aux terrasses anté Günz.

Au début du Pléistocène, sous l'influence des premiers effets des cycles glacio-eustatiques et des contrecoups de la surrection alpine, le Rhône amorce une reprise d'incision dans les dépôts pliocènes. Cette incision du Pléistocène inférieur est jalonnée par deux principaux niveaux de terrasses étagées (190-195 m et 170-180 m), attribués au Günz dans la terminologie de MANDIER (1974).



Figure 82 : Vue depuis la crête orientale de la montagne de Crussol des serres de Guercy et de Saint-Christol. La terrasse à la cote 280m NGF au sommet du serre de Saint-Christol correspond à la surface d'abandon pliocène. Celle à la cote 230m NGF sur le serre de Guercy correspond aux phases anté Günz de l'écoulement du Rhône.

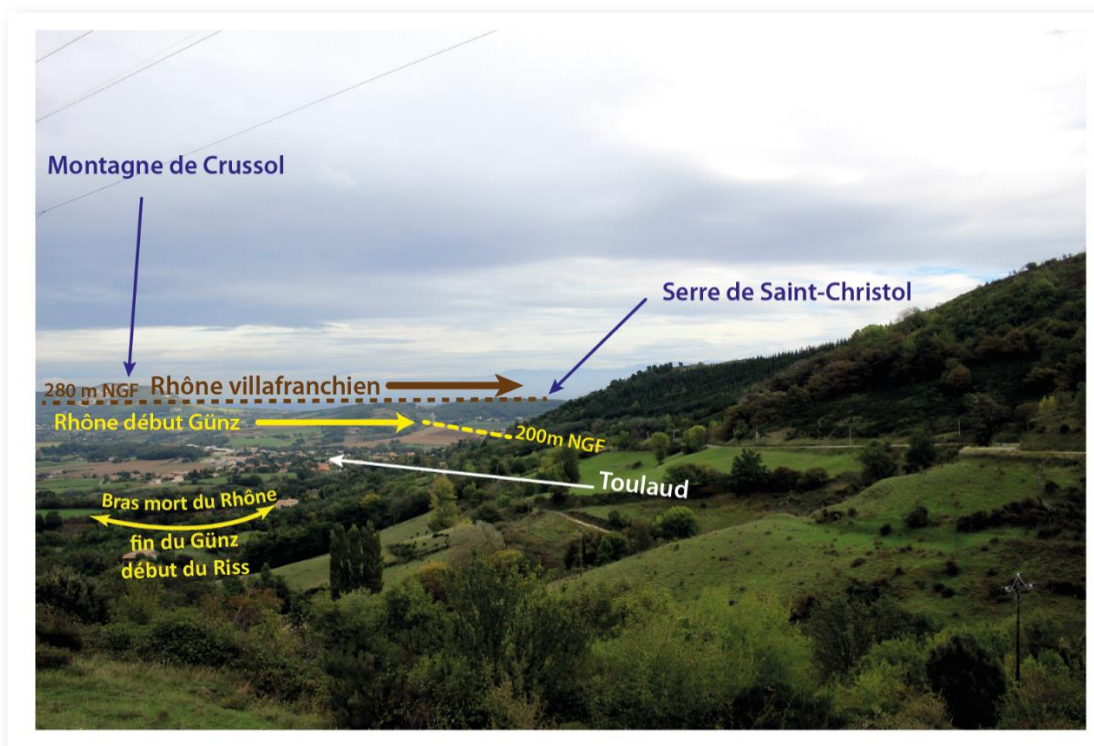


Figure 83 : Vue depuis le col des Ayes : de Toulaud, du serre de Saint-Christol et de la Montagne de Crussol. Les cotes repères aux altitudes 280 m NGF permettent de situer le cours du Rhône villafranchien. Au début du Günz, il s'écoulait en direction de Charmes à la cote 200m NGF. À la fin du Günz et au début du Riss, il était présent dans la vallée de Saint-Péray à Toulaud où le seuil de la cote 200m NGF bloquait l'écoulement. Le Rhône avait alors amorcé son installation vers son cours actuel.

C'est ensuite que le cours occidental du Rhône dans la vallée de Toulaud a été définitivement abandonné au profit du tracé oriental actuel. L'inexistence d'un bras plus ancien à l'emplacement du Rhône actuel semble confirmée par les sondages révélant l'absence de niveaux pliocènes, avec les terrasses quaternaires reposant directement sur le substratum oligo-miocène (MANDIER 1974). Les épisodes ultérieurs du Pléistocène moyen et supérieur se limitent aux nappages de lœss, au surcreusement des petits vallons localisés dans les marnes, et au recul modéré de l'escarpement bordant le Rhône.

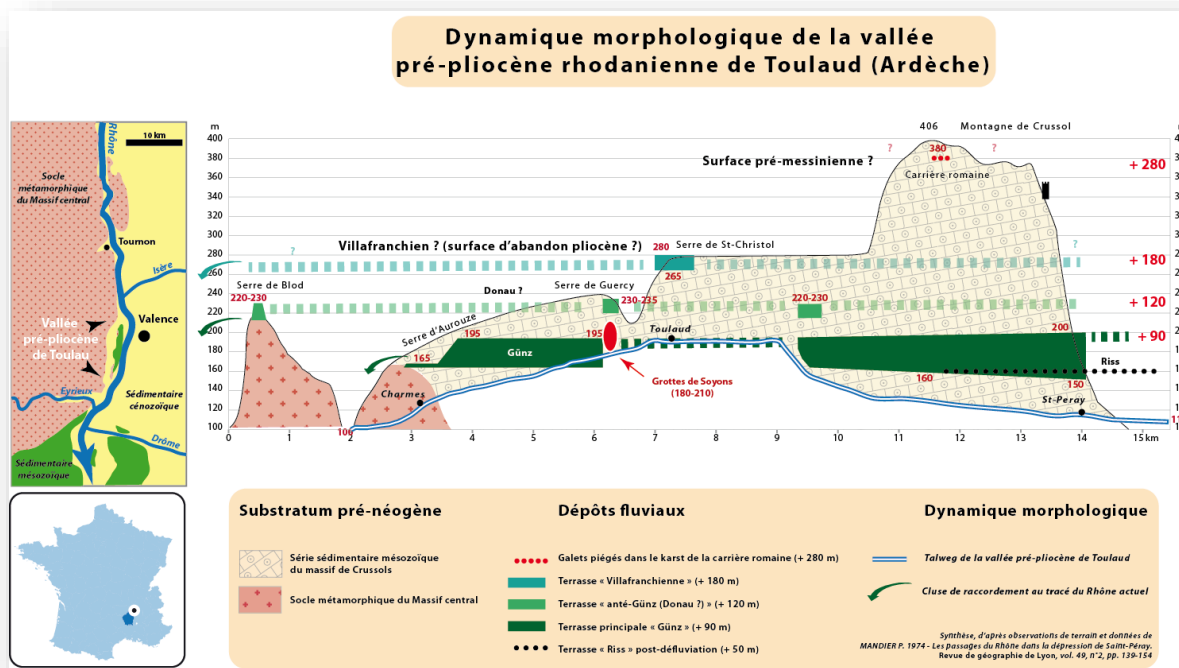


Figure 84 : Profil en travers depuis la Montagne de Crussol jusqu'au serre de Blod. Les différentes phases d'évolution du cours du Rhône depuis la fin du Miocène sont bien marquées dans les structures géologiques avec des niveaux de terrasses et des glacis qui structurent les paysages au fur et à mesure de son incision et de l'abandon de la paléo vallée du Toulaud.

7. Cartes et localisation des phénomènes géologiques et des cavités

1. Secteur de Crussol

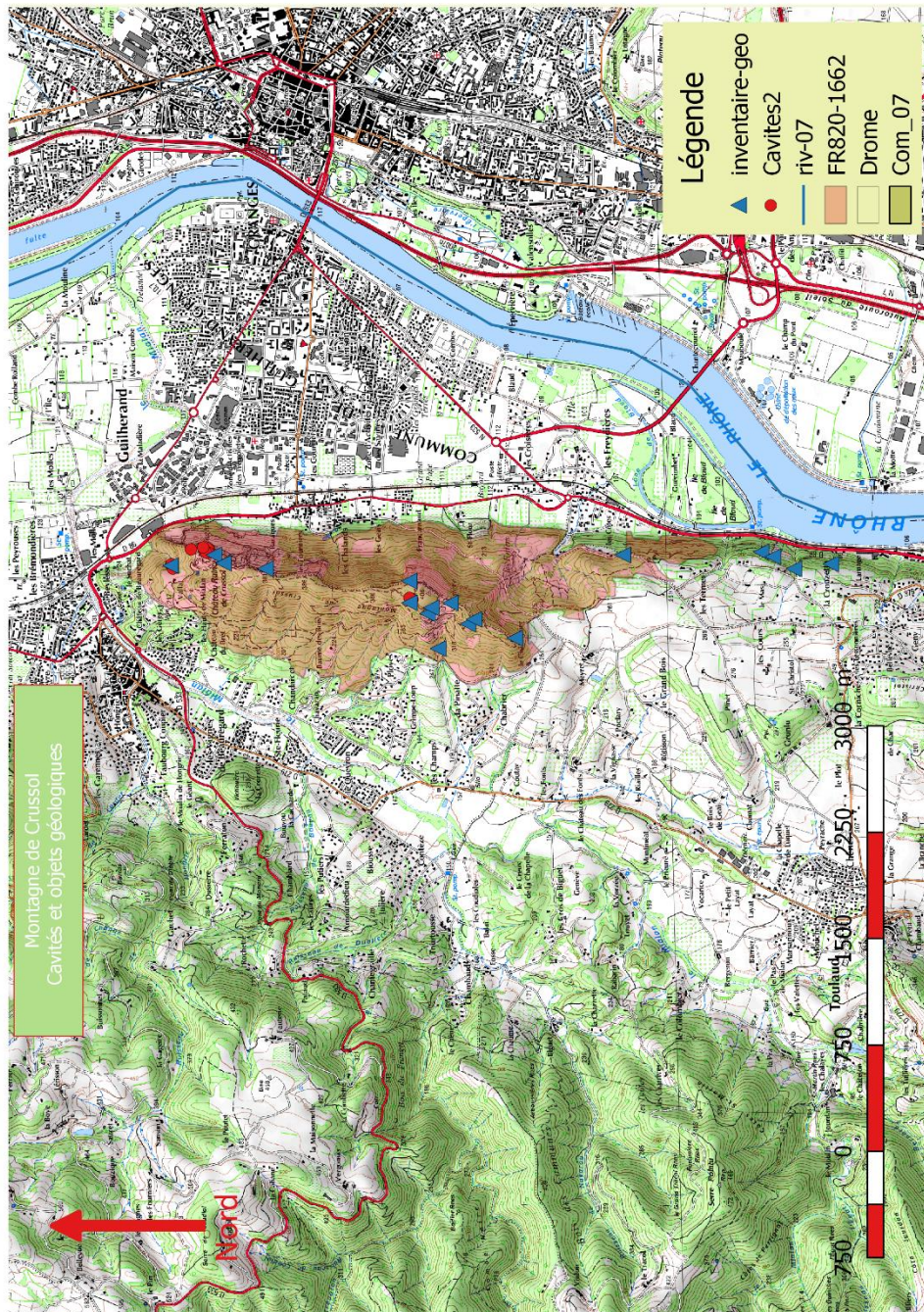


Figure 85 : Carte de localisation des objets géologiques remarquables et des cavités de la Montagne de Crussol. (Fond cartographique IGN).

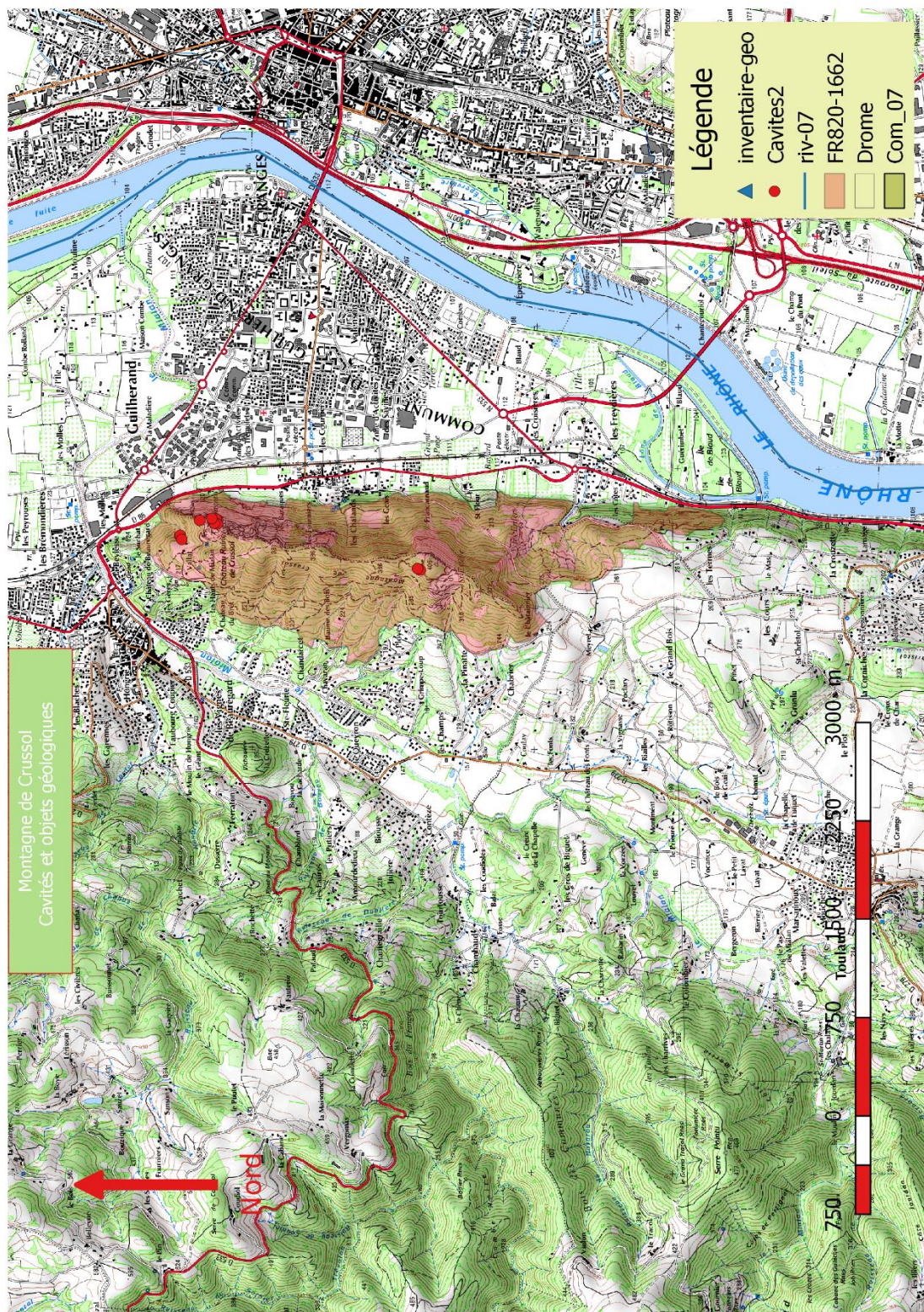


Figure 86 : Carte de localisation des cavités avec un développement supérieur à 4m présentes dans la Montagne de Crussol. (Fond cartographique IGN).

II. Secteur de Soyons

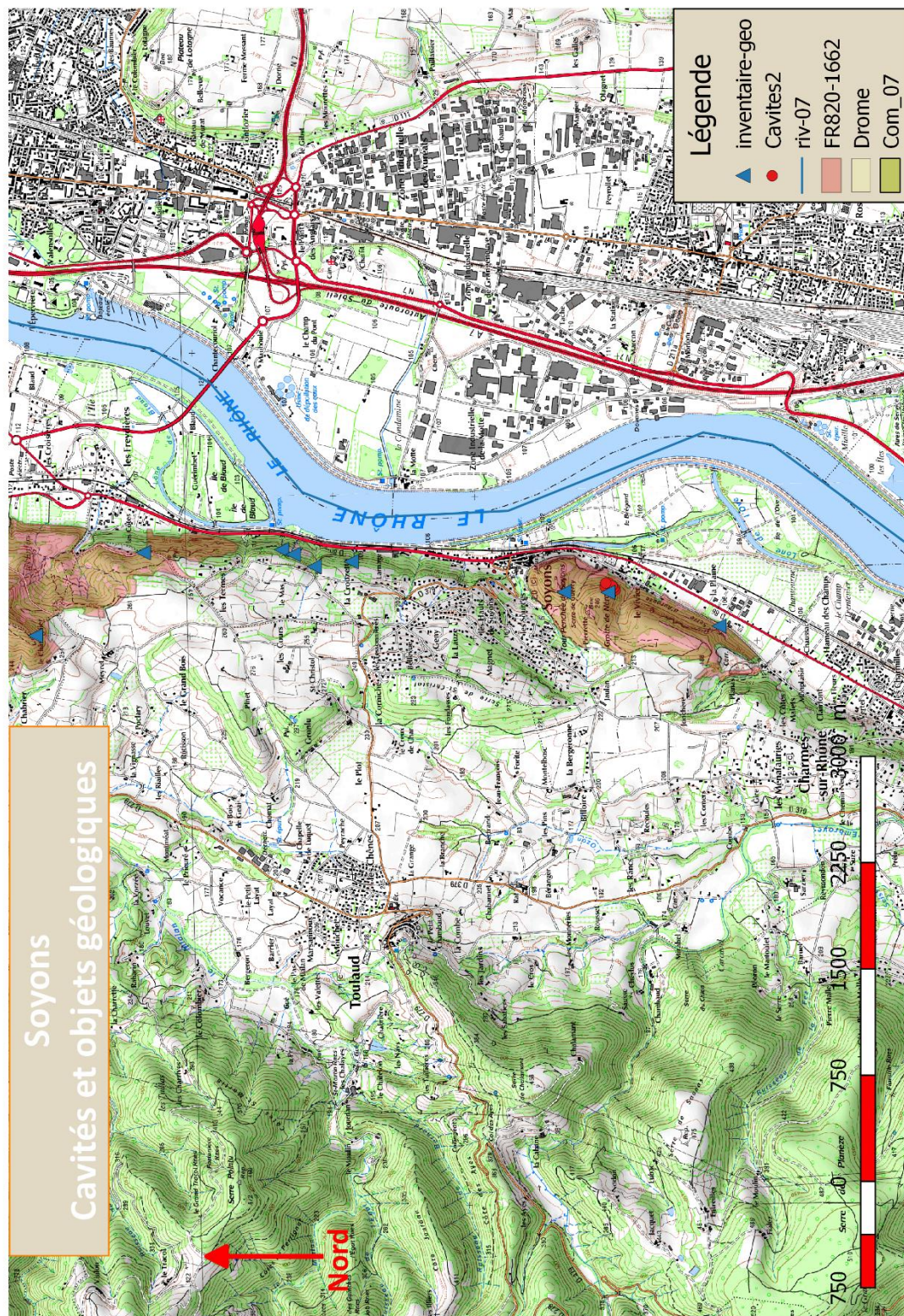


Figure 87 : Carte de localisation des objets géologiques remarquables et des cavités sur le territoire de la commune de Soyons. (Fond cartographique IGN).

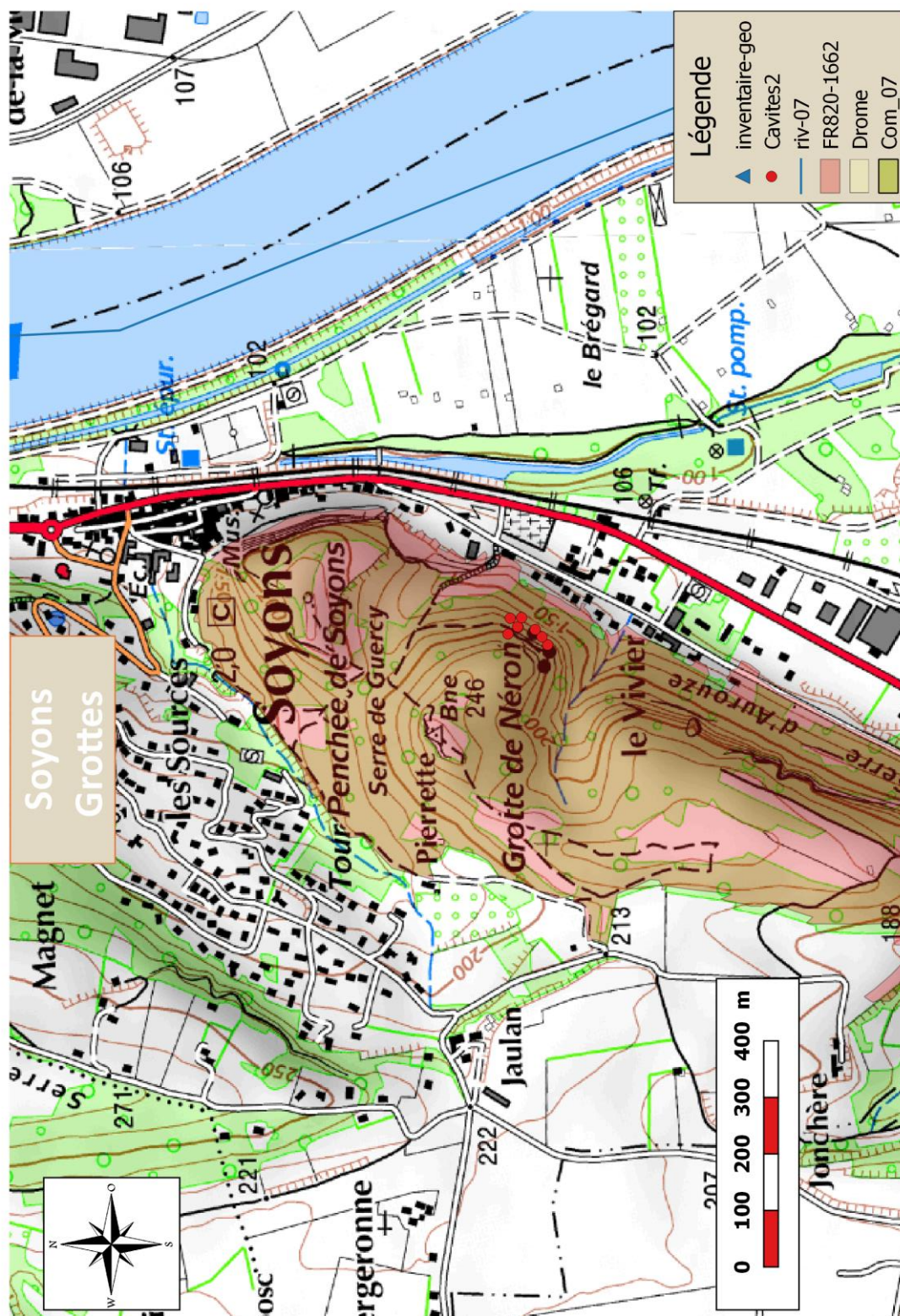


Figure 88 : Carte de localisation des cavités d'un développement supérieur à 4 m sur le territoire de la commune de Soyons. (Fond cartographique IGN).

III. Secteur de Châteaubourg

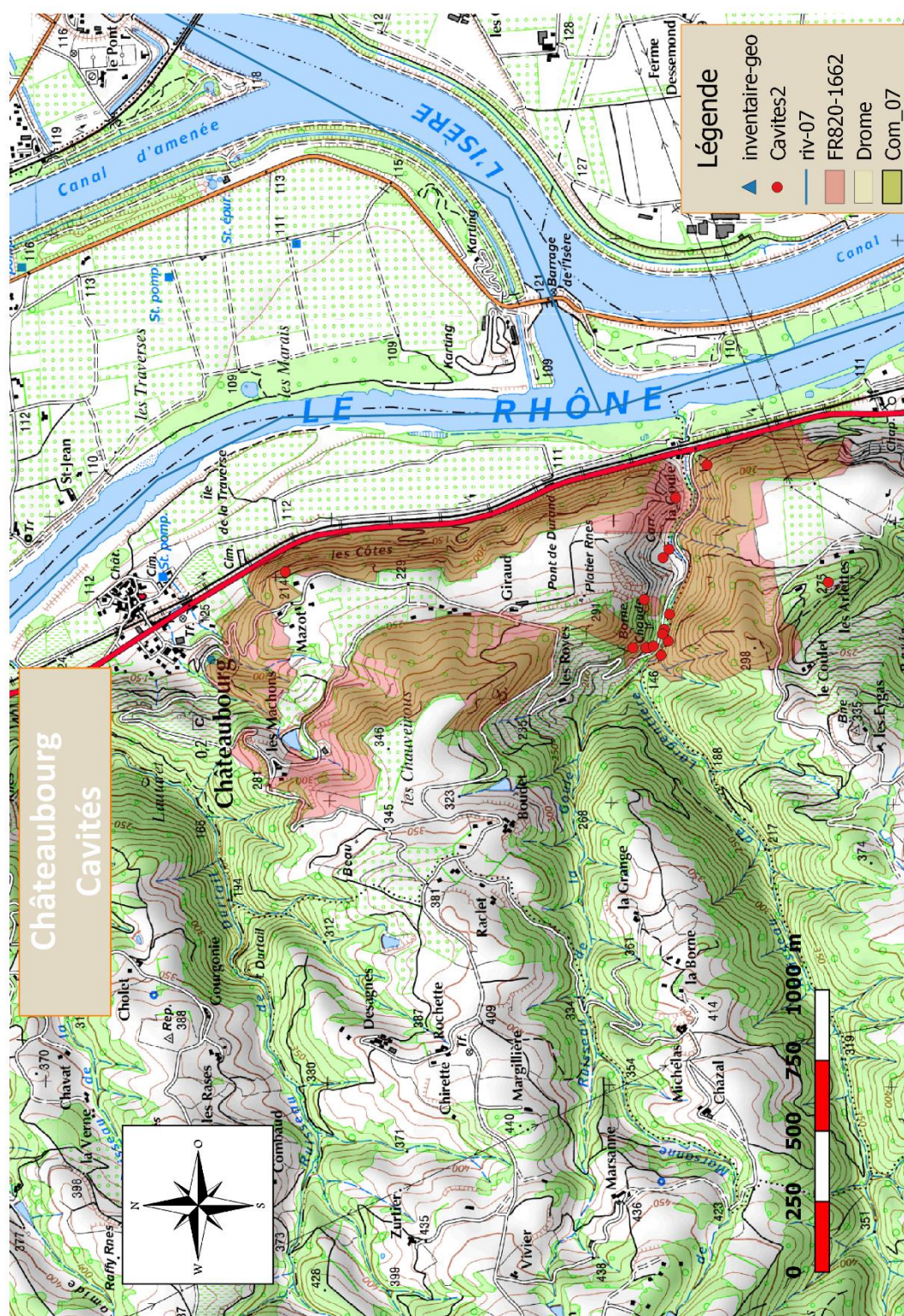


Figure 89 : Carte de localisation des cavités d'un développement supérieur à 4 m sur le territoire de la commune de Châteaubourg. (Fond cartographique IGN).

8. Bibliographie

- P.AUDRA, A.N. PALMER, 2013 - THE VERTICAL DIMENSION OF KARST: CONTROLS OF VERTICAL CAVE PATTERN TREATISE ON GEOMORPHOLOGY, VOLUME 6, KARST GEOMORPHOLOGY, 2013. ELSEVIER EDITOR. PP.186-206. :
- P. AUDRA ET P. HÄUSELMANN, 2004. HYDROTHERMAL ORIGIN OF TWO HYPOGENIC KARST CAVES IN FRENCH PROVENCE: PRELIMINARY RESULTS FROM FLUID INCLUSIONS. ACTES DES JOURNÉES EUROPÉENNES DE L'A.F.K., LE KARST DE LA CRAIE EN NORMANDIE, ROUEN, JOURNÉES 2003, P. 32-34.
- M. BORNAND, P. MANDIER, G. MONTJUVENT, M. CHENEVOY, O. HORON, J. COMBIER, 1978 - CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE À 1/50 000 (N° 818), VALENCE (XXX-36). NOTICE EXPLICATIVE. BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES, ORLÉANS, 51 P.
- J. – C. CARFANTAN, 1964. RELATIONS ENTRE LE FOSSÉ RHODANIEN ET LA BORDURE ORIENTALE DU MASSIF-CENTRAL ENTRE TOURNON ET LA VOULTE (ARDÈCHE). STRATIGRAPHIE. THÈSE DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE, 1964. 98P.
- K. CHENNAOUI, 2004 - RECONSTITUTION DES PALÉOENVIRONNEMENTS ET PALÉOCLIMATS PRÉHISTORIQUES À TRAVERS L'ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIE, COMPLÉTÉE PAR UNE APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE. EXEMPLE DES SITES PALÉOLITHIQUES DE SOYONS (ARDÈCHE, FRANCE) ET DES SITES NÉOLITHIQUES DU LITTORAL ATLANTIQUE MAROCAIN (RÉGIONS D'ESSAOUIRA ET DE RABAT)..THÈSE DE DOCTORAT, UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON, 2004, PP. 23-57.
- G.CLAUZON, J.-M. PUIG ET J.-L.GUENDON, 1997. LIVRET-GUIDE DE L'EXCURSION "MANIFESTATIONS KARSTIQUES INDUITES PAR LE CREUSEMENT MESSINIEN : EXEMPLES RHODANO-DURANCIENS", URA 903, UNIVERSITÉ DE PROVENCE, 63 P.
- P. CULA, L. COUREL. LES GRÈS INFÉRIEURS DU TRIAS CÉVENOL : SYSTÈMES SÉDIMENTAIRES FLUVIATILES ET LAGUNO MARINS. MÉMOIRE HS N°13 - GÉOLOGIE ALPINE : LE DÉTRITISME DANS LE SUD-EST DE LA FRANCE - COLLOQUE ASSOCI. 1988, PP.103-111.
- A. DEFLEUR, E. CREGUT-BONNOURE, E.DESCLAUX & M. THINON, 2001. PRÉSENTATION PALÉO-ENVIRONNEMENTALE DU REMPLISSAGE DE LA BAUME MOULA-GUERCY À SOYONS (ARDÈCHE) : IMPLICATIONS PALÉOCLIMATIQUES ET CHRONOLOGIQUES. ANTHROPOLOGIE. 105, 369-408.
- R.DE LA VAISSIÈRE, 2006. ÉTUDE DE L'AQUIFÈRE NÉOGÈNE DU BAS-DAUPHINÉ, APPORTS DE LA GÉOCHIMIE ET DES ISOTOPES DANS LE FONCTIONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE DU BASSIN DE VALENCE (DRÔME, SUD-EST DE LA FRANCE). THÈSE DE DOCTORAT, UNIVERSITÉ D'AVIGNON ET DES PAYS DE VAUCLUSE 339P.
- E. DESCLAUX ET A. DEFLEUR, 1997. ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DES MICROMAMMIFÈRES DE LA BAUME MOULA-GUERCY À SOYONS (ARDÈCHE, FRANCE). SYSTÉMATIQUE, BIOSTRATIGRAPHIE ET PALÉOÉCOLOGIE (MICROMAMMALS FROM BAUME MOULA-GUERCY (ARDÈCHE, FRANCE) : SYSTEMATIC, BIO STRATIGRAPHY AND PALAEOECOLOGY.), QUATERNAIRE, P. 213-223, 1997.
- P.L., GIBBARD, 1988. HISTORY OF THE GREAT NORTHWEST EUROPEAN RIVERS DURING THE PAST THREE MILLION YEARS. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY, LONDON, B318, 559-602.
- P. MANDIER, 1974. LES PASSAGES DU RHÔNE DANS LA DÉPRESSION DE SAINT-PÉRAY. REVUE DE GÉOGRAPHIE DE LYON. VOL. 49 N°2, 1974. PP. 139-154.
- L.MICHON, 2000. DYNAMIQUE DE L'EXTENSION CONTINENTALE - APPLICATION AU RIFT OUEST-EUROPÉEN PAR L'ÉTUDE DE LA PROVINCE DU MASSIF CENTRAL. THÈSE DE DOCTORAT, UNIVERSITÉ DE CLERMONT FERRAND. 263P.
- G. NAUD, 1982. LIVRET D'EXCURSION, STAGE DE DÉCOUVERTE GÉOLOGIQUE DU VERSANT RHODANIEN DE L'ARDÈCHE ENTRE SAINT-GEORGES-LES-BAINS ET SAINT-PÉRAY.PP.28-31.
- P.PAYEN, J.ARGANT, E.CREGUT-BONNOURE, A.DEFLEUR, J.EVIN, C.GUERIN, 1990 - LE GISEMENT MOUSTÉRIEN DE L'ABRI MOULA (SOYONS, ARDÈCHE).ARDÈCHE ARCHÉOL., LES VANS, 7,PP. 3-9.
- P.RENAULT, 1969 - CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES ACTIONS MÉCANIQUES ET SÉDIMENTOLOGIQUES DANS LA SPÉLÉO-GENÈSE. THÈSE EXTRAITE DES ANNALES DE SPÉLÉOLOGIE 22,1967, FASC.2, P.209-267; T.23, 1968, FASC.1, P. 259-307; T. 23, 1968, FASC.3, P.529-596.

- A.RICHE, F. ROMAN, 1921 – LA MONTAGNE DE CRUSSOL, ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE. TRAVAUX DU LABORATOIRE DE GÉOLOGIE DE LA FACULTÉ DE SCIENCES DE LYON, FASC 1, 1921. 196P. 8 PLANCHES.
- Y.QUINIF, 2010 – FANTÔMES DE ROCHE ET FANTÔMISATION – ESSAI SUR UN NOUVEAU PARADIGME EN KARSTOGENÈSE. KARSTOLOGIA MÉMOIRES, 18, 196P.
- T. SAOS, A. DJERRAB, A. DEFLEUR, 2014. ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE, SÉDIMENTOLOGIQUE ET MAGNÉTIQUE DES DÉPÔTS PLÉISTOCÈNE MOYEN ET SUPÉRIEUR DE LA BAUME MOULA-GUERCY (SOYONS, ARDÈCHE) ». QUATERNAIRE, NO VOL. 25/3: 237-51.

Axes de Médiation

Propositions pour la valorisation des
patrimoines géologiques
au travers les approches géographiques,
environnementales et anthropiques

A. Axes de valorisation patrimoniale et de médiation

À partir du travail d'étude mené sur les trois ensembles que constituent le massif de Châteaubourg, la montagne de Crussol, le massif de Soyons, des axes de développement peuvent être dégagés afin de définir, des stratégies d'actions pour la valorisation et la conservation des éléments des patrimoines géologiques remarquables.

Processus de patrimonialisation de l'endokarst

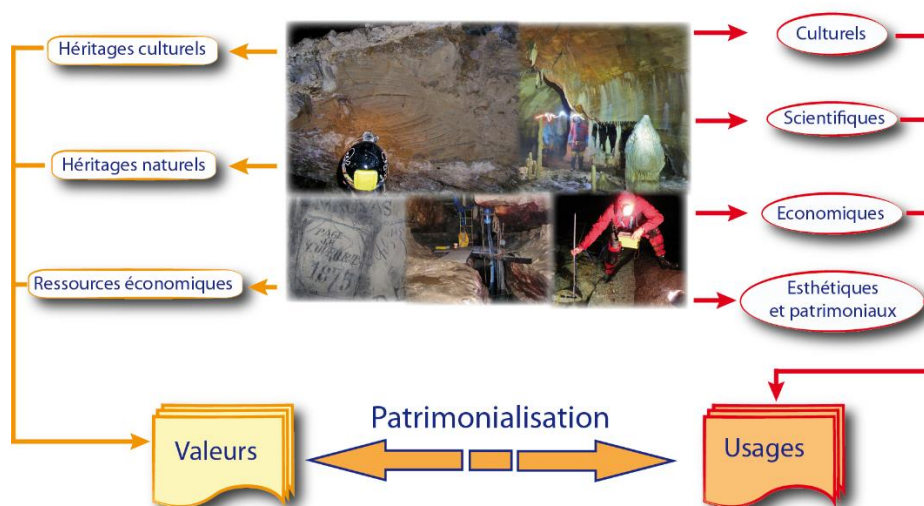


Figure 90 : Schéma de la chaîne de processus intervenants dans une démarche de patrimonialisation en matière de géosciences. Les différentes valeurs présentes sur le territoire ont fait l'objet de description dans l'étude géologique commandée par la Communauté de communes Rhône-Crussol. Les usages sont à définir en partir en fonction des axes de développement.

Une démarche spécifique doit être mise en œuvre à partir des apports de l'étude géologique réalisée afin de cibler, au plus juste, les objectifs de développement territorial, le projet de médiation et les impératifs de conservation des sites.

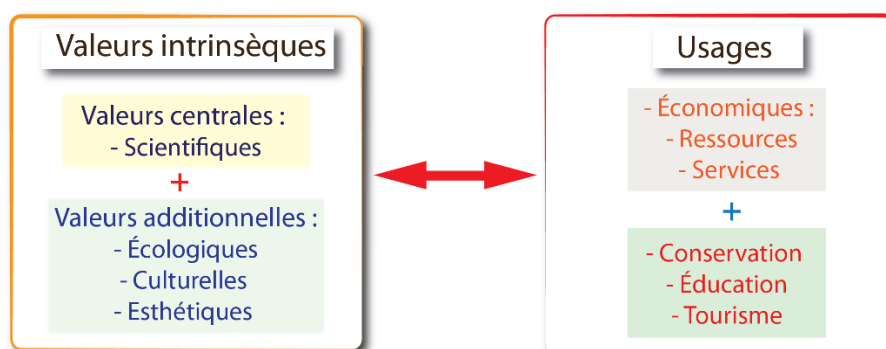


Figure 91 : Bloc diagramme de présentation des valeurs intrinsèques du territoire et des usages possibles dans le contexte d'un projet de médiation en matière de géosciences dans cette partie de la rive droite du Rhône.

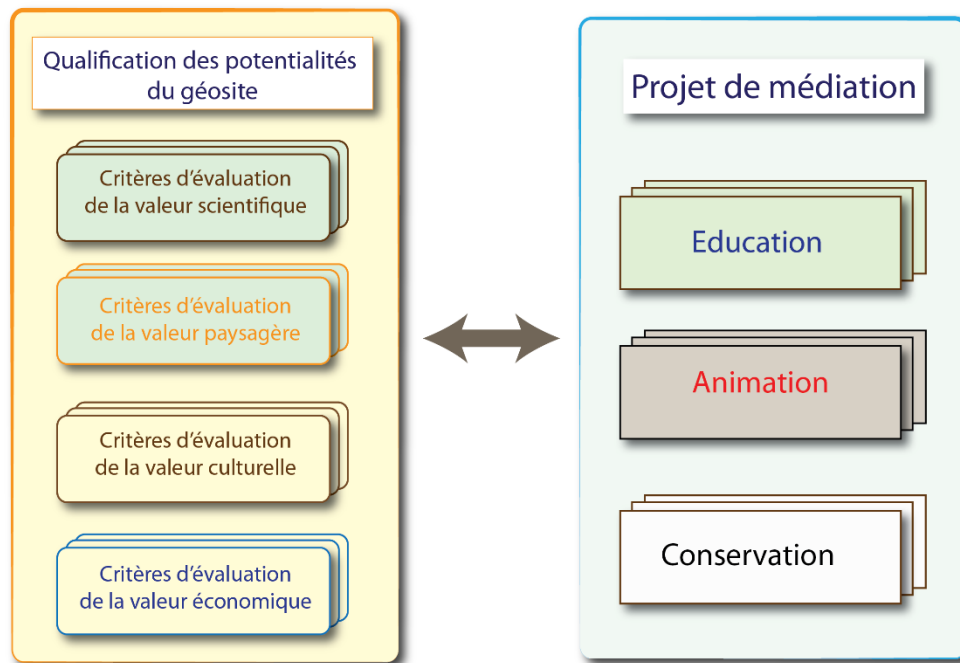


Figure 92 : Diagramme pour l'évaluation d'un géosite. Les différents critères d'évaluation permettent de définir avec précision les axes de développement du projet de médiation et d'intégrer les enjeux de conservation.

B. Axes de valorisation à partir des sites et des infrastructures

La médiation en matière de géosciences s'appuie sur trois registres d'interaction (Cayla, Hobléa, Gasquet, 2010) :

- L'interactivité émotionnelle, qui a pour but de capter l'attention, d'intéresser au sujet, de créer une expérience positive.
- L'interactivité manuelle, qui place le visiteur dans l'action. Elle le pousse au dialogue avec la nature et l'invite au questionnement d'une manière active.
- L'interactivité cognitive, qui doit permettre au sujet de se construire son propre corpus de connaissances, par un dialogue avec lui-même qui lui permettra de trier l'information fournie par les différents média proposés.

Pour cela, il faut être en mesure de proposer des activités, des équipements ou des infrastructures à même de porter ou susciter ces interactions en relation avec les sites étudiés et les infrastructures existantes ou à développer.

a) Les sites et itinéraires

- Les itinéraires de découverte et d'interprétation patrimoines géologique, historique, minier, industriel.
- Les sites aménagés et expliqués (Château, carrières, grottes)

b) La médiation à partir du musée et de technologies de l'information et de la communication.

- Les paysages commentés et leurs évolutions ;
- Le milieu souterrain ;
- Le patrimoine archéologique ;
- Le patrimoine minier ;
- Les activités actuelles (vignes, fruits).

- ➔ Développement d'activités didactiques et de médiation :
 - Visites de sites, guidées, commentées à partir du Château des grottes et du musée.
 - Organisation d'activités didactiques sur les thématiques de la géologie, l'archéologie à partir de sites dédiés.
- ➔ Développement de produits connectés s'appuyant sur la réalité augmentée.
- ➔ Développement de produits spécifiques :
 - Séjours hydrothermalisme (eaux, grottes et paysages).
 - Séjours œnologiques et gastronomiques (vin, marnes calcaires).
 - Séjours archéologiques de Neandertal aux Aurignaciens.
 - Séjours ammonites et géologie.
 - Séjours fleuve, le Rhône ses caractéristiques, ses évolutions ses usages.

C. Le patrimoine géologique

a. La mise en scène de paysages ou de sites

Ce territoire et plus particulièrement la Montagne de Crussol a été un site majeur pour la géologie du Mésozoïque à partir du XIX^{ème} siècle.

Des itinéraires peuvent être créés et équipés d'aménagements pour rendre compte des particularités de certains paysages ou sites, en faire ressentir le temps long des roches et de la nature des dépôts sédimentaires (niveaux fossiles etc.). Il peut s'agir aussi de plateformes installées sur des belvédères ou à proximité d'affleurements pour rendre compte des composantes remarquables ou pittoresques

Il est ainsi possible de mettre en valeur :

- Contact socle et Trias avec la présence de grenats almandins et de Barytine crêtée.
- Les séries gréseuses du trias

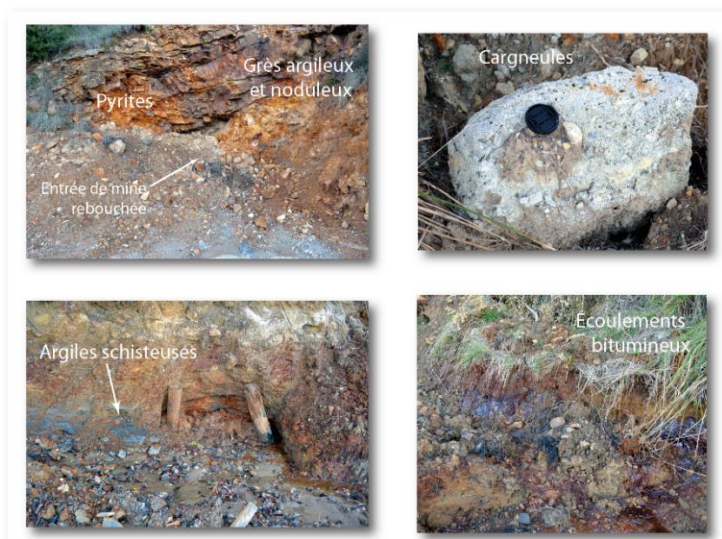


Figure 93 : Aspects des différents faciès du Trias gréseux présent à Soyons. La grande diversité des faciès permet de rendre compte des changements des environnements de cette période.

Le secteur des mines de pyrite de Soyons, se prête bien à l'installation d'itinéraires et des sites pour l'observation et l'identification des différents niveaux : grès, chapeau de fer, cargneules, argiles schisteuses

Les séries jurassiques

Stratotype du Crussolien

La stratigraphie des niveaux du Jurassique à Crussol et surtout les caractéristiques remarquables des dépôts ont permis de définir le contexte paléo environnemental des niveaux carbonatés. Un faciès de l'étage du Kimméridgien a été défini ici, au 19^{ème} siècle : le Crussolien.

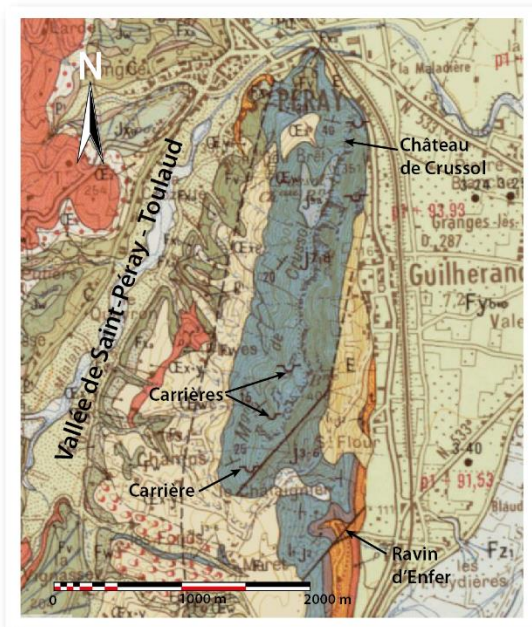


Figure 94 : Extrait de la carte géologique de la Montagne de Crussol. La présence de nombreuses carrières et la configuration du Ravin d'Enfer constituent des sites pédagogiques de première importance pour aborder les aspects de stratigraphie et de tectonique. Ce territoire constitue un ensemble pour mettre en place des itinéraires de découverte et des sites didactiques.

Les différents niveaux à Ammonites ont été plus particulièrement étudiés :

- Ammonites Crussol,
 - *Ochetoceras canaliferum* (Oppel, 1863),
 - *Ochetoceras* HAUG, 1855,
 - Riche, F. Roman, la montagne de Crussol. Étude stratigraphique et paléontologique, 1921
 - *Taramelliceras* (*Taramelliceras*) *trachinotum* (Oppel, 1863,)
 - F. Fontannes, description des ammonites des calcaires du château de Crussol, Ardèche (zone à *Oppelia tenuilobata* et *Waagenia beckeri*), 1879.

b. Des lieux d'activités

Dans les carrières de Crussol :

- Atelier de géologie : observations et levés des stratigraphies.

Dans le Vallon d'Enfer :

- Sondages organisés et encadrés sur des emplacements délimités pour des recherches de fossiles et leur identification.

D. Les patrimoines de la géomorphologie

a. Les paysages

Les paysages du territoire rendent compte d'épisodes marquants de l'histoire de la Terre et de leurs évolutions.

Le fossé d'effondrement consécutif des évolutions du rift ouest européen, est à l'origine du bassin de Valence où l'on retrouve à plus de 2500 m de profondeur les niveaux calcaires de Châteaubourg, Crussol et Soyons.



Figure 95 : Vue en direction du Sud, depuis le sommet des carrières de Châteaubourg de la plaine de Valence, du Rhône, des terrasses fluviales anciennes et du Château de Crussol. Ce type de panorama peut faire l'objet d'un point de description dans le cadre d'un itinéraire de découverte ou dans des objets ou documents interactifs.

Les différentes étapes du remplissage de ce bassin au cours des phases marines et fluviales qui se sont succédées, se retrouvent inscrites dans les paysages de la plaine de Valence, la vallée de Touloud, avec des terrasses, des formations de types molasses marines et fluviales.

Les évolutions du Rhône sont bien visibles dans ces paysages, tant dans l'actuelle vallée que dans les étapes de son écoulement dans la Vallée de Touloud en direction de Charmes sur Rhône.



Figure 96 : Exemple de paysage commenté qui peut être intégré dans le cadre d'un itinéraire de découverte ou de documents ou objets interactifs.

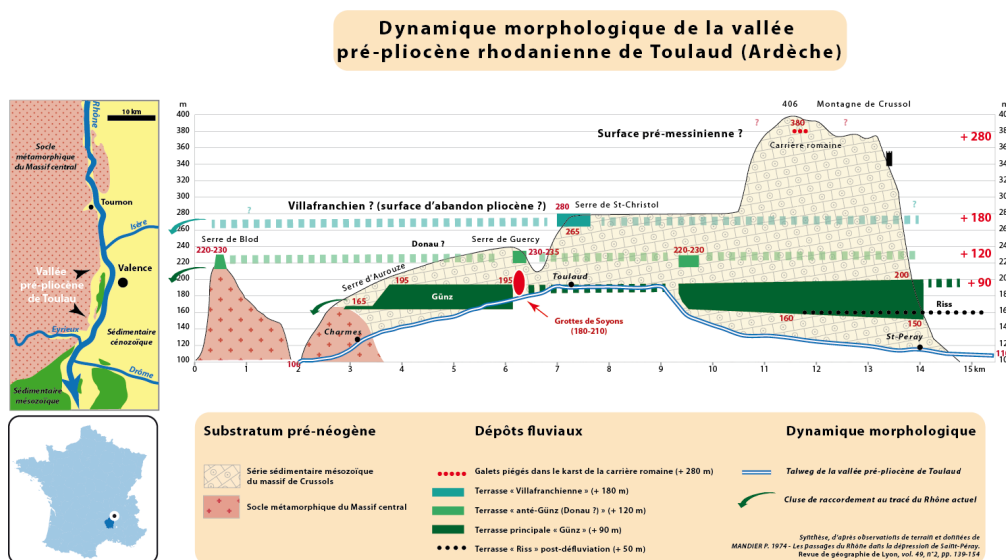


Figure 97 : Bloc diagramme de présentation des évolutions du cours du Rhône et des morphologies de la vallée lors des derniers épisodes géologiques marquants. Ce type de document peut trouver sa place dans des panneaux explicatifs, des livrets d'excursion ou des applications numériques.

b. Les grottes témoins des évolutions environnementales



Figure 98 : Vue d'ensembles des grottes de Soyons

Les grottes, et celles de Soyons plus particulièrement, constituent des archives naturelles de premier plan qui ont enregistré les évolutions environnementales depuis le Miocène. On retrouve dans les remplissages et les concrétions des enregistrements des conditions climatiques, hydrologiques et des environnements qui prévalaient lors des différentes évolutions que la région a connues.

À Châteaubourg et Crussol, les phénomènes hypogènes (remontées de flux plus ou moins chauds et acides) sont à l'origine de nombreux phénomènes karstiques et de la quantité importante de petites cavités dans ces ensembles. Ce type de spéléogénèse est tout à fait remarquable et constitue une référence régionale.

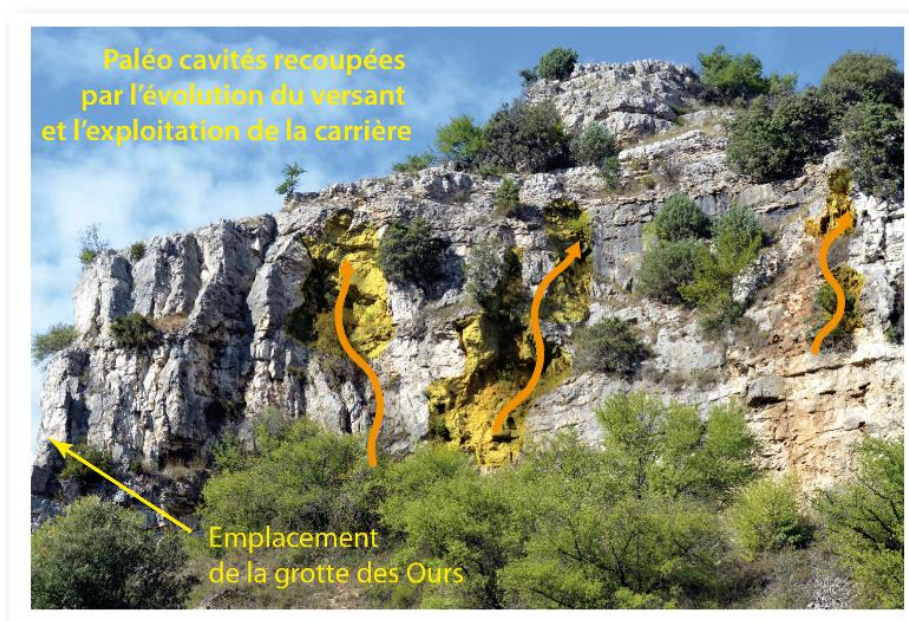


Figure 99 : Vue des cavités qui se sont formées à partir des circulations hypogènes dans le Vallon de la Goule à Châteaubourg.

Les paysages (hier, aujourd'hui, demain)

La documentation photographique abondante permet de rendre compte des évolutions des paysages en fonction des activités humaines et des développements des sociétés.



Figure 102 Carte postale du début du 20^{ème} siècle montrant le Château de Crussol et en arrière-plan la plaine de Valence et le cours du Rhône.

b. Histoire sciences et techniques

Histoire des sciences de la terre (géologie, archéologie)

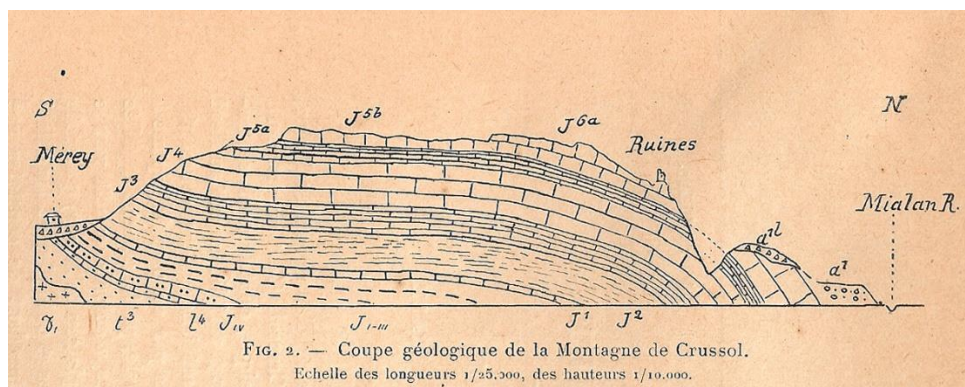


Figure 103 : Coupe Géologique de la Montagne de Crussol proposée par A. Riche et F. Roman en 1921.

Au cours du 19^{ème} siècle, la région a été parcouru par de nombreux géologues, intéressés par la diversité des entités géologiques présentes et l'exemplarité des sites pour installer des chronologies et documenter les contextes de mise en place et les évolutions des terrains présents.

Il en ressort une description et une riche documentation tant cartographique que des fossiles et des niveaux géologiques étudiés.

Ces sites constituent également des outils pédagogiques remarquables pour installer une pédagogie sur les risques naturels (géologiques et hydrologiques) aux populations locales.



Figure 104 : Écroulement rocheux dans la face est de la montagne de Crussol. Crédit photo : Dauphiné Libéré

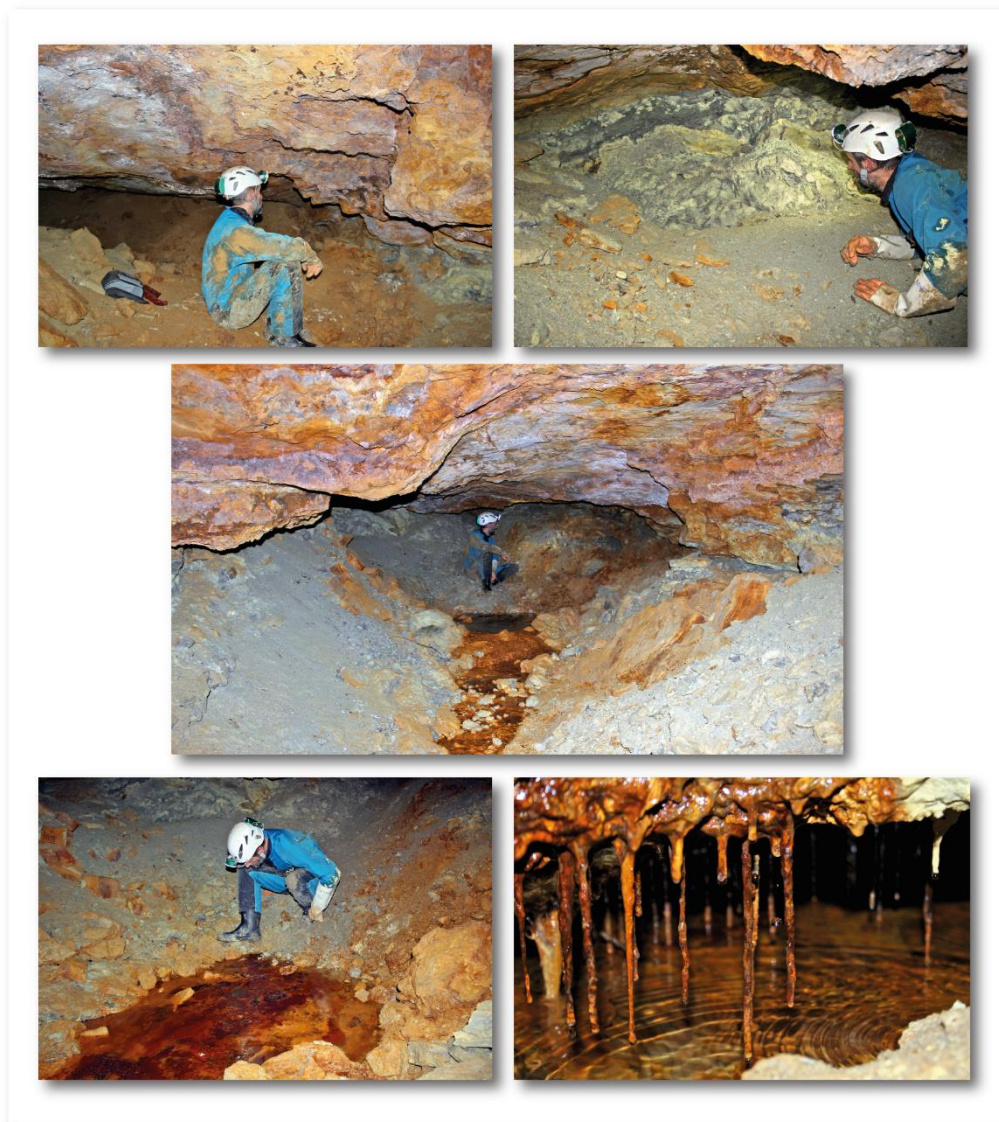


Figure 105 : Galerie de mine dans les grès du Trias, utilisée pour l'exploitation de la pyrite. La connaissance de ce patrimoine est important pour comprendre comment aménager le territoire et gérer les risques consécutifs à l'arrêt des exploitations, plus particulièrement en matière de du risques cavité et des écoulements d'eau.



Figure 106 : Vue de la Carrière de Châteaubourg dans le Vallon de la Goule. L'exploitation de ce site est relativement ancienne, dès le 19^{ème} siècle les carriers extrayaient la roche pour les travaux d'endiguement du Rhône



Figure 107 : L'aménagement et l'exploitation du Rhône constitue des axes de développement économiques importants de la région.

Bibliographie :

N.Cayla, F.Hobléa, D.Gasquet – 2010 – Guide des bonnes pratiques de médiation des géosciences sur le terrain. Géologie de la France, n° 1, 2010, p. 47-55, 3 fig., 12 photos.