

Table des Matières

Remerciements

Introduction

I/ Description de la cavité.....	3
1 Contexte Géographique.....	3
2 Contexte Géologique.....	4
3 Contexte Hydrologique.....	5
4 Biologie.....	6
5 Archéologie.....	7
6 Historique.....	8
7 Glossaire.....	9
II/ Séance d'éducation à l'environnement karstique.....	10
1 Connaissance pré requises.....	10
A. L'érosion chimique du calcaire.....	10
B La cristallisation du carbonate de calcium.....	11
C le Tuf calcaire.....	11
D La conductivité de l'eau.....	12
2 Fiche pédagogique destinée au Professeur.....	13
A La formulation de l'hypothèse.....	14
B La conception du protocole expérimental.....	14
C La réalisation du protocole expérimental.....	16
3 Fiche pédagogique destinée aux élèves.....	18
A La formulation de l'hypothèse.....	18
B La conception du protocole expérimental.....	18
C La réalisation du protocole expérimental.....	19

Conclusion

Bibliographie

Annexes

Introduction

La grotte du Château de la Roche est un site majeur de la vallée du Doubs tant pour son patrimoine historique que naturel. La dimension de son entrée en fait un élément marquant du paysage, c'est cette particularité qui a participé à son histoire. En effet, les occupations humaines se sont succédées et ont laissé leurs traces, certains vestiges sont d'ailleurs encore visibles.

L'intérêt scientifique est également assez ancien, les premières études datent du 19^e siècle. Le contexte géologique et hydrologique de cette rivière souterraine est typique du karst Franc-Comtois. La faune et la flore qui s'y développe est, quant à elle, très riche. De plus, sa facilité d'accès en fait un site pédagogique complet, avec de nombreux aspects à étudier.

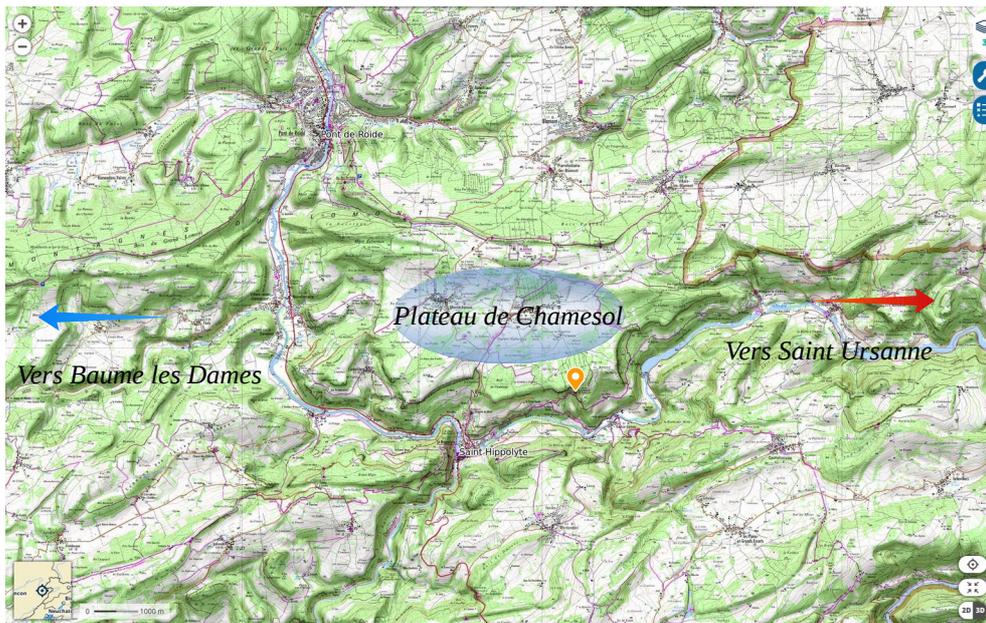
La compréhension du karst est à la base de la spéléologie, la protection et la sensibilisation de ce milieu fragile sont, pour moi, des sujets importants à transmettre. A travers de tels sites, un travail d'éducation est possible, la diversité des thèmes permet de s'adapter en fonction du public. De plus, les programmes scolaires s'intègrent parfaitement bien dans l'étude du karst.

La grotte du Château de la Roche possède un accès aisé à la rivière souterraine ainsi qu'à sa résurgence, mais aussi des particularités intéressantes à l'intérieur et à l'extérieur de la grotte. C'est pourquoi j'ai choisi de travailler sur une séance d'éducation à l'environnement karstique qui étudie l'influence de l'eau dans le paysage d'un massif calcaire.

I/ Description de la cavité

1 Contexte Géographique

La grotte du Château de la Roche se trouve sur la commune de Saint Hippolyte, dans le département du Doubs, tout au nord du massif Jurassien. Elle se situe à environ 3km à l'est du village, et à 2km au sud de Chamesol, sur le plateau qui domine la vallée du Doubs. Il s'agit essentiellement de terres agricoles destinées à l'élevage bovin et de zones boisées par des feuillus. On y trouve des dolines dans les pâtures avoisinant le village.



La cavité s'est formée dans le flanc méridional de l'anticlinal du Lomont, en rive droite du Doubs. Ce pli s'étend de Baume les Dames jusqu'en Suisse, à St Ursanne, où il prend le nom du Mont Terri. Son altitude moyenne est de 800m. La vallée du Doubs le longe de Saint Ursanne à Saint Hippolyte, où le cours d'eau principal reçoit un gros affluent, le Dessoubre. La rivière coupe ensuite le Lomont en une cluse à Pont de Roide. L'entrée de la cavité se situe 220m au dessus de la vallée du Doubs, la base de la falaise est constituée d'un éboulis avec un fort dénivelé qui correspond au recul de celle ci.

La grotte du Château de la Roche s'ouvre par un porche spectaculaire de 40m par 20 dans une falaise de 70m de hauteur, cette entrée correspond à la résurgence fossile de la rivière. La résurgence actuelle se situe à 100 m à l'ouest du porche, son entrée est de taille beaucoup plus modeste (3x4m).

La falaise forme un cirque dans lequel plusieurs abris sous roche sont visibles, ainsi qu'une petite galerie fossile à son extrémité ouest. On y accède par une petite vire, sa longueur est d'une trentaine de mètres de développement.

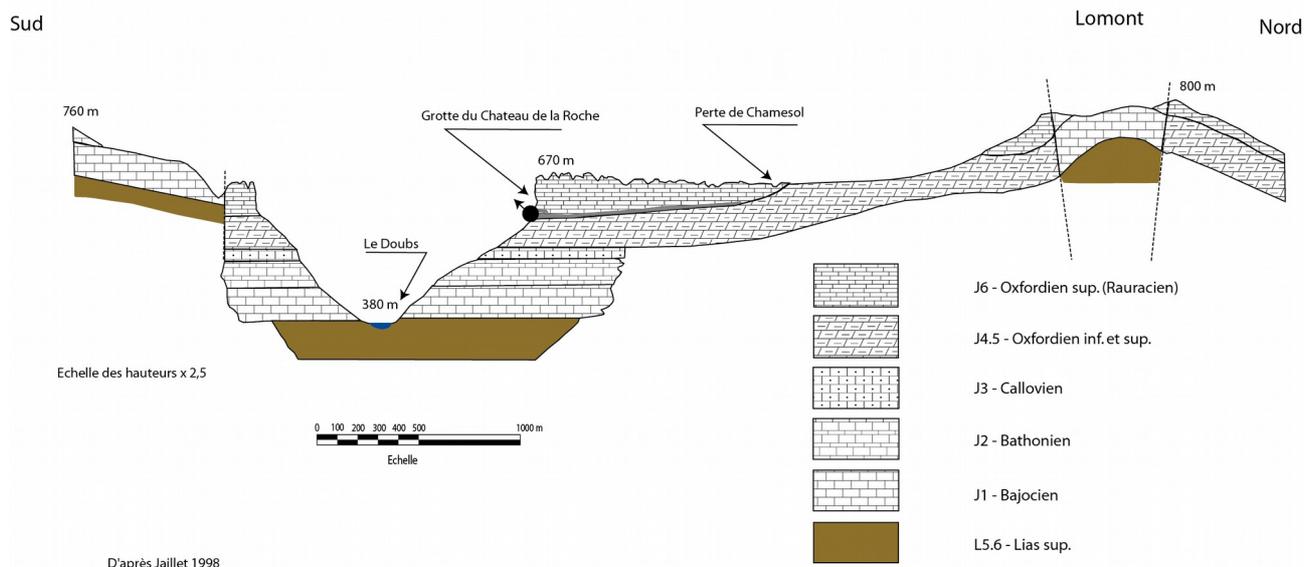


Cirque de la Roche

2 Contexte Géologique

COUPE GEOLOGIQUE

Coupe réalisée suivant un axe nord - sud
de la vallée du Doubs à la crête du Lomont
et passant par le réseau de la grotte du Château de la Roche



Les couches du plateau de Chamesol se sont formées à l'ère secondaire et appartiennent au Jurassique Moyen (de -175 à -163,5 Ma) et Supérieur (de -163,5 à -145 Ma). Les marnes du Lias correspondent au niveau de base de la vallée du Doubs. La grotte du Château de la Roche s'est formée uniquement dans l'étage de l'Oxfordien supérieur à faciès Rauracien. Les marnes de l'Oxfordien inférieur et moyen forment le niveau de base de la cavité.

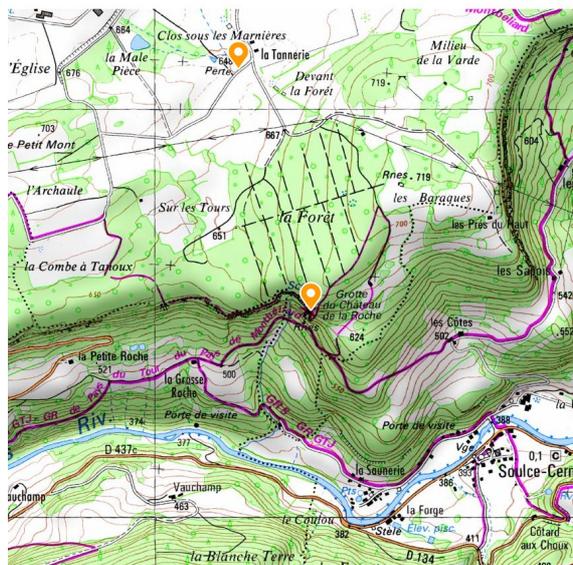
L'origine de la perte de Chamesol provient d'une faille de direction Est/Ouest formée lors des phases de plissement qui ont abouti à l'anticlinal du Lomont. Les failles avec une orientation Nord/Sud ne viennent pas interagir avec le réseau qui s'est creusé dans le même axe. (Carte géologique et légende en annexes)

Il est intéressant de regarder l'aspect du porche d'entrée ainsi que des abris sous roche voisin. Le processus de fantomisation semble être à l'origine de ces grands vides. La rivière est ensuite venue rejoindre une de celle-ci par érosion chimique, avant de continuer son érosion pour former l'actuelle résurgence.

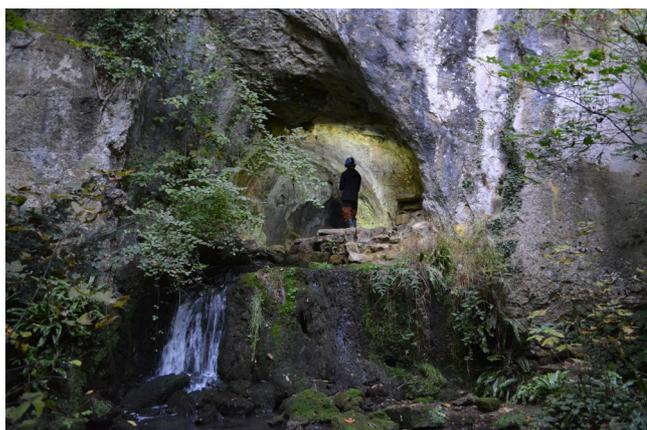


3 Contexte Hydrologique

Les eaux du bassin versant, d'une superficie de 7km², sont drainées par les couches de marnes de l'Oxfordien inférieur et moyen jusqu'à la perte de la Tannerie à Chamesol, située à 1,2km de la résurgence, qui constitue la principale alimentation de la rivière souterraine. Le terminus de la cavité vient buter sur un siphon à l'aplomb de cette perte.



La relation entre la perte de la Tannerie, la rivière souterraine de la Roche et la résurgence est connue depuis bien longtemps, mais elle a été vérifiée par coloration lors du stage équipier scientifique de 1998. Les seuls points de réapparition du traceur ont été la rivière souterraine de la Roche et la résurgence de celle-ci. Les mesures de débits à différents endroits ont également permis de définir l'alimentation de la rivière. En effet, la mesure du débit de la perte puis celui de la rivière et enfin celui de la résurgence font apparaître la présence d'affluents souterrains.



A la résurgence, la rivière continue sa course sur les pentes éboulées et forme des cascades de tuf. Elle se jette ensuite dans le Doubs. Cette formation s'explique par la précipitation du carbonate de calcium ; en effet, à la sortie de la grotte la température de l'eau augmente, le contact avec l'atmosphère et le dégazage du CO₂ produit la précipitation.

La résurgence du Château de la Roche

4 Biologie

La grotte du Château de la Roche a une faune et une flore très riche. Le site est inscrit au ZNIEFF, et fait l'objet d'un arrêté préfectoral de protection de biotope pour la protection du Faucon Pèlerin et de son habitat. Une autre espèce d'oiseau est également mentionnée : l'hirondelle de rocher. L'intérêt floristique est présent pour la végétation des falaises continentales calcaires.

Dans le porche d'entrée, j'ai vu plusieurs espèces de la faune troglophile. On note la présence de papillons (*Triphosa dubitata*), de diptères (*Limonia*). Mais surtout un gîte à chiroptères important, le site fait l'objet d'un recensement Natura 2000 pour la colonie de Minioptère de Schreiber qui peut atteindre 300 individus durant la phase de transit. On comptabilise au total 9 espèces de chiroptères sur le site.



Triphosa Dubitata



Meta Menardi

Plus loin dans la grotte, j'ai également observé une faune troglobie riche, avec notamment de nombreux spécimens de *Meta menardi*, ainsi que des *Niphargus* dans la rivière. Les nombreux tas de guano sont la nourriture des Collemboles cavernicoles. J'ai pu aussi observer un spécimen de *Diploure*.



Diploure



Collembole dans un tas de guano

5 Archéologie

La grotte du Château de la Roche a connu plusieurs stades d'occupations humaines. La campagne de fouilles qui s'est déroulée en 1976/1977 a mis à jour des vestiges qui datent, pour les plus anciens, du Néolithique. Plusieurs objets ont été retrouvés, appartenant à l'industrie lithique, de l'os et de la céramique (voir planches en Annexes). La fouille des couches antérieures à celles du Néolithique a révélé des ossements de loup et d'ours des cavernes.

Le porche d'entrée a aussi été fréquenté durant la Protohistoire. On retrouve des tessons de poteries, attribués à l'âge du Bronze, mais également des pièces de monnaies de l'âge du fer. L'époque gallo romaine est marquée par la présence de pièces de monnaies frappées par l'Empire Romain qui sont datées entre le 1^{er} et le 4^{ème} siècle, on note aussi la présence de céramiques et de fibules (voir planches en annexes).

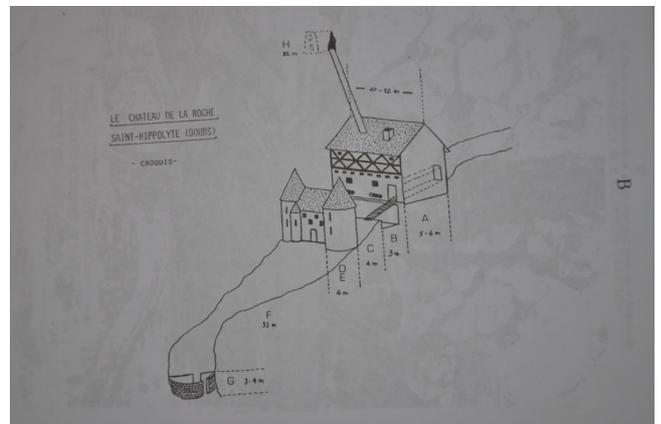
Les vestiges découverts à la grotte du Château de la Roche ont été comparés à ceux retrouvés à la Grotte de la Baume à Sancey le Long, qui présente des similitudes dans les époques d'occupations humaines. Notamment au Moyen Age, où les grottes s'ouvrant par un porche ont été utilisées comme refuge lors des périodes de conflits.

La grotte du château de la roche est un très bel exemple, en effet, un château a été construit dans l'enceinte du porche, utilisant les parois comme murs naturels. On peut encore voir des « fana » dans la roche, encoches pour supporter une poutre (voir photo en annexes).

Les plus anciennes traces de l'occupation de ce château remontent au 12^e siècle (voir généalogie Comtes de la Roche en annexes), l'époque de construction est difficile à déterminer. Des hypothèses suite aux comparaisons avec la grotte de la Baume estiment les aménagements dès les premières occupations humaines.

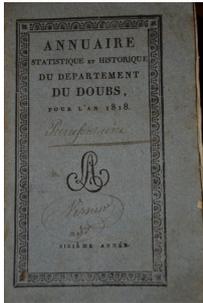
Le château, un bâtiment de deux étages, était protégé par deux remparts, les seules ouvertures vers l'extérieur étaient des meurtrières. Derrière celui-ci, l'immense galerie qui prolonge le porche d'entrée pouvait abriter un nombre important de personnes.

La position et l'aménagement du château en font un poste de guet plus qu'un château militaire ou seigneurial, mais surtout un refuge très bien protégé. C'est notamment durant la guerre de 30 ans (1635 à 1644) que la population a utilisé la grotte du Château de la Roche à cet effet. C'est entre 1668 et 1675 que le Château fut rasé après la conquête de la province par Louis XIV.



Reconstitution du Château de la Roche

6 Historique



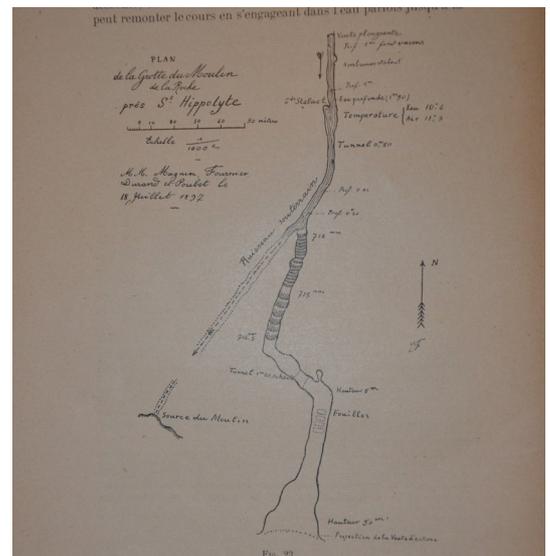
Couverture de
« L'Annuaire du
Doubs » 1818

Bien que la grotte soit fréquentée depuis bien longtemps, l'étude et l'exploration spéléologique du Château de la Roche remonte au début du 19^{ème} siècle. La cavité est mentionnée dans « *L'Annuaire du Doubs* » de 1818 (voir extrait en Annexes), ainsi que dans celui de 1825. E. Fournier accompagné par M. Magnin, dresse une topographie de la cavité jusqu'à la première voûte mouillante en 1897. Ensemble, ils vont émettre une hypothèse quant à la relation entre la résurgence, la rivière souterraine et la perte de la Tannerie. Ils réalisent également des mesures de températures dans la rivière.

Il faut attendre 1952 pour la suite des explorations, avec R. Méthot du S.C. d'Hérimoncourt qui va franchir les trois voûtes mouillantes successives avant de buter sur un siphon. Le G.S. du Doubs le plonge en 1968. La désobstruction d'un passage dans la calcite permet de shunter ce siphon et pousse l'exploration jusqu'au siphon terminal à 1577m de l'entrée.

La topographie complète et une étude de cette grotte est réalisée la même année par les membres du GS du Doubs. La relation entre la perte et la rivière souterraine est vérifiée par des dosages du calcium et de la silice, les prélèvements sont réalisés de la perte à la résurgence, à différents endroits dans la rivière souterraine. Une coupe géologique est proposée pour expliquer le fonctionnement de ce système karstique.

En 1998, le 1^{er} stage national « équipier scientifique » se déroule sur ce site. Il se consacre à l'étude du système du Château de la Roche d'une manière générale. Les thèmes abordés vont de l'étude géomorphologique et karstologique à la topographie en passant par l'hydrologie du réseau.

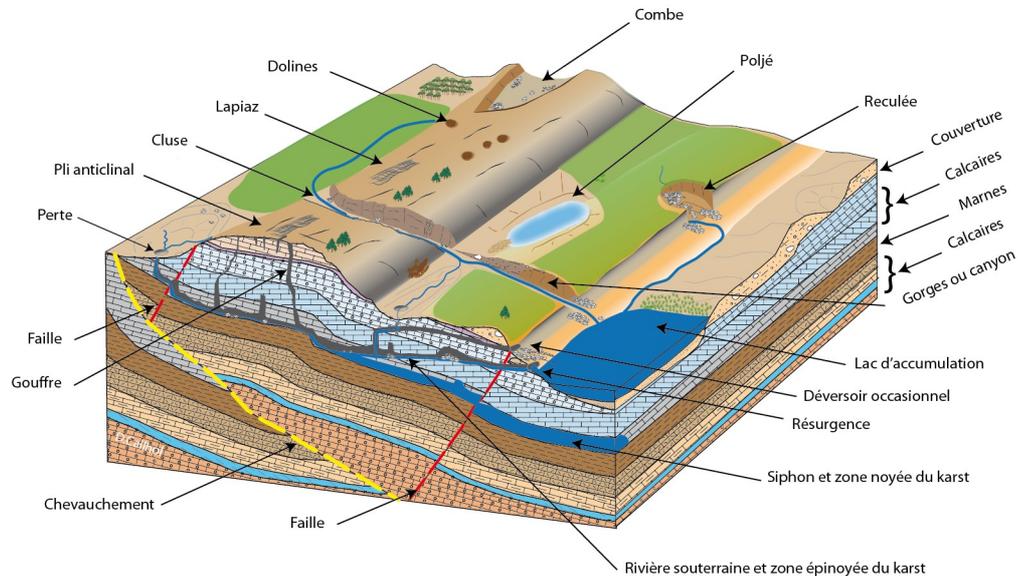


Topographie de Fournier et Magnin,
1867

En 2003 le C.S. La Roche de Saint Hippolyte réalise une topographie complète de la cavité et pousse son développement à 1996m pour 40m de dénivellation. (Voir plan en Annexes) .

7 Glossaire

Caractéristiques d'un massif karstique



<i>Doline</i>	Dépression circulaire du sol formée par la dissolution du calcaire.	<i>Karst</i>	Ensemble de formes d'érosions formées principalement dans des roches calcaires
<i>Cluse</i>	Vallée creusée perpendiculairement dans un pli anticlinal par une rivière.	<i>Calcaires (CaCO₃)</i>	Roche sédimentaire perméable formée par accumulation dans le fond des mers à l'ère secondaire
<i>Pli anticlinal</i>	Pli convexe des couches calcaires formant une montagne.	<i>Marnes</i>	Roche sédimentaire imperméable formée par accumulation dans le fond des mers à l'ère secondaire
<i>Perte</i>	Infiltration d'un ruisseau dans le sol.	<i>Combes</i>	Vallée creusée dans l'axe et au sommet d'un pli anticlinal
<i>Faille</i>	Fracture avec un décalage des couches sédimentaires.	<i>Lapiaz</i>	Roche calcaire fissurée et érodée par l'infiltration de l'eau.
<i>Résurgence</i>	Source d'une rivière souterraine formée par une perte.	<i>Poljé</i>	Lac se formant lorsque les réseaux souterrains sont remplis
<i>Zone noyée</i>	Conduit souterrain se situant sous le niveau de base	<i>Zone épinoyée</i>	Conduit souterrain à la limite du niveau de base pouvant s'envoyer.
<i>Chevauchement</i>	Mouvement tectonique poussant les couches sédimentaire, avec superposition de celle ci.	<i>Déversoir occasionnel</i>	Source s'activant en cas de très forte montée des eaux.

II/ Séance d'éducation à l'environnement karstique

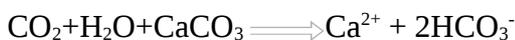
1 Connaissance pré-requises

A. L'érosion chimique du calcaire.

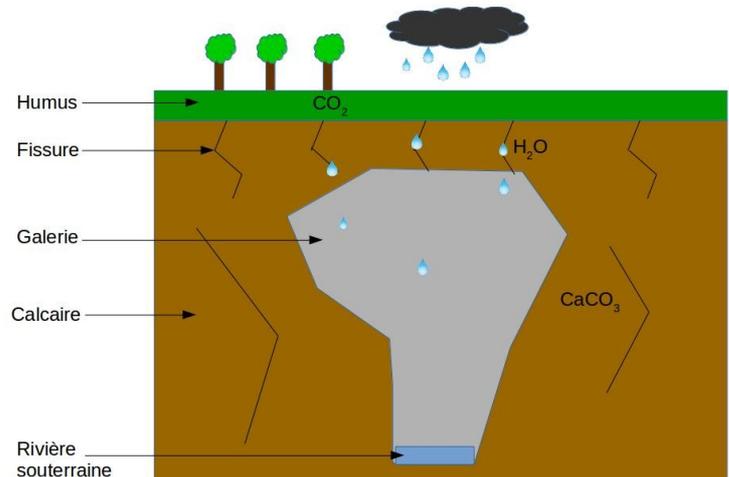
Définition de l'érosion chimique : c'est la dégradation progressive d'une matière par réaction chimique.

Dans un massif karstique, l'érosion chimique est un phénomène important pour comprendre le creusement d'une rivière souterraine. Concrètement, c'est l'acidité de l'eau qui va dissoudre le calcaire. Cependant, l'eau de pluie n'est pas très acide. Pour qu'elle s'acidifie, elle doit s'infiltrer dans le sol (l'humus) et se charger en CO₂ qui est absorbé par les arbres lors de la photosynthèse ainsi que par les micros organismes qui décomposent la matière organique dans le sol. Pour passer dans la couche de calcaire, l'eau emprunte les fissures formées par les mouvements tectoniques. Au contact du calcaire, une réaction chimique va se produire impliquant l'eau, le CO₂ et le CaCO₃.

La formule chimique de la dissolution du calcaire par l'eau chargée en CO₂ est la suivante :



La dissolution produit un ion calcium et deux ions hydrogénocarbonate.



Coups de gouges visibles sur la paroi d'une rivière souterraine

Dans une grotte, cette formule chimique s'applique si il y a une circulation d'eau. La grotte est donc en développement. Des témoins de l'érosion chimique sont visibles sur les parois d'une rivière souterraine, ce sont des « coups de gouges ». Les ions produits sont ensuite transportés par la rivière jusqu'à ce que les conditions pour les précipiter en carbonate de calcium (CaCO₃) soient réunies.

B La cristallisation du carbonate de calcium

La cristallisation ou précipitation du carbonate de calcium (CaCO_3) est à l'origine des concrétions que l'on rencontre sous terre, c'est alors de la calcite, mais également à l'extérieur des grottes avec la formation de tuf calcaire.



Lorsque les eaux sont saturées en ions Ca^{2+} et HCO_3^- , le dégazage du CO_2 accompagné d'une augmentation de la température et d'une oxygénation de l'eau, soit un changement de milieu conséquent, est nécessaire pour cristalliser le carbonate de calcium.

Lors de la formation des concrétions, la dissolution du calcaire a lieu dans les fissures d'infiltration et c'est en arrivant dans l'espace formé par la grotte que le dégazage, la hausse de température et l'oxygénation s'effectue et produit de la calcite.



Massif de concrétions

C le Tuf calcaire

Le tuf calcaire est une roche sédimentaire formée par le même processus que la formation de la calcite dans les grottes, c'est à dire la cristallisation du carbonate de calcium. En revanche, la différence avec les concrétions, c'est la végétation qui l'entoure et qui va jouer un rôle dans sa formation. En effet, les végétaux tel que la mousse, les cyanobactéries et certains champignons vont favoriser le développement du tuf. La nature très poreuse du tuf permet justement aux végétaux de pousser et combler les alvéoles par leurs racines, avec de l'eau à proximité.



Lors de sa formation, le tuf peut emprisonner des végétaux qui sont alors fossilisés. Des traces de tuf dans des endroits complètement secs peuvent également nous renseigner sur le fonctionnement d'anciens réseaux karstiques.

Cascade de tuf en aval de la résurgence du Château de la Roche

D La conductivité de l'eau

La conductivité de l'eau permet de mesurer la capacité de l'eau à conduire un courant électrique entre deux électrodes. Sa mesure nous renseigne sur la quantité de minéraux présents dans l'eau, elle est couplée à un thermomètre. Les valeurs mesurées sont données en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

L'appareil utilisé pour mesurer la conductivité est un conductimètre, il comporte un boîtier électronique, son rôle est de lire les données qui sont envoyées par la sonde plongée dans l'eau. L'appareil mesure en même temps la température et la conductivité.

Les applications industrielles de mesure de conductivité se retrouvent dans différents domaines. Par exemple pour évaluer le taux de minéraux dans l'eau des blanchisseries, la concentration de phosphate dans les chaudières ou encore la concentration d'acide nitrique pour le nettoyage des laiteries. Elle est très importante dans le contrôle de qualité des eaux potables, en effet une conductivité trop élevée de l'eau peut venir d'une pollution.



Conductimètre



Mesure de la conductivité dans une rivière

La mesure de la conductivité dans une rivière permet de détecter la présence de sources karstiques, avec une conductivité assez élevée qui témoigne d'une importante présence de minéraux (carbonate de calcium) et une température autour des 10°C .

Tableau présentant des mesures de conductivité dans différentes conditions.

Eau pure	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Eau distillé	0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Eau potable en massif karstique	550 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Eau de mer	56 mS/cm

2 Fiche pédagogique destinée au Professeur.

<p>Durée de la séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2h en classe pour préparer l'exercice • 1/2j sur le terrain pour réaliser l'exercice 	<p>Matière :</p> <p>Physique Chimie</p>
<p>Public visé :</p> <p>Classe de Terminale Scientifique, option Physique Chimie.</p>	<p>Nombres d'élèves :</p> <p>12 répartis en 4 groupes de 3 élèves</p>
<p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formuler une hypothèse quant à la formation de la Tuffière à la résurgence de la rivière souterraine du Château de la Roche. • Concevoir et mettre en œuvre un protocole expérimental pour vérifier l'hypothèse émise. • Identifier les phénomènes liés à l'érosion chimique et à la précipitation du carbonate de calcium dans une grotte. 	
<p>Compétences visées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • « Résolution de problèmes scientifiques » en relation avec le thème de « l'eau ». • Comprendre le rôle des rivières karstiques dans le paysage. 	
<p>Prérequis :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Érosion chimique, • Précipitation carbonate de calcium, • Le tuf calcaire, • La conductivité de l'eau. 	
<p>Matériel pour réaliser l'expérience :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matériel expérimental : conductimètre, thermomètre, flacons, carnets, stylos • Matériel de spéléologie : casques avec éclairage, combinaisons, bottes. 	
<p style="text-align: center;">Mot clés :</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Précipitation/cristallisation • Mesures 	<ul style="list-style-type: none"> • Concrétions • Coups de gouges • Carbonate de calcium
<p>Évaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Évaluation en classe de l'hypothèse et du protocole expérimental • Auto-évaluation sur les résultats obtenus et la conclusion 	

La première partie de l'exercice se déroule en classe, sur une durée de 2h. L'étude des documents relatifs aux connaissances pré requises doit permettre la formulation d'une hypothèse et la conception d'un protocole expérimental.

Exercice Résolu

A La formulation de l'hypothèse



La tufière se forme grâce à la précipitation du carbonate de calcium dissous dans l'eau par l'érosion chimique de la rivière souterraine.

B La conception du protocole expérimental



Pour déterminer le phénomène qui est à l'origine de la formation de la tufière, on mesure la conductivité de l'eau et sa température dans trois contextes différents. Le but est de montrer une diminution de la conductivité et une augmentation de la température lorsque l'eau sors de la résurgence.

Matériel expérimental nécessaire à la réalisation de l'expérience :

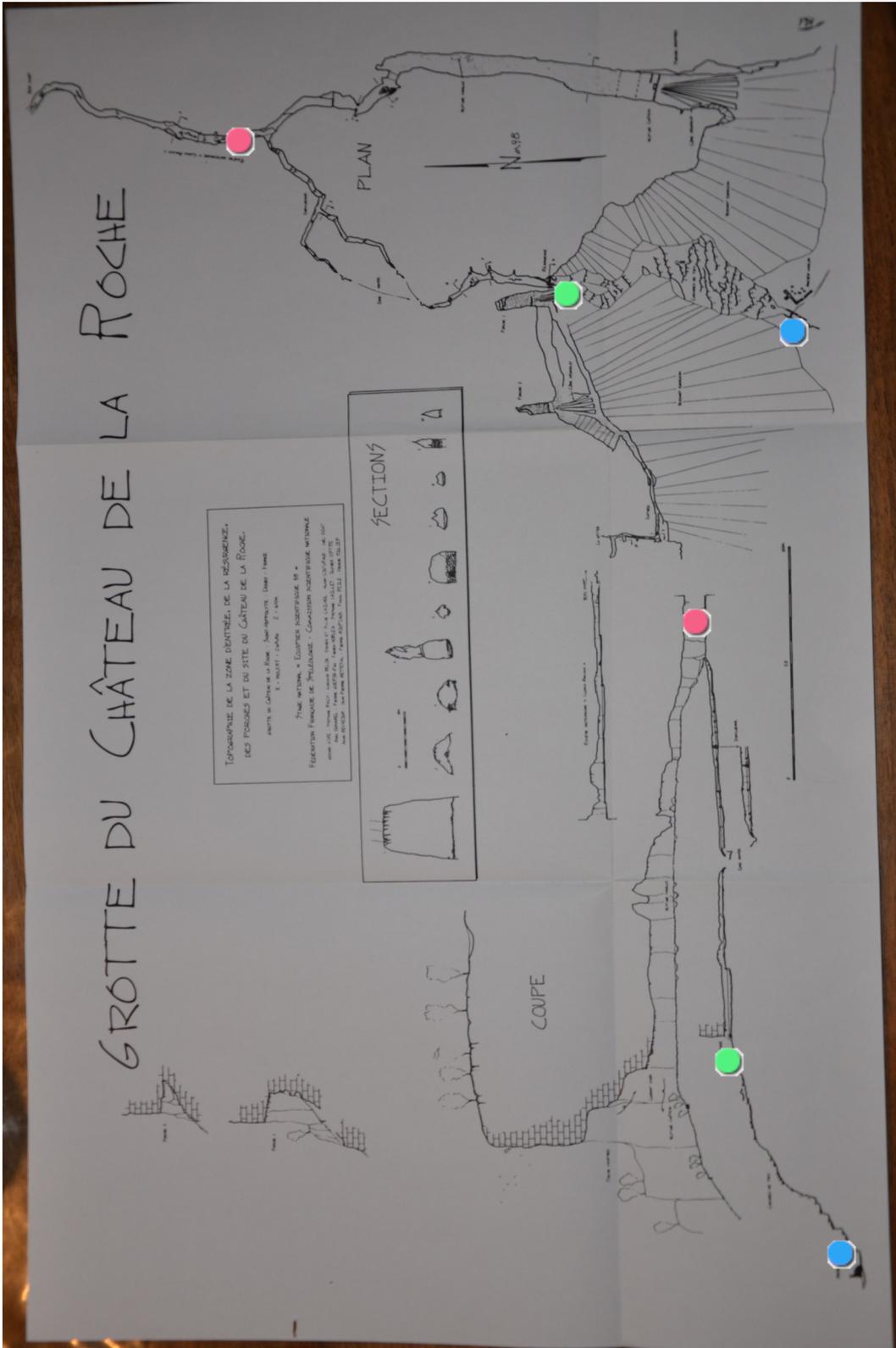
Thermomètre	Conductimètre
Carnet	Crayon de papier

Matériel de spéléologie pour accéder à la rivière souterraine.

Casques avec éclairages	Combinaisons
Kits	Bottes
Topographie de la zone d'entrée	

Les trois stations de mesures ont été définies de manière à avoir une vision globale du phénomène. En effet, étudier la conductivité et la température de la rivière souterraine, de la résurgence et du pied de la cascade doit permettre de montrer l'évolution du carbonate de calcium dans un réseau karstique. L'identification des formes d'érosion chimique et de précipitations du carbonate de calcium dans la grotte permet également de vérifier que les processus de dissolution et cristallisation du calcaire sont bien présents.

Position des stations de mesures sur la topographie de la zone d'entrée du Château de la Roche



C La réalisation du protocole expérimental

La première mesure s'effectue dans la rivière souterraine, à 200m de l'entrée. Les résultats obtenus sont notés sur un carnet.

Il faut également identifier les témoins de l'érosion chimique dans la galerie, on remarque à certains endroits de la paroi des coups de gouges.

Les témoins de la cristallisation du carbonate de calcium dans la grotte qui ont été observés sont des concrétions. Essentiellement des stalactites et des stalagmites.



Les mesures suivantes ont été réalisées à la résurgence et en bas de la cascade.

Aucun témoin de l'érosion chimique ne semble être présent sur ces stations de mesures.

En revanche, le tuf serait un témoin de la cristallisation du carbonate de calcium.

Résultats des mesures de conductivité et de température réalisées sur les différentes stations.

Station de mesure	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Température en $^{\circ}\text{C}$
n°1	448	9,8
n°2	432	9,9
n°3	356	11,00

Résultats de l'identification des phénomènes liés à l'érosion chimique et la cristallisation du carbonate de calcium sur les différentes stations.

Station de mesure	Érosion chimique	Cristallisation du carbonate de calcium
n°1	X	X
n°2		X
n°3		X

Conclusion

D'après les mesures de la conductivité et de la température de l'eau, nous pouvons affirmer que c'est la dissolution chimique de la rivière souterraine qui sature l'eau en carbonate de calcium. Lorsqu'elle arrive à la résurgence l'aération et la hausse de la température entraîne la cristallisation du CaCO_3 sous la forme de tuf, ce qui se manifeste par une baisse de la conductivité, notamment en bas de la cascade. L'identification de ces phénomènes dans les différentes stations de mesure montre que l'érosion chimique a lieu uniquement dans la rivière souterraine.

Fiche d'évaluation de l'exercice en classe

Objectifs	Acquis	En cours d'acquisition	Non acquis
L'élève identifie les liens entre les phénomènes décrits dans les documents.			
L'élève extrait les mots clés des documents.			
L'élève utilise les mots clés pour formuler son hypothèse.			
L'élève propose une vision globale du problème à travers son hypothèse.			
L'élève choisi le bon matériel dans son protocole.			
L'élève définit des étapes dans son protocole			
L'élève définit un paramètre observé et un facteur variable dans son protocole			

Fiche d'auto évaluation de l'exercice sur le terrain.

Objectifs			
Je respecte les règles de fonctionnement d'un groupe			
J'utilise correctement le matériel scientifique et de spéléologie.			
J'utilise correctement les termes scientifiques			
Je formule une conclusion qui analyse les résultats obtenus et qui répond à la problématique			
Je respecte les consignes de sécurité			
Je comprend les enjeux de protections d'un espace naturel			

3 Fiche pédagogique destinée aux élèves

D'après les documents relatifs aux connaissances pré-requises :

- Formuler une hypothèse quant à la formation de la tufière à la résurgence de la rivière souterraine du Château de la Roche.

Vérifier la présence des phénomènes étudiés à l'aide de témoins.

- Concevez un protocole expérimental pour vérifier l'hypothèse émise.

Le matériel scientifique à disposition est : un conductimètre, un thermomètre, carnet/crayon, une topographie de la zone d'entrée, appareil photos

Le matériel de spéléologie à disposition est : casques avec éclairages, combinaisons, bottes, kits pour transporter le matériel.

Suggestion de présentation

A La formulation de l'hypothèse

	<ul style="list-style-type: none"> •
---	---

B La conception du protocole expérimental

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Décrire la manipulation</i> • <i>Annoncer le résultat souhaité</i>
<p>Matériel utilisé</p>	<ul style="list-style-type: none"> • • • •
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Décrire les étapes du protocole...</i> • ...

C La réalisation du protocole expérimental

- *Présenter les étapes du protocole qui ont été réalisées, illustrées par des photos*

Station de mesure	Actions réalisées	Photographie
n°1		
n°2		
n°3		
n°...		

- *Présenter les résultats obtenus sous forme de tableaux.*

Station de mesure	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Température en $^{\circ}\text{C}$
n°1		
n°2		
n°3		
n°...		

Station de mesure	Érosion chimique	Cristallisation du carbonate de calcium
n°1		
n°2		
n°3		
n°...		

- *Analyser les résultats obtenus et démontrer la validité de l'hypothèse ou non.*

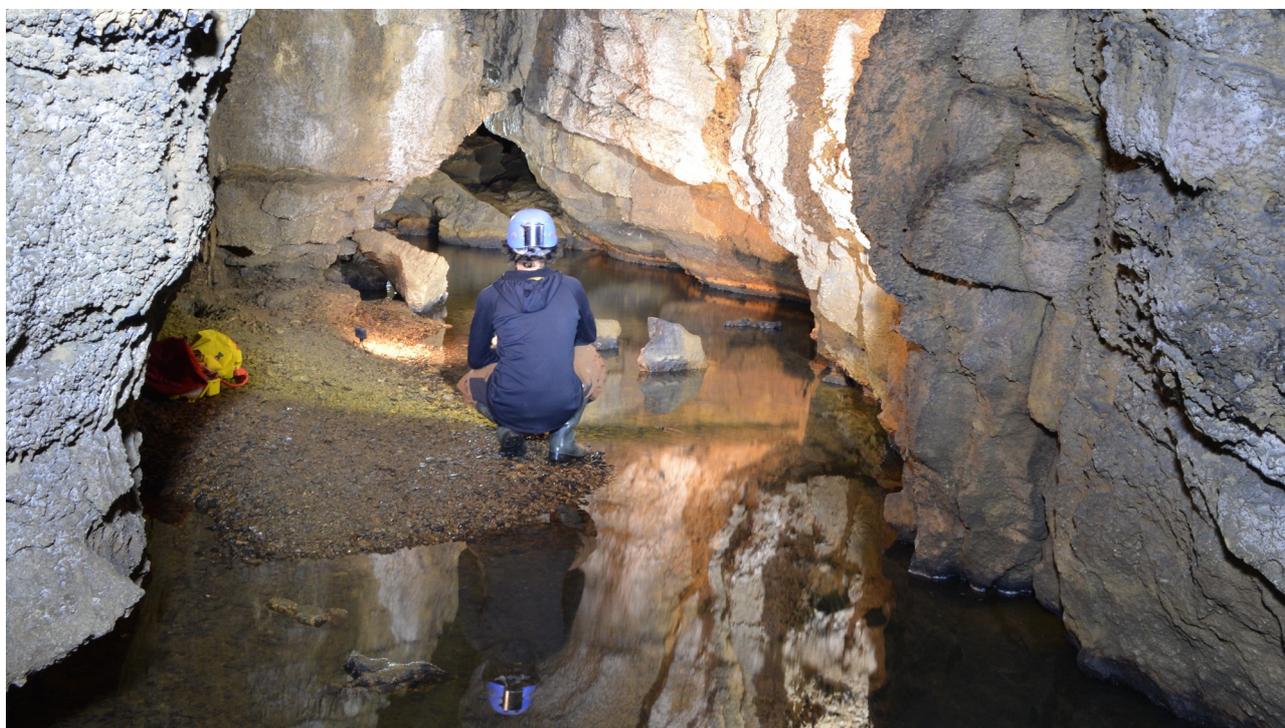
Suite à l'exercice, remplir la fiche d'auto-évaluation pour estimer ses capacités à raisonner.

Conclusion

Même si la séance d'éducation à l'environnement karstique proposée ici est fictive, il me semble très intéressant de travailler avec un public scolaire. Plusieurs enjeux viennent s'intégrer dans un travail sur le terrain comme celui-ci ; c'est tout d'abord une sensibilisation à l'environnement, mais également une réflexion sur le métier de scientifique. De plus, la spéléologie apporte un coté sportif, mais surtout des valeurs humaines car le travail en équipe sous terre nécessite entraide, écoute et coordination pour réussir à répondre au problème scientifique posé.

Le site du Château de la Roche est très intéressant pour aborder le thème de l'eau dans un massif karstique. En effet, il présente des conditions d'accès facile à des contextes différents. Mais le patrimoine naturel du site offre également la possibilité de réaliser des séances similaires sur d'autres thèmes, comme la biologie.

La réalisation de ce mémoire de cavité fut un travail très intéressant. Grâce à celui-ci, j'ai pu approfondir mes connaissances en pédagogie et en hydrologie. La conception de séances pédagogiques portant sur des aspects scientifiques de la spéléologie est un travail que je souhaite poursuivre dans ma pratique professionnelle.



Bibliographie

- (1818) *Annuaire du Doubs*, p110.

- Fournier et Magnin (1899) *Mémoires de la Société de Spéléologie, Recherches Spéléologiques dans la chaîne du Jura*, tome III n° 21, p47-49.

- Petrequin et Urlacher (1968), *La grotte du Château de la Roche à Saint Hippolyte*, *Spelunca* 3, p25-31.

- S.H.A.G. (1977), *Enfonçure*, n°3, p28-29.

- GIPEK (2004) *Inventaire Spéléologique du Doubs*, tome 4, p403-408.

- (1998) *Compte Rendu Stage National Équipier Scientifique*.

- ZNIEFF (2015) *Grotte et Falaise du Château de la Roche*.

- Éducation Nationale (2015), *Ressources pour la classe de terminale du lycée général et technologique, enseignement de physique chimie de la série scientifique, résolution de problème sur le thème de l'eau*.

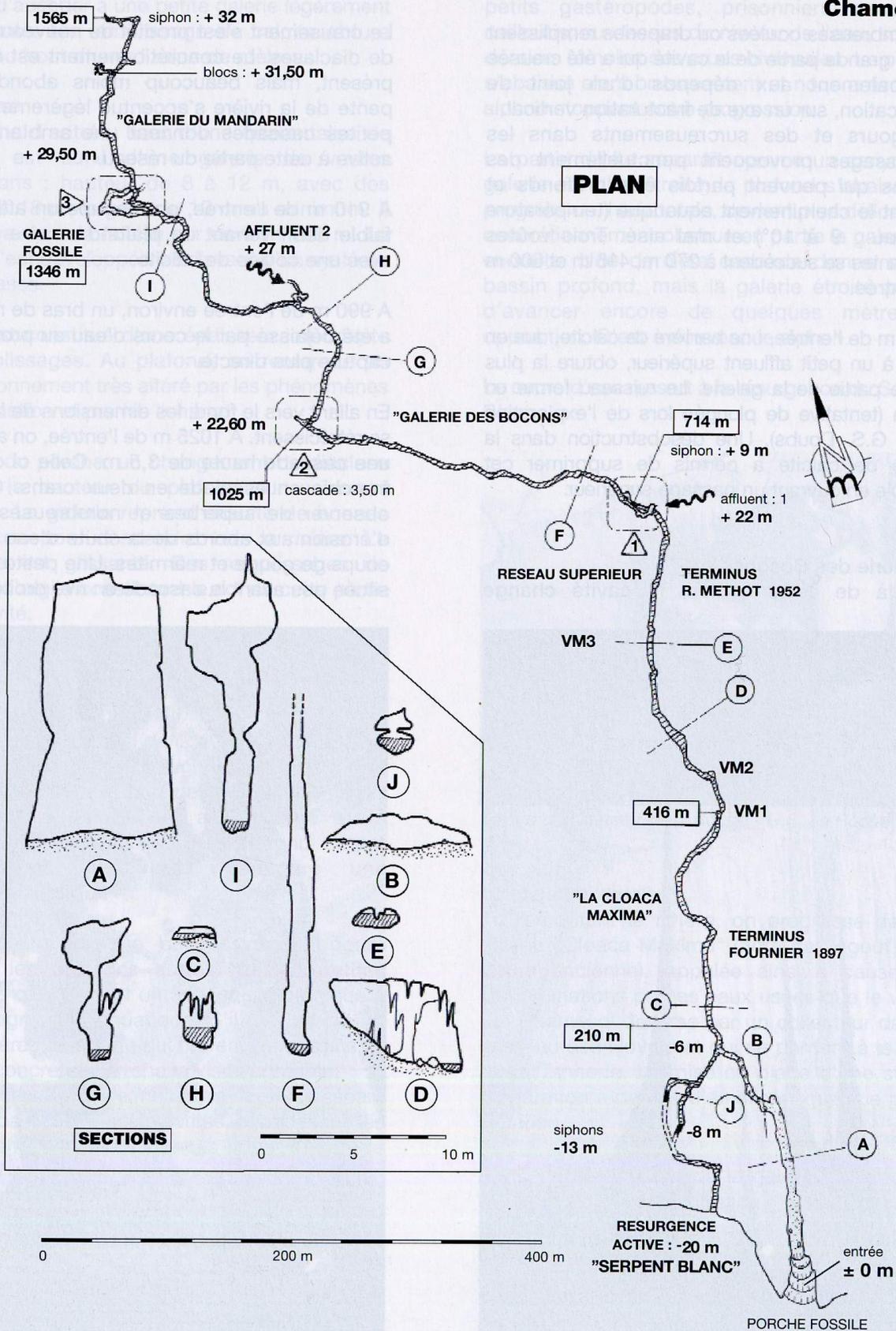
Annexe 1 : Topographie

• PERTE DE LA TANNERIE

GROTTE DU CHÂTEAU DE LA ROCHE

Chamosol

PLAN

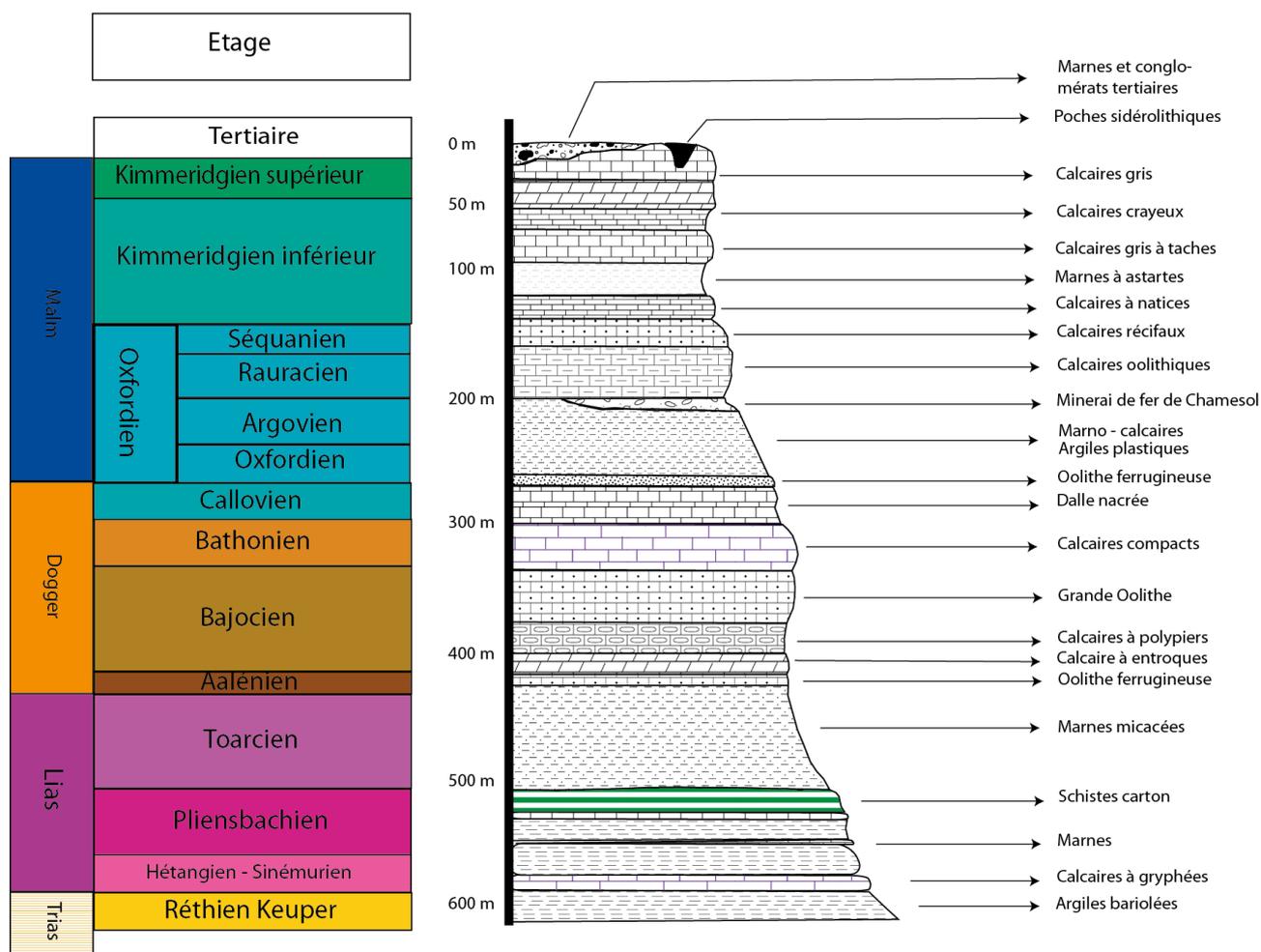


Annexe 2 : Carte géologique



Annexe 3 : Colonne Stratigraphique

COLONNE STRATIGRAPHIQUE DE LA REGION DE SAINT HIPPOLYTE



Annexe 4: « Fana »



Fana : encoches dans la paroi pour supporter une poutre

Statistique.

le respect qu'inspire ce lieu consacré à la divinité. Le devant de la grotte est fermé d'un mur qui sert de portail, et dans lequel on a pratiqué une porte et un œil-de-bœuf pour éclairer l'intérieur ; au dessus, s'élève un petit clocher qui s'enfonce dans le rocher, et le dépasse de quelques pieds. Le hameau de Remonnot, dépendant du village de la Grand-Combe, canton de Morteau, est situé au dessus de la grotte. Les habitants ont fait construire une tour en charpente appuyée au rocher, laquelle renferme un escalier en bois, d'environ cent marches, par lequel ils arrivent à leur singulière église. Un ruisseau s'écoule du fond de la grotte par une issue qu'on lui a ménagée, et tombe dans le Doubs. Les eaux de ce ruisseau couvrent d'un enduit calcaire tous les objets qu'elles

La grotte dite le *château de la Roche*, sur le territoire de la commune de Saint-Hypolite, est aussi un lieu très-remarquable. C'est une caverne qui perce horizontalement un rocher coupé à pic. L'entrée de cet anfr présente une ouverture d'environ 50 mètres de hauteur, sur 25 mètres de largeur. Sa profondeur horizontale est de 60 mètres ; on peut parcourir cet espace sans l'aide d'aucune lumière artificielle, à raison de la grande hauteur de son ouverture. A cette profondeur, la caverne n'a plus que 7 mètres de largeur, sur 5 de hauteur. Mais dès ce point elle se prolonge en s'inclinant obliquement sur la gauche ; on descend dans cette nouvelle direction par une pente assez sensible, en parcourant une espace de 120 pas environ ; et on arrive au bord d'un ruisseau abondant qui traverse le rocher. Près de ce ruisseau la caverne n'a que 4 mètres de largeur, mais la voûte en est si élevée qu'on ne peut l'apercevoir, quel que soit le nombre des flambeaux apportés dans l'intention de la découvrir. C'est à l'entrée de cette grande excavation que les Comtes de la Roche avoient construit un château qui fut détruit pendant les guerres du 16.^e

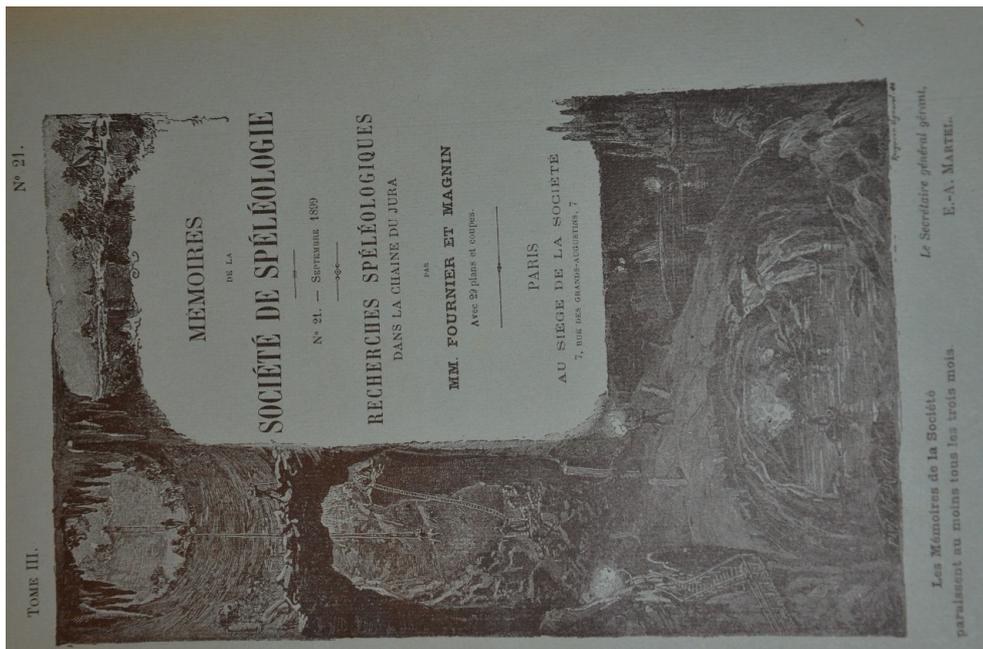
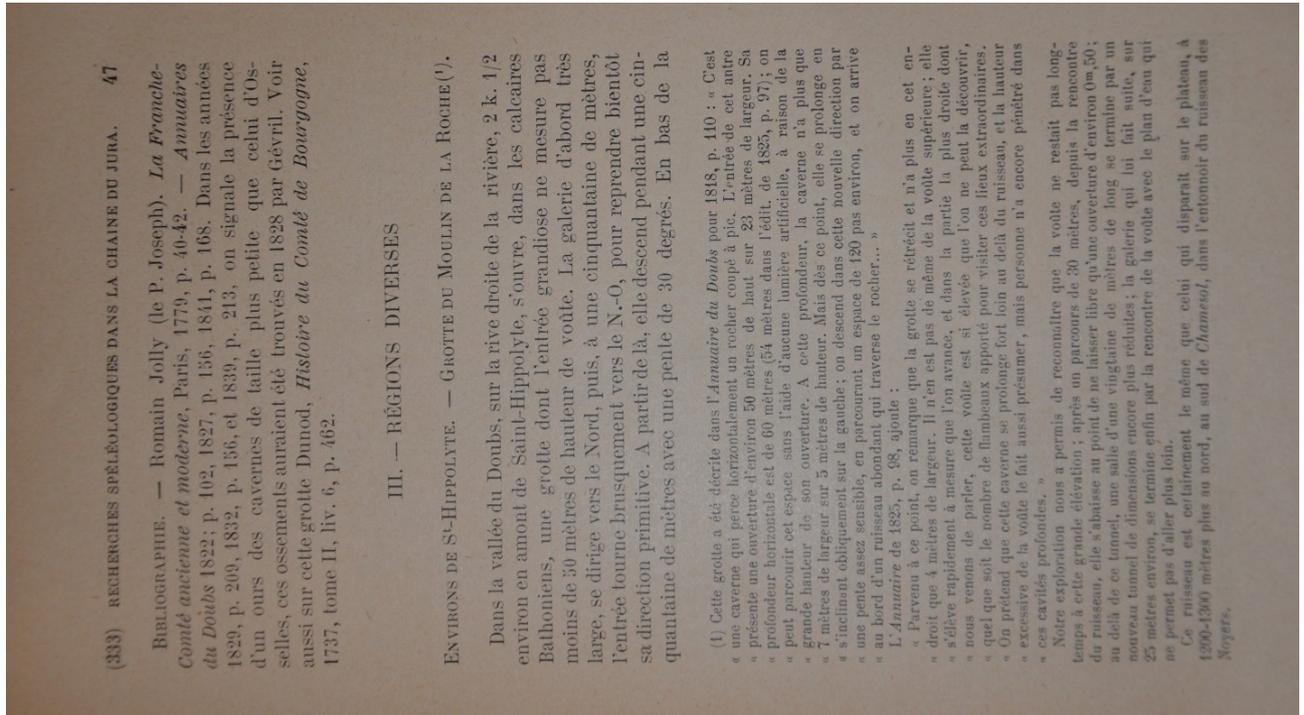
Statistique.

siècle. Les ruines qui en restent, excitent la curiosité des voyageurs. Les habitants de St-Hypolite se retirèrent derrière ces débris, lors de l'invasion des Suédois, qui eut lieu sur la fin du 16.^e siècle, et firent à l'entrée de la caverne des ouvrages d'art pour se défendre dans ce poste : on voit encore ces travaux en grande partie. Ce lieu étoit propre à soutenir un siège contre une soldatesque indisciplinée ; elle presentoit de grandes difficultés de terrains au dehors, tandis que la vaste étendue de son intérieur offroit tout l'espace nécessaire à la formation de magasins considérables. Le ruisseau qui couloit dans son intérieur fournissoit de l'eau en suffisante quantité, pour les besoins journaliers des réfugiés, et auroit pu encore faire rouler un moulin à farine, si on l'étoit jugé nécessaire.

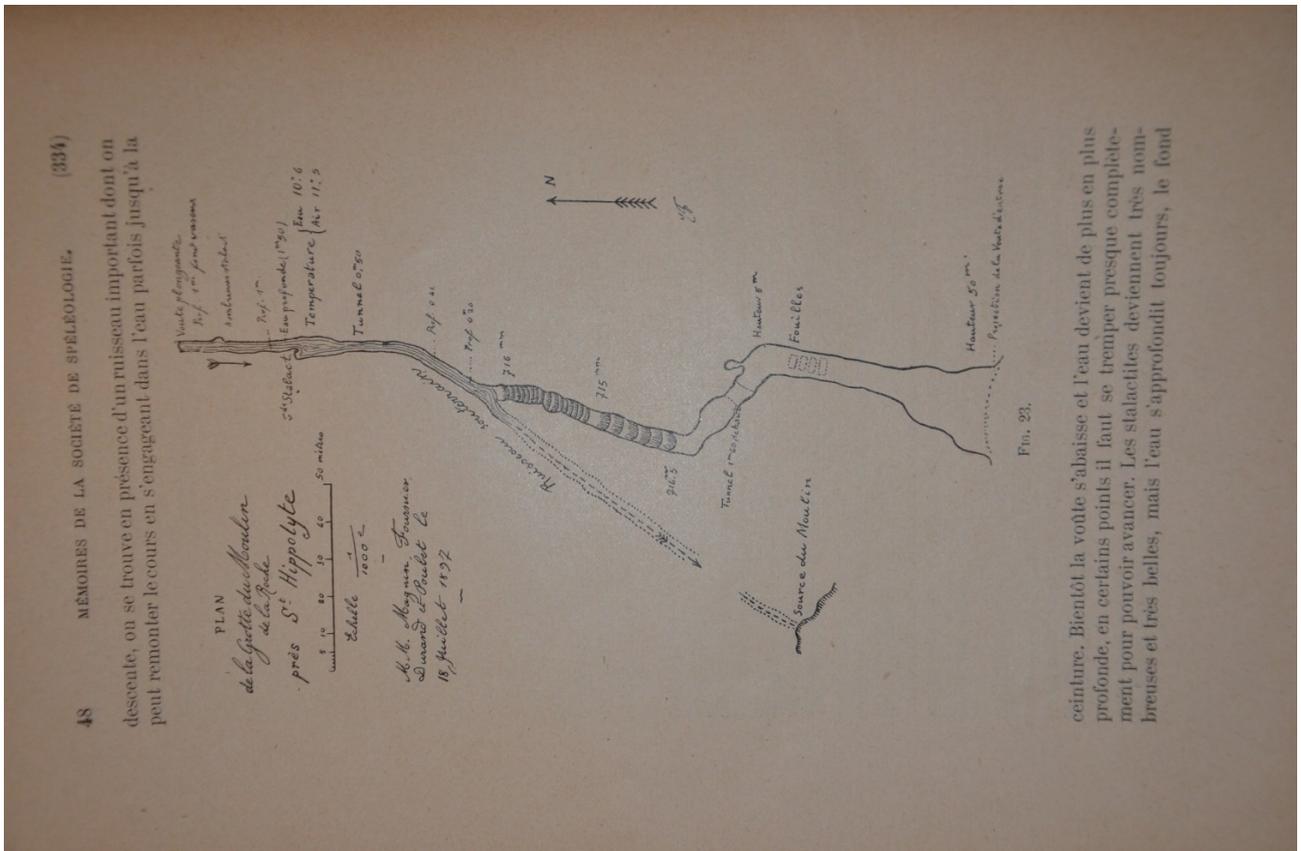
Sur le territoire de la même commune, on voit une autre caverne, dit la *Combe Ragot*, qui offre dans son intérieur les phénomènes de la grotte d'Osselle. L'entrée en est étroite et d'un accès difficile.

Sur le territoire de la commune de *Rougemontot*, au pied d'une colline couverte de bois, on trouve une grotte curieuse, et digne d'être visitée. On y entre par une ouverture entourée d'arbuste, et couronnée d'arbres élevés ; sa hauteur qui est de 7 à 8 mètres, laisse pénétrer une lumière qui jette un demi jour, sur les parois et la voûte de l'anfr. Cette grotte a 60 mètres de longueur dans une direction sinueuse, sur 4 mètres de largeur ; sa hauteur est de 7 à 9 mètres. Son sol est de niveau avec le sol extérieur ; il est couvert d'un cailloutage rougeâtre, toujours mouillé des eaux d'un ruisseau qui s'échappe du fond de la grotte. Ses parois de roc vif, sont tapissées de mousses et de lichens qui en varient la couleur. On voit à la voûte plusieurs stalactites ferrugineuses, de couleur d'ocre ; cette même substance termine le fond de l'anfr en formant des gradins semblables à ceux d'un autel.

Annexe 6 : Extrait 1 des « Mémoires de la Société de Spéléologie, Recherches spéléologiques dans la Chaîne du Jura », Tome III, N°21, Fournier et Magnin, Septembre 1899.



Annexe 7 : Extrait 2 de « Mémoires de la Société de Spéléologie, Recherches spéléologiques dans la Chaîne du Jura », Tome III, N°21, Fournier et Magnin, Septembre 1899.



(335) RECHERCHES SPÉLÉOLOGIQUES DANS LA CHAÎNE DU JURA. 49

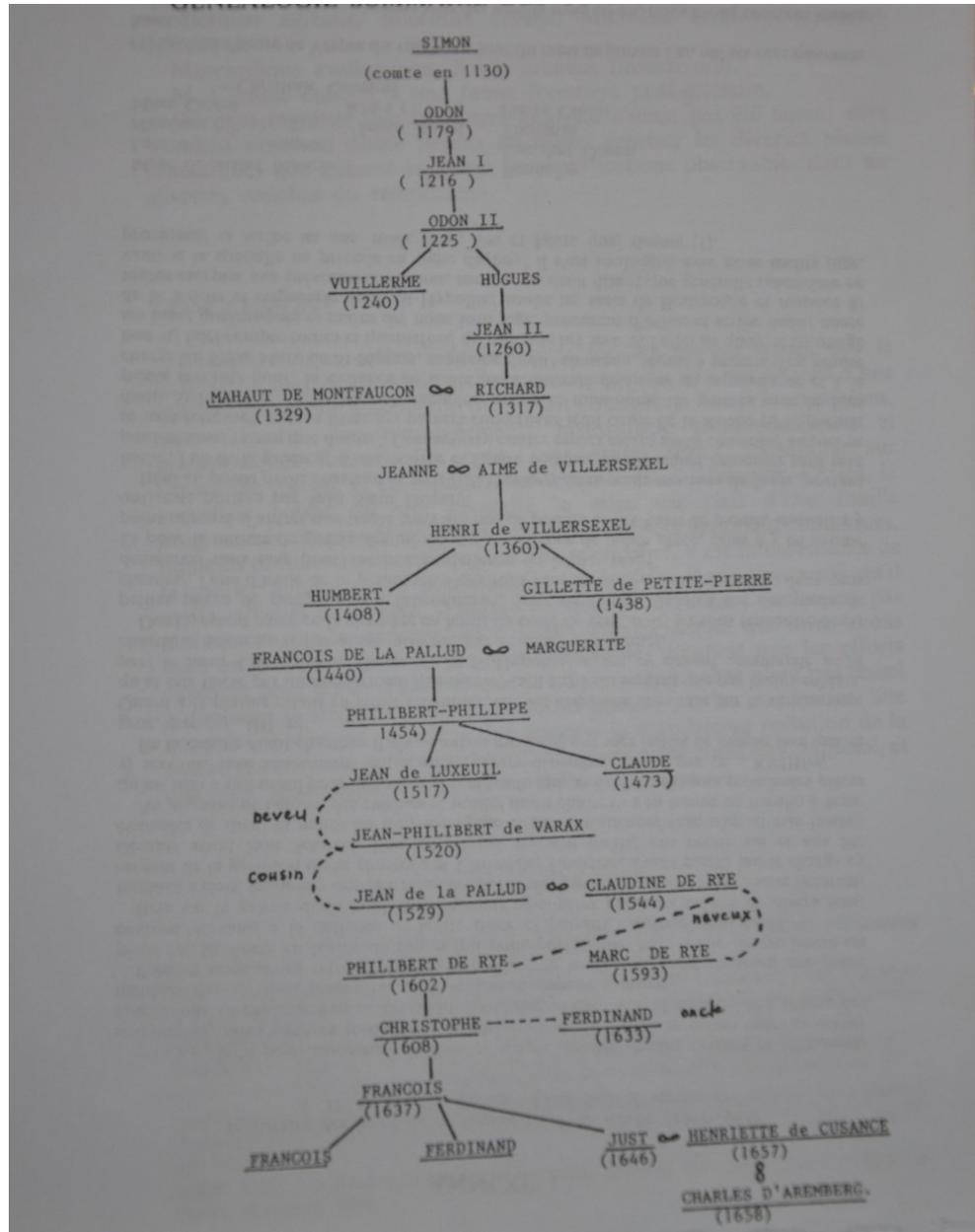
devenit vaseux et glissant et, à 200 mètres environ de l'entrée, nous sommes arrêtés par une voûte plongeante.

Si l'on suit le ruisseau vers l'aval au lieu de le suivre vers l'amont, on le voit former plusieurs petites cascades successives et venir ressortir près du moulin. Le ruisseau souterrain du moulin de la Roche provient très certainement du plateau de Chamesol.

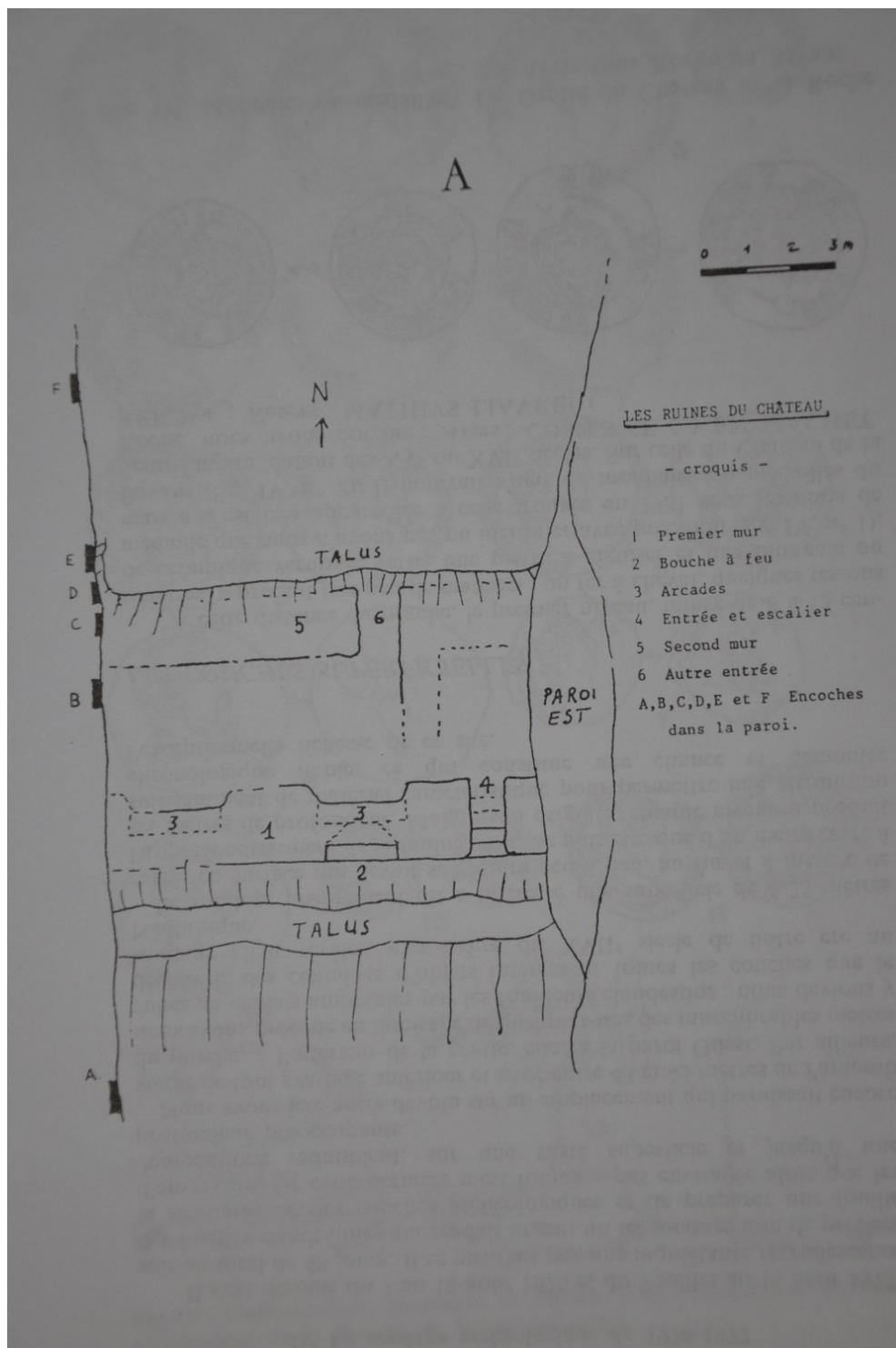
Au nord de Saint-Hippolyte nous avons exploré sur la lisière du bois de la Vaubierge un aven peu profond partiellement obstrué par des blocs éboulés. A 800 mètres au N.-O. de cet aven, une grotte assez étendue a également été visitée par nous, mais nous n'en avons pas dressé le plan. Cette grotte présente d'abord une galerie unique qui se bifurque ensuite pour donner naissance à deux petits couloirs qui, en certains points, sont difficilement accessibles. Dans la même région MM. Viré et Renaud ont exploré et levé le plan des grottes du Dessoubre.

ENVIRONS DE BAUME-LES-DAMES.

Annexe 8 : Généalogie des Comtes de la Roche.



Annexe 9: Plan des ruines du Château de la Roche



Annexe 10: Planches présentant les objets du Néolithique retrouvés au Château de la Roche.

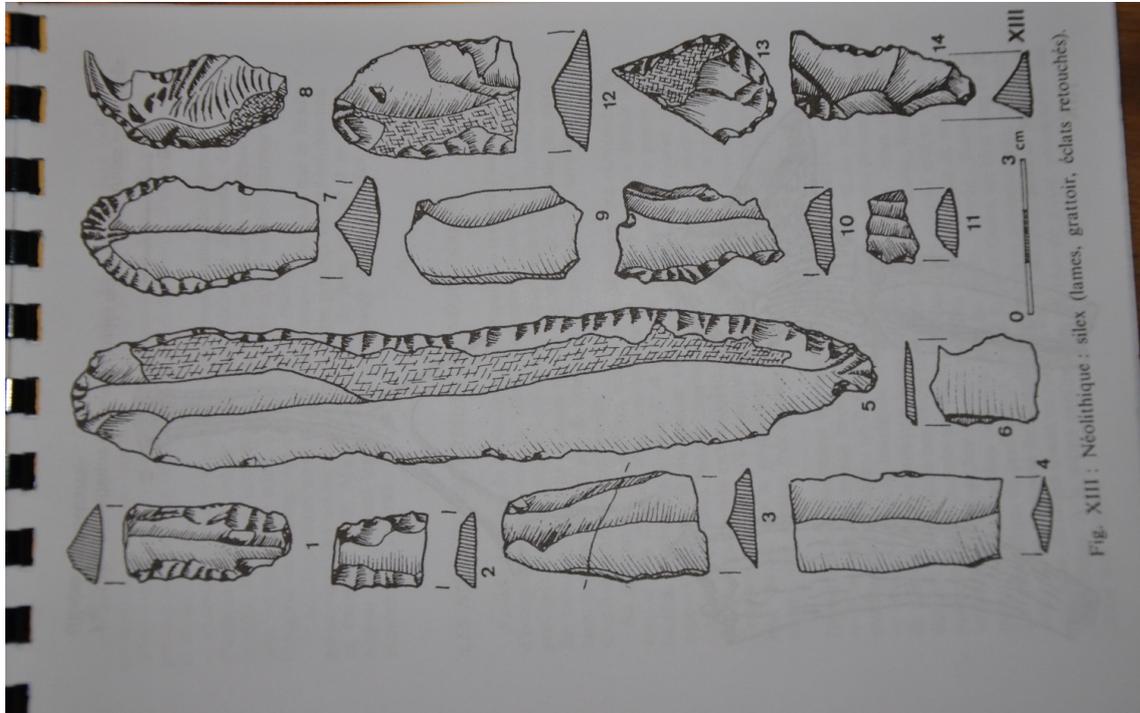
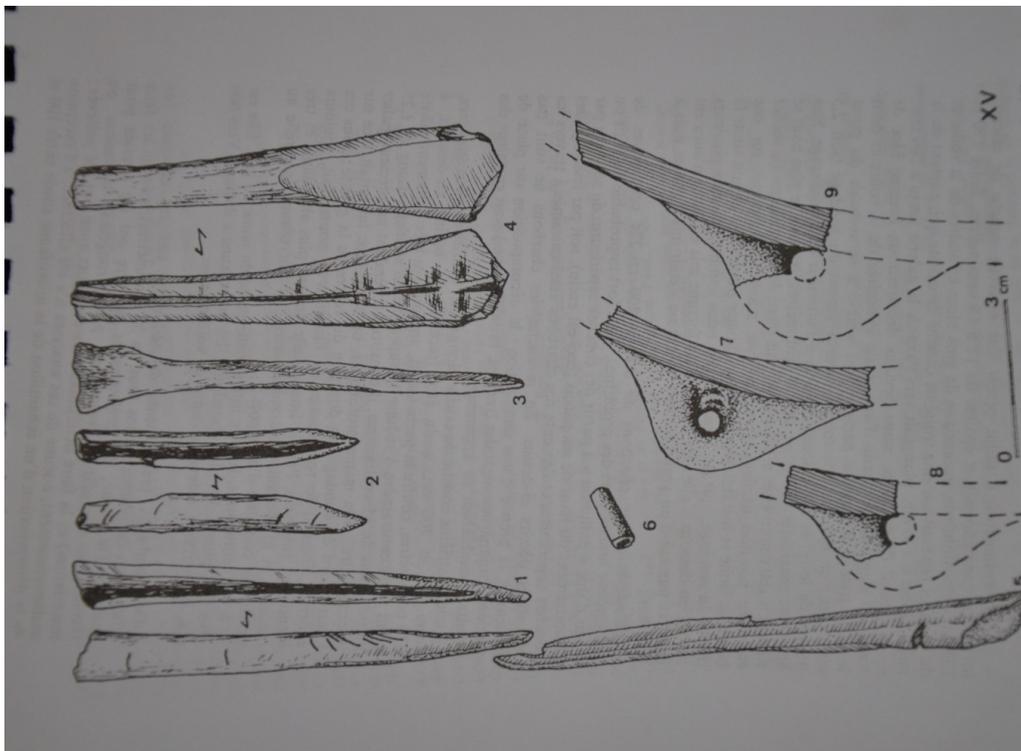


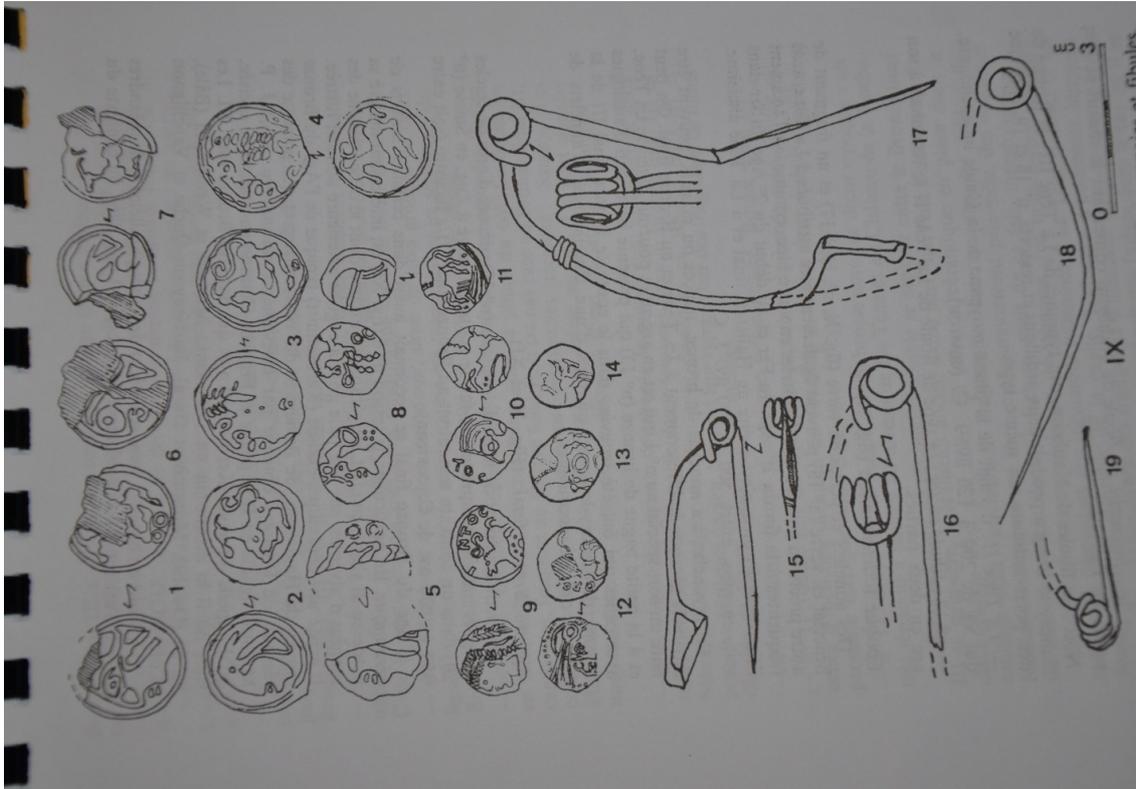
Fig. XIII : Néolithique : silex (lames, grattoir, éclats retouchés).

Industrie lithique

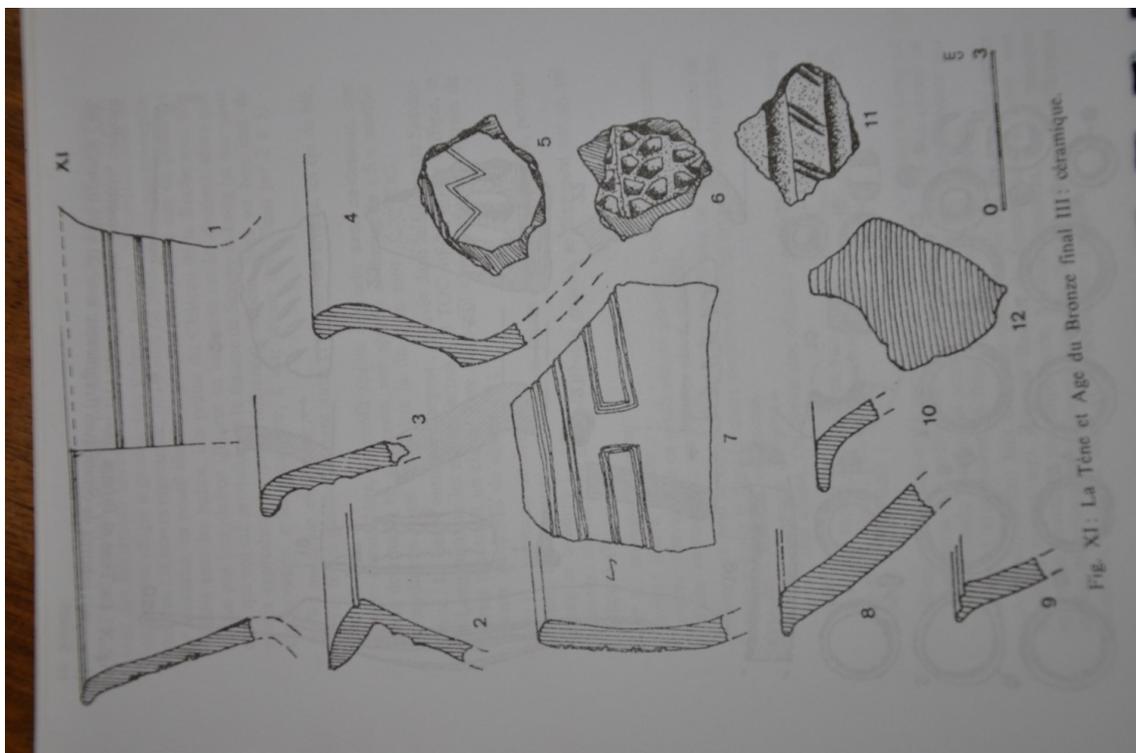


Industrie de l'os

Annexe 11 : Planches présentant les objets de l'âge de Bronze retrouvés au Château de la Roche

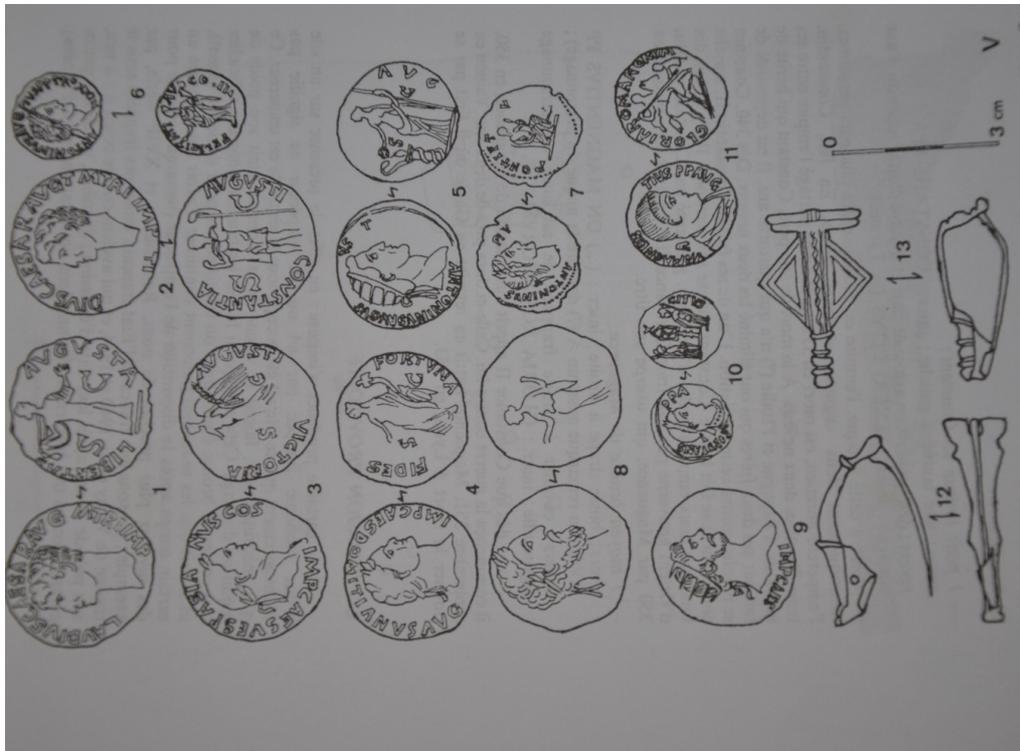


Pièces de monnaies et Fibules



Céramiques

Annexe 12: Planches présentant les objets appartenant à l'époque gallo romaine retrouvés au Château de la Roche.



Monnaies et Fibules, Les n° 6 et 7 proviennent de la grotte de la Baume, à Sancey le Long.

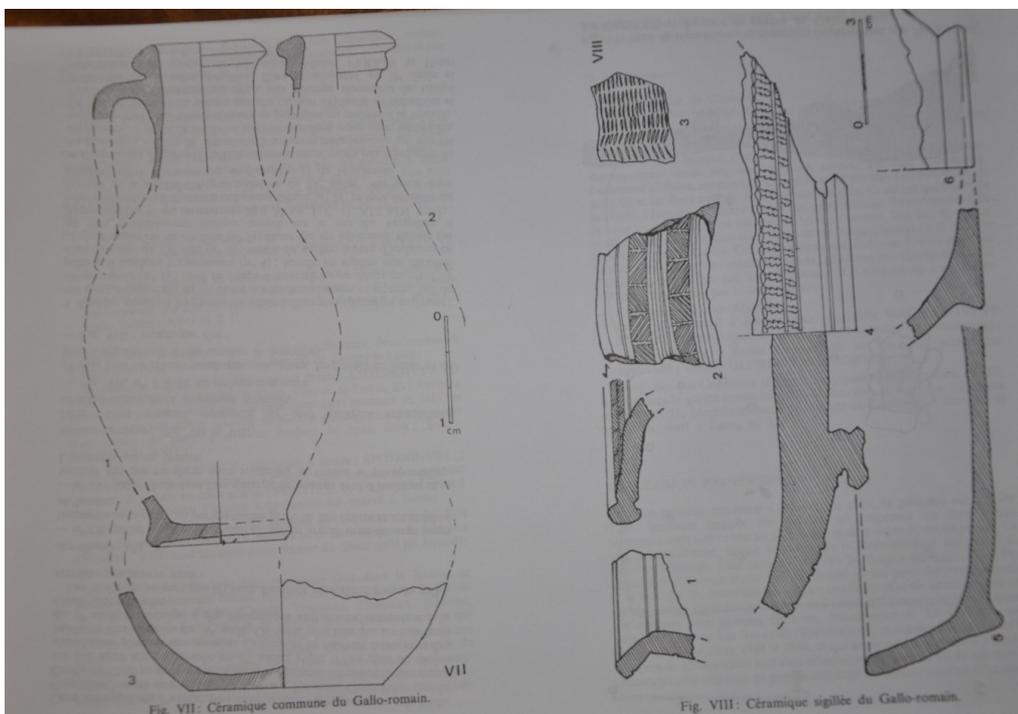


Fig. VII: Céramique commune du Gallo-romain.

Fig. VIII: Céramique sigillée du Gallo-romain.

Céramiques de l'époque Gallo-romaine