

50377
1984
201

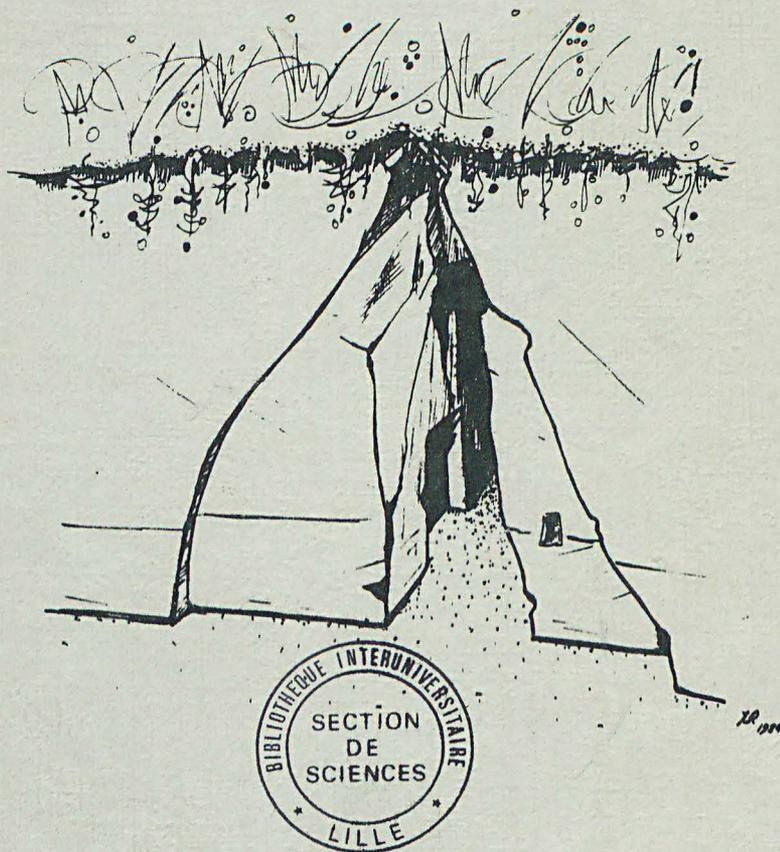
50377
1984
201

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

U. E. R. de Géographie et d'Aménagement Spatial

& L.A. 141 C.N.R.S.

"HUMANUS- KARSTUS ANDEGAVENSIS"



JACEK REWERSKI

DOCTORAT DE 3^{ème} CYCLE 1984



50377

1984

201

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE
U.E.R. de GEOGRAPHIE et d'Aménagement Spatial
& A. 141 C.N.R.S.

50377

1984

201

" H U M A N U S - K A R S T U S A N D E G A V E N S I S "

OU

" A N T H R O P O - K A R S T A N G E V I N "

L'érosion des cavités calcaires
anthropiques de l'Anjou
et sa répercussion sur la surface

T H E S E

de 3ème cycle d'Enseignement Supérieur
présentée pour l'obtention du Doctorat en Géographie Physique

par

Jack REWERSKI



Soutenue le septembre 1984 devant la commission d'examen :

- M. le Professeur J. SOMME - Président du Jury.
- Mme le Professeur Y. BATTIAU-QUENEY - rapporteur.
- Mme T. MUXART - Maître de Recherche au C.N.R.S.

AVANT-PROPOS

Je tiens à remercier toutes les personnes et tous les organismes qui m'ont aidé à effectuer ce travail.

Je tiens à remercier plus particulièrement Madame Y. BATTIAU-QUENEY d'avoir accepté la direction de ma recherche malgré la distance et les difficultés que cela a entraîné.

Je remercie Madame T. MUXARD et le **Laboratoire de Géographie Physique** (L.A.141) dirigé par **M. GODARD**, d'avoir financé deux missions (l'une photo aérienne, l'autre, fouilles) et d'avoir permis d'effectuer sur le terrain certaines analyses d'eau en mettant à ma disposition un matériel de laboratoire.

Je tiens à signaler l'aide précieuse qui m'a été apportée par l'**U.E.R. de Géologie de l'Université d'Angers** en particulier celle de M. le Professeur J. LOUAIL et celle de M. R. BROSSE.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur B. DATCHARRY, chercheur de 3ème cycle de l'**U.E.R. des Sciences de la Terre de l'Université de Lille** pour les conseils et pour l'aide dans la réalisation de certaines analyses.

Je voudrais remercier Madame et Monsieur LIST, archéologues et conservateurs de la cave sculptée de **DENEZE** de m'avoir fait découvrir quelques aspects d'un monde qu'ils cherchent à tout prix à préserver.

Ma reconnaissance s'adresse au Docteur GRUET (conservateur du Musée de Paléontologie d'Angers, naturaliste, archéologue, géologue et grand spécialiste de la région) d'avoir bien voulu m'accompagner sur le terrain.

Je ne voudrais pas oublier Monsieur B. LARDEUX, Directeur du Collège et Lycée St-Laud (où j'enseigne) d'avoir par sa compréhension, facilité mon travail de recherche, ainsi que Monsieur M. BONNEAU, Vice-président de l'Université d'Angers et directeur de l'Institut de Géographie du Tourisme de l'Université d'Angers, d'avoir faciliter certaines démarches administratives et prodiguer des conseils.

Je remercie Monsieur GUILLOMARD, Mademoiselle AUTANT, Monsieur M. LERE et toutes les personnes anonymes, troglodytes ou non, les municipalités, les services des cadastres, les archives etc... sans lesquels ce travail n'aurait pas été ce qu'il est.

Enfin, je voudrais remercier Madame J. FRAYSSE, auteur (avec son mari) des "Troglodytes en Anjou" (seul ouvrage traitant d'une façon méthodique du troglodytisme en Anjou) de m'avoir par ses conseils et par quelques indications sur le terrain, apporter le point de départ à ce travail.

Je remercie ma femme et mes parents de m'avoir aidé, encouragé et supporté pendant toute la durée de ma recherche.



I N T R O D U C T I O N

Pourquoi les troglodytes et les souterrains de l'Anjou ?

En arrivant en Anjou en 1981, j'ai rencontré (pour la première fois directement sur le terrain) un nombre important d'habitations souterraines, parfois avec de très belles façades appareillées (souvent de la renaissance et parfois même gothiques) en très belle pierre de taille, couleur soleil - Tuffeau (fig. n° 1 photo n° 2).

Les premières recherches bibliographiques n'ont apportées aucune réponse à des questions que je me posais (guide bleu Michelin, guide géologique, "Le Val de Loire" de R. Dion ...).

Les découvertes successives : fermes, églises et châteaux troglodytiques continuaient à me surprendre. En même temps, je me suis aperçu que certaines galeries souterraines (il existe plusieurs centaines de kilomètres) subissent par le biais de l'érosion une évolution naturelle, semblable à celle des réseaux karstiques.

Etant passionné par les calcaires, par la spéléologie mais aussi par les "vieilles pierres", à défaut d'un vrai karst, j'ai décidé d'étudier ce que j'appelle l'anthropo-karst angevin - un sujet vaste et au combien passionnant.

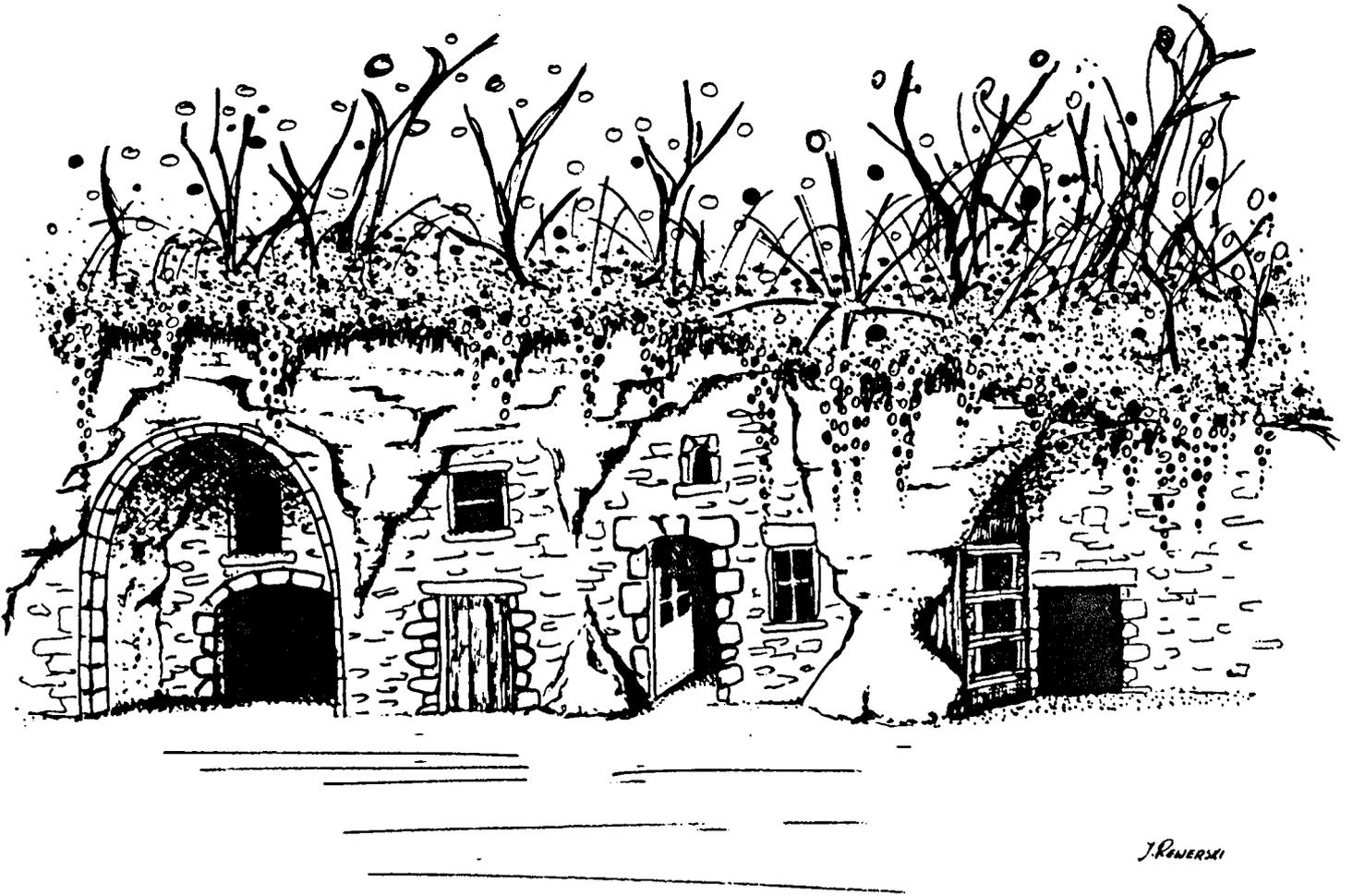
A cours de mon travail, j'ai été surpris de découvrir l'importance et l'ancienneté de l'utilisation du sous-sol aussi bien pour l'extraction de la pierre que pour l'habitat.

Malheureusement, le plus souvent cette richesse régionale disparaît dans le silence absolu du monde souterrain, bien connu des spéléologues.

Vivant parmi une richesse historique et culturelle inestimable (souterraine mais aussi de surface), les gens du pays ne l'aperçoivent plus. A plusieurs reprises, j'ai été amené à faire découvrir aux angevins leur patrimoine.

C'est cette absence quasi-totale de documentation et l'oubli dans lequel tombe (tout en tombant en ruine) ce monde troglodytique, qui m'a conduit à explorer et à étudier ces "souterraines de l'histoire", tout en cherchant à comprendre les processus d'érosion qui les mettent en danger.

En comprenant ces processus, il doit être possible d'apporter quelques solutions pour sauver ce patrimoine. Cependant, il faut se rendre compte que c'est uniquement une valorisation par les loisirs et le tourisme qui serait la seule de nature à le sauver définitivement de la disparition totale. Ceci en raison des coûts qu'une telle revalorisation entraînerait.



HABITATION TROGLODYTIQUE
La Fosse de Saune



II

**PRESENTATION
DU
SUJET**



1 - LOCALISATION ET DEFINITION

Le secteur prospecté correspond aux cartes topographiques IGN au 1/25000ème de Saumur (n° 3-4 et 7-8) de Doué-la-Fontaine et de Bourgueil-Fontevraud.

Il s'agit d'une région du Sud-Est de l'Anjou correspondant au Saumurois (Sud de la Loire).

C'est une région de transition entre les terrains secondaires de la bordure ouest du Bassin Parisien et le vieux massif Armoricaïn.

L'étude est limitée volontairement au Nord par la Loire, à l'Ouest par la disparition des terrains tertiaires suivant la ligne St-Maur-Coutures-Les Alleuds. A l'Est le terrain de l'étude s'arrête à la confluence de la Vienne et de la Loire. La limite Sud suit approximativement la route départementale n° 761 de Montreuil-Bellay à Doué-la-Fontaine et Brissac Quincé.

Ces limites sont imposées par l'importance quantitative du phénomène étudié dans la région et par le souci de limiter le caractère répétitif d'exemples choisis comme illustration.

Le terrain de cette étude comporte une variété étonnante de paysages et de sites d'aménagement par l'homme des cavités en tant qu'habitat, carrières, caves...

Nous serons amenés à étudier la vallée de la Loire proprement dite tout comme les plateaux et plaines situés juste au Sud de celle ci.

La variété s'applique aussi à la nature de la roche. Trois types de roche sont concernés : le tuffeau, les faluns et le calcaire jurassique. Il faut noter au niveau des faluns et du tuffeau des très fortes variations verticales et latérales des faciès.

Le travail a pour objet l'étude de la relation des cavités anthropiques avec le milieu naturel, l'étude de l'évolution de ces cavités et donc avant tout le problème de l'érosion.

Etant donnée l'importance de ces cavités, leur âge, la nature de la roche mère et l'aspect de l'érosion - le terme d'anthropokarst ne me paraît pas abusif pour désigner cet aspect particulier du sous-sol de la région.

A côté de cet anthropokarst omniprésent on peut observer de façon sporadique quelques éléments du karst naturel aussi bien dans les faluns que dans le tuffeau. Il permettra de mieux comprendre l'évolution des cavités anthropiques.

* * *

2 - METHODOLOGIE -

L'étude du terrain concerné par ce travail, fut réalisée avec l'aide des cartes topographiques au 1/25 000ème, des cartes géologiques au 1/50 000ème, de quelques cadastres, des photos aériennes (couverture I.G.N. + photos personnelles) et de la prospection directe sur le terrain.

Etant donné, l'importance du phénomène, caves et troglodytes, le repérage et la quantification posent beaucoup de problèmes.

Après une première cartographie, apparaît une certaine corrélation entre la lithologie, l'altitude et l'apparition du phénomène étudié.

Le choix des différents exemples cherche à présenter le maximum de diversités fonctionnelles (carrières, caves, troglodytes), topographique (flanc du coteau, plaine...) et géologique (tuffeau, falun...)

La première approche du sujet, après la découverte sur le terrain de quelques éléments de ce monde souvent oublié, fut une recherche historique et ethnographique (Fraysse).

La deuxième étape reposait sur une étude approfondie de la lithologie des étages concernés (Turonien et Helvétien).

Il faut signaler que pour le tuffeau, bien qu'il existe une documentation importante, il manque par contre une pétrographie moderne.

Pour le falun, tout reste à faire !

En troisième partie, je me suis attaché à explorer ces souterrains. Cette exploration s'accompagnait du repérage des altérations et de prélèvements d'échantillons.

La quatrième et la plus importante partie de ce travail consistait dans l'interprétation des altérations en fonction des résultats d'analyses et des observations faites sur le terrain. Les résultats de ces interprétations m'ont permis de proposer quelques mesures à prendre, afin de ralentir l'action destructive de l'érosion.

La difficulté majeure rencontrée lors de mes investigations est celle d'un manque complet de points de repère, car à ma connaissance, il n'existe aucune étude comparable.

Les archives départementales à Angers ne possèdent strictement aucun document sur le sujet de cette thèse (caves, troglodytes) et les Ponts et Chaussées d'Angers évitent soigneusement le tuffeau et les faluns.

3 - UNE POINTE D'ETHNOGRAPHIE

"L'homme des cavernes " existe et ceci à la fin du XXème siècle et en plein milieu de l'Europe ! Il n'est plus aussi nombreux que dans le temps. Au début du siècle on en comptait en France près de 20 000, aujourd'hui il n'ya plus que quelques centaines dont un bon nombre en Anjou (photo n° 1 et 2).

A l'aube de son histoire, l'homme se réfugie sous un abri sous roche, dans une grotte naturelle, mais aussi si la roche est suffisamment tendre, dans une grotte artificielle Il devient alors **TROGLODYTE** (du GREC Trogle = trou et Dumein = pénétrer).

En Anjou, il se dénomme "Mousseau" (nom dérivant du vieux mot "mousse" = toujours vivant), et son habitat est une "cave demeurante" ou "cave demeure".

L'étymologie du mot "mousseau" nous indique que ce type d'habitat ne correspondant pas seulement à une fonction purement utilitaire résultant de la facilité d'aménagement d'un logement. Il correspond aussi à une fonction stratégique de survie, cachette individuelle ou collective devant les envahisseurs (normands) ou devant les persécutions politiques ou religieuses (guerres de religions, la révolution ...)

Ce n'est pas non plus, un habitat des pauvres. Le Seigneur, le bourgeois, l'éclésiastique logeaient sous terre comme n'importe quel paysan.

La grande originalité de cet "opus fossile" *(par opposition à "l'opus structile - ou construction à ciel ouvert) est ce que contrairement aux constructions classiques (de surface) l'enveloppe externe de l'habitat s'efface.

La construction est menée de l'intérieur de la matière par l'élaboration d'un espace, ce qui n'est pas limitatif, contrairement à la construction d'un mur .

En 1787, J. HOUET ** écrit : "Ce qu'il y a de remarquable, ce qu'on agrandissoit son logement à mesure que la petite famille s'augmentoît. On cresoit alors dans le rocher ; au fond de la dernière chambre, une porte, puis une autre chambre de la grandeur qu'on vouloit ; ou bien on cresoit le plafond, et l'on se practiquoit un appartement au-dessus du sien."

Dans le même état d'esprit, furent construits les églises chapelles, dépendances agricoles ...etc (souvent en réoccupant des anciennes carrières).

Toutes ces constructions architecturales souterraines s'additionnent à un réseau très important des galeries des anciennes carrières et donnent à la région un caractère unique d'un pays riche en histoire sur toute sa surface mais aussi dans ses profondeurs.

* Maurice Bröëns - "ces souterrains - refuges pour les vivants, ou pour les esprits".

Paris 1976 - Editions Picard.

** Voyage pittoresque des isles de Siciles, de Lipari et de Malte - Imprimerie de Monsieur 1782-1787.

Etant donné l'importance quantitative et l'ancienneté de ces cavités qui font ressembler cette région à un "gruyère", on peut se permettre de parler d'une anthropo-karst régional. Il représente une richesse du pays inestimée et souvent oubliée.

Les touristes traversant l'Anjou, passent d'un château vers un autre sans soupçonner l'existence d'un monde tellement plus riche et plus authentique que ces bâtisses princières.

Il appartient aux gens du pays de prendre conscience de cette richesse inestimable et de la sauver de l'oubli et de la destruction. L'histoire gagnera, mais aussi la région du fait des retombées économiques.

* * *

Photo n° 1

- interieur d'une habitation troglodytique -La Fosse de Sauné

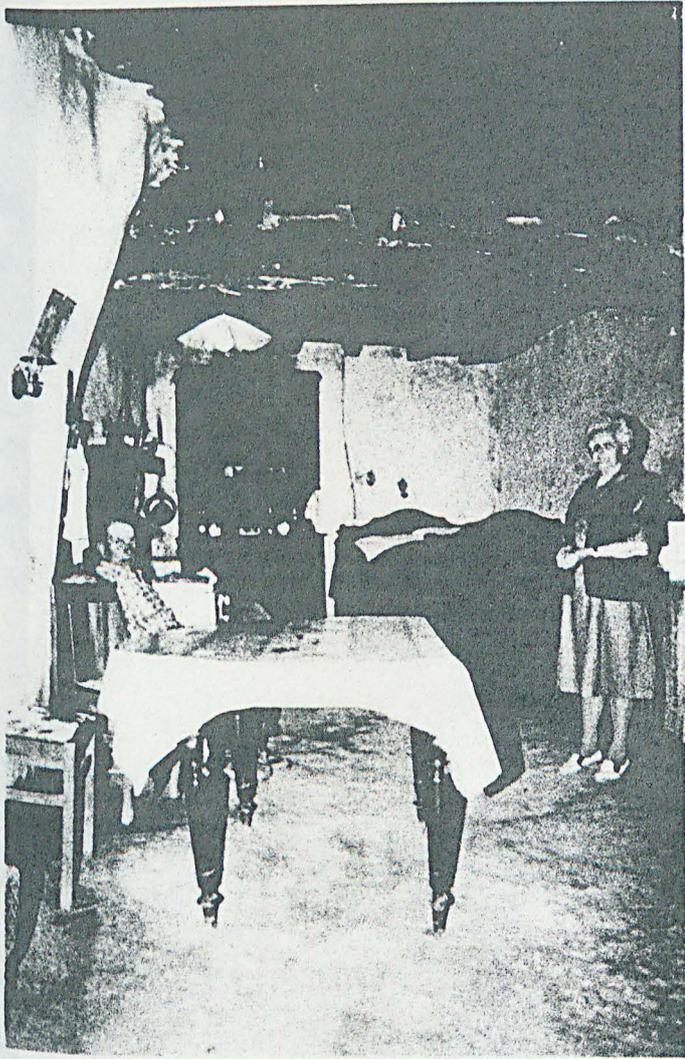
Photo n° 2

- TROGLODYTE - " l'homme moderne des cavernes "

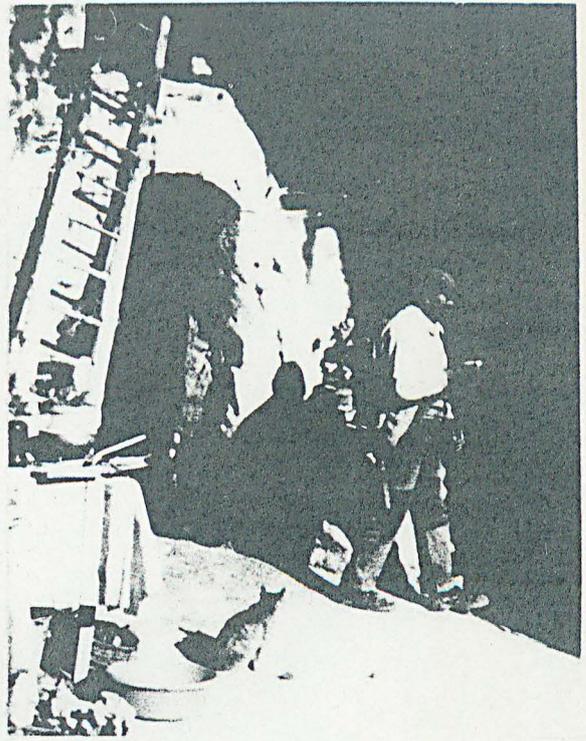
Photo n° 3

- interieur d'une habitation troglodytique abandonnée

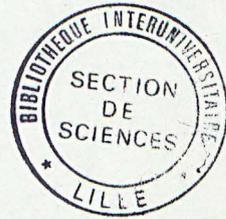
(à remarquer les racines - en haut à droite)



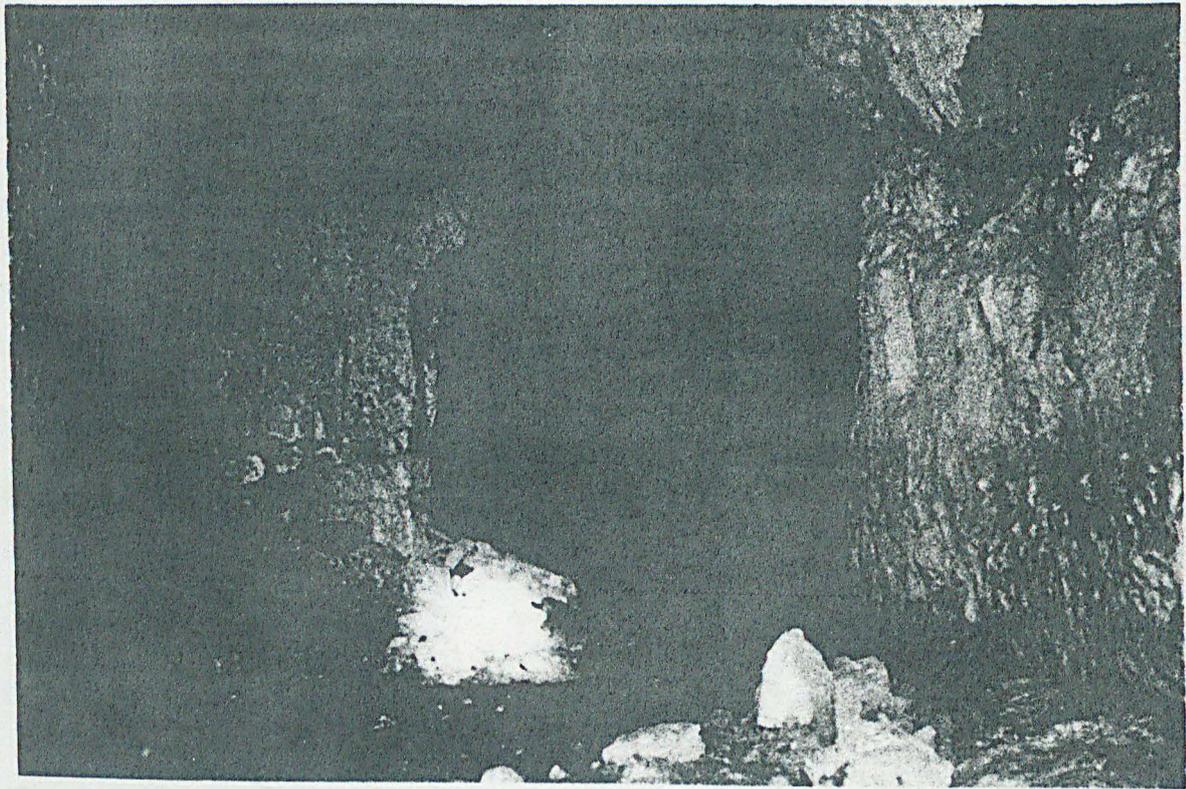
1

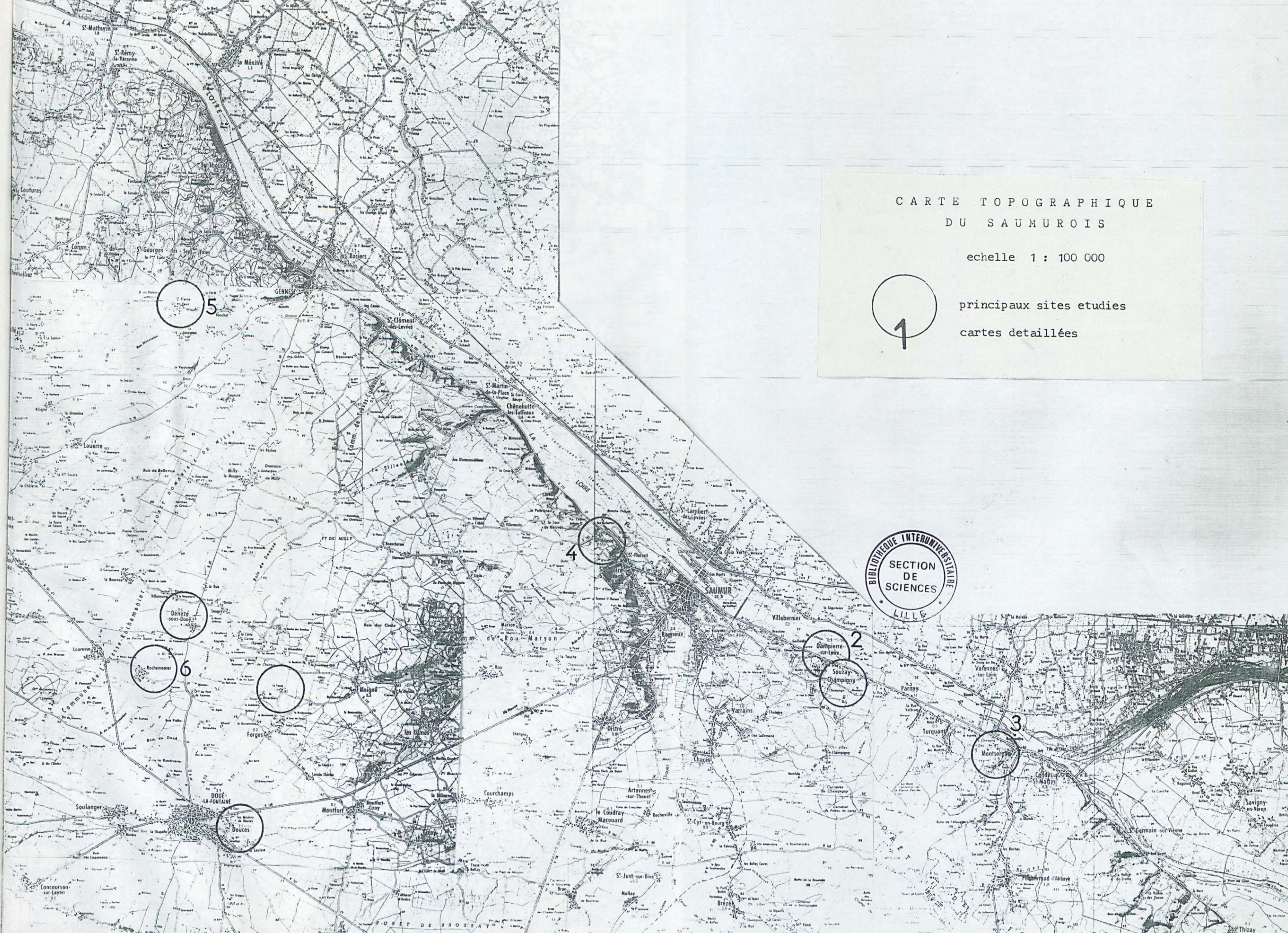


2



3

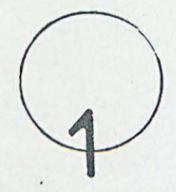




CARTE TOPOGRAPHIQUE
DU SAUMUROIS

echelle 1 : 100 000

principaux sites etudies
cartes detaillées





Dampierre-sur-Loire

Sousay
Champigny

RUE DE LA FOIE

les Nraies

les Révettes

MASSE SAINT-VINCENT

Chaintre

les Clos lallemand

l'arrains

les Marins

OTOUIN

Beaulieu

les Violeries

Ferme du Pont

la Ferme

la Corde

la Bienboire

le Sang de Poitil

le Carrou des Rêles

Bois Joubert

les Malignettes

les Eripes

Fontaine de Quénard

les Hôpitaux

les Caves



0.4

0.5

0.3

carte n° 3





1 - TOPOGRAPHIE (carte n° 7)

Notre région appartient à la bordure occidentale du Bassin Parisien dont les terrains sédimentaires viennent mourir lentement sur la socle précambrien et primaire du Massif Armoricain. Contrairement aux autres régions bordières du Bassin Parisien, ce contact ne donne pas naissance aux cuestas au front tourné vers le massif ancien et à une dépression périphérique importante. La seule forme de cette nature est représentée par une petite cuesta de St-Saturnin.



PRESENTATION DU MILIEU

Dans l'ensemble, le plateau reflète bien sa structure géologique. Notre région peut se définir comme un plateau (slevant 100 m) culminant à une centaine de mètres et dominant par une falaise abrupte la vallée de la Loire.

Limité au Nord et au Nord-Est par la Loire, le plateau s'abaisse lentement vers le Sud, vers la vallée du Layon par une succession de paillassons structuraux, et vers l'Ouest vers le contact par dépression périphérique (peu marquée) avec le massif ancien.

Le plateau est entaillé par un nombre important de vallées courtes, sèches et bien encaissées.

En ce qui concerne les pentes de ces vallées et aussi celles de buttes dans le tertiaire il semble que les flancs Nord-Nord-Est sont généralement convexes avec un replat terminal (St-Noriat).

Les flancs Sud-Sud-Ouest apparaissent concaves et beaucoup plus abrupts.

Ceci pourrait résulter de la régularisation des versants pendant les périodes froides du quaternaire.

SCHEMA HYPSOMETRIQUE DU SAUMUROIS

1 - TOPOGRAPHIE (carte n° 7)

Notre région appartient à la bordure occidentale du Bassin Parisien dont les terrains sédimentaires viennent mourir lentement sur le socle précambrien et primaire du Massif Armoricaïn. Contrairement aux autres régions bordières du Bassin Parisien, ce contact ne donne pas naissance aux cuestas au front tourné vers le massif ancien ni à une dépression périphérique importante. La seule forme de cette nature est représentée par une petite cuesta de St-Saturnin.

Dans l'ensemble, la topographie de l'Anjou reflète bien sa structure géologique. Notre région peut se définir comme un plateau (souvent limoneux) culminant à une centaine de mètres et dominant parfois d'une cinquantaine de mètres par une falaise abrupte la vallée de la Loire.

Limité au Nord et au Nord-Est par la Loire, le plateau s'abaisse lentement vers le Sud, vers la vallée du Layon par une succession de paliers structuraux, et vers l'Ouest vers le contact par dépression périphérique (peu marquée) avec le massif ancien.

Le plateau est entaillé par un nombre important de vallées courtes, sèches et bien encaissées.

En ce qui concerne les pentes de ces vallées et aussi celles de buttes dans le turomien il semble que les flancs Nord-Nord - Est sont généralement convexes avec un replat terminal (R.Morlat).

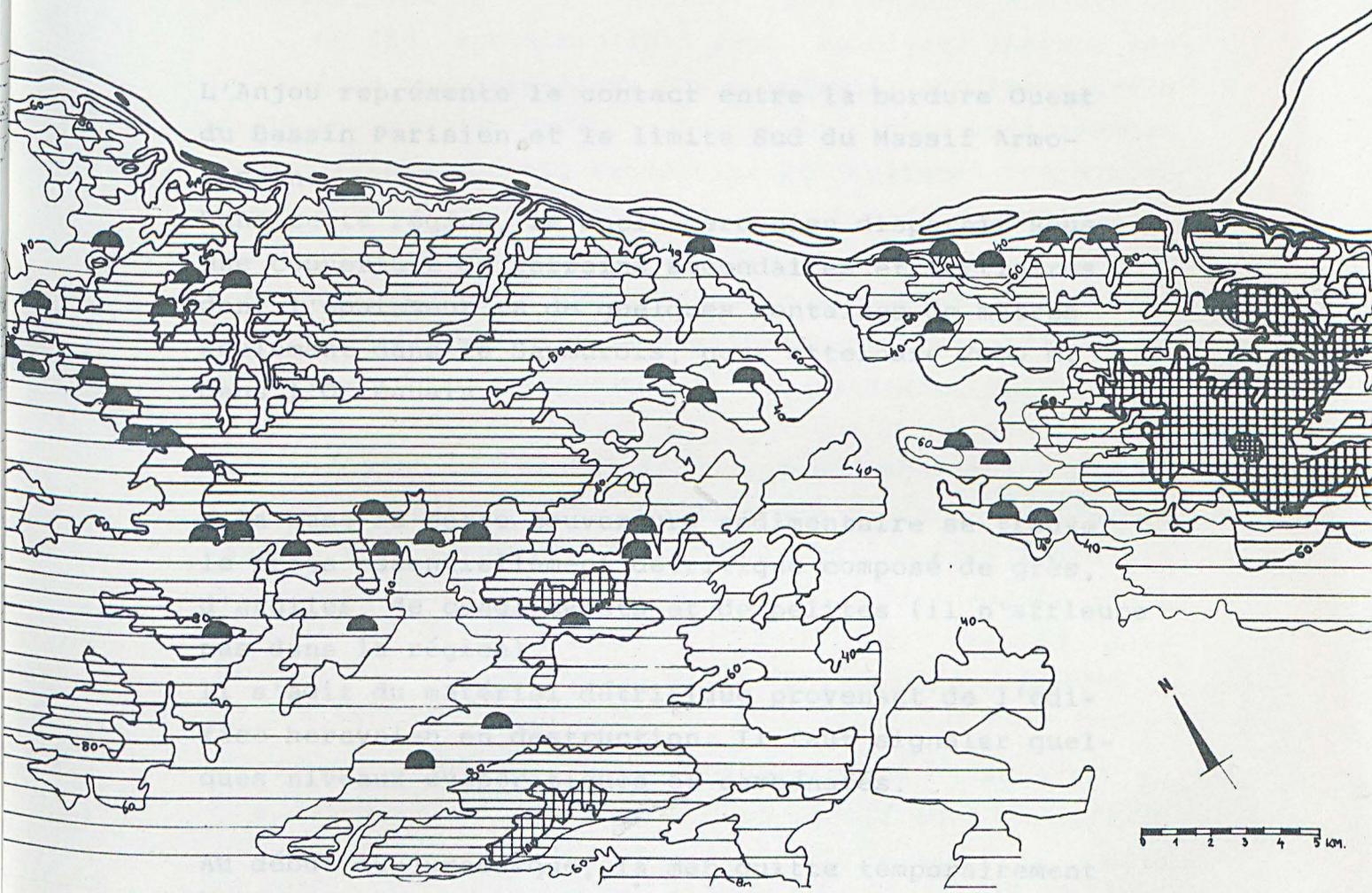
Les flancs Sud-Sud-Ouest apparaissent concaves et beaucoup plus abrupts.

Ceci pourrait résulter de la régularisation des versants pendant les périodes froides du quaternaire.

SCHEMA HYPOMETRIQUE DU SAUMUROIS

2 - SCHEMA GEOLOGIQUE DE L'ANJOU

L'Anjou représente le contact entre la bordure Ouest du Bassin Parisien, et la limite Sud du Massif Armo-



- Altitude : - < 40 m.
- 40 m. à 60 m.
- 60 m. à 80 m.
- 80 m. à 100 m.

-  Caves et troglodytes.

2 - SCHEMA GEOLOGIQUE DE L'ANJOU

L'Anjou représente le contact entre la bordure Ouest du Bassin Parisien et la limite Sud du Massif Armoricain.

Dans cette région, le socle hercynien disparaît sous une couverture de terrains secondaires et tertiaires dont l'épaisseur va de quelques centaines de mètres seulement dans le Saumurois, pour atteindre 2000 m. dans l'Orléanais.

A la base de cette couverture sédimentaire se trouve le trias essentiellement détritique composé de grès, d'argiles, de conglomérats et de pelites (il n'affleure pas dans la région).

Il s'agit du matériel détritique provenant de l'édifice hercynien en destruction. Il faut signaler quelques niveaux évaporitiques et carbonatés.

Au début du jurassique, la mer quitte temporairement la région.

Le lias est dominé par des marnes noires avec de petits bancs calcaires.

Au jurassique moyen les calcaires prennent de plus en plus d'importance. Ils apparaissent dans la région de Doué-la-Fontaine et de Montreuil Bellay.

Le jurassique supérieur est avant tout calcaire avec quelques niveaux marneux. A la fin du jurassique la région accuse une émergence prononcée.

Au début du crétacé inférieur, l'érosion continentale se poursuit.

Le crétacé inférieur est transgressif. A la base, il est souvent terrigène, puis argilo-sableux. Par un niveau marneux, il passe à une craie marneuse puis micacée (turonien).

Le crétacé supérieur sablo-gréseux est régressif (senonien).

Léocène est souvent continental avec à la base de grès (à sabalites) provenant du remaniement du senonien, et du calcaire lacustres de l'Anjou.

Le miocène est de nouveau transgressif. Le golf de la basse-Loire s'étend sur l'Anjou par l'intermédiaire de "la mer à faluns" (helvétien). Il s'agit le plus souvent d'une sédimentation littorale, deltaïque (stratification obliques (fig. n° 13)).

Il subsiste en lambeaux au Sud de la Loire.

Le quaternaire est présent par des formations superficielles du type limons de plateaux, sables, argiles à silex, graviers et cailloutis de gelifraction etc...

Bien que nous soyons en bordure du Bassin Parisien, les couches de la couverture sédimentaire sont généralement sub-horizontales (fig n° 3). Elles reposent en discordance sur la pénéplaine Armorico-Vendéenne. Les faibles déformations tectoniques au niveau de cette couverture sédimentaire suivant la logique hercynienne du socle (WNW-ESE).

On peut noter aussi de gros contrastes d'épaisseur au sein d'une même formation et à des distances très faibles. On note aussi de fortes variations de faciès.

La topographie actuelle est fortement marquée par l'évolution géologique à l'ère tertiaire et au quaternaire.

Le tertiaire a laissé une forte empreinte au niveau du dégagement des formes surtout par son caractère tropical. Une intense altération pédologique a lessivé les éléments solubles, a concentré le fer en profondeur et a silicifié les débris quartzeux (grès avec des empreintes d'une flore tropicale). A la fin de l'ère tertiaire, le plateau subit un découpage par l'enfoncement des cours d'eau.

Au quaternaire, au moins à trois reprises, la région appartenait à une zone périglaciaire. Son évolution, à cette période nous a donné de grands glacis qui cernent les buttes ou qui se développent aux pieds de la falaise turonienne. Un voile gravlo-sableux masque un peu partout les affleurement et donne aux sols une assise uniformément médiocre. Aux pieds des versants, surtout en bordure de l'Authion, on remarque la présence des sables éoliens.

En même temps, pendant cette période, le lit de la Loire s'engorge de débris sablo-caillouteux et donne naissance à une immense plaine alluviale (terrasse). Cependant, le niveau de la mer étant beaucoup plus bas pendant les périodes glaciaires (-150 - mer du N), le fleuve s'est incisé profondément. A Saumur, (au würm) son fond était à 11 mètres sous l'étiage actuel, 13 mètres à Gennes et 30 à Nantes ! *.

La vallée se comblera à l'aube des temps historiques, parallèlement à la remontée du niveau de la mer.

* Jacques Gras - De la Vallée d'Anjou au Plateau du Baugeois.

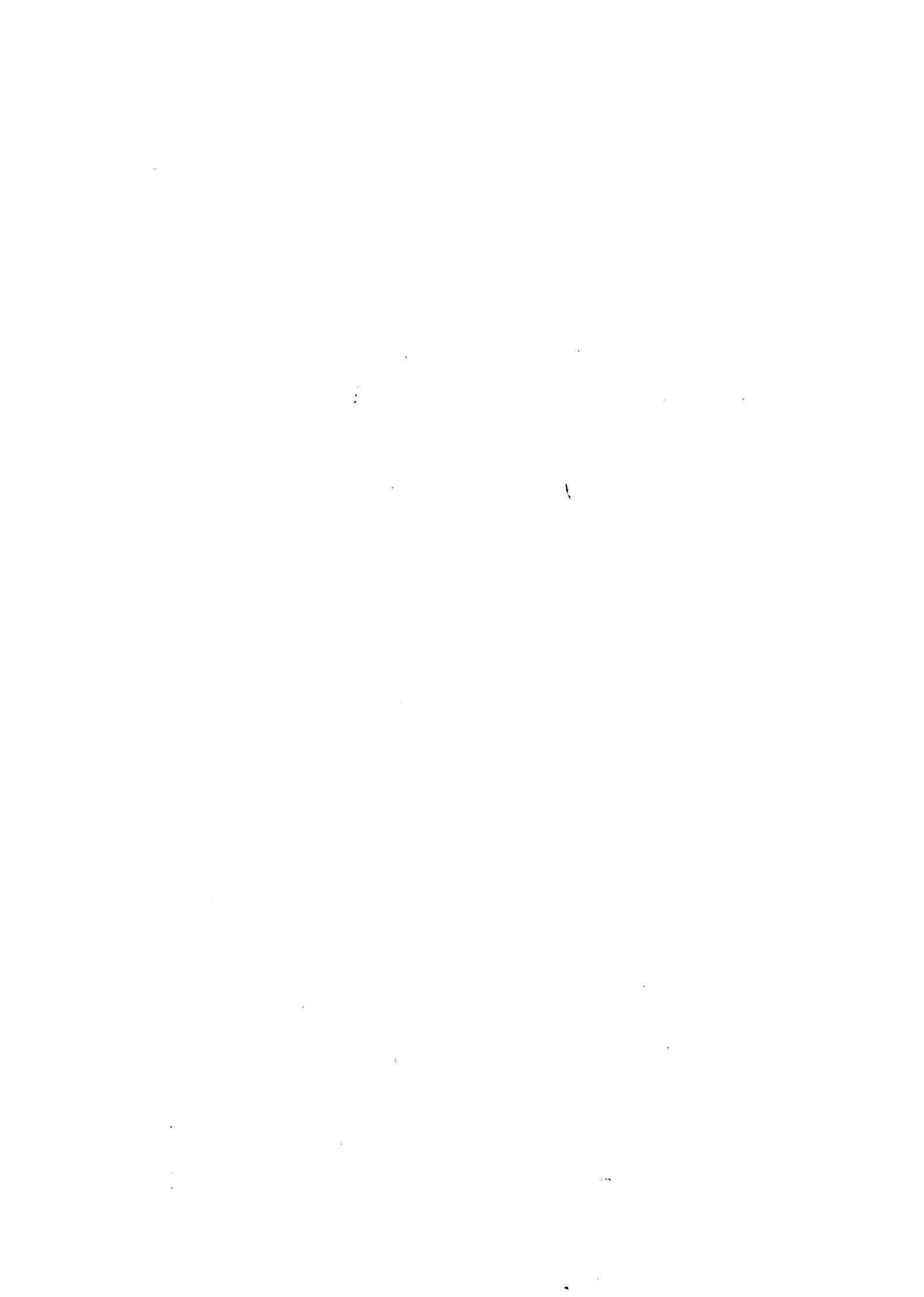
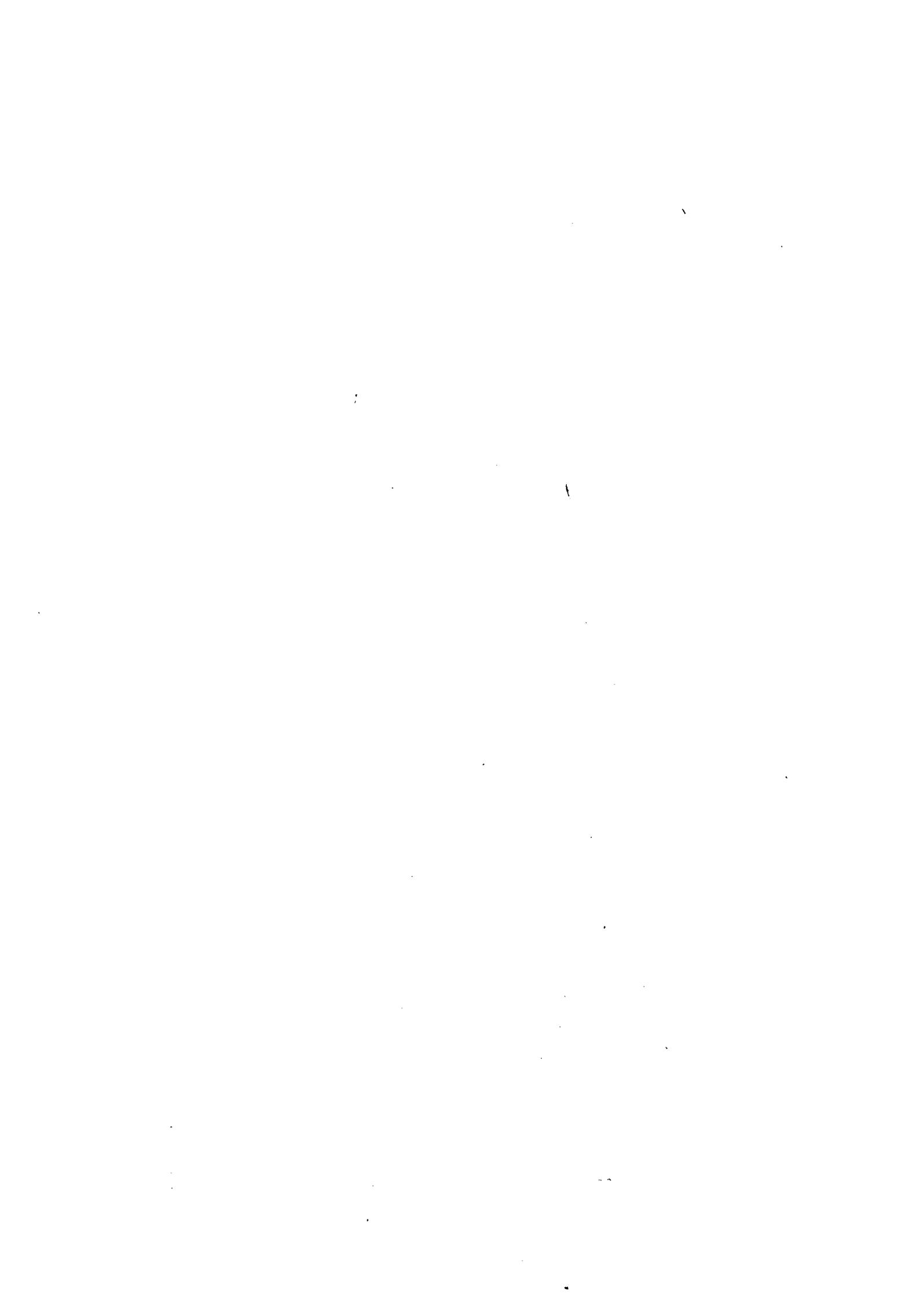


Tableau Stratigraphique
(A. Foucault et J.F. Raoult)

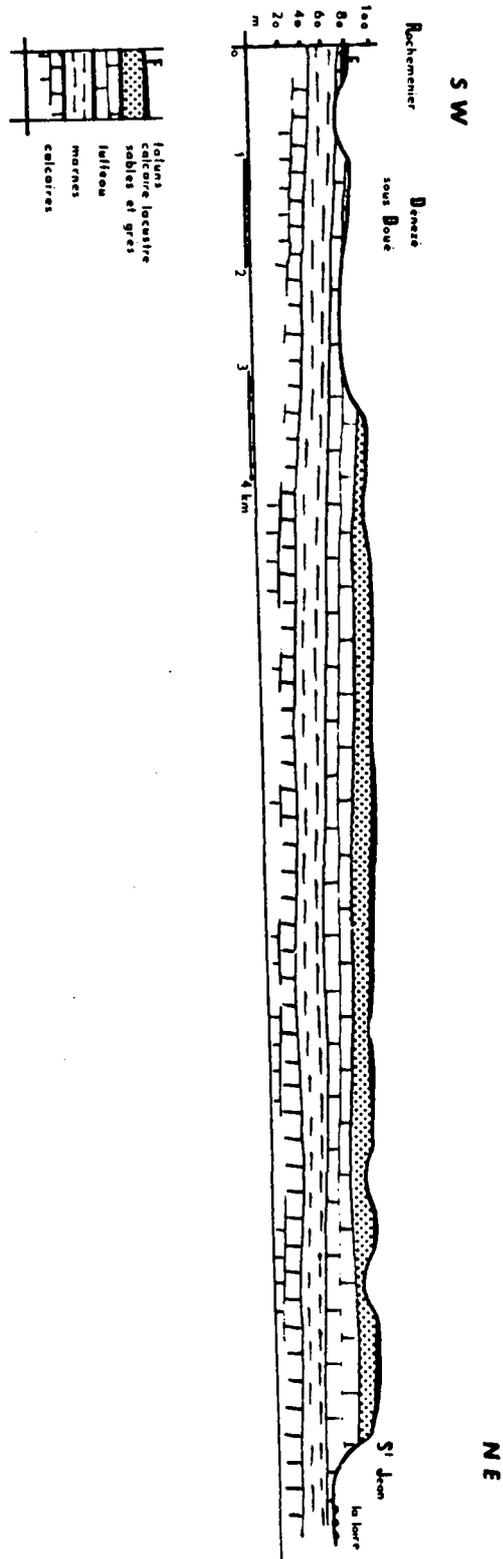
m.a.	ÈRE	SYST./SOUS-SYST PER. / ÉPOQUE	Étages	sous-étages et autres dénominations				
180	CENOZOÏQUE	QUATERNAIRE (voir tableau)	PLIO-CÈNE	Pisacencien / Astien Tobianien + Zancéen Messinien Pontien	Villafranchien inf.			
10			MIOCÈNE	Tortonien Serravallien Langhien Burdigalien Aquitainien Chattien	Tortonien Vindobonien Helvétien			
25		OLIGO-CÈNE	MIOCÈNE	Stampien s. str. Sannoisien Ludien	Rupélien Lottorffien			
37			ÉOCÈNE	Bartenien (s. str.) Lutétien Yprésien Thanétien	Maringésien Auvervien Cuisien Sparnacien - Herdien Landenien			
43		PALÉO-CÈNE	ÉOCÈNE	Thamien				
55				Mentien	Vitrollien	Garumnien		
85		MÉSOZOÏQUE	CRÉTACE	SÉNONIEN	Maestrichtien Campanien Santonien Coniacien Turonien Cénoménien Albien Aptien Barrémien Hauterivien Valanginien Berrisien	Rognacien Bégudien Fuvézien Valdennien Émscherien Angoumien Ludrien Vraconien Gault Urgonien Wealdien Purbeckien		
75				SUP.	MALM	Portlandien Niméridgien	Tithonique/Volgien Virgocrien Pterocrien	
88					DOGGER	Oxfordien Callovien Bethonien Bajocien Anisien Toarcien	Equanien Rauracien Argovien Oxfordien s. str. Lusitanien	
100				INF.	LIAS	Domérian Carixien Sinémurien	Piensbachien Charmouthien Lotharingien Sinémurien	
118						TRIASSIQUE	Hettangien Rhézien Noric Carnien Ludien Anisien Werraen Bajocien	Trias germanique Rhézien Keuper Lettenkohle Muschelkalk Buntsandstein
200				TRIASSIQUE	SUP.	Thuringien	Zechstein	Tatarien Kazarien Kungurien Artinskien Sakmarien
215						MOY.	Saxorien Autocien	Rottliegande Perm. russe
225				PERMIEN	INF.	Stéphonien Westphalien Mamorien Viseen Tournaisien Strunien	Carbonif. russe SUP. MOY. INF.	Caralien Moscovien Bachkirien Namyglin Viseen Tournaisien
230						TRIASSIQUE	Famennien Frasnien Givétien Couvénien Eifelien Emsien Siegénien Gédinnien	Perm. russe U.S.A. Mésoséanien (Pangéanien) Cain
240				PRIMAIRE = PALÉOZOÏQUE	SUP.	DÉVONIEN	Ludlowien Wenlockien Llandoveryen	Bothlandien SILURIEN s1
250		TRIASSIQUE	Ashgillien Caradocien Llandoyleen Llanvirnien Ardégien Trémadocien			SILURIEN s2		
260		PRIMAIRE = PALÉOZOÏQUE	MOY.	SILURIEN s. str.	Potsdamien Acadien Géorgien	? Revinsien ? Devillien		
270				ORDOVICIEN	Briovérien Pontévrien Icartien	Eocambrien		
280		PRÉCAMBRIEN	INFRA-CAMBRIE	ALGONIEN				
290	ARCHÉEN							

Falun

Tuffeau

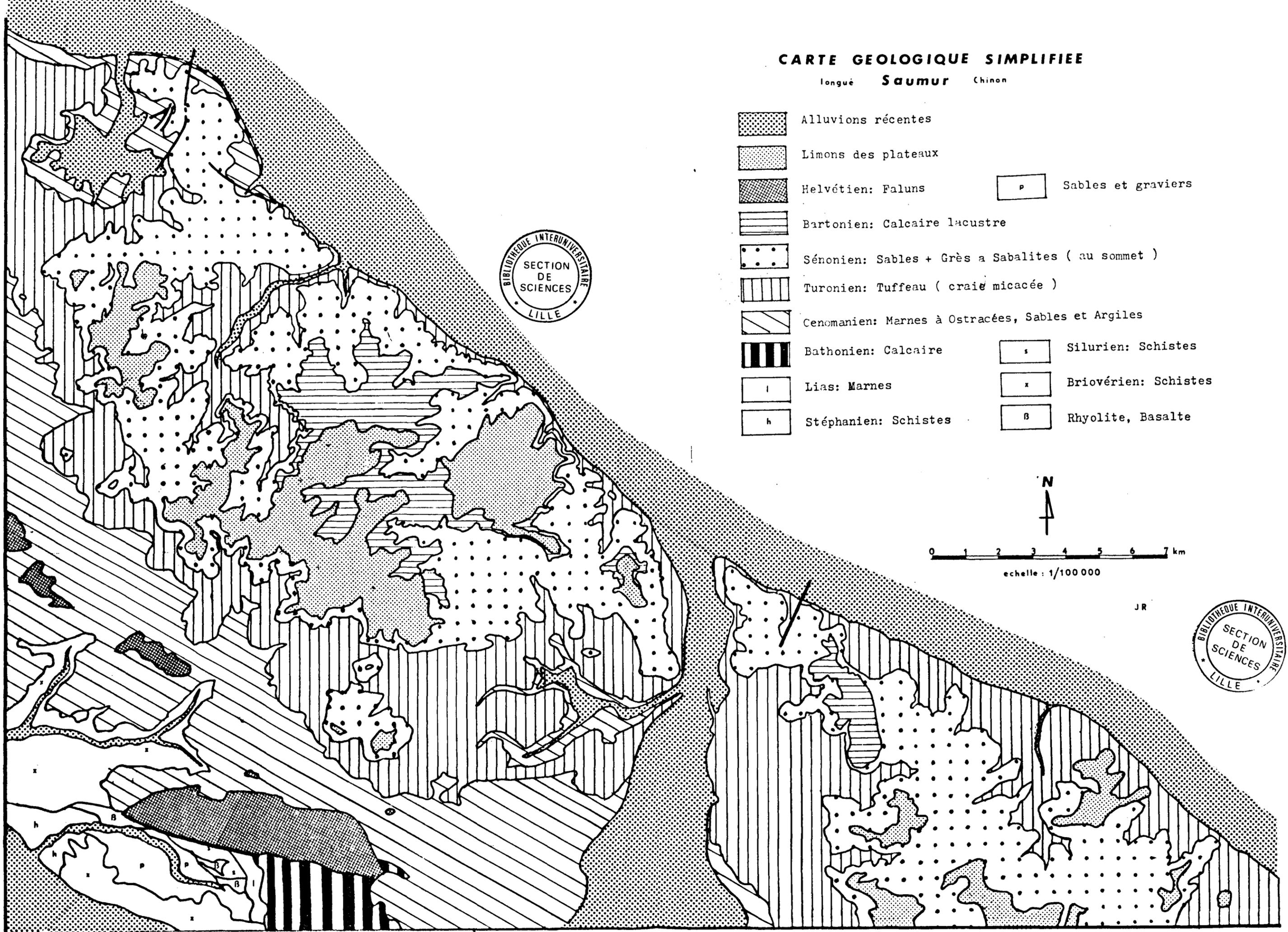


Coupe géologique à travers le plateau Turonien du Saumurois

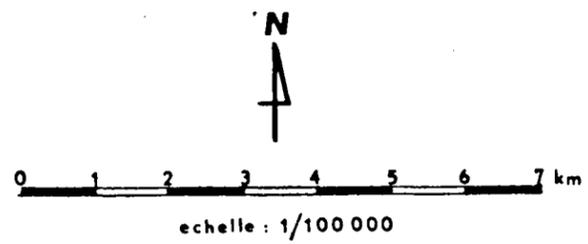


CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE

longue **Saumur** Chinon



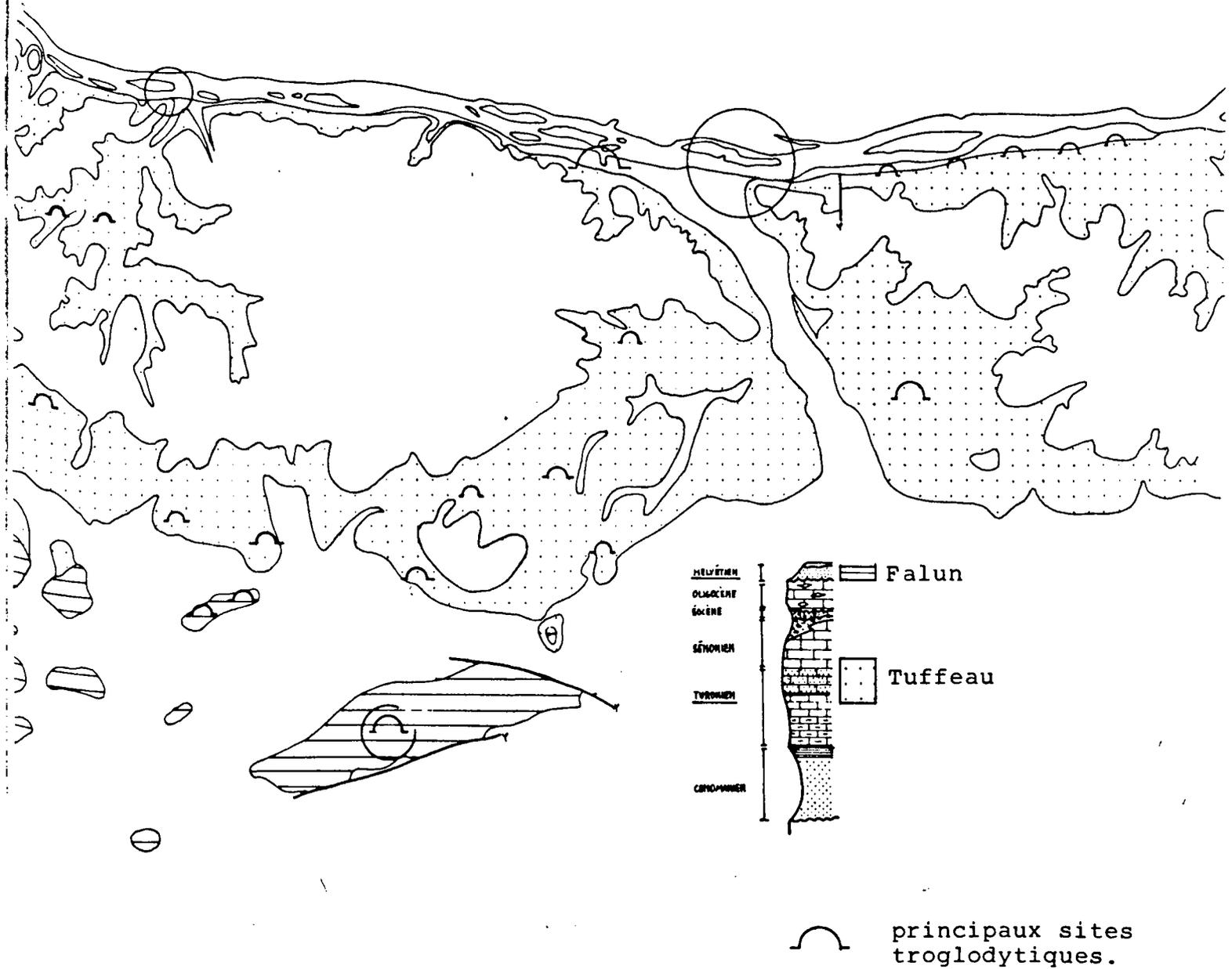
- | | | | |
|--|---|--|----------------------|
| | Alluvions récentes | | Sables et graviers |
| | Limons des plateaux | | |
| | Helvétien: Faluns | | |
| | Bartonien: Calcaire lacustre | | |
| | Sénonien: Sables + Grès a Sabalites (au sommet) | | |
| | Turonien: Tuffeau (craie micacée) | | |
| | Cenomanien: Marnes à Ostracées, Sables et Argiles | | |
| | Bathonien: Calcaire | | Silurien: Schistes |
| | Lias: Marnes | | Briovérien: Schistes |
| | Stéphanien: Schistes | | Rhyolite, Basalte |



JR

SCHEMA GEOLOGIQUE DU SAUMUROIS

en fonction des sites troglodytiques



3 - HYDROGEOLOGIE

La présence de l'eau dans le sous-sol est conditionnée par la perméabilité de celui-ci, par sa capacité de rétention de cette eau et par la structure géologique de la région.

Quatre types de nappes apparaissent principalement dans la région étudiée (voir carte hydrogéologique n° 10) :

- 1 - La nappe d'alluvion récente (La Loire, le Thouet),
- 2 - La nappe des faluns,
- 3 - La nappe des sables sénoniens,
- 4 - La nappe de la "craie" Turonienne.

Trois nappes intéressent cette étude :

- Les sables sénoniens surmontant les calcaires perméables du Turonien servent le plus souvent de "filtre" pour les eaux alimentant la nappe turonienne. Comme ces sables sont très fins et comportent quelques passages argileux, le filtrage doit être efficace. Quelquefois, en faveur d'un niveau plus argileux, ces sables peuvent contenir une nappe d'eau relativement riche, laquelle est alimentée directement par les précipitations.
- Le tuffeau reposant sur les marnes imperméables du Cénomaniens supérieur contient une nappe libre en relation étroite comme nous venons de voir, avec la nappe des sables sénoniens sous-jacents. La perméabilité du tuffeau n'est pas très importante, sauf dans les zones fissurées (BRGM - Bassin de l'Authion - 1970).

- La nappe des faluns qui sont très perméables dépend de la nature de l'assise de ces faluns mais aussi de l'étendue et de l'épaisseur du gisement. Comme c'est une roche très perméable, l'eau s'infiltrerait rapidement en laissant les faluns secs.

La nappe dans le Turonien, mais aussi celle dans le falun helvétique, sont des nappes dites superficielles ou phréatiques, car le plus souvent le terrain perméable s'étend jusqu'à la surface topographique. La nappe se trouve alimentée directement par l'infiltration verticale des eaux météorologiques (les sables sénoniens font rarement obstacle). Ceci n'exclut cependant pas une circulation horizontale.

C'est dans le tuffeau que la circulation d'eau est la plus sensible du fait de sa position perchée. On remarque d'abord ici deux niveaux aquifères. A Dampierre de "la Cave dans le Roc", jaillit une source avec un débit remarquablement régulier.

Réellement, il s'agit d'un ruisseau prenant sa source quelque part à l'intérieur du massif dans une des galeries des carrières de Dampierre ("Pilier Pissant"). Le plancher de ces carrières, tout comme cette source se trouve à 40 m. d'altitude.

A l'entrée de cette cave, se trouve un puit creusé dans le tuffeau d'une profondeur de 17 m. ! La nappe qui l'alimente correspond au contact du tuffeau avec les marnes cénomaniennes. Elle peut recevoir latéralement les eaux de la nappe des limons de la Loire car celle-ci domine ce contact.

Les différents niveaux d'aquifères dans le tuffeau peuvent correspondre à certains joints de stratification ou à certaines couches plus ou moins argileuses, bloquant partiellement les infiltrations.

Il faut signaler que ces différents aquifères ont leurs niveaux prézométriques remarquablement stables, et il est relativement rare de voir une cave inondée ou une source se tarir. Ceci est valable aussi bien pour le tuffeau que pour les faluns (photo n° 9).

La régularité de la source de "la cave dans le Roc", correspond à plusieurs barrages filtrant, situés à l'amont du ruisseau parcourant le souterrain. Ces barrages sont constitués par des éboulis plus ou moins grossiers retenant le ruisseau en tant que réel barrages filtrant soit en tant que véritable aquifère (fig n° 4). Nous assistons ici à l'établissement d'une circulation d'eau semblable à celle de certains karsts.

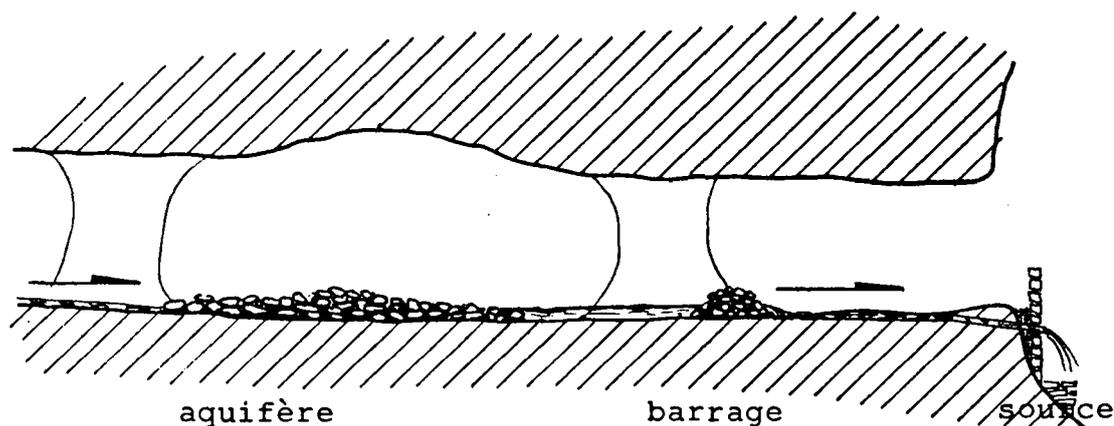
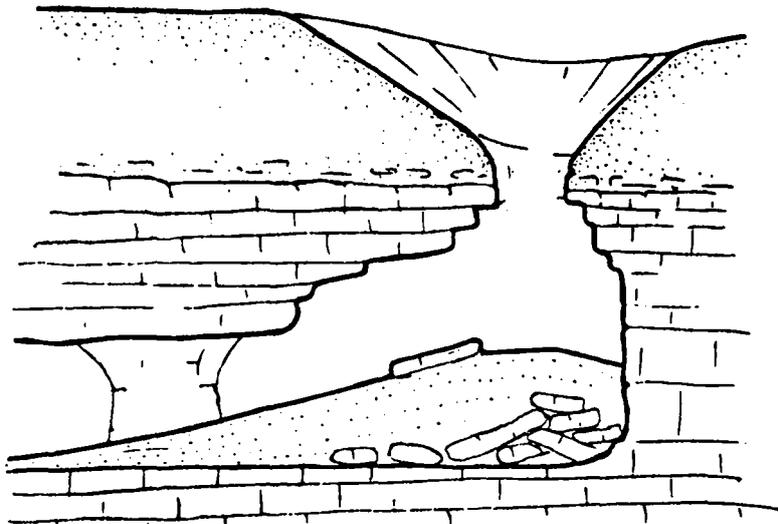


fig. n° 4 - Régularisation de l'écoulement souterrain
(Dampierre)

Dans les caves du "Musée du Champignon" à St-Hilaire on peut relever, dans un ensemble de galeries, des traces d'une ancienne inondation. Ces traces se présentent sous forme d'un dépôt argilo-sableux finement lité, faisant penser à des argiles à varves (photo n° 4 , 5).

Il s'agit des sables Sénoniens apportés dans les souterrains en faveur d'un éboulement du plafond (fig. n° 5)



Les sables semblent être apportés progressivement (en faveur des infiltrations d'eau atmosphérique par le gouffre d'effondrement ?), et lentement resédimentés dans un lac souterrain noyant les galeries (les entrées obstruées).

Ces dépôts peuvent atteindre 1,5 m. d'épaisseur (photo n° 4), leur surface est légèrement bombée et ils s'atténuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone effondrée (aujourd'hui murée pour réduire les arrivées d'eau dans la cave).

Le litage très fin de ce dépôt (photo n° 5) suggère par la succession des couches claires (argileuses) et plus sombres (sableuses) une cyclicité dans un rythme sédimentaire qui reste à définir.

Dans certaines galeries inclinées, ces sables varvés ont glissé sur leur base en donnant des ondulations en véritables plis couchés (photo n° 7).

Pendant leur circulation souterraine, les eaux tendent à se mettre en équilibre thermique avec les formations traversées. Les variations thermiques diurnes dans nos régions sont sensibles jusqu'à une profondeur de 1 à 2 m. Les variations saisonnières s'atténuent en fonction de la profondeur pour disparaître vers 15 m. (chap. VII - microclimat souterrain). C'est une zone d'hétérothermie qui précède la zone d'homothermie, où règne une température constante, égale à la température moyenne de l'air enregistrée à la surface. Ceci nous donne pour les mesures thermiques des eaux les principes suivants :

- si la température est constante, il s'agit des eaux provenant d'une profondeur supérieure à 15 m.
- si les variations thermiques sont faibles, on peut présumer que la nappe n'est pas très profonde.
- si la variation est importante, ce sera l'indice d'une circulation d'eau importante. (J. Letourner, R. Michel - 1971) *

Les relevés des températures des eaux (tableau n° 12) sont trop fragmentaires pour pouvoir conclure sur l'origine de ces eaux. On peut cependant constater une relative stabilité thermique des eaux voisine de 10°C (± 2° C).

Les nappes dans le falun représentent une exception car les températures mesurées sont très basses et comprises entre 5 et 7° C (le faible nombre de relevés interdit de tirer une conclusion).

* La Géologie du Génie Civil - A. Colin.

Les mesures effectuées sur les échantillons d'eau prélevés sur le terrain concernent la température, l'évaluation de son acidité (pH), la détermination de son alcalinité (carbonates, bicarbonates et hydroxydes) et de son titre hydrométrique (ions calcium et magnésium).

La fig. n° 6 présente un exemple des relevés hydrologiques réalisés sur le terrain.

fig n° 6

date 21.1.84
 lieu Douces - "La Cathédrale" - Douce la F.
 Etage Helvétien

échantillon n° 7

	surface	souterrain
couleur ... 0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
odeur ... 0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
goût ... 0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
eau courante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stagnante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
de puits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d'infiltration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
de condensation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
de précipitation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
de la nappe phréatique	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Le PH 7,56

TA / titre alcalimétrique / ... 0

TAC / " ~ " complet / ... 2,2 mg Eq.
 dureté carbonatée

TH / titre hydrométrique / ... 5,3 ml.
 dureté totale

P / dureté permanente /
 $P = TH - TAC$

Autres:

T° de l'eau : 5,2°C

Le niveau sup. de la nappe se trouve à -18m.

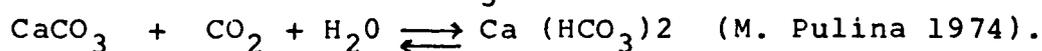
Le résultat de ces analyses est représenté sur le tableau n° 1

On constate dans l'ensemble un PH relativement élevé, la moyenne sur tous les prélèvements est de 7,8 avec le maximum de 8,25 pour l'échantillon n° 14.

L'eau cherche à se mettre en équilibre thermique avec l'aquifère, elle lui emprunte aussi une minéralisation qui résulte de son agressivité initiale, de la nature de la roche traversée et des dissolutions que l'eau provoqué au long de son parcours.

La dissolution des carbonates par l'eau est un phénomène relativement compliqué.

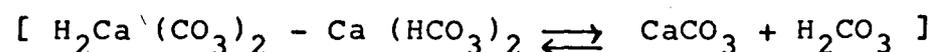
Dans une eau chimiquement pure, mais avec le CO_2 libre (équilibré par rapport à la pression partielle de CO_2 dans l'atmosphère) on peut dissoudre à une température de 20°C , 60 mg/l. CaCO_3 suivant la réaction.



La quantité du CO_2 diminue avec l'augmentation de la température de l'eau. En même temps diminue la quantité des carbonates dissouts.

Une partie du CO_2 libre (1 %) contenue dans l'eau, se lie à celle-ci pour donner de l'acide carbonique (H_2CO_3). Cet acide carbonique permet la transformation du carbonate de chaux en bicarbonate soluble dans l'eau [$\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$]

En fonction de la pression et des conditions thermiques le carbonate de chaux passe en bicarbonate de chaux dissout et inversement :



L'agressivité de l'eau (capacité à dissoudre le carbonate de chaux) dépend de la quantité du CO_2 libre (L'eau est considérée agressive si elle contient 0,003 g. CO_2 / l.), de la concentration des ions Ca^{++} et de la température de l'eau.

La mise en solution des carbonates se fait au dépend du CO_2 , c'est-à-dire que la dissolution dure tant que le CO_2 n'est pas consommé, autrement dit - jusqu'au moment de l'équilibre carbonaté



En ce qui concerne la dureté carbonatée (TAC), on remarque de très fortes variations entre les échantillons (entre 2,2 mEg pour les échantillons n° 16 et n° 7 et 7,5 mEg pour l'échantillon n° 3).

La moyenne de la dureté carbonatée est beaucoup plus forte pour le tuffeau, que pour le falun (4,56 mEg contre 2,85 mEg) ce qui confirme une plus grande facilité de mobilisation des carbonates dans le tuffeau.

D'une manière générale, comme nous indique le graphique n° 1, les échantillons analysés proviennent d'une eau fortement agressive, aussi bien celle des faluns que celle du tuffeau.

Le nuage des points est relativement homogène, il n'y en a que quelques uns qui s'en écartent en s'approchant sensiblement de la ligne de saturation. Il s'agit des échantillons n° 1, 3, 8 et 11 provenant tous d'un même lieu (la Coulée de Nervau à St-Pierre en Vaux)

Nous avons dans cette localité une nappe phréatique dans le turonien.

Contrairement à la nappe turonienne, proche de la falaise, (dominant la Loire) ou à celle des faluns, la nappe de St-Pierre en Vaux du fait de sa position n'enregistre pas de circulation notable, elle a donc le temps de s'enrichir en bicarbonates.

Les faluns étant très perméables (chap. III-3), laissent passer l'eau rapidement ne permettent pas à cette dernière de s'enrichir en bicarbonate (en plus les carbonates des faluns sont en majorité d'origine organique).

En ce qui concerne la circulation d'eau dans le tuffeau, à proximité immédiate de la falaise turonienne, il faut signaler que l'eau provenant de la nappe des sables Sénoniens, circule de préférence à travers le tuffeau dans les zones fortement fissurées (Dampierre).

Si on ajoute qu'il s'agit d'une nappe perchée, on comprend que cette eau circule relativement rapidement et reste donc fortement agressive.

Photo n° 4

- sables varvés du "Musé du Champignon"

Photo n° 5

- détail des varves

Photo n° 6

- un element du karst - conduite forcée naturelle
"Musé du Champignon"

Photo n° 7

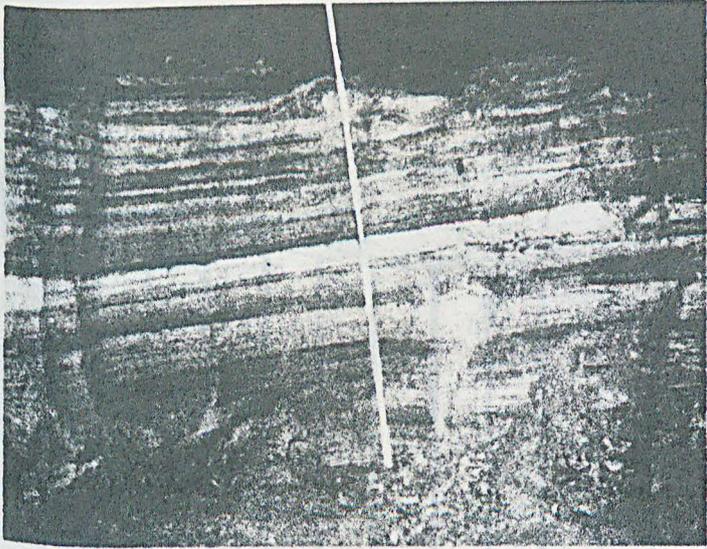
- glissement des sables varvés

Photo n° 8

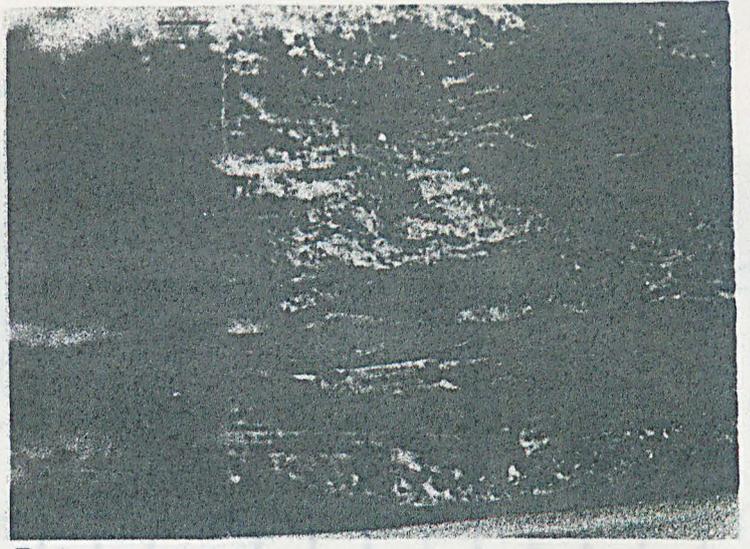
- cristallisation de la calcite à la surface d'une nappe d'eau
(Dampierre)

Photo n° 9

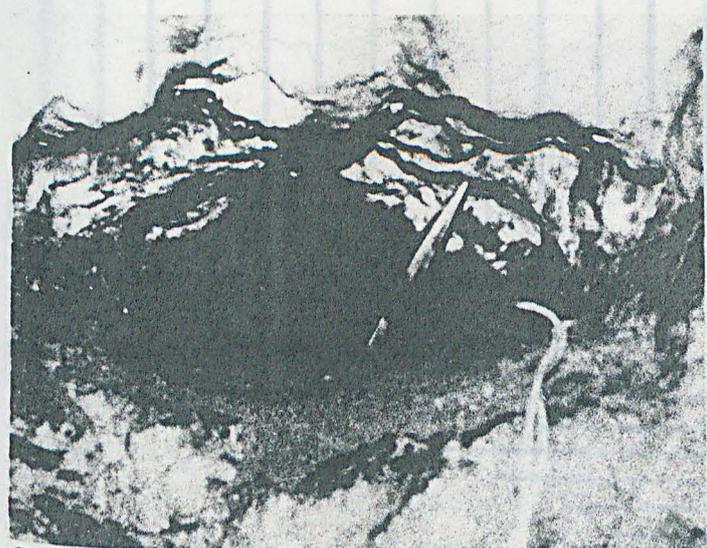
- niveau supérieur de la nappe phrétique des faluns -18m
(Douces)



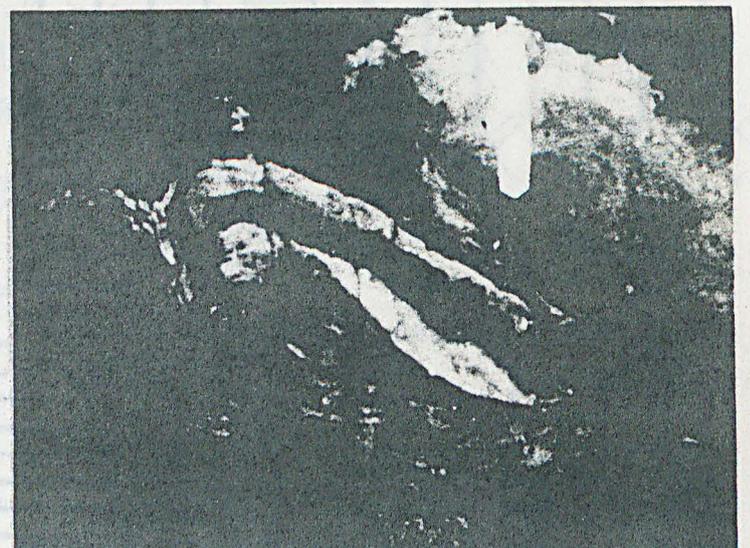
4



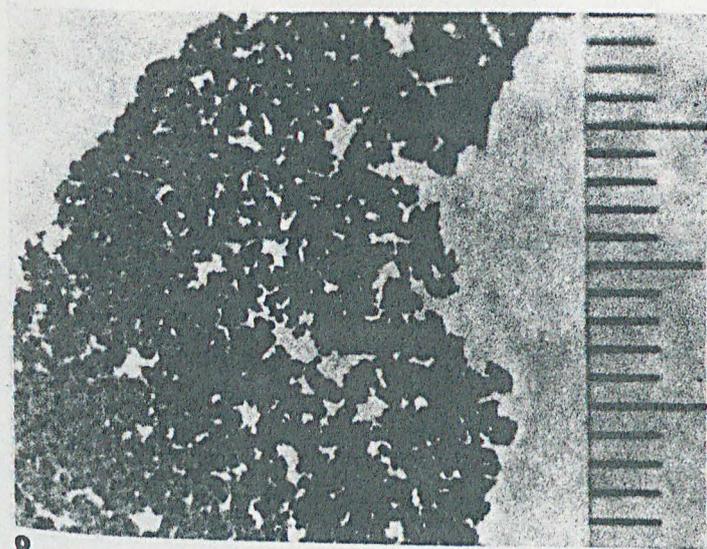
5



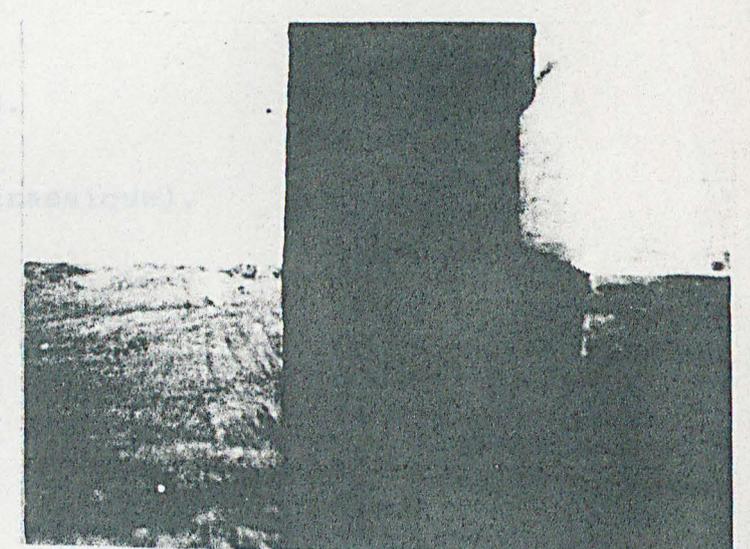
6



7



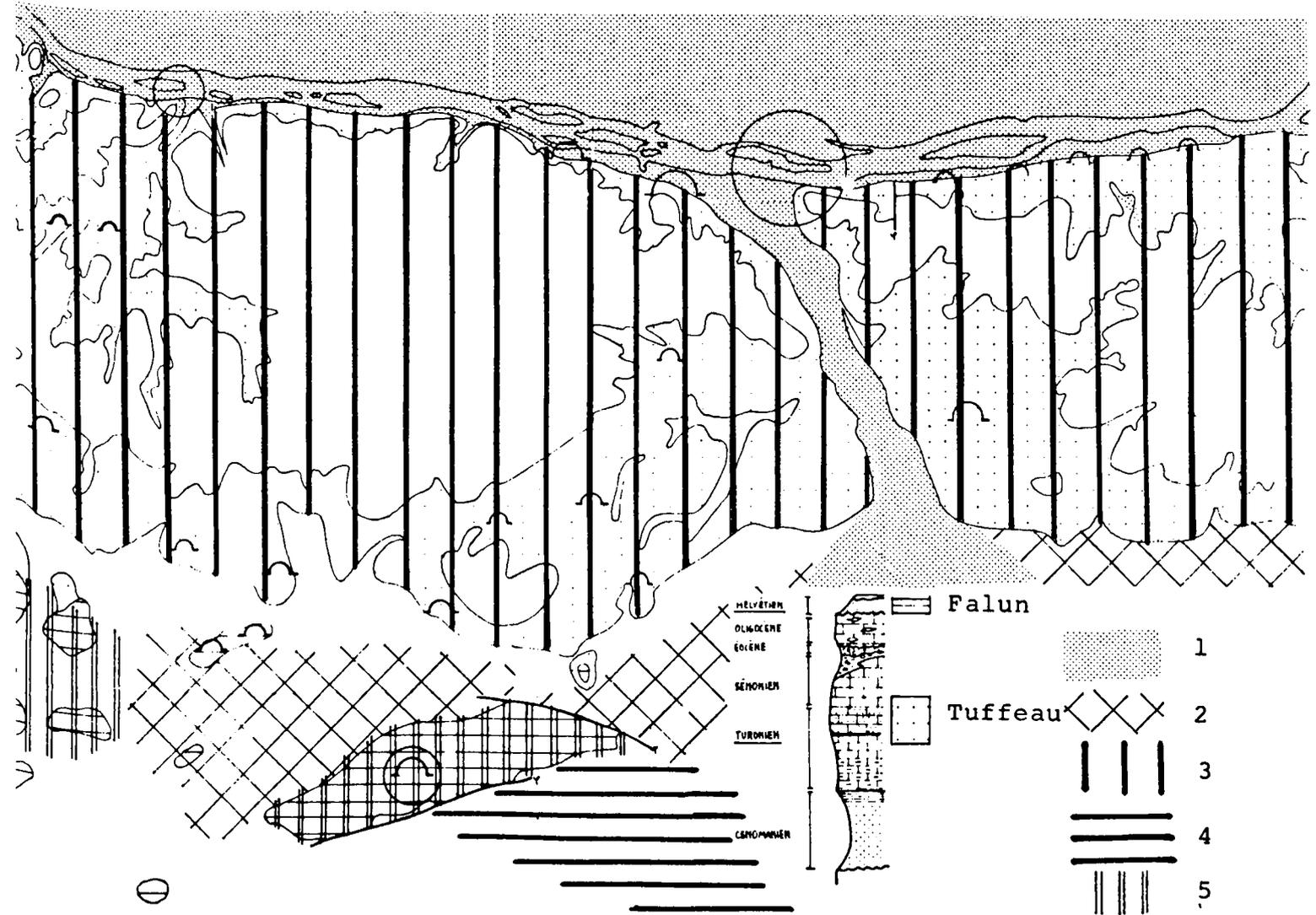
8



9

SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE DU SAUMUROIS

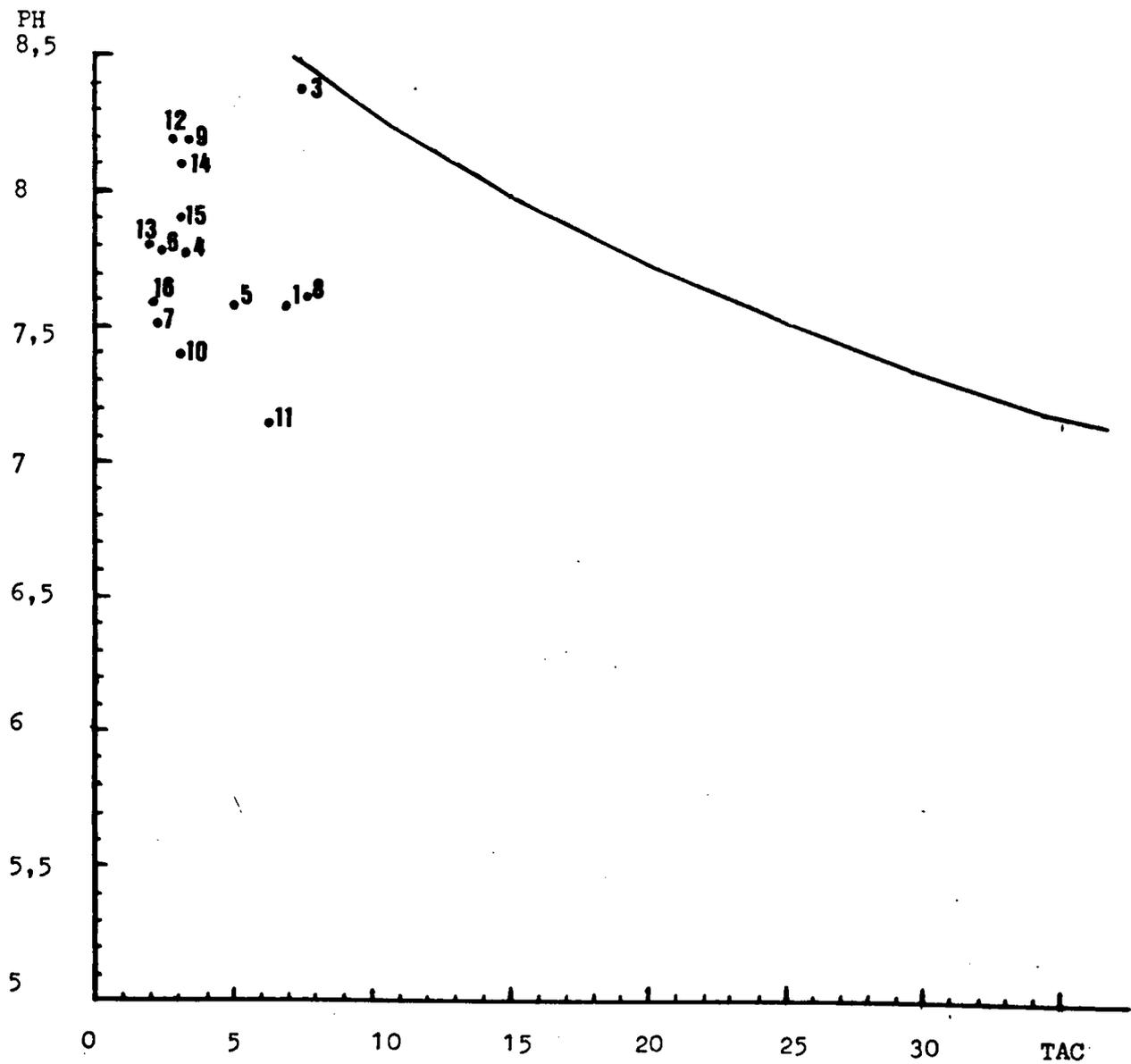
D'après l'Atlas : Les eaux souterraines de France



- 1 - Nappe d'alluvions.
- 2 - Nappe de Sables cénomaniens.
- 3 - Nappe du tuffeau.
- 4 - Eaux profondes (calcaire jurassique).
- 5 - Nappes locales des faluns
- ⊙ - Caves et troglodytes.

PRELEVEMENTS D'EAU

ech. n°	lieu	P H	TAC mEq	date
1	TUR. Coulee de Nerveau puit	7,6	7	14 . 7 . 83
2				
3	TUR. Coulee de Nerveau puit	8,4	7,5	27 . 7 . 83
4	TUR. Dampierre Source	7,8	3,3	30 . 8 . 83
5	TUR. Musée du champ. bassin	7,6	5,2	12 . 9 . 83
6	HELV. "la Cathedrale" Douces	7,8	2,7	14 . 1 . 84
7	" " " " " " " "	7,5	2,2	21 . 1 . 84
8	TUR. Coulée de Nerveau puit	7,6	7,2	5 . 2 . 84
9	HELV. rue des Perrieres Doué	8,2	3,6	5 . 2 . 84
10	TUR. Souzay puit(eau jaune)	7,4	4,5	9 . 5 . 84
11	TUR. Coulée de Nerveau puit	7,2	6,5	9 . 5 . 84
12	TUR. Dampierre source (cave)	8,3	3,0	9 . 5 . 84
13	TUR. Dampierre (aquifere eboul.)	7,8	2,4	24 . 5 . 84
14	TUR. Dampierre puit (-17m)	8,2	2,8	24 . 5 . 84
15	TUR. Dampierre carriere prof.	7,9	3,1	31 . 5 . 84
16	TUR. Souzay puit (eau jaune)	7,6	2,2	31 . 5 . 84



AGRESSIVITE D'EAU - diagramme de Tillmans-Trombe

4 - CLIMAT

Pour comprendre le climat ligérien, il faut noter, comme le fait R. DION, une profonde pénétration des influences océaniques par le Val de Loire jusqu'aux régions semi-continentales. La région s'ouvre par la vallée de la Loire sur des régions maritimes relativement chaudes (Les Sables d'Olonne, La Baule ...) et se laisse pénétrer par un climat exceptionnel à de telles latitudes : hiver doux, étés relativement secs, air lumineux...

La moyenne thermique régionale est relativement élevée, bien qu'en légère baisse depuis le début du siècle :

Tableau n° 2

Avant 1900	1921 - 1950	1950 - 1969
12° C	11,6 ° C	11,4 ° C

Dans l'ensemble, l'influence de l'océan se fait sentir par une régularité des températures, abaissant légèrement les maxima d'été et relevant les minima d'hiver.

**Moyenne mensuelle des températures de la ville d'Angers
entre 1921 - 1950** Tableau n° 3

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4,8	5,4	7,9	10,5	13,7	17	19	18,8	16,4	12	7,6	4,5

Les températures maximales sont le plus fréquemment enregistrées à Saumur. La moyenne annuelle des maxima donne pour cette ville 20°3 contre 15°8 pour Angers. Les températures maximales observées en juillet sont peu élevées par rapport à d'autres régions : 24°1 pour Angers et 25°2 pour Saumur. L'amplitude thermique annuelle pour Angers a été de 14°3 pour la période 1951-1965.

Les températures minimales font apparaître la clémence du climat. Les moyennes annuelles des minimas donnent pour Angers 6°9 et 7°2 pour Saumur. Les jours de gelée sont rares : 37 jours à Angers. Cette douceur du climat Angevin est confirmée par sa végétation (vigne, mimosas..)

Les précipitations dominent pendant la moitié fraîche de l'année surtout entre le mois d'octobre et le mois de décembre, avec un maximum en octobre de 54 mm. à Angers.

On distingue deux saisons sèches, une de janvier à avril, l'autre plus prononcée pendant l'été entre le mois de juillet et septembre. Il faut signaler que Saumur présente le minimum régional de jours de pluie avec 128 jours et Angers le maximum avec 152 jours pour une pluviométrie comparable.

Le total des précipitations en Anjou varie de 600 à 675 mm. d'eau / an. Angers recueille seulement 589 mm et Saumur 584 mm. Ceci fait de cette région un des pays les plus secs de France. Mais si les pluies sont peu abondantes, elles sont fréquentes : environ 150 jours par an.

Les nombreux cours d'eau entretiennent une atmosphère humide : ainsi le brouillard est assez fréquent et en été le temps est souvent lourd et menaçant. Les orages sont cependant peu fréquents (15 jours / an).

En Anjou, les vents dominants soufflent du secteur W-SW à NW (45 à 50 %). Les vents forts sont rares. La prépondérance des calmes et brises est un trait propre du climat angevin (Sanson 1952).

La région bénéficie d'un bon ensoleillement (tabl. n° 4).
 Angers compte en moyenne 1900 heures d'ensoleillement
 par an. Une des particularités de l'ensoleillement est
 sa valeur encore importante en septembre et octobre.

Angers - moyenne d'ensoleillement - Tableau n°4

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
75	95	155	225	225	221	242	227	178	142	78	57



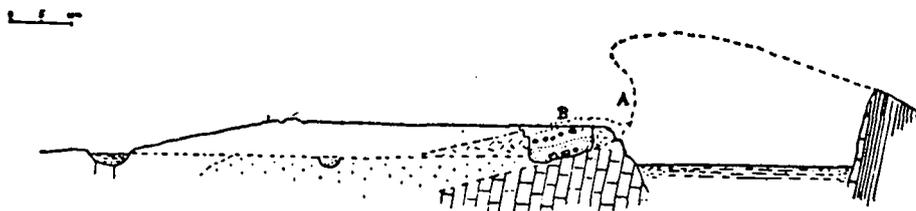
IV

HISTORIQUE DE L'UTILISATION DU SOUS-SOL REGIONAL

L'utilisation du sous-sol angevin aussi bien pour l'habitat que pour l'extraction de la matière première est sans doute très ancienne. Les fouilles menées par le Docteur Gruet* en 1943 à Roc-en-Pail (Chalonnnes-sur-Loire) font apparaître un site d'abris sous roche (aujourd'hui détruit) probablement du plus ancien troglodyte régional, datant du paléolithique (mustérien moyen)

**Coupe de l'abri sous roche de Roc-en-Pail
à Chalonnnes-sur-Loire**
(Fouilles de 1943 - M; le Docteur Gruet)

Fig. n° 7



De même, dans une concession (dite du Pavillon) au nord de Trélazé, lors des travaux d'exploitation en 1877, des galeries probablement proto-historiques furent découvertes avec des objets de pierre polie.

* Conservateur du Musée de Paléontologie d'Angers

1 - La PIERRE - RICHESSE REGIONALE

Le BRGM d'Orléans, mais aussi le Guide Géologique Régional, nous offrent un inventaire des ressources du sous-sol régional. Il faut signaler que l'exploitation minière, qui fut jadis un des axes du développement économique de la région est en train de disparaître complètement (ex: les ardoisières de Trélazé). La proximité du socle ajoute à la richesse de la couverture une importante variété des ressources. Ainsi on peut signaler les anciennes exploitations de houille (fermées en 1964) faisant partie du bassin houiller de la Basse-Loire, les anciennes mines de fer aussi bien sur les flancs du synclinorium d'Angers interstratifié dans le grès armoricain, qu'en tant que sidérolithique éocène. Parmi les mines encore en fonctionnement, il faut signaler les ardoisières, exploitées probablement déjà au XIème siècle.

La région fournit avant tout des matériaux de construction.

Nous venons d'évoquer les ardoisières, on peut signaler aussi l'utilisation des calcaires et des craies pour la fabrication de la chaux de même que pour le marnage des terres. Les limons des plateaux et les argiles à huitres du cénomaniens fournissent du matériel pour la fabrication des briques et des tuiles. Mais c'est avant tout la pierre de taille, les moëllons et les concassés qui font la renommée du pays, ceux des roches cristallines du socle, des calcaires durs du Dévonien, du Jurassique moyen, des calcaires lacustres paléogènes, mais avant tout ceux du Turonien et de l'Helvétien.

L'agrandissement de l'habitat en abri-sous-roche, utilisant la falaise turonienne de la vallée de la Loire a permis aux habitants de s'enfoncer dans la roche. Le matériel extrait n'a servi que localement à la construction, mais la qualité de la pierre et la présence d'un fleuve navigable, a fait rapidement de la "tuffe" une richesse exportable.

Effectivement, c'est la nature de cette pierre - le tuffeau, tendre et facile à travailler dans la masse et dure une fois taillée et séchée, qui a fait apparaître les premières grandes excavations dans la falaise turonienne de la rive sud de la vallée de la Loire. Ces grandes carrières ont fourni de la pierre à bâtir pour la construction des châteaux de la Loire des ponts et d'autres grands édifices de la région et parfois même bien au-delà.

Ces carrières qui ont commencé à prospérer probablement vers le bas Moyen-Age, ne fonctionnent plus sauf une exception, celle de St-Cyr-en-Bourg.

Beaucoup plus tardivement, probablement au XVIIème siècle, commence l'exploitation à grande échelle des faluns helvétiens. Nous verrons ultérieurement la forme particulière de ces exploitations dites en "bouteille."

Aujourd'hui ces carrières se trouvent soit abandonnées, soit transformées depuis la fin du XIXème siècle en champignonnières ou en caves à vin.

2 - L'HABITAT SOUTERRAIN

L'habitat souterrain est aussi ancien que l'homme, mais l'évolution de la civilisation le fait disparaître rapidement à quelques exceptions près - dont l'Anjou.

Il est probable qu'à l'époque gallo-romaine, l'habitat souterrain était bien répandu, mais aucun témoignage matériel n'est disponible. Il y aurait cependant quelques textes latins signalant que les andécaves se réfugient en cas de danger dans des souterrains. Le texte le plus ancien parlant des caves en Anjou semble être écrit par l'abbé de Saint-Aubin en 970, dans lequel il fait le don d'une cave "Fossam Unam ad configium".

Il semble aussi que parmi toutes les caves qu'on trouve aujourd'hui, les plus anciennes soient les souterrains - refuges. Les entrées secrètes permettant juste le passage d'une personne et les couloirs sinueux avec les cloisonnements mobiles et des pièges donnent à l'ensemble un caractère défensif (refuge). Défense contre les envahisseurs (Normands), mais surtout contre les bandes des pillards (chauffeur) ou écorcheurs sous Louis XI) et les persécutions religieuses ou politiques (la guerre de cent ans et la Révolution).

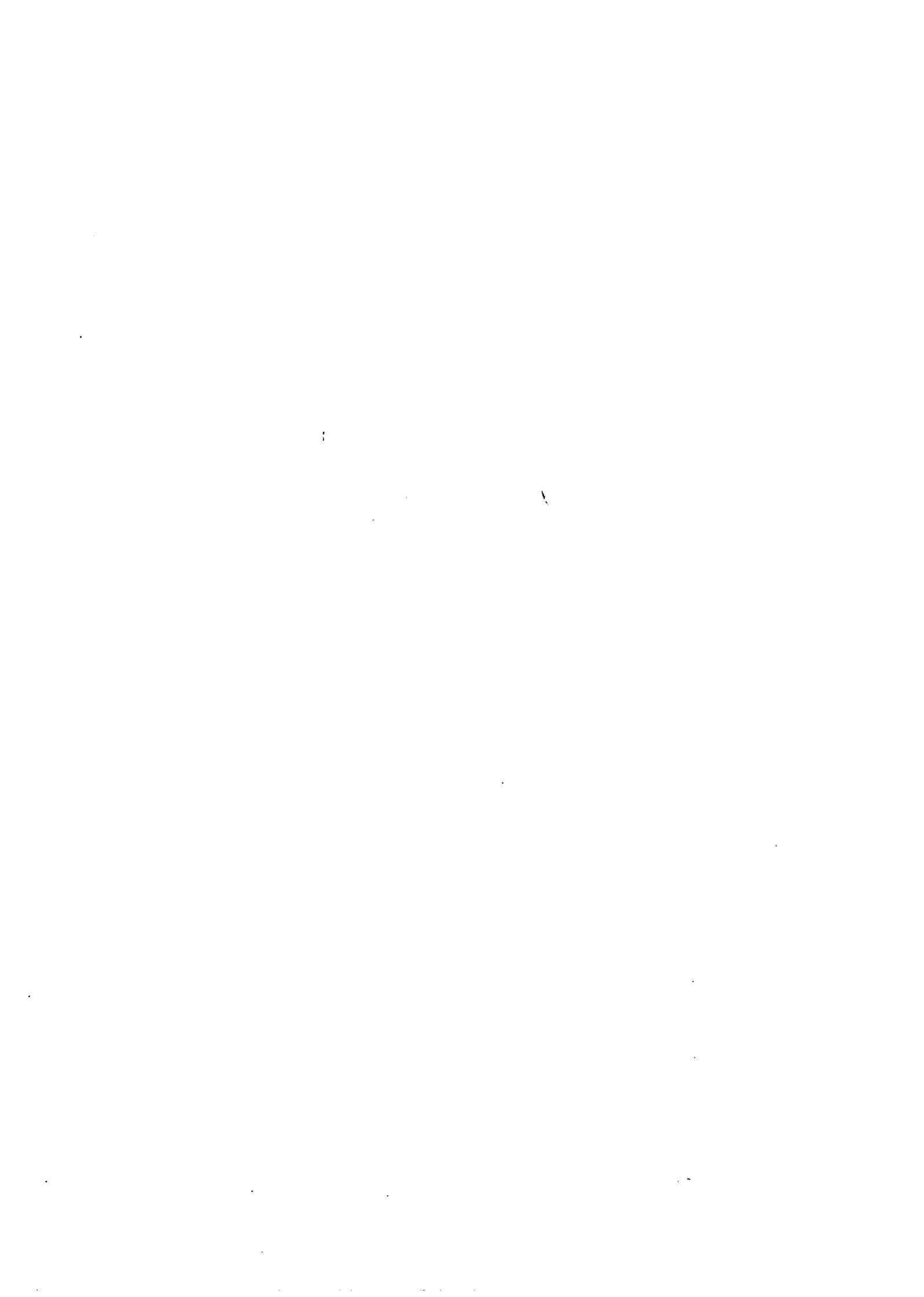
Nous savons déjà que l'habitat semi-troglodyte en abri-sous-roche donne naissance à des carrières. Les entrées de celles-ci retrouvent leur fonction originelle et sont rapidement aménagées en habitat.

A partir du moyen âge le sous-sol offrait généreusement un logis à une large partie des habitants de l'Anjou de toutes catégories sociales.

Le troglodytisme à grande échelle semble démarrer dans la vallée de la Loire pour déborder par la suite sur le plateau (au sud de la vallée), dans le sud du Saumurois.

Là, il présente un caractère unique dans son genre - de troglodytisme vertical.

Aujourd'hui, le troglodytisme reste encore vivant (photo n°2), mais l'essentiel des caves se voit transformer de la "cave demeure" en cave tout court, servant de grange, de hangar ou d'étable dans le meilleur des cas. L'habitant par contre se "civilise", il fait surface et habite souvent à côté de ces caves dans une maison en parpaing ou en préfabriqué construite dans un style quelconque.



V

**TYPOLOGIE
DES
CAVITES**

1- TYPOLOGIE TOPOGRAPHIQUE

La différence essentielle entre certaines formes de caves, de carrières ou d'habitat souterrain réside dans la topographie du milieu. Deux formes topographiques sont concernées :

- les versants des vallées et des collines,
- la surface horizontale d'un plateau ou d'une plaine.

La plus répandue et la plus apparente correspond aux caves et à l'habitat troglodytique à flanc du coteau Sud de la vallée de la Loire, entre Saumur et Montsoreau.

L'habitat semi-troglodytique avec des belles façades (souvent de la renaissance) adossées à la falaise cotoie l'habitat troglodytique faisant apparaître les ouvertures perchées à différentes hauteurs de la falaise (photo n° 34, 35)

On rencontre aussi, derrière l'habitat précédent, juste au contact de la falaise et du plateau, un habitat troglodytique et semi-troglodytique encastré dans les avens (frontis, puisards) des anciennes carrières (fig. n° 30)

Dans le sud du Saumurois, les carrières comme le troglodytisme présentent un caractère particulier. Nous nous trouvons ici dans une plaine (Duesienne), l'habitat comme les anciennes carrières, s'enfoncent verticalement dans la roche, ce qui est relativement rare, même à l'échelle mondiale (ex. Matmata en Tunisie).

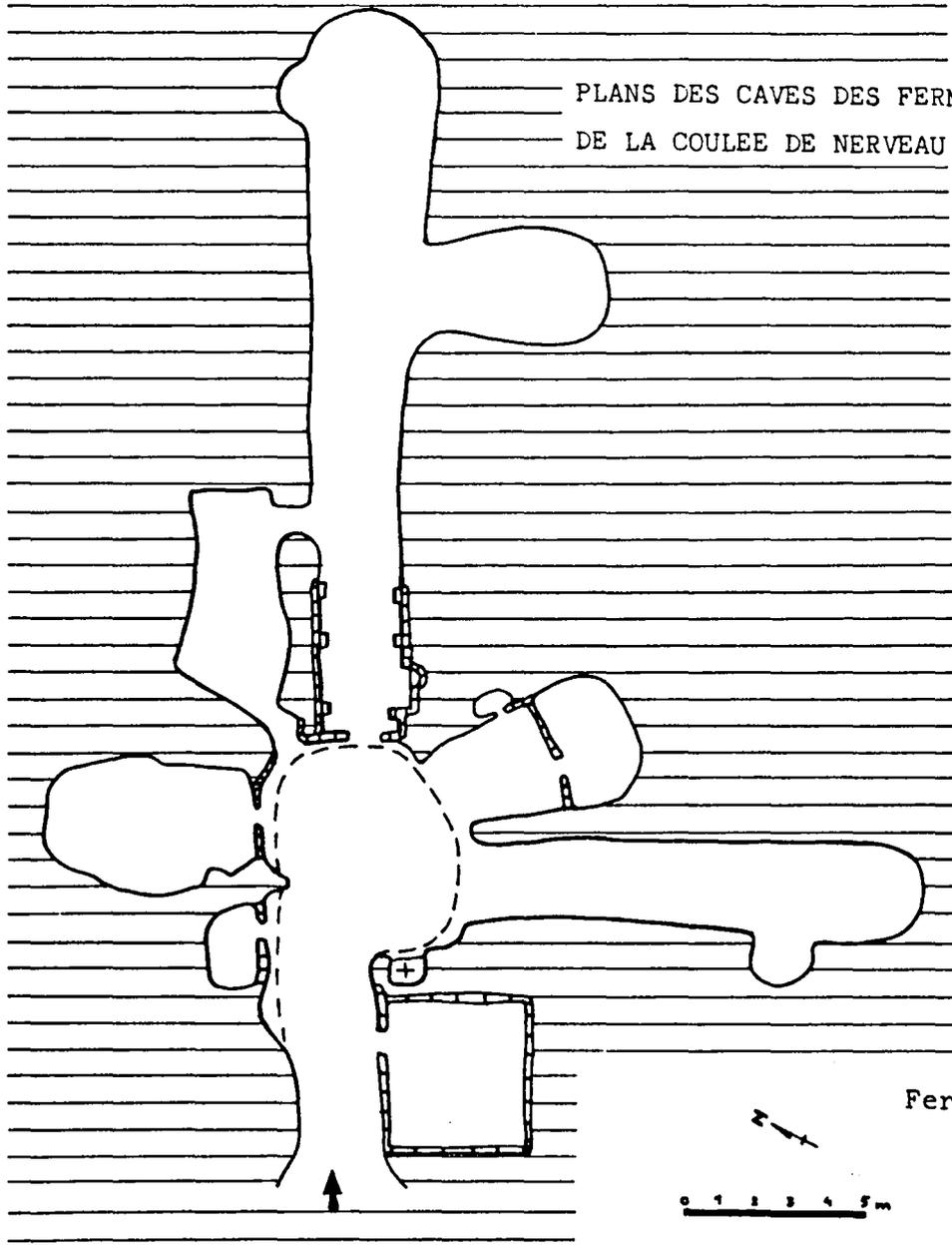
L'accès vers l'habitat enfoncé dans le plateau ou la plaine se réalise par un chemin unique, en forte pente qui conduit vers une cour située en moyenne à 8 m. au-dessous du niveau des champs qui la dominent.

Cette cour ou "carrée" a des dimensions très variables - de plusieurs mètres à quelques dizaines de mètres.

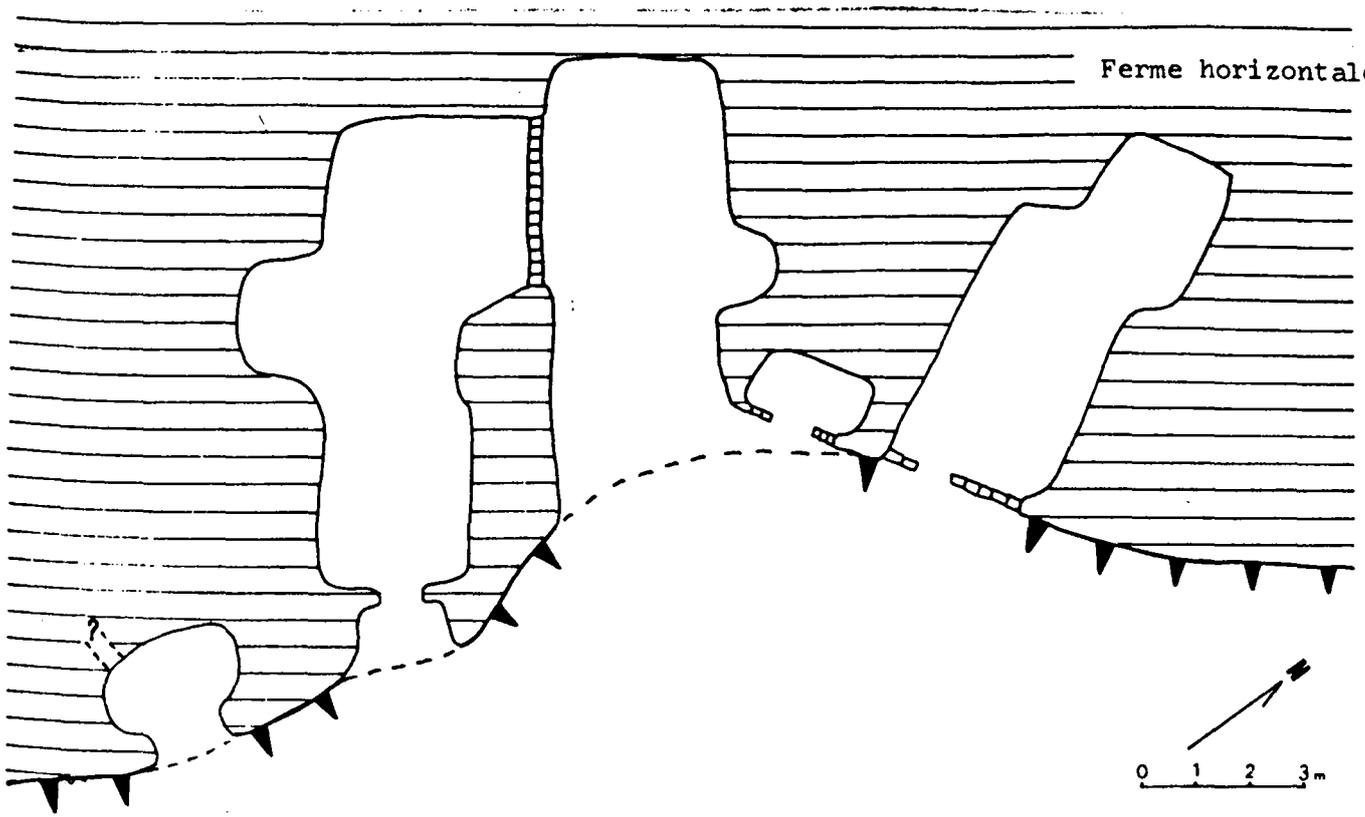
Elle donne souvent accès à plusieurs foyers (fig. 9). Ce type d'habitat regroupé fait apparaître des hameaux et des villages aux rues tortueuses comme celui de Rocheminier (photo n° 37)

En passant lentement de la plaine vers le plateau, on peut constater un retour rapide vers l'habitat horizontal. Du moment où apparaît dans le paysage un escarpement (butte, versant d'une vallée), le mode d'exploitation de la roche entraîne un alignement de l'habitat perpendiculairement à la pente. C'est le cas du Bas Sauné (fig n° 1) et surtout de la coulée du Narveau à St-Pierre en Vaux. Ici, à quelques dizaines de mètres d'intervalle, deux types d'habitat apparaissent, ceci en fonction de l'enfoncement du vallon dans le Turonien. A l'entrée du vallon l'habitat et les dépendances s'organisent autour d'une cour enfoncée verticalement dans la roche (fig n° 8). Par contre, dans le vallon, quand le versant est suffisamment développé, les caves ne s'organisent plus autour d'une cour, mais longent ce vallon (fig. n° 8)

PLANS DES CAVES DES FERMES TROGLODYTIQUES
DE LA COULEE DE NERVEAU



Ferme verticale



Ferme horizontale



2 - TYPLOGIE GEOLOGIQUE

Les cavités souterraines concernent en gros quatre types de roche : les faluns helvétiques, le calcaire lacustre oligocène, le tuffeau turonien et les calcaires jurassiques. Le calcaire lacustre est peu concerné par le phénomène (-cave et troglodytes), car il est peu étendu, peu épais et relativement dur. Etant souvent directement sous les limons des plateaux, il est exploité en carrières à ciel ouvert. Le jurassique est aussi peu touché par le phénomène des souterrains, car il affleure peu, et surtout il est très résistant. Quelques caves furent creusées par erreur à St-Maur, car les peyriers pensait qu'il s'agissait toujours de la falaise turonienne.

Deux roches dominant donc l'ensemble : le tuffeau et les faluns.

Leur apparition correspond avant tout à la topographie, ce qui influence, encore une fois, la typologie. Le plus souvent le troglodytisme vertical correspond aux faluns et horizontal au tuffeau.

La seconde différence, réside dans le mode d'extraction. Mis à part le procédé d'extraction souterraine verticale (fig. n° 10) , la nature de la roche a incité les carriers à donner aux cavités dans les faluns une forme origivale (en "bouteille").

Cette technique (chap. n°VI 2) rend les cavités plus stables.

Par contre, l'apparence massive et solide du tuffeau a donné aux cavités dans cette roche des formes rectangulaires, donc aux plafonds plats et sensibles à l'érosion.

3 - T Y P O L O G I E F O N C T I O N N E L L E

Cette typologie peut présenter quelques difficultés, car avec le temps les cavités anthropiques de la région évoluent en passant successivement par les différentes fonctions : habitat - carrières - habitat à l'entrée - champignonnières - dépendances agricoles...

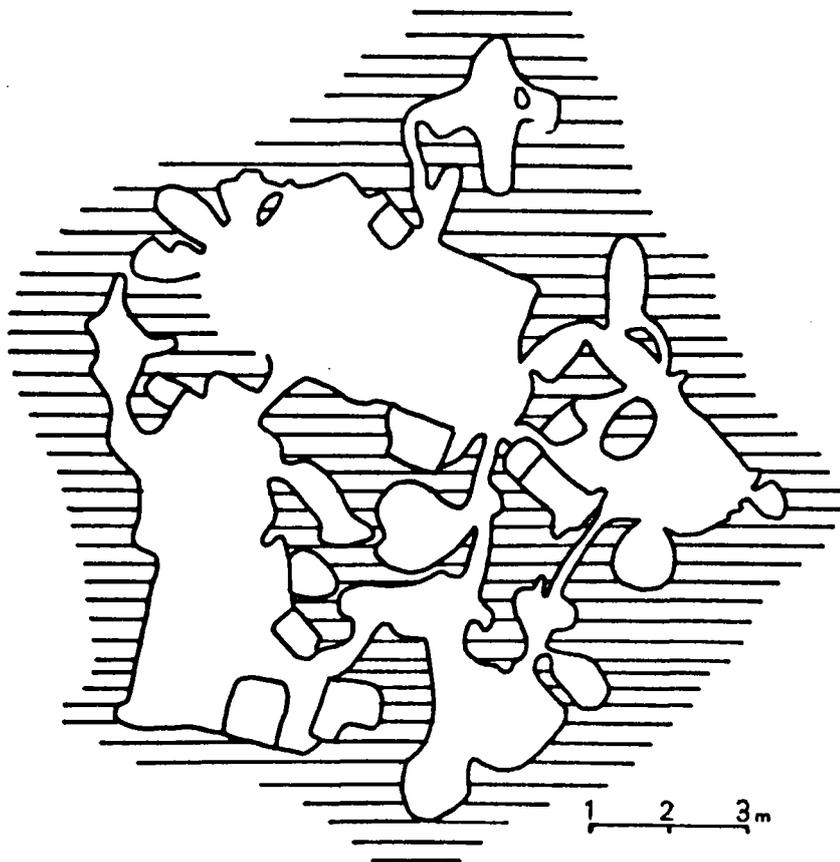
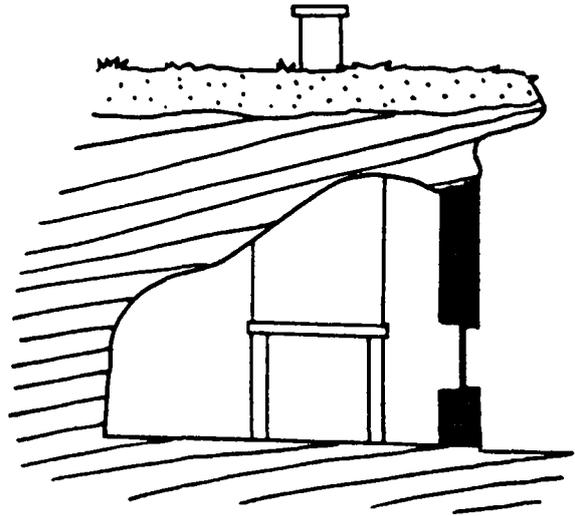
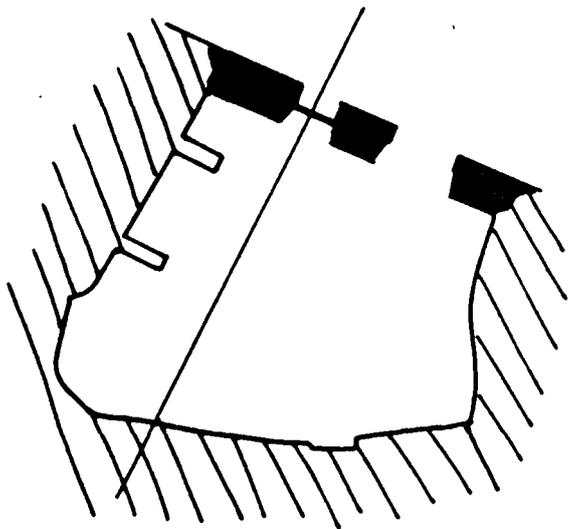
Nous savons déjà qu'à l'origine de l'extraction industrielle de la pierre, il y a l'extension de l'habitat adossé à la falaise ou semi-troglodytique. Dans un deuxième temps, ce sont les carrières qui fixent l'habitat (ex: fig. n° 22)

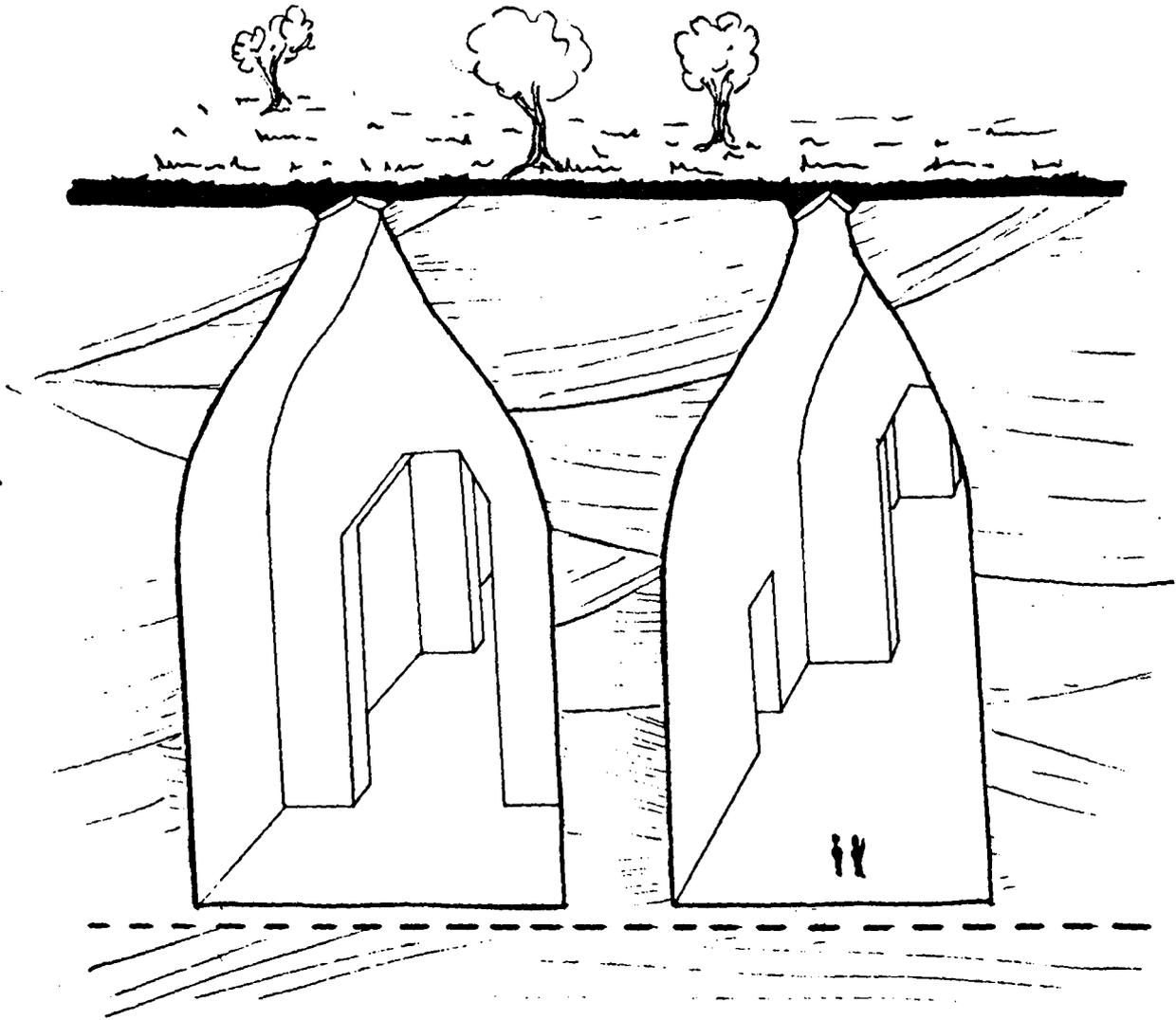
Une fois que l'habitat a fait surface (XXème siècle), les caves ne servent plus qu'en tant que dépendances agricoles, il arrive même qu'il soit tout simplement abandonné.

Il en va de même pour les carrières. A part quelques réseaux souterrains abandonnés, la majorité se trouva, après la cessation de l'exploitation de la pierre, transformée en caves à vin ou en champignonnières. L'hygrométrie et une température constante permet l'affinage et la conservation des vins d'Anjou et surtout du Saumurois nature ou pétillant.

Les champignonnières apparaissent au XIXème siècle, Elles occupent dans la région 800 km des galeries des anciennes carrières et produisent 75 % des champignons de Paris produits en France (La France est le 2ème producteur mondial de champignons de Paris après les U.S.A.). Etant donné les émanations d'alcool et la présence des champignons résultant de celui-ci, tout comme la continuelle intervention de l'homme (aération, lumière ...), ces caves à utilisation industrielle sont exclues de cette étude.

Ferme troglodytique de Rochemenier
(dans les faluns)

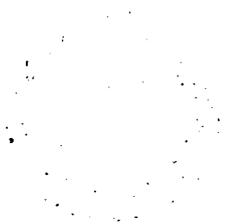




GRANDES CARRIERES SOUTERRAINES DANS LE FALUN
DOUCES "la cathedrale"

VI

PRESENTATION DES MATERIAUX ET DE LEURS PROPRIETES



1 - TUFFEAU -

a - Position stratigraphique (tableau n° 10 et 11)

Le tuffeau de Touraine est rattaché à l'étage Turonien du crétacé supérieur. Epais dans la région Saumuroise d'une cinquantaine de mètres, il est formé par :

- dans la partie supérieure (10 m. d'épaisseur) - tuffeau jaunâtre friable avec des silex et des plaques de grès siliceux alternant avec des sables calcaireux.
- dans la partie moyenne (35 m.) - tuffeau crayeux, blanchâtre, avec de nombreux micras et grains de quartz. Peu fossilifère, sauf dans sa partie supérieure.
- dans la partie inférieure (10 m.) - tuffeau blanc argileux à silex noirs.

Ce tuffeau repose sur le cénomanien marneux formé par des marnes à ostracées comprenant dans la partie supérieure une craie glauconieuse et dans la partie inférieure des sables glauconieux.

Le Turonien est coiffé par des sables sénoniens.



B - Définition

Certains auteurs comme Cayeux dénie à cette formation de Touraine et d'Anjou le droit d'être appelée tuffeau, car ce mot désigne souvent des formations d'âge et de constitution différents.

Sur les légendes des cartes géologiques, tuffeau équivaut au calcaire ou à la craie (craie marneuse et surtout micacée). Géologiquement parlant, la craie est une roche qui contient plus de 90 % de Ca CO_3 et le calcaire plus de 50 %.

La teneur en carbonates dans le tuffeau varie entre 40 et 70 % (tableau n° 6). Le terme de craie semble être donc abusif, bien que J.P. Cautru parle d'une craie atypique.

F. Robaszynski (1982) par^{1s} de calcarenite sableuse, micacée, marneuse ou crayeuse. Il ne semble pas que ce soit le terme le plus juste pour désigner cette roche composée souvent à plus de 60 % par la silice et qui contient seulement près de 50 % de carbonates.

La calcarenite est une roche essentiellement calcaire composée de microgalets.

Cependant, ces remarques sont valables seulement pour le terrain étudié ici et pour les seuls échantillons analysés. Connaissant la variété des faciès du tuffeau ou plutôt des tuffeaux il n'est pas envisageable d'exclure complètement toutes les appellations précédemment citées.

Etant donné la composition minéralogique du "tuffeau" que nous allons découvrir, on peut parler d'une GAIZE : "Roche sédimentaire, siliceuse, en partie détritique et en partie d'origine chimique, souvent poreuse et légère. C'est un grès fin, plus ou moins argileux et calcaire, riche en grains de glauconie, bioclastique (spicules d'éponges abondants, radiolaires et diatomées plus rases), et silifié surtout par de l'opale qui tend à remplacer la calcite".

- Dictionnaire de géologie (Masson 1980).

c - Description pétrographique

C'est une roche à grain fin, friable, tachant les doigts mais peu traçante. Elle se présente en bancs épais de 0,80 à 2 m. avec des joints de stratification rarement bien visibles. A plusieurs niveaux des cherts ou des silex gris forment des lits réguliers. Les microfossiles sont rares (fig. n° 33)

A la loupe, on distingue dans cette roche poreuse des grains de glauconie localement altérés, des grains de quartz détritique de petite taille (plus nombreux dans la partie supérieure), des paillettes de muscovite et par endroits un peu de pyrite. Parmi les microfossiles on remarque des spicules de spongiaires, des foraminifères et des bryozoaires.

La granulométrie des tuffeaux prélevés sur le terrain donne des résultats suivants :

Tableau n°5 GRANULOMETRIE DES TUFFEAUX

	Echan- tillon n°	Argile %	Limons fins %	limons grossiers %	sables %
RS.	A	5	20	11,75	63,25
	Am	5	25	6,9	63,1
	Ag	5	20	0,75	74,25
	Ah	-	25	8,8	66,2
	Ad	25	20	6,7	48,3
RS.	Ae	10	10	9,7	70,3
	Al	5	20	12	62,9
	Al'	25	5	10,15	59,85
	Bd	20	20	3,45	56,55
RS.	Ba	5	15	5,45	74,55

RS = Roche saine).

On constate une relative stabilité surtout celle du pourcentage (par rapport au poids de départ) des sables mais aussi des limons fins et secondairement des argiles.

En lame mince le tuffeau apparaît comme une biocalcaré-nite fine. Il est constitué d'éléments le plus souvent jointifs (photo n° 5') détritiques (quartz et micas) et bioclastiques (débris d'organismes calcaires) liés entre eux par un matériel calcitique et par des fines sphérules siliceuses.

Robaszynski (1982) signale que le nombre de ces sphé-rules augmente considérablement au voisinage des cherts.

Au M.E.B. la structure du tuffeau apparaît nettement. On retrouve la muscovite, parfois la calcite cristal-lisée, quelques microorganismes et surtout des sphé-rules de 10-15 de diamètre et constituant près de 60 % de la roche. Leur surface apparaît recouverte d'un dessin désordonné (photo n° 21).

Les quartz légèrement arrondis ou très anguleux apparaissent peu car ils sont recouverts par un voile (calcitique ou siliceux ?).

d) - Description minéralogique et chimique

La teneur en calcite a été mesurée au calcimètre Bernard et comparée aux mesures faites par J.P. Cautru au BRGM d'Orléans.

Sur tous les échantillons on constate une dispersion importante des résultats (tableau n° 6). Pour les différents fragments d'un échantillon la teneur en Ca CO_3 peut varier pour moi de 42 à 80 % et pour J.P. Cautru de 45 à 76 %.

Mesurée aux rayons X, la teneur en CaCO_3 pour J.P. Cautru varie entre 45 et 50 %, celle du quartz entre 5 et 10% et celle d'opale entre 20 et 35 % (tableau n°7).

Tableau n° 6

CALCIMETRIE DES TUFFEAUX

Echantillon n°		Ca CO ₃ par calcimétrie %		
RS	Ba	74,6	74,5	80,5
RS	Be	52,2	56,8	54,5
RS	Bb	55,1	42,4	57,4
	Bc	48,3	40,7	5,5
	Am	42,7		
	Ag	70,8	53,7	
	Ah	45,2	46,1	
	Al	44,3		
RS	Al'	50,37		
	Ad	0,2	0,6	
	Ae	59,7	39,2	

(RS = Roche saine)

Tableau n° 7

Echan- tillon n°	Ca CO ₃ calcimétrie %			Rayon X		
				Cal- cite %	Quartz %	Opale %
757	72	76	60	45	10	20
795	51	53	55	50	05	30
796	54	57	55	50	10	30
797	52	55	53	45	10	30
799	51	59	61	50	05	35
800	44	62	62	50	05	35

D'après J.P. Cautru.

D'après R. Morlat (1975), la teneur en carbonate diminue lorsqu'on passe du Turonien inférieur au Turonien supérieur. La progression est inversement proportionnelle pour la teneur en fer :

Turonien inférieur - 0,5 à 1 %

Turonien moyen - 2,5 à 3 %

Les minéraux argileux ont pu être déterminés par la diffractométrie des rayons X. On remarque un pourcentage relativement faible de l'illite et surtout une présence massive de la smectite. (tableau n° 13).

e) - Propriétés physiques

Le tuffeau, en tant que pierre de construction, se situe dans la gamme "pierre tendre à très tendre". Elle est d'autant plus tendre qu'elle est humide. C'est justement ce qui la rend facile à travailler dans les carrières.

Sa résistance à l'écrasement varie selon les localités de prélèvement, selon les bancs, mais aussi selon le degré de l'humidité de la roche.

Voici quelques mesures comparatives effectuées sur des échantillons de la roche de 1 cm³. (l'échantillon est simplement comprimé entre un cric de voiture et un pèse-personne).

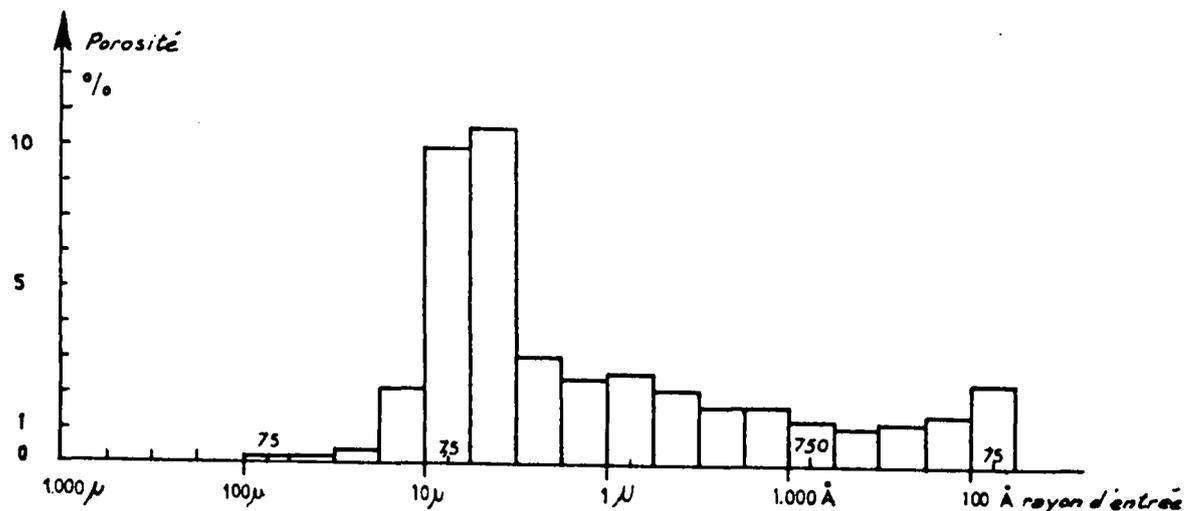
Tabl.n° 8

Rupture	Echantillon 1 cm ³	A	Aa	Ad	Ae	Al	An	Ba		kg
	Sec		13	13	18	5	20	18	40	
Humide à saturation		5	10	<1	<1	5	8	20	15	kg

On constate que la résistance à l'écrasement varie fortement d'un échantillon à un autre et surtout quand celui-ci est humide à saturation, sa résistance diminue souvent de plus de 50 %.

Pour la porosité du tuffeau, nous nous référons aux analyses faites par J.P. Cautru et représentées dans l'histogramme n°

HISTOGRAMMES DE REPARTITION DU VOLUME DES PORES en fonction de leur rayon d'entrée.



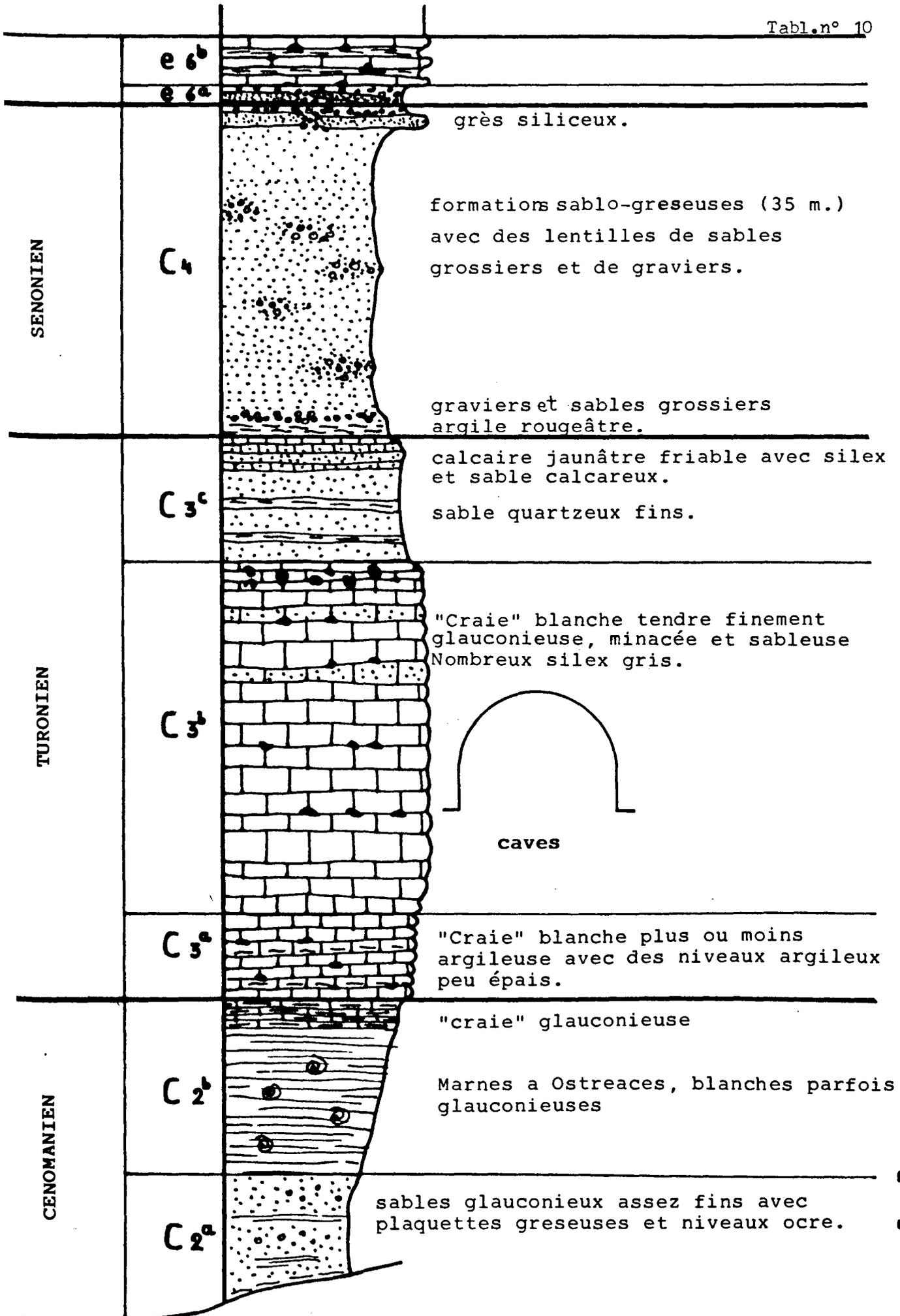
Echantillon N°795

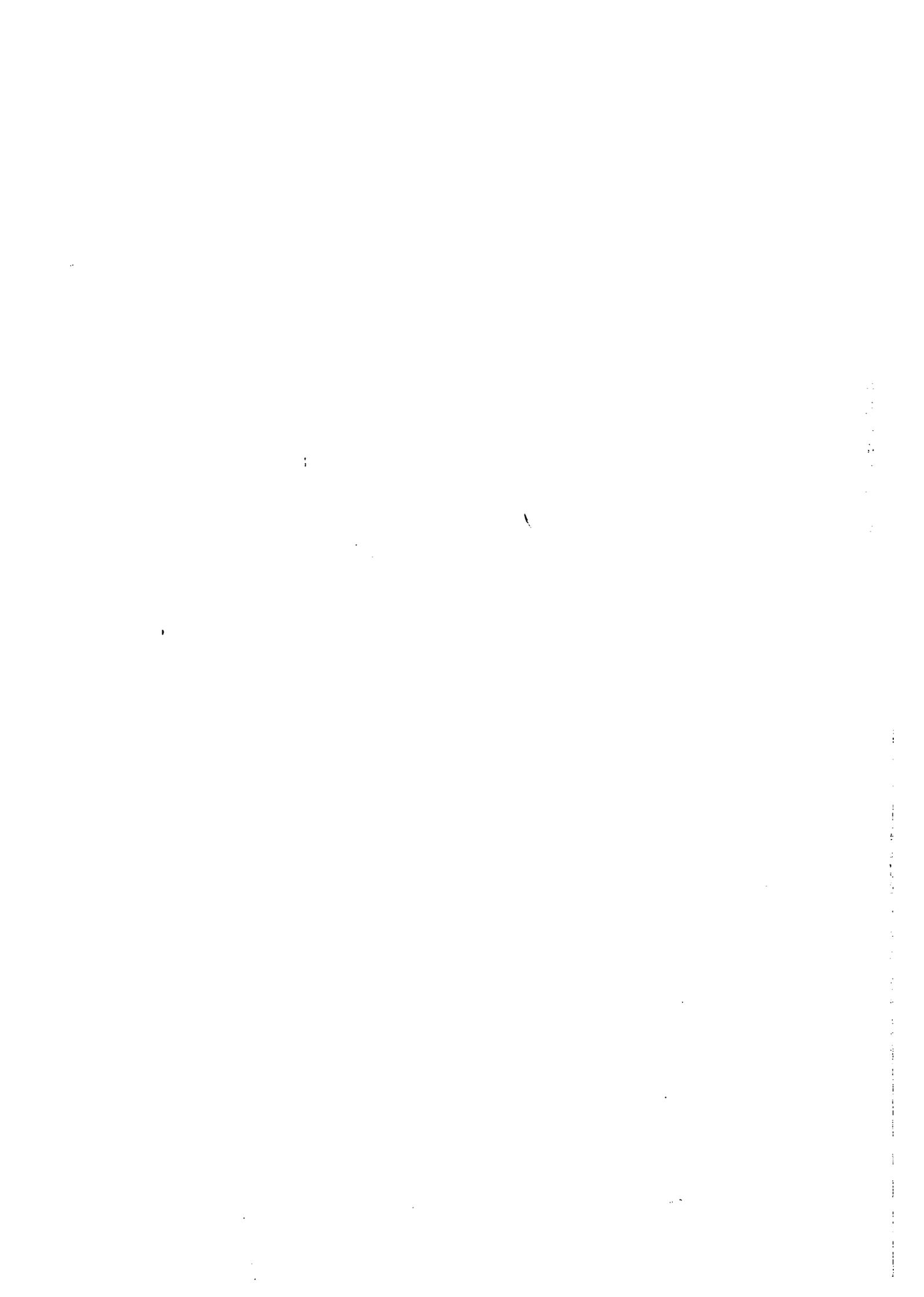
En raison d'une porosité importante (surtout d'une infra-porosité) ces mesures n'ont pas pu être réalisées au laboratoire de géographie physique à Paris. Etant donné que l'essentiel de la porosité est assuré par de pores de pores de 10 à 3 μm , le tuffeau peut être considéré comme non gélif *. Les expériences de congélation et de décongélation successives des échantillons confirment cela. Aucun changement dans l'aspect de la roche n'est apparu. Etant donné cette porosité, la roche fonctionne comme une éponge et son poids est capable presque de doubler avec un apport d'humidité.

Tabl.n° 9

	Pesage des échantillons		Poids gagné
	à sec	Humide à saturation	
Tuffeau de	0,85 g.	1,07 g.	+ 79,4 %
Dampierre	0,80 g.	1,02 g.	+ 78,4 %

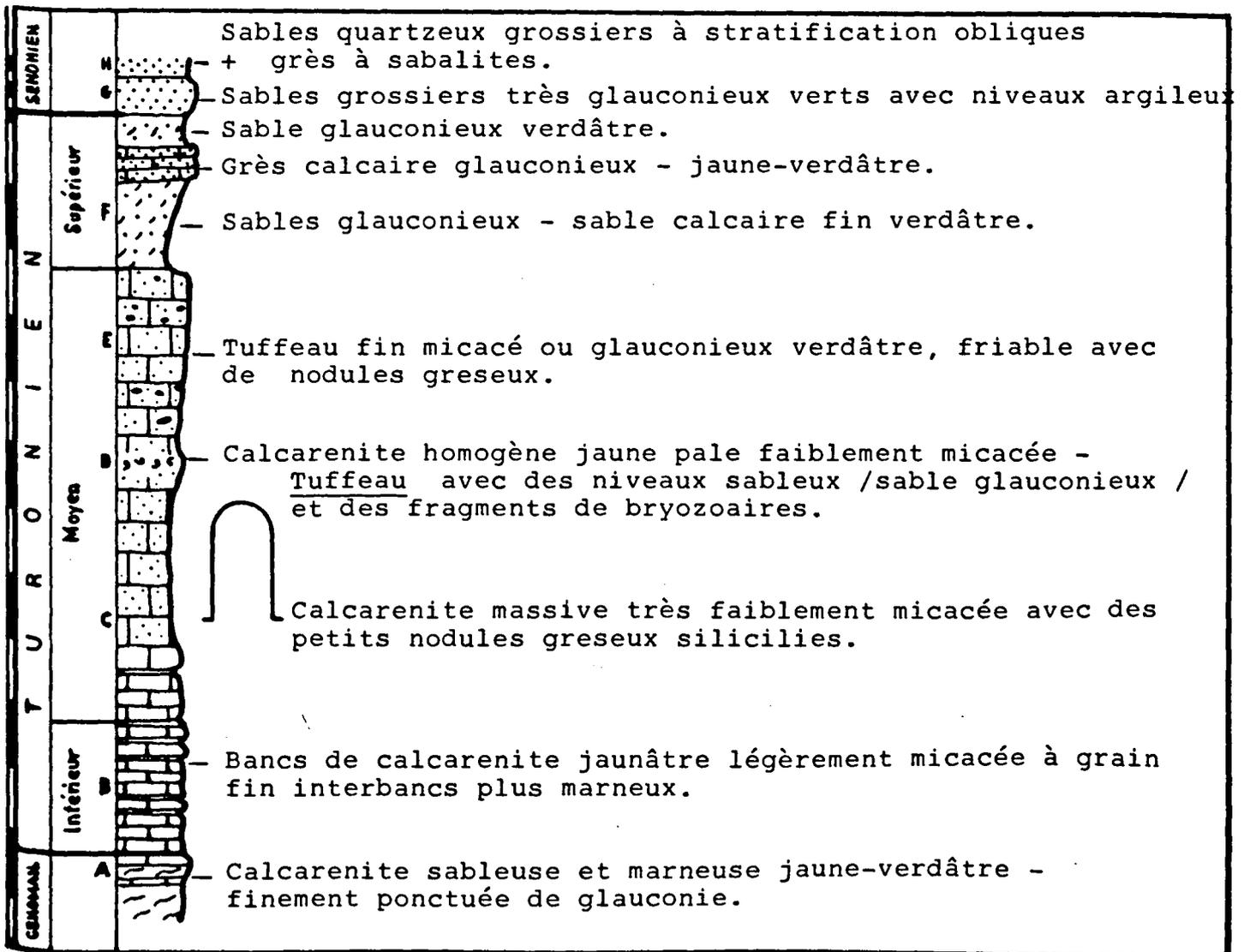
* La roche n'est pas gélive lorsque 10 % de sa porosité est assurée par des pores de diamètre supérieur à 2,5 et que sa porosité totale est comprise entre 5 et 50 % - Centre scientifique et technique de la construction belge 1970.



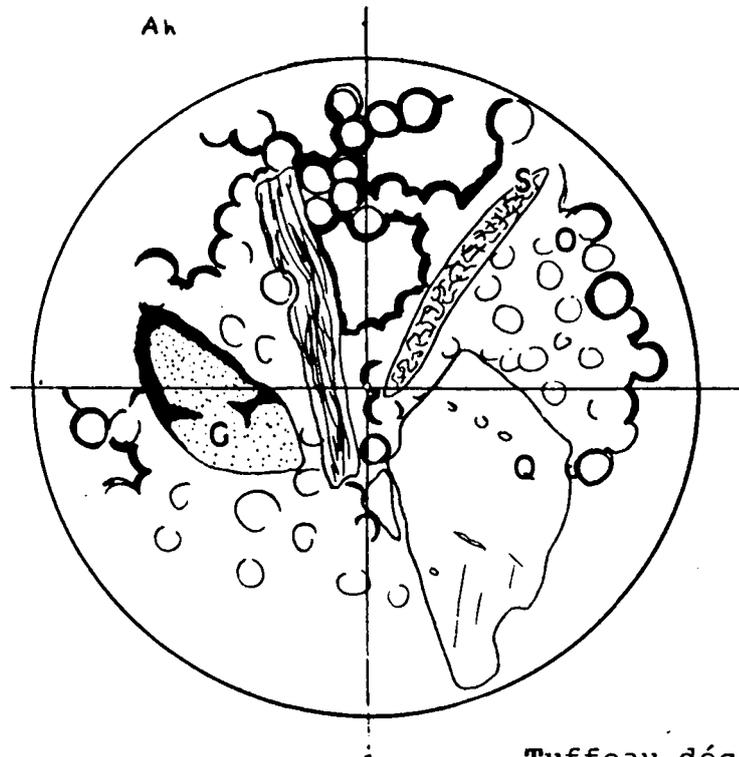


LITHOLOGIE DU TURONIEN DANS LE SAUMUROIS

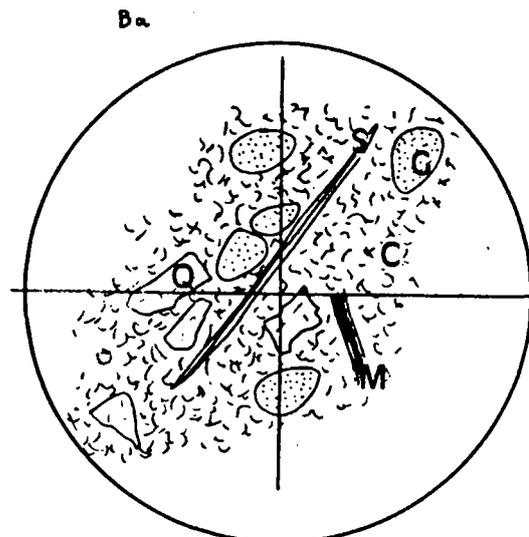
Tabl.n° 11



d'après F. Robaszynski et al - Bull. Elf. Aquitaine -
Vol. 6 n° 1 1982.

Tuffeau en lames-mincesTuffeau décarbonaté

Q - Quartz, S - Spicule de spongiaires, G - Glauconie,
O - Sphérules d'opale CT. soulignées par les oxydes.

Tuffeau sain

M - muscovite, G - Glauconie, S - spicule de spongiaires,
Q - quartz, C - carbonates recouvrant l'opale.

2 - LES FALUNS

L'étude des faluns du Saumurois pose une difficulté sérieuse en raison d'une bibliographie limitée.

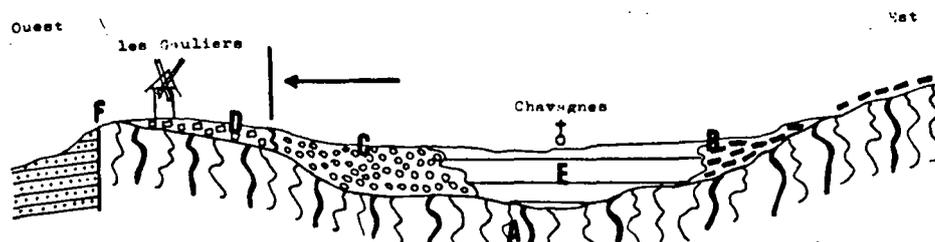
Le B.R.G.M. d'Orléans m'informe par lettre du 21 juillet 1983 que : "... le B.R.G.M. n'a pas entrepris d'étude particulière sur les faluns et lumachelles de la région du Saumurois en ce qui concerne ces vingt dernières années."

Le dictionnaire de Géologie (Masson - 1980) donne la définition suivante :

"Le falun est une roche sédimentaire détritique de mer ^{peu} profonde (20 à 50 m.) composé de très nombreux débris coquilliers et d'une masse sableuse ou argilo-sableuse".

La réalité des faluns de cette région est beaucoup plus complexe. Bien que dans l'ensemble, il s'agisse des roches calcaires organogènes, elles enregistrent horizontalement et verticalement de très importantes variations de faciès du fait d'une sédimentation massive littorale (perturbée par de nombreux courants) localement enrichie par des apports continentaux (parfois deltaïque).

Les nombreuses stratifications entrecroisées témoignent d'un milieu sédimentaire perturbé (fig. n° 12).



Exemple des variations des faciès dans les faluns selon R. BROUSSE (1978)
(Bassin de Chavagnes-les-Eaux)

A- socle paléozoïque, B - Faluns : graviers anguleux,
C - Faluns : graviers marins, D - Faluns : graviers deltaïques. E : - Faluns: coquinite calcaire.

La mer à falun fut l'objet d'une sédimentation carbonatée donnant naissance à une roche carbonatée presque exclusivement composée de débris organiques liés entre eux par un ciment calcitique d'origine chimique (Doué-la-Fontaine). (R. Brossé - 1978). G. Lecointre (1947 - 1978) parle pour ce type des faluns du faciès Savignéen, qui correspond à un calcaire plus ou moins gréseux, aggloméré de bryozoaires récifaux et déposé à une profondeur de 20 à 50 m. environ.

Dans l'ensemble, c'est une roche relativement dure, résistante et très poreuse. Bien cimentée, (pierre de crouas), cette pierre pouvait être exploitée en carrières souterraines en tant que pierre à bâtir (Doué-la-Fontaine).

Le sommet de ces faluns est souvent grésifié et très résistant - grison (Rochemenier).

A côté de ce faciès carbonaté on trouve un falun beaucoup plus détritique formé de graviers quartzeux souvent bien émoussés. Pour G. Lecointre, il s'agit du faciès Pontilévien qui correspond à un dépôt côtier de faible profondeur (10 m. au maximum).

Il comprend souvent des débris d'huîtres repris de Cénomaniens mêlés aux quartz et aux galets de petite taille, le tout dans une matrice sableuse ou sablo-argileuse (chap. IX-3).

Selon L. Ginsburg (1982) les faluns de l'Anjou contiennent, à côté des restes des vertébrés marins (dents de squales), des restes de mammifères terrestres qui font remonter les faluns de Doué-la-Fontaine du Vallésien (présence du Hipparion) et non pas du Helvétien comme on le prétend couramment.

2 - LES FALUNS

L'étude des faluns du Saumurois pose une difficulté sérieuse en raison d'une bibliographie limitée.

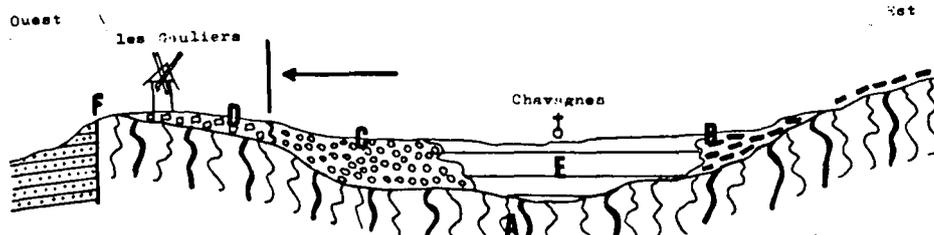
Le B.R.G.M. d'Orléans m'informe par lettre du 21 juillet 1983 que : "... le B.R.G.M. n'a pas entrepris d'étude particulière sur les faluns et lumachelles de la région du Saumurois en ce qui concerne ces vingt dernières années."

Le dictionnaire de Géologie (Masson - 1980) donne la définition suivante :

"Le falun est une roche sédimentaire détritique de mer ^{peu} profonde (20 à 50 m.) composé de très nombreux débris coquillers et d'une masse sableuse ou argilo-sableuse".

La réalité des faluns de cette région est beaucoup plus complexe. Bien que dans l'ensemble, il s'agisse des roches calcaires organogènes, elles enregistrent horizontalement et verticalement de très importantes variations de faciès du fait d'une sédimentation massive littorale (perturbée par de nombreux courants) localement enrichie par des apports continentaux (parfois deltaïque).

Les nombreuses stratifications entrecroisées témoignent d'un milieu sédimentaire perturbé (fig. n° 12).



Exemple des variations des faciès dans les faluns selon R. BROSSE (1978)
(Bassin de Chavagnes-les-Eaux)

A- socle paléozoïque, B - Faluns : graviers anguleux, C - Faluns : graviers marins, D - Faluns : graviers deltaïques. E : - Faluns: coquinite calcaire.

La mer à falun fut l'objet d'une sédimentation carbonatée donnant naissance à une roche carbonatée presque exclusivement composée de débris organiques liés entre eux par un ciment calcitique d'origine chimique (Doué-la-Fontaine). (R. Brossé - 1978). G. Lecointre (1947 - 1978) parle pour ce type des faluns du faciès Savignéen, qui correspond à un calcaire plus ou moins gréseux, aggloméré de bryozoaires récifaux et déposé à une profondeur de 20 à 50 m. environ.

Dans l'ensemble, c'est une roche relativement dure, résistante et très poreuse. Bien cimentée, (pierre de crouas), cette pierre pouvait être exploitée en carrières souterraines en tant que pierre à bâtir (Doué-la-Fontaine).

Le sommet de ces faluns est souvent grésifié et très résistant - grison (Rochemenier).

A côté de ce faciès carbonaté on trouve un falun beaucoup plus détritique formé de graviers quartzeux souvent bien émoussés. Pour G. Lecointre, il s'agit du faciès Pontilévien qui correspond à un dépôt côtier de faible profondeur (10 m. au maximum).

Il comprend souvent des débris d'huîtres repris de Cénomaniens mêlés aux quartz et aux galets de petite taille, le tout dans une matrice sableuse ou sablo-argileuse (chap. IX-3).

Selon L. Ginsburg (1982) les faluns de l'Anjou contiennent, à côté des restes des vertébrés marins (dents de squales), des restes de mammifères terrestres qui font remonter les faluns de Doué-la-Fontaine du Vallésien (présence du Hipparion) et non pas du Helvétien comme on le prétend couramment.

L'épaisseur de la formation dépasse rarement 10 m. Le maximum est atteint à Doué-la-Fontaine avec 23 mètres d'épaisseur.

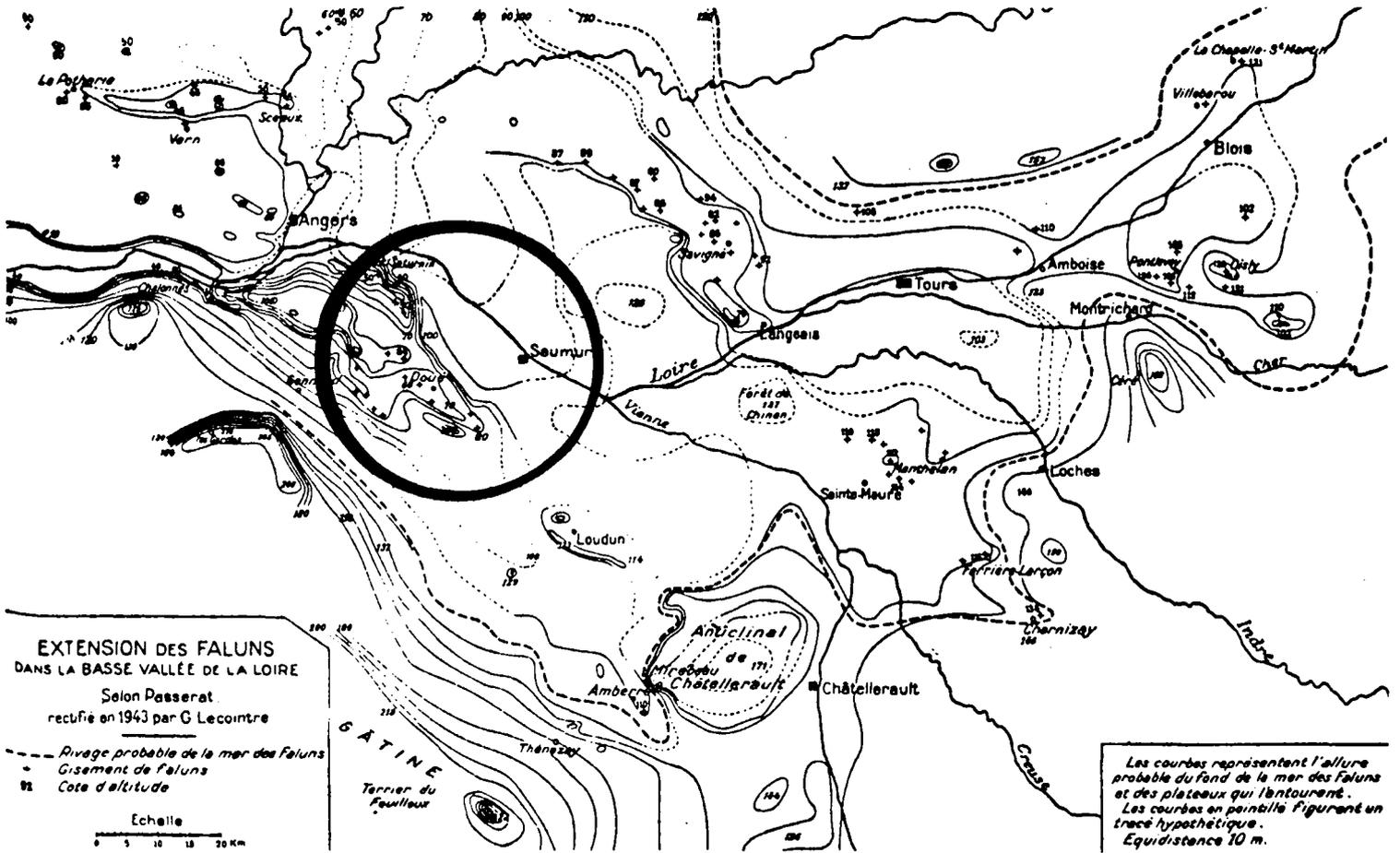
L'ensemble de la formation est fortement diaclasé avec parfois de petites failles. On remarque aussi des fissures internes (photo n° 33). Ces diaclases représentent un réseau privilégié pour la circulation d'eau. Elles sont d'ailleurs soulignées par le dépôt des oxydes de fer tout le long de la fissure. (photo n° 33).

En raison d'une porosité importante, le falun est gélif (contrairement au tuffeau). Ceci est surtout sensible pour le faciès pontivélien, sur lequel, au niveau des parois, le phénomène de pipkrakes (observé dans la carrière de la Touche) est capable de faire beaucoup de dégâts.

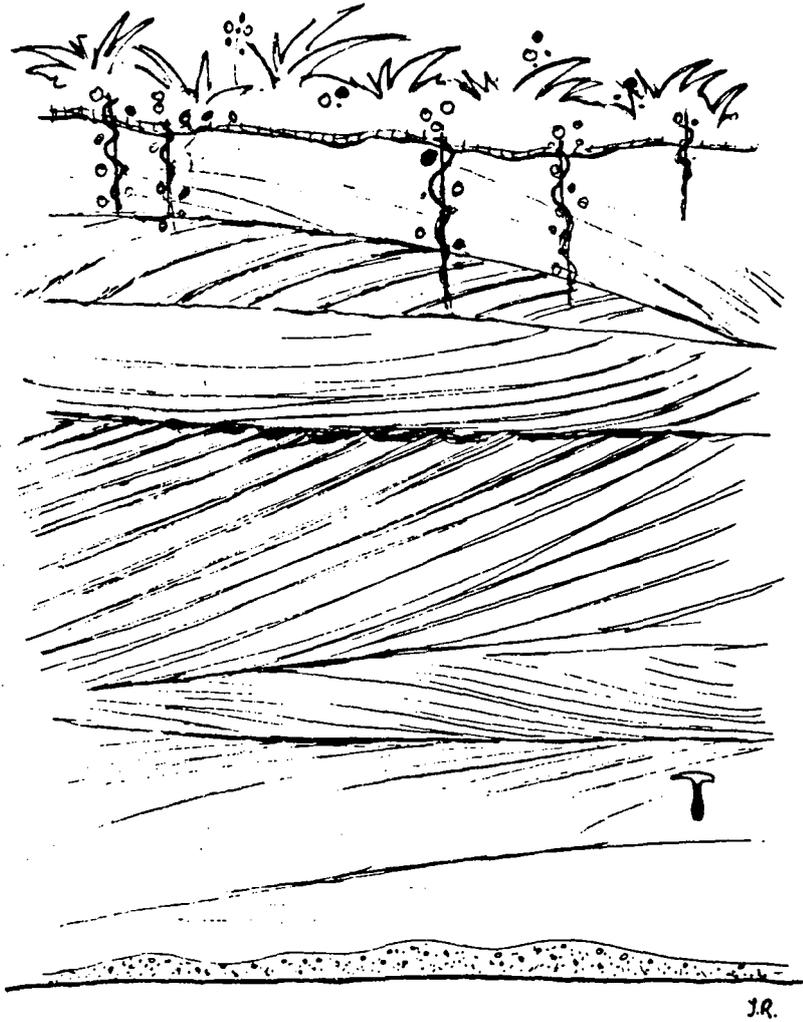
Avec l'échauffement de la paroi par les premiers rayons solaires on entend un murmure saccadé provoqué par la chute des particules décollées par la glace. Au pied de la paroi s'accumulent les débris fins, lesquels forment une pâte argilo-sableuse une fois imbibée d'eau.

Les caractéristiques minéralogiques de ce faciès, sont développées dans le chapitre IX-3.

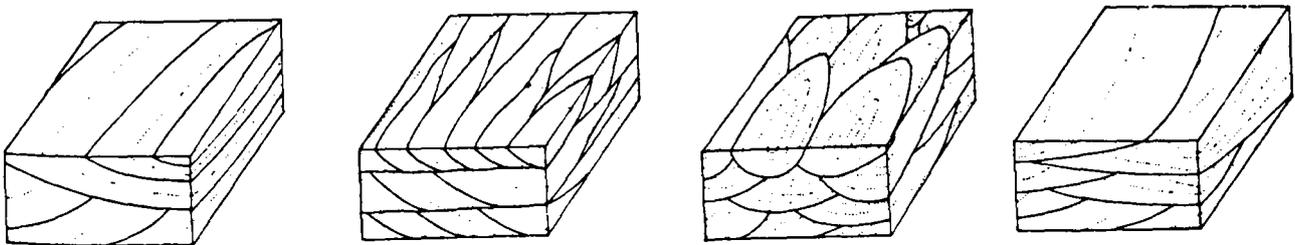
LES RIVAGES DE LA MER DES FALUNS DANS LE BASSIN DE LA LOIRE







Stratification entrecroisée dans les faluns (Sousigné)



Stratifications entrecroisées

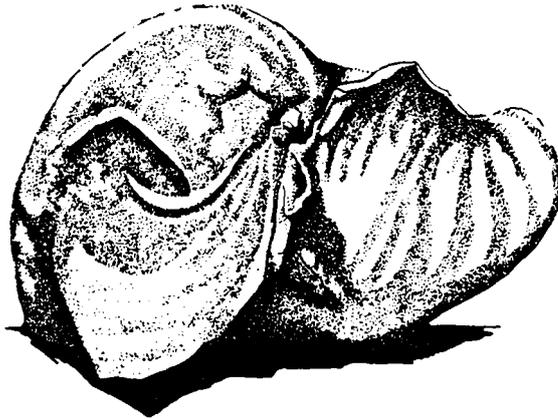
- Relations des types de stratification entrecroisée selon les plans de section (selon A. Vatan - 1967).



MACROFOSSILS



Pecten - Helvetien



Ostrea Columba - Turonien

VII

MICRO-CLIMAT DES CAVITES SOUTERRAINES

MICRO-CLIMAT DES CAVITES SOUTERRAINES

L'air souterrain présente une température moyenne qui varie assez peu (surtout pour des galeries profondes) car l'inertie thermique de la roche est considérable.

Si nous enregistrons de légères variations dans l'espace et surtout dans le temps, le responsable est l'air extérieur avec des températures plus élevées ou plus faibles en fonction des saisons.

Comme indique le tableau n° 12 la température de l'air des caves (tuffeau, falun) varie entre 9°C et 12°. Le plus souvent elle est proche de 10° C.

Les variations thermiques saisonnières pour les caves profondes sont inexistantes sauf dans le cas des galeries bien aérées dans lesquelles l'air de surface pénètre facilement.

Certaines caves peu profondes (ferme "à vaches" de St-Pierre en Vaux) enregistrent par le fait de l'échauffement de la roche, une augmentation sensible de la température en fin de la période estivale (tableau n° 12). On constate ici le parallélisme entre la température de la roche et la température de l'air de la cave (17°) pour le mois de septembre.

Il faut remarquer que la température moyenne des caves profondes est très proche de la moyenne thermique régionale (11° C).

On remarque le même phénomène pour la température de la nappe phréatique (chap.III3), pour laquelle les variations saisonnières s'atténuent avec la profondeur pour disparaître vers 15 m. de profondeur.

A cette profondeur règne une température constante, égale à la température moyenne de l'air de la surface.

L'hygrométrie varie beaucoup plus que la température en raison de l'absence ou de la présence des courants d'air, de la proximité de la nappe phréatique, des infiltrations etc....

Pour les cavités faiblement aérées, l'hygrométrie varie entre 80 et 99 %. Parfois, un véritable brouillard apparaît dans le faisceau de la lampe électrique. Ce phénomène est relativement fréquent dans les grandes carrières de faluns (rue des Perrières, la Cathédrale), bien que l'hygrométrie soit plus faible que dans le tuffeau ; mais par contre, les températures y sont plus basses.

Cette humidité élevée et constante participe d'une façon importante à l'érosion des parois des galeries et surtout contribue à émousser les débris tombant des parois ou ceux anciens résultant de l'exploitation des carrières, leur donnant un caractère de galets.

Pour généraliser ces constatations, il faudrait se repérer aux relevés systématiques des paramètres climatiques des cavités souterraines. Celles-ci, à ma connaissance, n'existent pas sur le territoire français.*

Cependant, quelques relevés faits à Bordeaux-Mérignac, en mars et juin 1983, par J. Loubes ** indiquent une rapide atténuation des variations thermiques avec la profondeur.

* Underground Space Center of Minnesota" de l'Université de Minnesota a publié dans "Earth Sheltered Housing Design" une étude de Van Nortrand Reihold (New York 1979) sur les maisons enterrées.

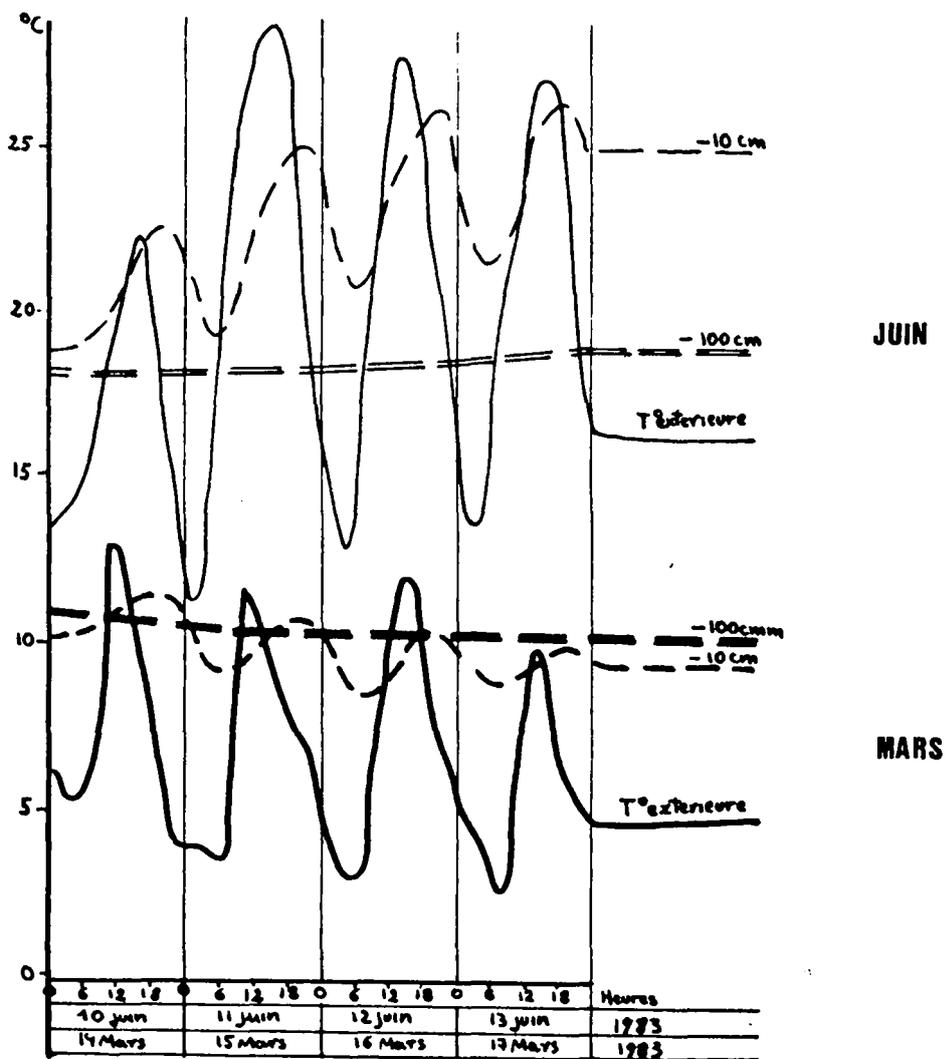
** Architecte DPLG ayant publié dans "Le Moniteur" du 15 avril 1983 : "Les paramètres du climat souterrain - architecture troglodytique et météorologie du sous-sol".

L'auteur constate pour un climat océanique de Bordeaux que la moyenne thermique annuelle (extérieure) varie entre 12° C et 19° C.

- à 1 m. de profondeur	cette moyenne	varie entre :	
			12,5 ° C et 17,5°
- à 2 m.	"	"	12,5 ° C et 15,8°
- à 3 m.	"	"	12,5 ° C et 14,7°
- à 4 m.	"	"	12,5 ° C et 14 °
- à 5 m.	"	"	12,5 ° C et 13,5°

De même, les oscillations jour-nuit de la température extérieure s'amortissent rapidement avec la profondeur (fig. n° 14). A 10 cm. de profondeur, les écarts ne sont que de $\pm 1^{\circ}$ C sur une séquence de quatre jours en hiver. En été, l'amplitude peut atteindre 5°C. A 1 m. de profondeur, la courbe est quasiment plane. En juin, elle se stabilise aux environs de 18° C et en mars vers 11° C. Nous retrouvons les résultats comparables dans les relevés réalisés dans le Saumurois (tableau n° 12).

La topographie possède aussi une certaine influence sur le micro-climat des cavités proches de la surface, car selon la pente et l'exposition du terrain, la quantité de l'énergie reçue par une même surface du sol est évidemment différente.



Relevés thermiques de Bordeaux -Merignac

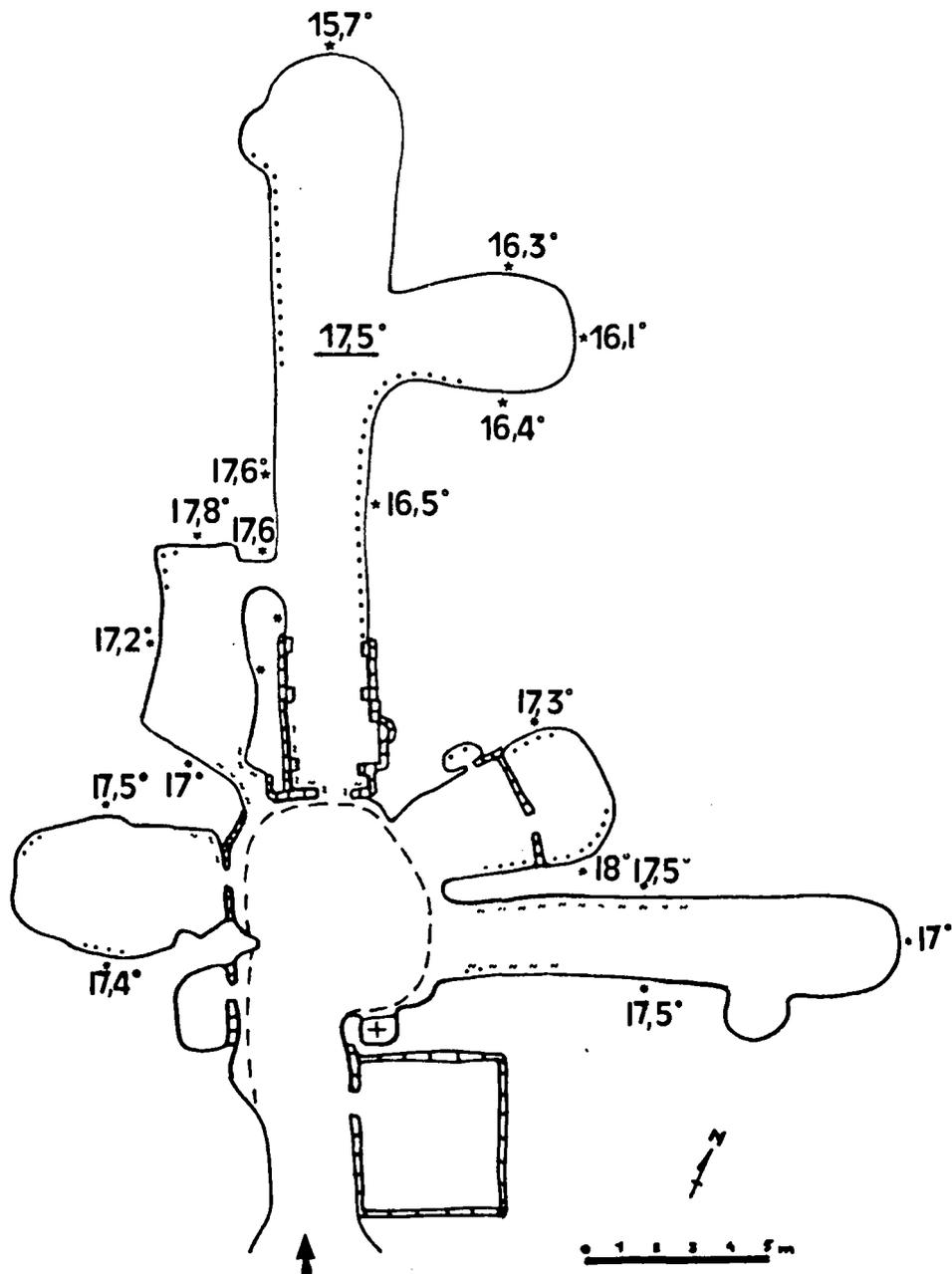
J.P. Loubes

DONNEES MICRO - CLIMATIQUES

Tableau n° 12

Date	Lieu	Extérieur		Caves		
		Tempé- rature	Hygro- métrie %	Tempé- rature de l'Air	Hygro- métrie %	Tempé- rature de l'eau
13.05.84	<u>DOUE-la-FONTAINE</u> Rue des Perrière- res.	14°	70	9°	75	6,5°
	<u>DOUCES</u> "La Cathédrale"	14°	70	12°	59	
10.01.84	"					5,6
12.10.84	<u>St-HILAIRE</u> Musée du Cham- pignon				64	12,7°
23.05.84	<u>DAMPIERRE</u> Cave dans le roc			11,2°	67	8,3°
9.05.84	- d° -			10°	81	9,5°
31.05.84	Carrières der- rière la cave dans le roc			9°	99	9,9°
8.05.84	<u>SOUZAY</u> Galerie ouverte			10°	70	
8.05.84	Carrière profonde			10°	85	
9.05.84	<u>St-PIERRE EN VAUX</u> Cour			12,5°	70	11,5°
	Cave			11°	77	
17.07.83	Cave			17°		
10.08.83	Cave			17,5°		





Plan des caves de la Ferme troglodytique de la Coulée de Nerveau (St-Pierre en Vaux) - ferme à vaches.

- - relevés des températures de la roche le 10.8.82 à 11 h. (à 1 m. du sol et à 5 cm de profondeur)
- - calcin
- - mousse



VIII

LES ALTERATIONS PHYSICO-CHIMIQUES



1 - MOUVEMENTS DE MASSE

- Résultats des contraintes physiques -

LA VOUTE

Les contraintes physiques dans un massif rocheux isotrope tendent vers une répartition hydrostatique (identique dans toutes les directions). La présence des couches, des changements des pendages, des failles et diaclases (massif anisotrope) modifie cette répartition (J.A. Talobre 1967).

La répartition des contraintes se modifie aussi au voisinage des cavités. Le vide créé par la cavité au sein du massif provoque une décompression de la roche, l'ouverture des fissures et l'augmentation de la porosité, ce qui facilite et accélère l'érosion chimique.

Dans un massif homogène, au niveau des cavités aux formes ovales, la redistribution des pressions hydrostatiques introduit que des modifications de détail dans la forme de la section. Le rocher se comporte dans ce cas comme le ferait une voûte de maçonnerie, on peut parler alors d'effet de voûte. (J. Letourneux, R. Michel - 1971).

La voûte mécanique ne coïncide pas forcément, surtout dans le cas d'un plafond plat, avec le toit et les parois de la galerie. La roche se trouvant entre la voûte mécanique et la voûte réelle se trouve d'une certaine façon suspendue et donc décomprimée.

La décompression favorisant l'érosion développe les hors-profils et ceci avant tout au-dessus de la couronne en constituant des cloches (qui peuvent atteindre dans les galeries profondes des hauteurs comprises entre la moitié et le double de la largeur de la galerie) (J.A. Talobre - 1967).

Elles prennent spontanément des formes plus ou moins ogivales, car ce type de profil correspond en effet à la réalisation d'un équilibre du massif par rapport à des poussées exercées en direction du vide créé par la cavité.

Cette érosion d'origine mécanique, peut être amplifiée par l'érosion chimique aidée par la condensation d'humidité dans les parties les plus élevées des galeries.

L'apparence solide et massive du tuffeau a permis aux carriers de donner aux cavités dans cette roche des plafonds plats. Le réajustement de la voute réelle à la voute mécanique donne à celle-ci la forme ogivale par l'intermédiaire de la cloche développée au niveau de la couronne (fig. n° 18).

Plus la cavité est grande, plus la cloche sera développée. Ce phénomène se rencontre aussi bien dans les grandes salles des carrières que dans les habitations troglodytiques.

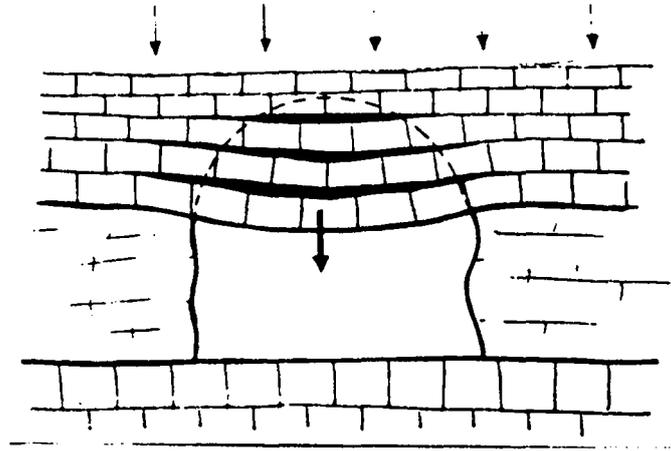
La fissuration d'un massif commande les mécanismes de rupture.

Ainsi, dans un milieu stratifié horizontalement, comme c'est le cas général dans la région, les perturbations se font sentir surtout au-dessus et au-dessous de la cavité et très faiblement dans les directions horizontales (sauf au niveau des piliers).

Les carrières souterraines dans le tuffeau ont un profil rectangulaire à toit plat, correspondant le plus souvent à un joint de stratification.

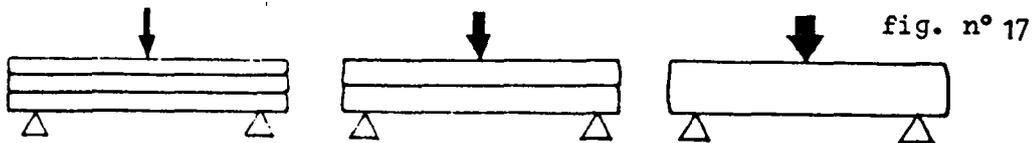
Les couches du plafond fléchissent au-dessous du vide sous l'action de leurs propre poids et se séparent des bancs supérieurs en provoquant une augmentation sensible des contraintes (fig. n° 16). Ceci est d'autant plus sensible si les couches sont peu épaisses (fait rare dans le tuffeau).

fig. n° 16



flechissement des toits des galeries (foisonnement)

Un banc rocheux se comporte en théorie et à quelques détails près comme une poutre de construction. Si nous prenons un nombre x de poutres (bancs) identiques, la résistance de cet ensemble est x fois moins élevée que celle d'une poutre unique d'épaisseur équivalente (fig. n° 17).



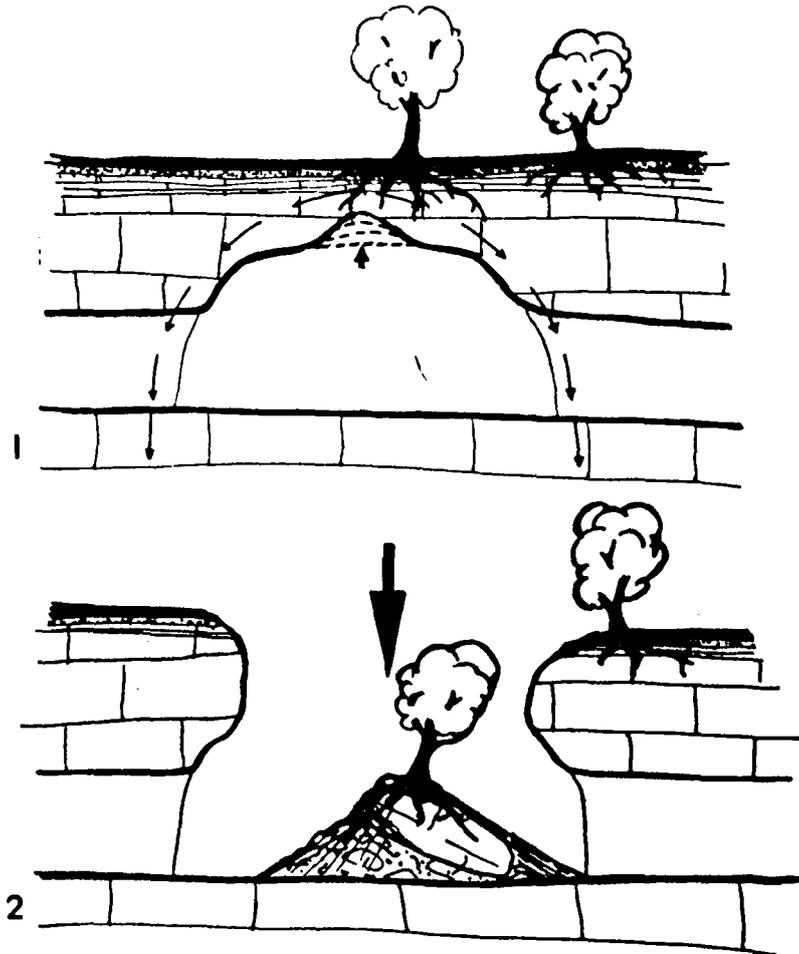
la mécanique des poutres

Ceci nous conduit à dire que l'évolution des toits des galeries est d'autant plus rapide que le litage est fin.

En donnant à la cavité une forme parabolique, l'érosion répartit mieux les contraintes et réduit donc par la même son action. Mais parallèlement à ceci, l'épaisseur du toit de la cavité se réduit et sa résistance diminue. A l'affaiblissement du toit participe aussi le pseudo-litage relativement fin de la partie sommitale du Turonien, résultant de l'altération pé-dologique (photo n° 18).

Les cavités de la région sont rarement profondes, la pierre angulaire de la voûte mécanique se trouve donc soit dans la zone fragilisée, soit tout simplement à la surface. Ceci permet de comprendre les raisons des éboulements comparables à ceux qui donnent dans un karst naissance à des avens, ceux qui forment dans la région les "ciels" des carrières surtout nombreux à Souzay-Champigny 'fig. n° 18 et n° 30

fig. n° 18



formation d'un aven - fontis

Il est difficile de comparer le comportement du tuffeau à celui du falun car ce dernier est anisotrope (stratifications entrecroisées, variations des faciès). On peut constater cependant une relative stabilité des grandes carrières dans cette roche.

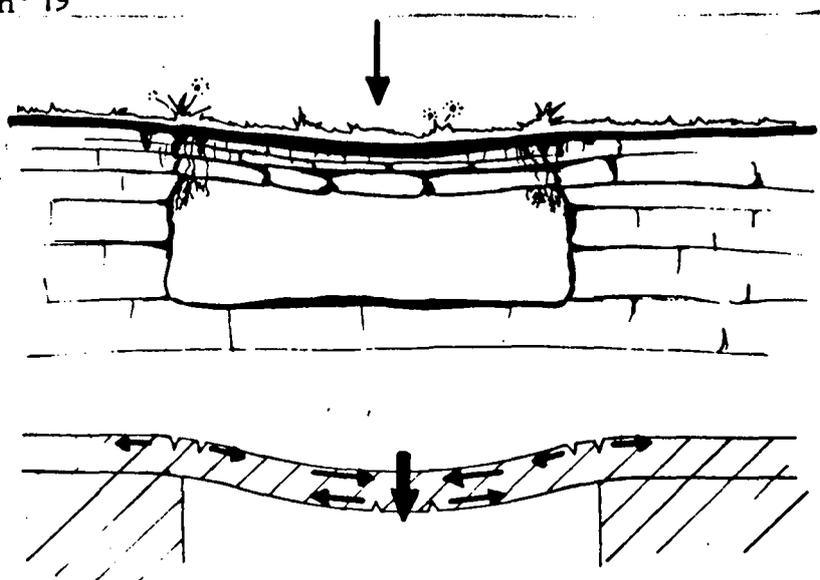
Le mode d'extraction dans les faluns (fig. n° 21) a donné, dès le départ, aux cavités une forme ogivale. Dans ces caves, la dégradation mécanique est quasiment inexistante.

Ici, les travaux débutaient par l'ouverture d'une tranchée large de 1 mètre. Le perreyer s'enfonçait ensuite dans le falun en suivant une ligne convexe, puis concave pour descendre à la verticale jusqu'à l'épuisement de la roche, soit jusqu'à l'apparition de la nappe phréatique. La largeur de la galerie fut calculée en fonction de la profondeur du creusement afin que l'effet de voûte puisse assurer une stabilité maximum de l'édifice (la hauteur = $2,5 \times$ la largeur). Effectivement, on n'enregistre aucune altération visible au niveau des voûtes. Il faut cependant signaler que l'extraction des faluns est plus récente que celle du tuffeau, l'érosion travaille depuis moins de temps. Il semble aussi, que la mobilisation du $CaCO_3$ est plus difficile dans les faluns, car il est avant tout d'origine organique et non chimique (comme dans le tuffeau).

Par contre, toujours dans les faluns (Rochemenier), les plafonds des dépendances agricoles sont plus ou moins plats. On remarque ici, une érosion alvéolaire aboutissant à des cloches au niveau de la couronne. Cette érosion est stopée seulement par la présence au sommet des faluns d'une couche très dure - le grison

Certains effondrements résultent d'un autre mécanisme : de rupture de charge au niveau du plafond. (fig. n° 19)

Figure n° 19



Quand l'épaisseur du plafond est faible et sa portée importante, il se produit dans un premier temps une flexuration avec l'ouverture des fissures. Alors apparaît à la surface une petite cuvette semblable à une mini-doline. Drainant les eaux vers son milieu, elle doit accentuer sensiblement la fragilisation de la partie centrale du plafond.

En relation avec la fissuration, la végétation pénètre dans la roche plus facilement et fait apparaître un chevelu important des racines entre les blocs rocheux du plafond (photo n° 42). Par endroits, l'instabilité des plafonds doit inciter à une grande prudence pendant l'exploration.

LA DECOMPRESSION

A Dampierre-sur-Loire, l'érosion prend un aspect légèrement différent de celui de Souzay précédemment développé (cloches et avens).

Nous avons ici un kilométrage important des galeries d'anciennes carrières. Les hommes du pays les considèrent comme les plus anciennes de la région et ayant servi à la reconstruction de Londres après l'incendie de 1666 (à vérifier).

On constate ici une forte instabilité de la falaise et des dégradations très poussées au niveau des entrées des carrières. Les galeries proches de la falaise intensément fracturée présentent un important écaillage (photo n° 19), témoin d'une forte décompression.

Ces écailles aplaties (esquilles) semblent être liées selon N. Oulianoff (1959) aux zones les plus massives dans lesquelles les contraintes n'ont pas pu se dissiper avant l'ouverture de la galerie. Cela ne semble pas être le cas pour les carrières de Dampierre, car le massif rocheux est fortement fracturé et présentant à plusieurs endroits des miroirs de faille parfaitement lisses.

En plus, à l'Ouest de Dampierre, à moins d'un kilomètre des caves étudiées, est signalée, sur la carte géologique, une faille de direction NE-SW, laquelle rejoint à Montreuil Bellay, la grande faille des côteaux du Layon.

Ces accidents tectoniques ne peuvent-ils pas provoquer une augmentation des contraintes dans le massif déclanchant une décompression dans les cavités ?

Pour répondre à cette question, il faudrait envisager une étude de néotectonique.

Le Turonien repose sur les marnes senoniennes, c'est un contact lubrifié qui donne un niveau des sources. L'ensemble des terrains présente un léger pendage vers la vallée de la Loire. Dans ces conditions, avec la présence de la faille (cisailente dextre), ne peut-on pas envisager un léger glissement du Turonien sur les marnes ? Ceci pourrait expliquer la différence du comportement du massif rocheux de Dampierre par rapport à celui de Souzay.

Tout le long des galeries des carrières de Dampierre, on remarque au sol de nombreux blocs fraîchement tombés prenant parfois l'aspect de véritables effondrements (photo n° 27).

Entre deux passages dans ces caves, espacés seulement d'une semaine, j'ai pu constater de nouveaux éclats frais de grande taille (photo n° 19). Ceci montre que la décompression se réalise encore aujourd'hui malgré l'ancienneté de ces excavations.

Il va de même pour certains piliers qui subissent un important écrasement, qui leur donne une forme en tonneau. De nombreux éclats et parfois de blocs s'en détachent (photo n° 20).

A proximité de la falaise quelques petits fontis (avens) apparaissent (photo n° 17) et à l'intérieur du massif on constate quelques grands éboulements ne communiquant pas directement avec la surface (photo n° 16), mais d'une manière générale la roche devient plus saine et les galeries moins dangereuses au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la falaise.

Toujours près de la falaise, à certains endroits, l'équilibre est plus que précaire. Certains blocs semblent être suspendus au-dessus du vide et ne tiennent que par quelques points reposant sur d'autres blocs qui sont eux-mêmes dans un équilibre instable. Les pressions exercées au niveau des points de contact doivent être très élevées. La rupture peut être provoquée à n'importe quel moment (surcharge, humidification..) Selon les gens du pays, les éboulements sont déclenchés souvent par les "bangs" des avions supersoniques (les bases militaires sont nombreuses dans la région).

Le mauvais état de la falaise (photo n° 43), les risques d'éboulements et d'effondrements ont conduit le conseil municipal à interdire l'accès de ces carrières ainsi que les cultures en surface proches de la falaise.

INSTABILITE DE LA FALAISE

Les éboulements au niveau des versants répondent à une autre logique. Le recul de la falaise Turonienne à Montsoreau lors de l'éboulement du mois de décembre 1982 peut illustrer ce mécanisme (photo n° 28, 44) et fig. n° 20) .

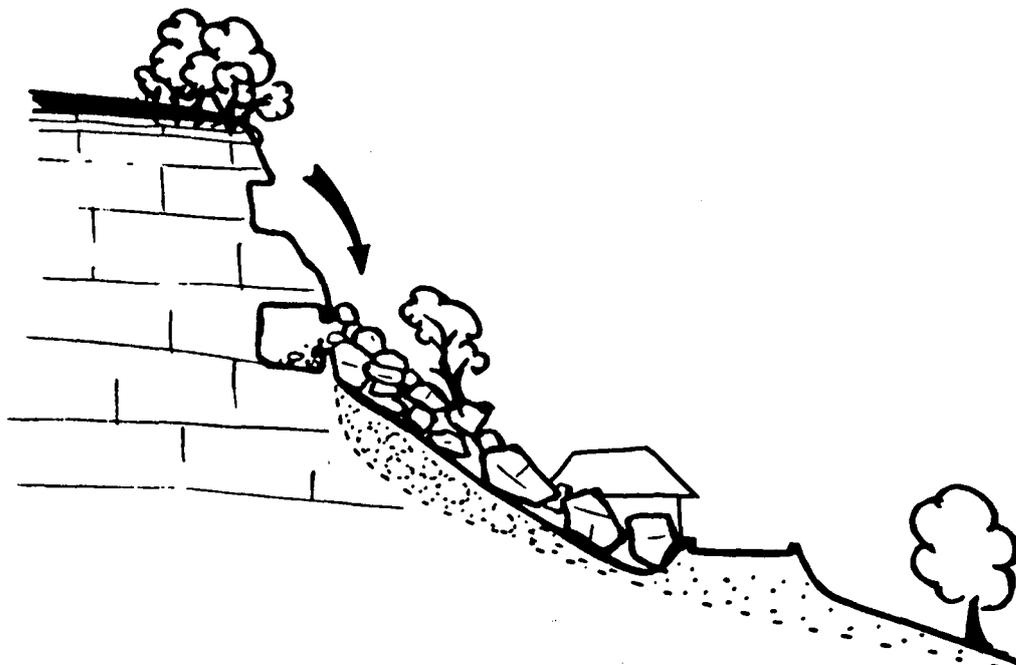


Fig. n° 20

Eboulement de la Falaise Turonienne à Montsoreau (1982)

La falaise haute d'une vingtaine de mètres domine un talus d'éboulis descendant vers la vallée de la Loire. L'éboulement fait apparaître nettement (photo n° 28) un cône d'éboulis d'une pente proche de 30°.

Cette falaise comporte à plusieurs niveaux des carrières et des habitations troglodytiques. La roche est massive et dure, mais dans le détail elle peut être relativement sableuse et friable ou fossilifère et très dure. L'éboulement affecte la partie sommitale de la falaise, laquelle a reculé brutalement de plus de 2 mètres. L'érosion a mis à jour l'intérieur des habitations troglodytiques tout en ensevelissant ceux des étages inférieurs.

L'éboulement a été guidé par une importante fissure verticale, parallèle au front de la falaise.

(photo n° 44). L'endroit de l'éboulement est souligné au niveau de la falaise par une teinte franchement blanche, tandis que la roche de la falaise est plutôt jaunâtre. Cette blancheur correspond au dépôt du calcaire accumulé dans la fissure.

La décompression de la roche augmente la porosité et la fissuration de celle-ci et favorise donc la circulation d'eau.

L'expérience réalisée sur le tuffeau de Montsoreau montre que la roche sèche en s'imbibant d'eau jusqu'à la saturation est capable d'augmenter son poids de près de 80 % (tableau 9).

En même temps sa résistance à l'écrasement diminue de 30 à 50 % (pour une roche saine). Si on ajoute que l'éboulement a eu lieu après une période de très forte précipitations, il est facile de comprendre les raisons d'un tel accident.

Effectivement, un tel accident correspond davantage à des contraintes physiques - rupture de charge, qu'à une altération chimique de la roche.

La circulation d'eau dans la roche ne semble pas en apparence, entraîner une décarbonatation, il semble même qu'il y a un certain enrichissement en Ca CO_3 . L'échantillon de la roche saine (Ba) présente 52,93 % de carbonate, tandis que la roche éboulée altérée (Bd) en contient 59,92 %.

Cette anomalie, bien que minime, peut correspondre à des variations de faciès mais aussi à un enrichissement en calcaire (même après l'éboulement).

L'étude de l'altération du tuffeau de Touraine faite par J.P. Cautru (BRGM-Orléans) confirme cette déduction basée sur l'expérimentation personnelle.

Le tuffeau, comme nous le savons comporte un squelette siliceux (chap. N° V-1). Même après une décarbonatation totale à l'acide chlorhydrique, la roche conserve un aspect apparemment sain, mais étant plus poreuse, elle est plus légère et donc capable de retenir davantage d'eau.

D'ailleurs, dans le tuffeau altéré, la microporosité dans les classes de 75 à 750 μ diminue, tandis que celle de 1 à 75 μ augmente considérablement (J.P. Cautru). Les pores les plus fins semblent se colmater par du Ca CO₃, tandis que les plus grands facilitent la circulation et la rétention d'eau.

LA SISMICITE

La stabilité des réseaux souterrains, affaiblis souvent par l'érosion, est liée fortement à la stabilité tectonique et sismique de la région.

Paul Lemoine * fait remarquer que le Bassin Parisien tremble plus souvent qu'on ne le croit généralement. Selon lui, entre 1800 et 1912, Paris à ressenti quatre secousses, Poitiers six, Saumur six, Angers Sept. Depuis le tremblement de terre du 17 avril 577 à Chinon, il y aurait eut une quarantaine de séismes dans la région. G. Lecointre (1947,1978) signale plus particulièrement le séisme du 26 septembre 1925 ayant pour l'épicentre le Cher (Chateameillant) et ayant été ressenti très sensiblement à Saumur.

Connaissant la fragilité de l'édifice, il semble évident qu'une secousse sismique pourrait provoquer beaucoup de dégâts au niveau des cavités souterraines de la région. Mais ceci reste à vérifier, d'autant plus que les réseaux karstiques naturels souterrains peuvent en principe, supporter sans dommage, des séismes importants.

* Ancien Directeur du Muséum de Paris - Les tremblements de terre du Bassin de Paris - 1812.

Photo n° 16

- effondrement dans une salle des carrières souterraines
de Dampierre.

Photo n° 17

- un gouffre d'effondrement (petit) à l'entrée des carrières
de Dampierre.

Photo n° 18

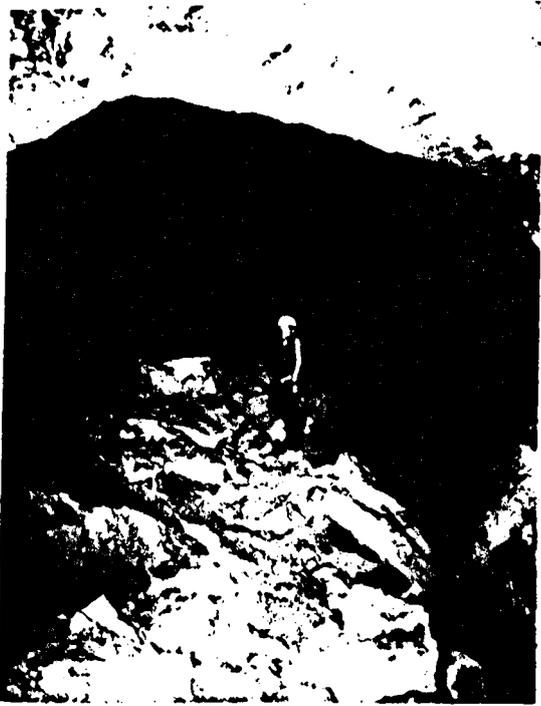
- Dégradation de la qualité du tuffeau depuis le toit d'une
galerie (effondrée) et le sol. Souzay

Photo n° 19

- décompression -écailles détachées - Dampierre

Photo n° 20

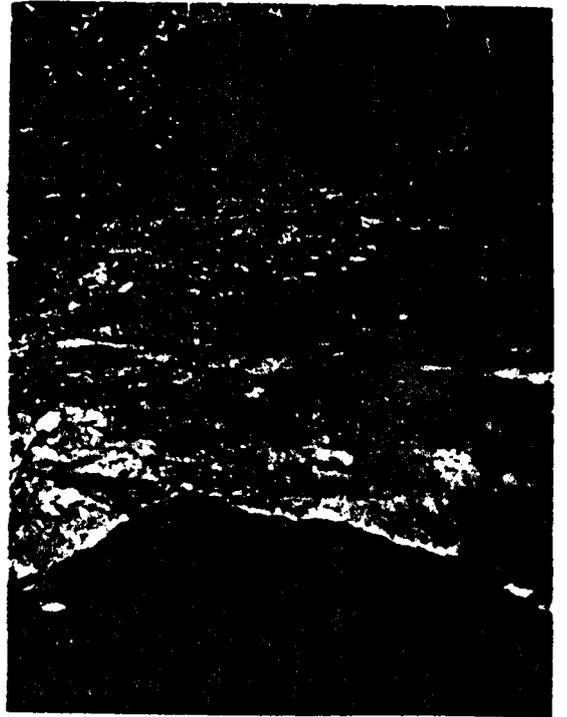
- écrasement des piliers - Dampierre



16



17



18



19



20

Photo n° 16

- effondrement dans une salle des carrières souterraines
de Dampierre.

Photo n° 17

- un gouffre d'effondrement (petit) à l'entrée des carrières
de Dampierre.

Photo n° 18

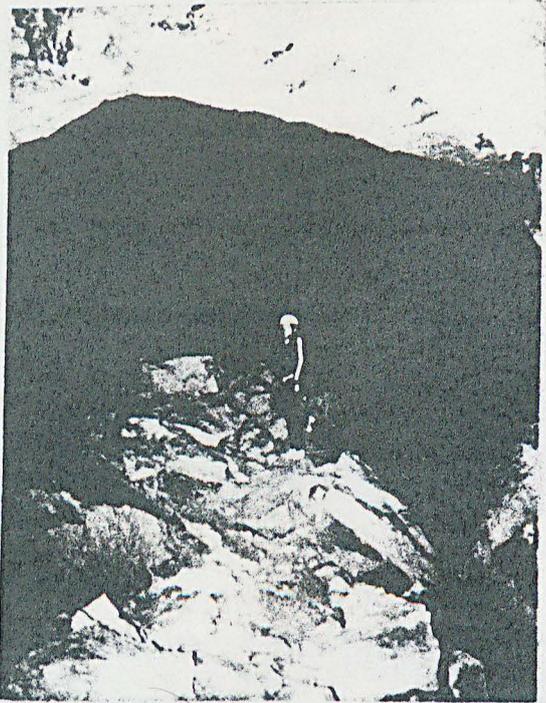
- Dégradation de la qualité du tuffeau depuis le toit d'une
galerie (effondrée) et le sol. Souzay

Photo n° 19

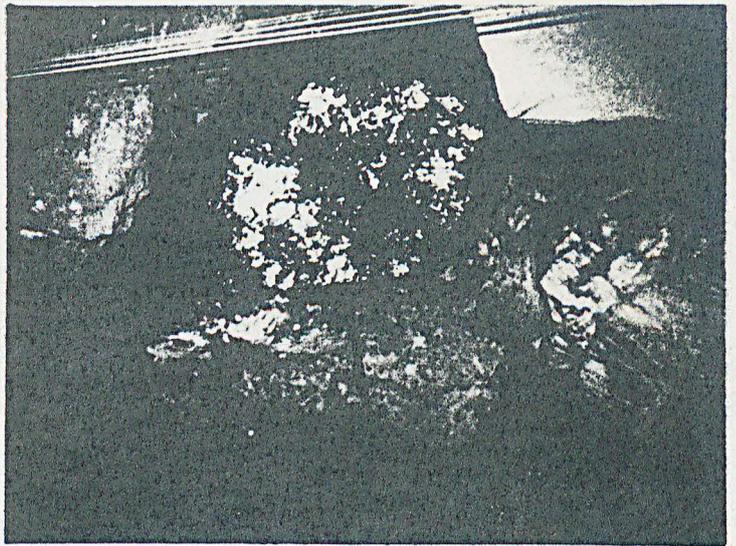
- décompression -écailles détachées - Dampierre

Photo n° 20

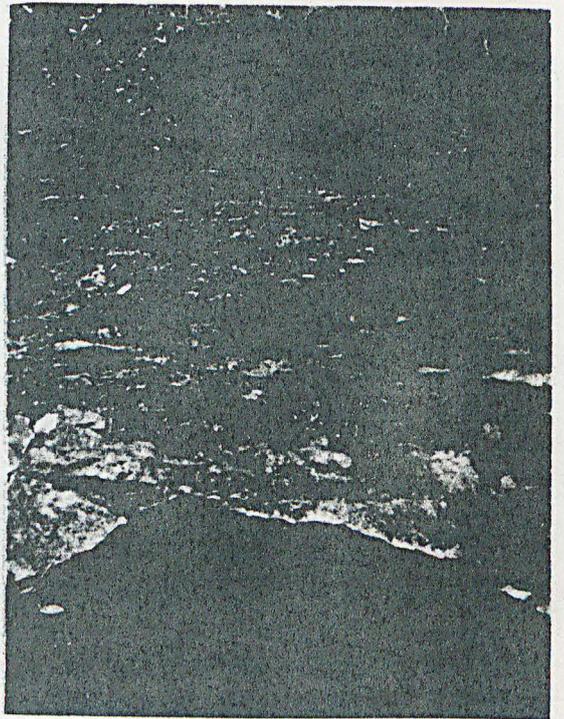
- écrasement des piliers - Dampierre



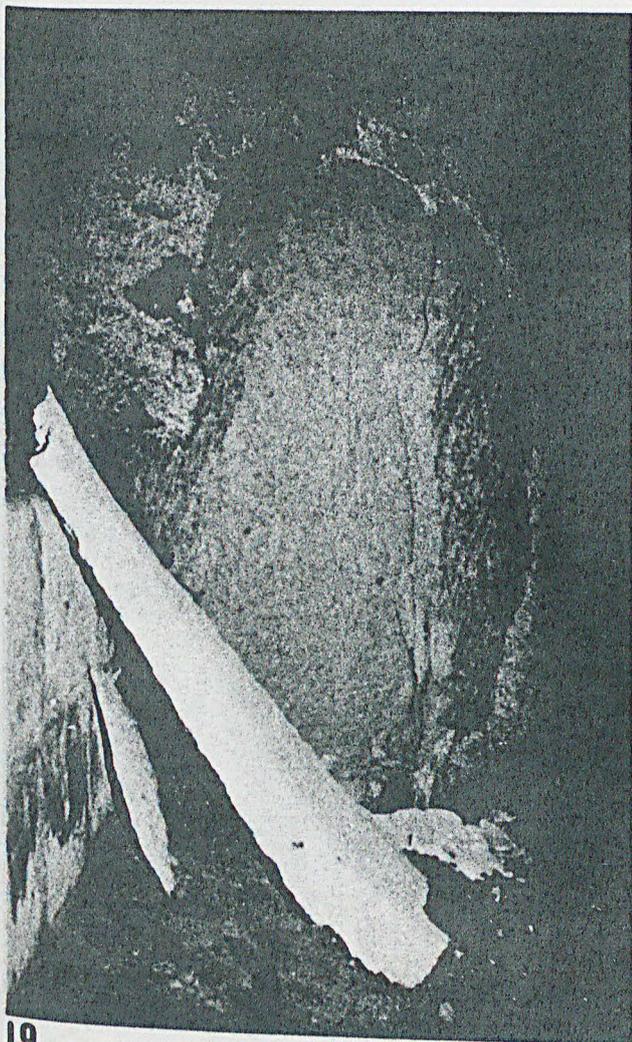
16



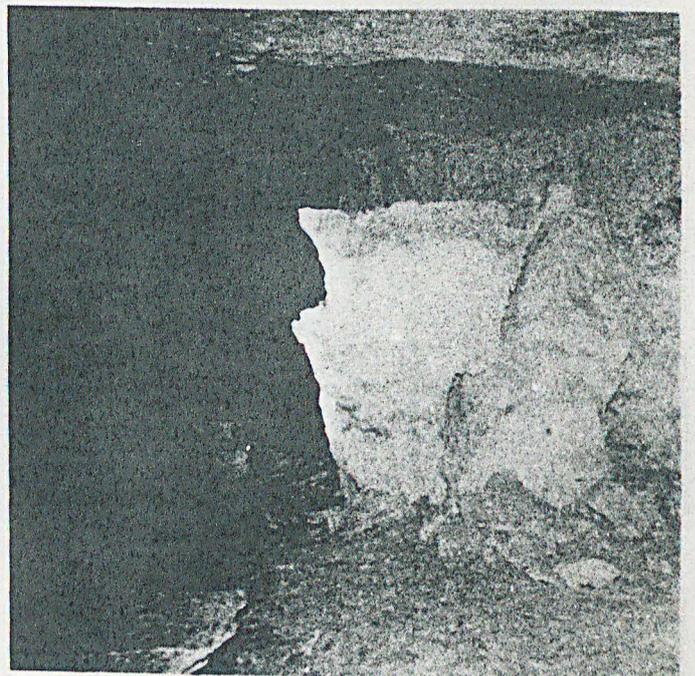
17



18



19



20

Photo n° 23

- vue aérienne générale de Souzay-Champigny

Photo n° 24

- vue aérienne sur le plateau de Souzay, avec une ferme dans un gouffre d'effondrement.

Photo n° 25

- un effondrement récent ayant defoncé un mur (Souzay)

Photo n° 26

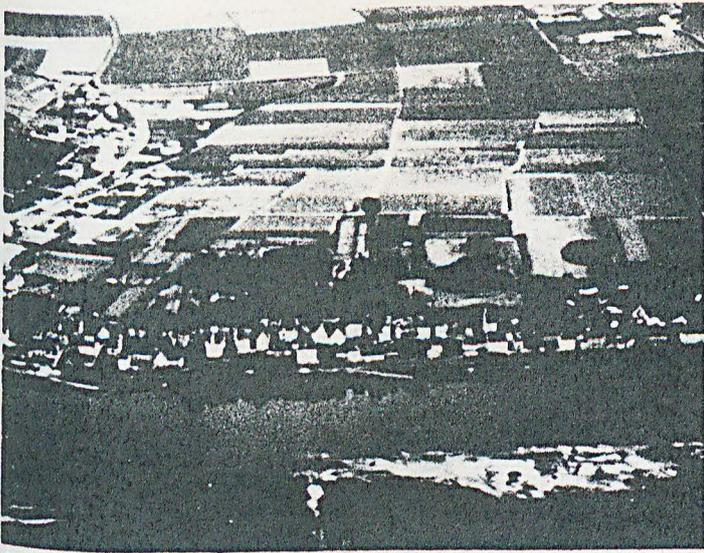
- un grand gouffre d'effondrement (Souzay)

Photo n° 27

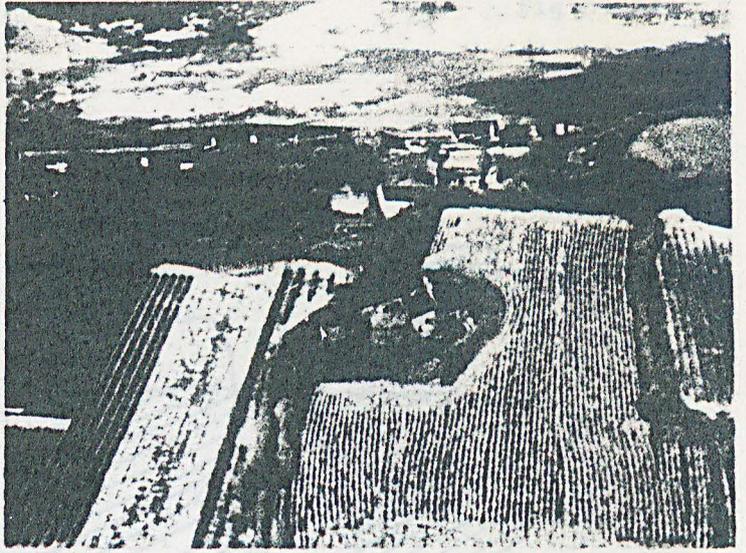
- effondrement provoqué par la décompression (Dampierre)

Photo n° 28

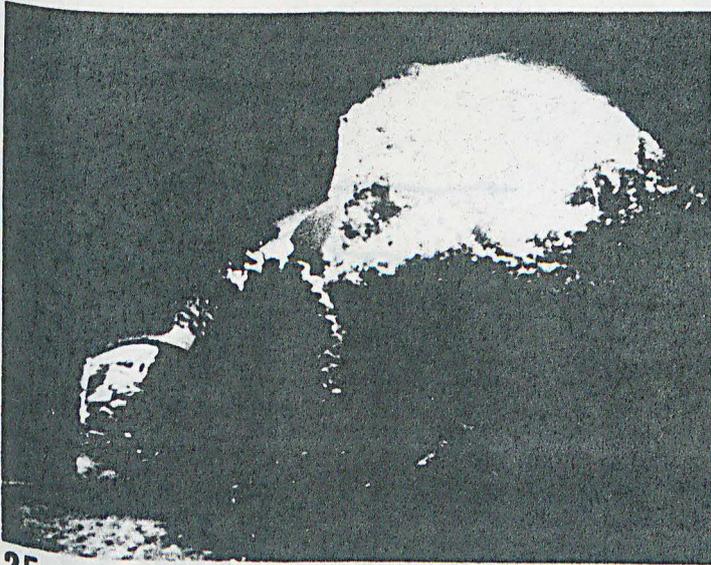
- éboulement de la falaise turonienne à Souzay-Champigny



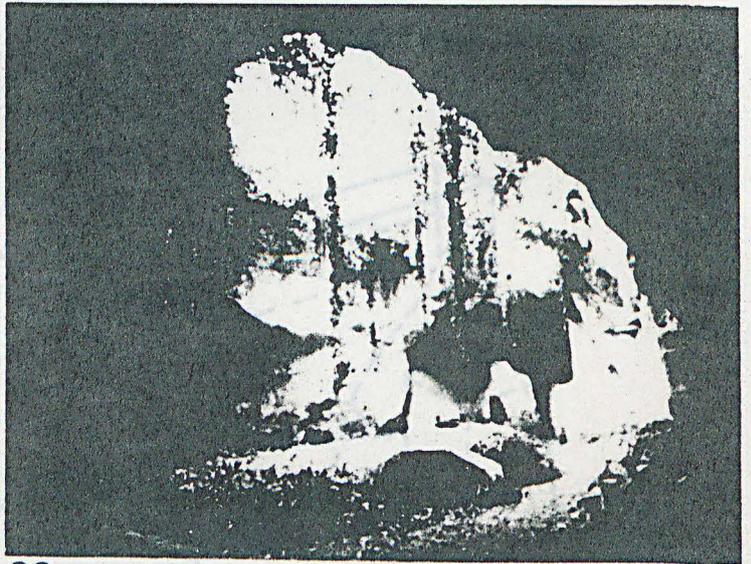
23



24



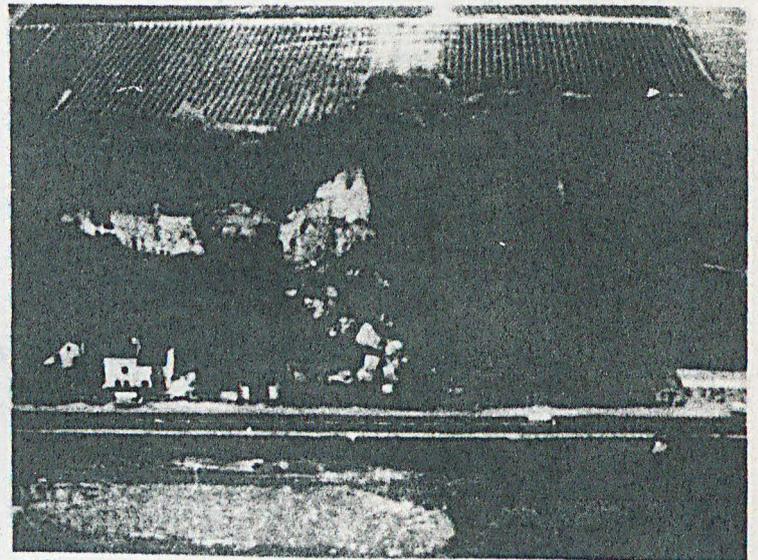
25



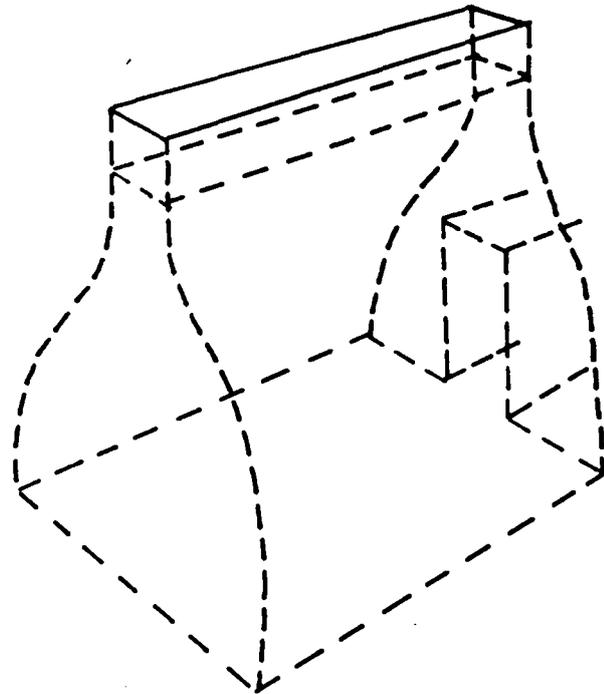
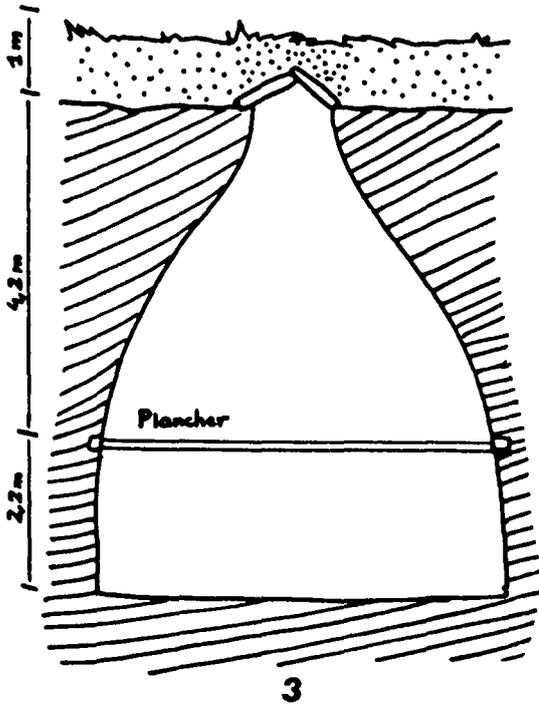
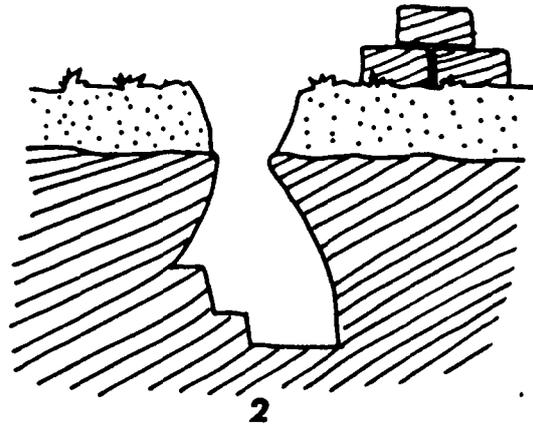
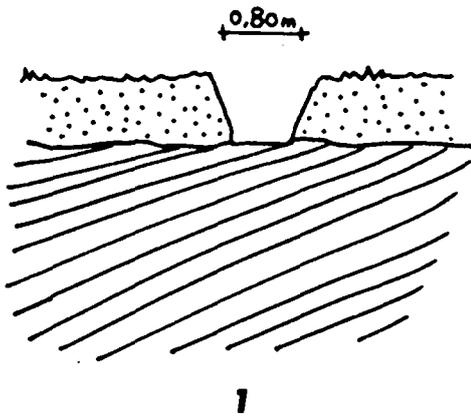
26



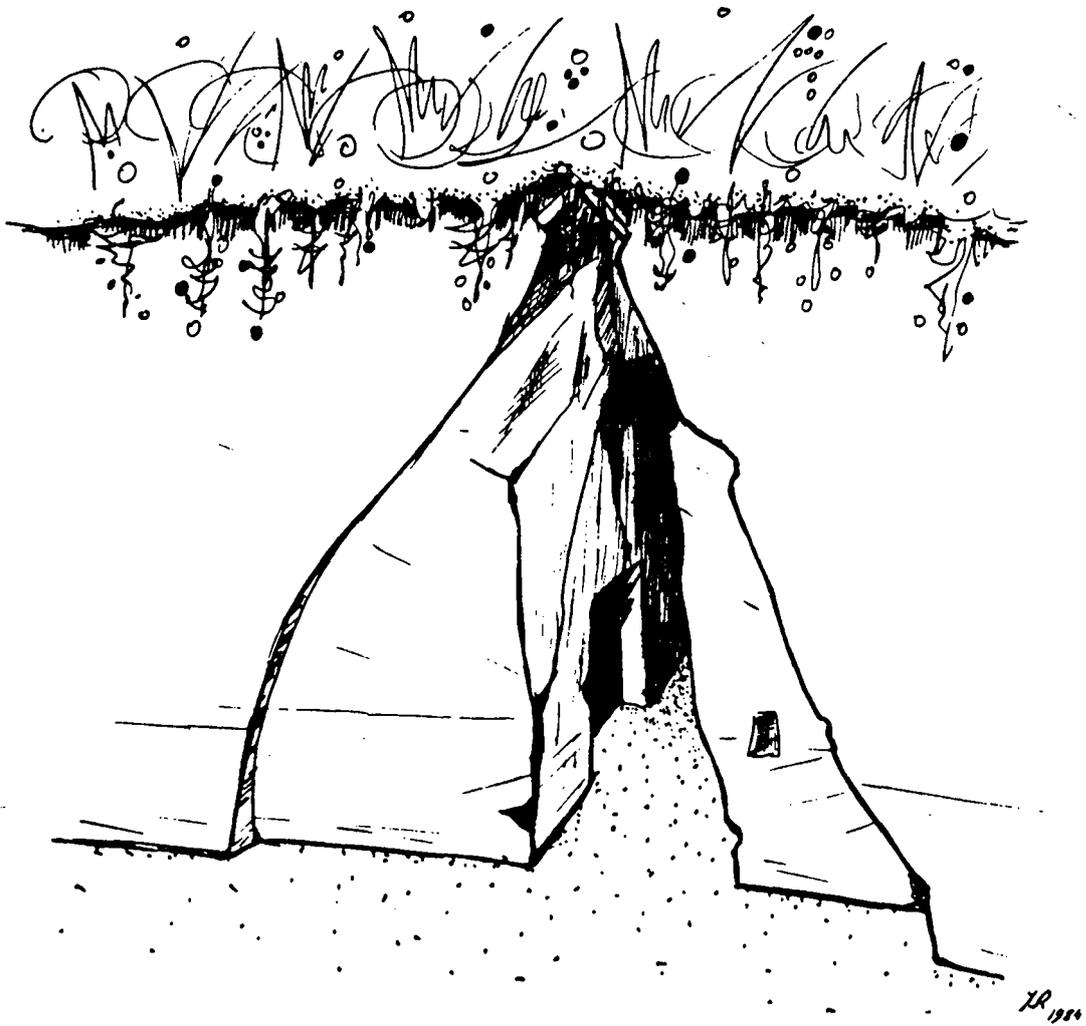
27



28



PRINCIPE D'EXTRACTION DE LA PIERRE DANS LES FALUNS



Entrée des carrières dans les faluns aménagées en habitat
souterrain -

Rue des Perrières à DOUCES (DOUE-la-FONTAINE)

(à remarque la forme "en bouteille")



Spherules d'opale d'un tuffeau sain.



Sphèrulle d'opale. Tuffeau altere . G=5000 X J.P. Cautru

2 - Erosion superficielle, dépôt et concrétion

L'évolution de la surface d'une roche dépend de sa nature et des conditions du milieu (micro-climat).

Le tuffeau, nous le savons déjà, est relativement friable, d'autant plus que l'eau de carrière associée à l'humidité de l'air des souterrains amplifie cette fragilité (chap. VII-1).

Les parois, comme les blocs fraîchement détachés ou provenant des anciens déblais, s'émousent rapidement. Ceci est particulièrement visible au niveau des miroirs de faille (nombreux) sur lesquels il ne subsiste plus aucune strie.

Dans les carrières des faluns, l'érosion des parois est beaucoup plus contrastée que dans le tuffeau, car il y a une plus grande multitude de faciès. Les faciès biodétritiques très résistants, offrent des parois peu dégradées, ce qui n'est pas le cas pour les faciès sableux.

D'une manière générale, le tuffeau offre une plus grande variété de dépôt et des concrétions que le falun, car les carbonates dans le tuffeau étant d'origine chimique sont plus facilement mobilisables que ceux des faluns (qui sont avant tout organiques).

Le dépôt le plus fréquent, rencontré dans les tuffeaux (plus rarement dans les faluns), est le calcin qui est un hydrocarbonate cristallisant en très longues et fines aiguilles donnant parfois à l'ensemble l'aspect de laine de verre.

Ce dépôt couvre la plupart des surfaces du tuffeau (falaise, murs des galeries, blocs isolés etc...). Il semble cependant qu'il y a une concentration préférentielle du calcin sur certaines parois comme le témoigne le relevé de la cave n° 2 de la Coulée de Nervaux (fig.n° 15).

Ceci demande encore une étude statistique des affleurements du calcin en tenant compte des conditions micro climatiques et hydrogéologiques du milieu (étude reste à faire).

En fonction des différents milieux de cristallisation, le calcin peut se présenter sous deux formes :

- 1 - la première correspond à une cristallisation dans un site relativement bien aéré et à la surface de la roche. Ce dépôt se présente alors sous forme des accumulations de cristaux blancs et allongés faisant penser à la laine de verre.

fig n° 23



- 2 - Dans les fissures, le calcin remplit entièrement l'espace précédemment ouvert. Il se présente alors sous forme d'une masse blanche, très légère, compacte et relativement plastique. (mousse compacte).

Le calcin est un très bon marqueur des fissures car même la plus étroite des fissures concentre toujours un dépôt de calcin. Inversement, quand sous l'effet de la décomposition, les écailles se détachent des parois des galeries, elles laissent une "cicatrice" jaune (au couleur du tuffeau) sur la paroi blanchie par le calcin (photo n° 19).

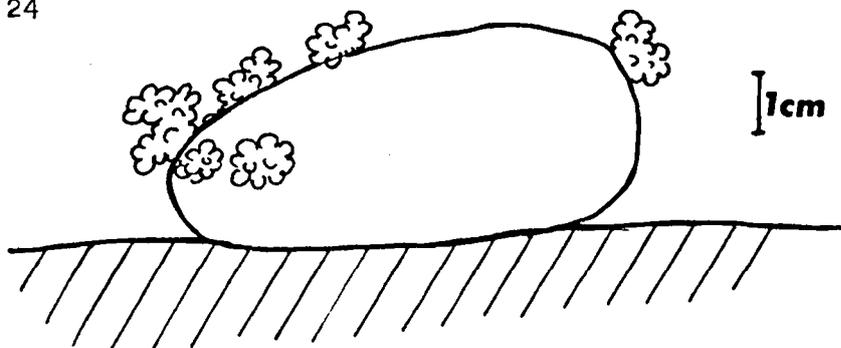
Ainsi, il est possible de déduire, si un bloc tombé correspond à un accident résultant de mauvais état de la roche (fissures avec calcin) ou d'une soudaine contrainte physique provoquant une cassure.

Le calcin indique aussi une importante circulation d'eau dans le massif rocheux, car la roche n'enregistre aucune décarbonatation à proximité du dépôt (tableau n° 6) de cet hydrocarbonate.

Les échantillons de la roche de la proximité immédiate des dépôts du calcin ont approximativement le même pourcentage des carbonates que les échantillons pris en profondeur (chap. VIII-1). C'est donc un lessivage général du massif rocheux qui serait à l'origine du calcin et non une décarbonatation locale du tuffeau.

Parfois, d'une façon pour moi difficilement explicable, on rencontre de très belles concrétions en chou-fleur (photo n° 30) sur des pierres isolées tombées sur le sol des cavités et possédant un pseudo émoussé des galets résultant d'une altération chimique (indiquant leur relative ancienneté). (fig. n° 24)

fig n° 24



Au niveau de ces "galets", on ne peut pas envisager de circulation d'eau à grande échelle qui pourrait expliquer ces concrétions. Il faut envisager donc une autre origine pour ces "concrétions en chou-fleurs". Parfois ces mêmes concrétions peuvent couvrir des parois entières dans des endroits aérés mais humides et ombragés. Ces concrétions ne réagissent pas au contact du H C L et n'ont aucun goût, contrairement aux nitrates.

Dans l'état actuel de mes recherches, il m'est impossible de définir ces concrétions, car tout comme pour les nitrates et certains échantillons des tuffeaux altérés, les résultats d'analyses du CNRS (demandées depuis plus de 6 mois) ne me sont toujours pas parvenus.

J. et C. FRAYSSE signalent que les excavations souterraines de l'Anjou fournissaient des quantités importantes de salpêtre (Tes troglodytes en Anjou. Tome I p. 133).

Ils illustrent cela avec l'extrait du "tableau de la Généralité de Tours depuis 1762 jusque et y compris 1766" : *

"La province d'Anjou fournit une grande quantité de salpêtre. La Compagnie qui tient du roi l'entreprise des poudres et salpêtres a formé en conséquence un établissement considérable à Saumur, où les différents salpêtriers de la Généralité transportent leur salpêtre pour y être raffiné".

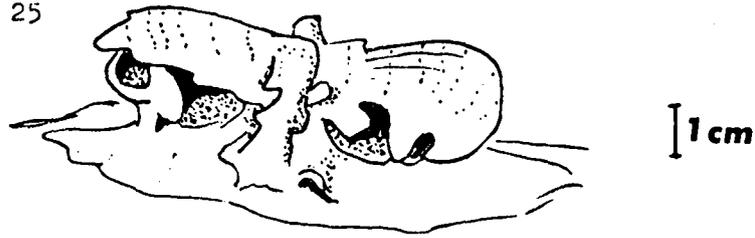
Durant cette recherche, à ma grande surprise, je n'ai rencontré qu'à deux endroits les dépôts des nitrates [K (NO₃)], l'un, sous une voûte à l'entrée des carrières dans la partie Est de Souzay-Champigny, l'autre à un endroit de la falaise de la partie Ouest de ce même village.

Le premier dépôt Est, se présente sous forme de très fins cristaux blancs et allongés, semblables à ceux du calcin (la différence peut être faite au goût).

Sur le deuxième site, le salpêtre est présent sous forme d'un encroutement (photo n° 29) ou concrétions. A plusieurs endroits, ce salpêtre cristallise en "feuilles de corinthe" (fig. n° 25)

* Publié en 1901 par l'abbé F. Uzureau. p. 31.

fig n° 25



CRISTALLISATION DU SALPETRE

Au-dessus des parois, ou affleure le salpêtre et il y a une couverture végétale importante, basse et non entretenue (le rebord de la falaise), ne favorisant pas spécialement la présence des produit organiques ammoniacués.

Ce qui est le plus impressionnant, c'est cette disparition de dépôts des nitrates par rapport aux siècles précédents.

La cause de ce changement pourrait se trouver dans l'exode rural qui frappe la région depuis fort longtemps (les fermes abandonnées en témoignent), ce qui réduit donc dans l'espace (tout en concentrant) la présence des déchets organiques (fumier) et donc les infiltrations ammoniacuées.

A certains endroits, autour des cuvettes souterraines, faisant affleurer la nappe phréatique, on enregistre la présence d'une fine croûte calcitique lisse, dure et de couleur orangée. La calcite sous le même aspect peut recouvrir certaines parois des gouffres d'effondrement.

Ce carbonate se trouve à des endroits qui sont en contact plus ou moins permanent avec une eau saturée en bicarbonate de chaux.

TUFFEAU AU MICROSCOPE POLARISANT

4'

ech. Bb X 10

tuffeau friable sableux .
(Montsoreau)

5'

ech. Ba X 10

tuffeau fossilifère dure.
(Montsoreau)

6'

ech. An X 10

tuffeau de la surface d'une
cave - la partie sombre
correspond a la surface
oxydée (glauconie).

7'

ech. Ba X 100

les grains de quartz et de
glauconie se trouvent noyés
dans une masse constituée de
spherules d'opale recouverts
de carbonates.

8'

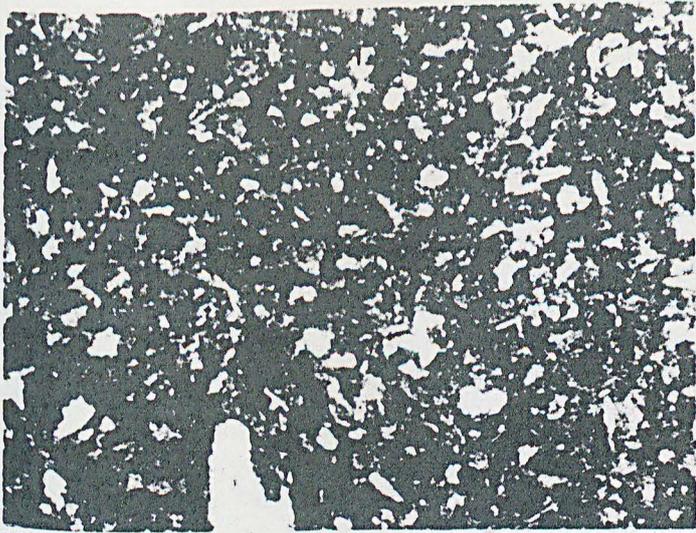
ech. Ag X 10

coupe d'une croute de la
surface d'une cave de la
Coulée de Nerveau- tuffeau
enrichi en CaCO_3 .

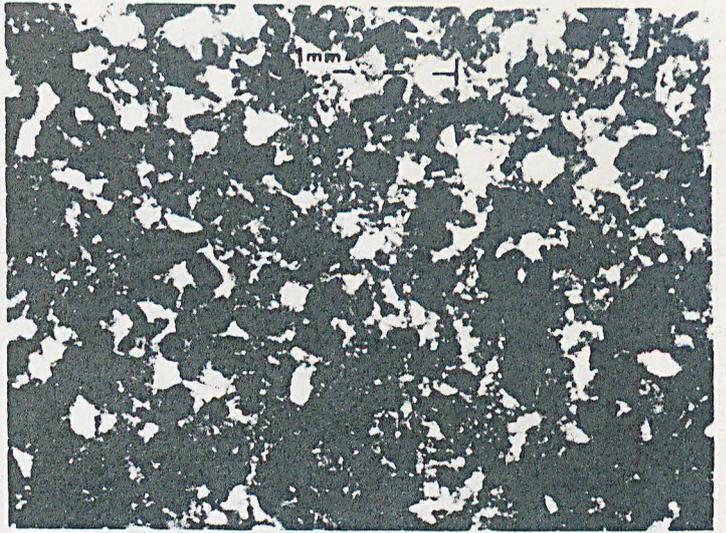
9'

ech. Ac X100

cristalisations d'hydrocarbonates
(calcin) dans une fissure dans
le tuffeau.



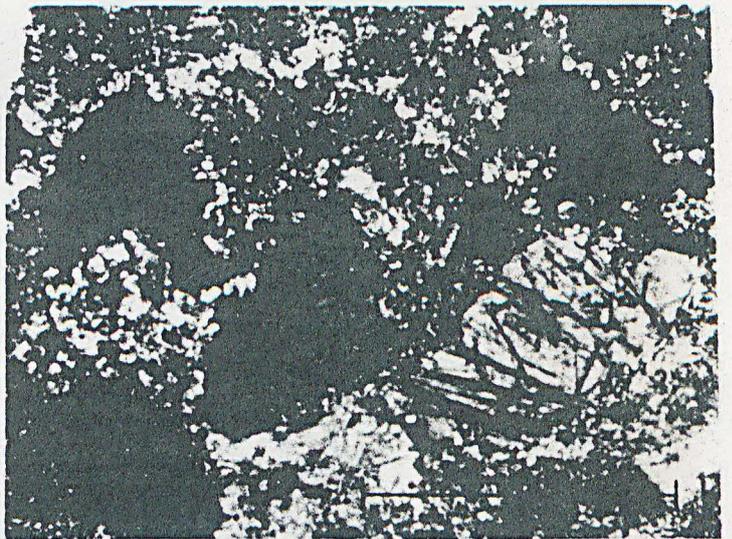
4'



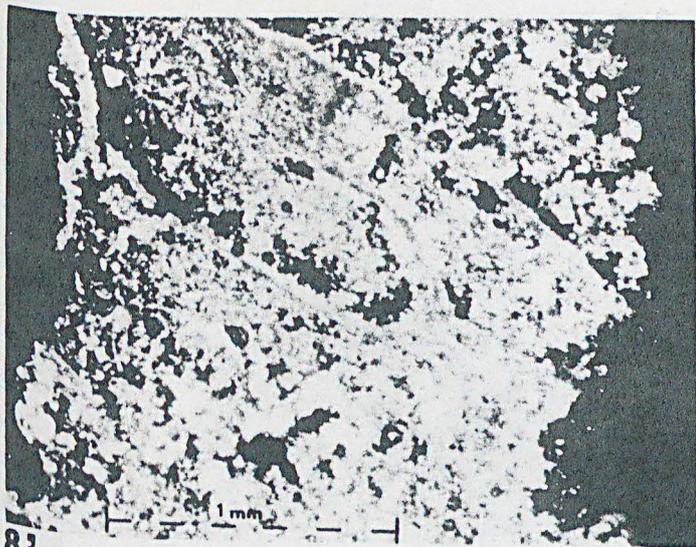
5'



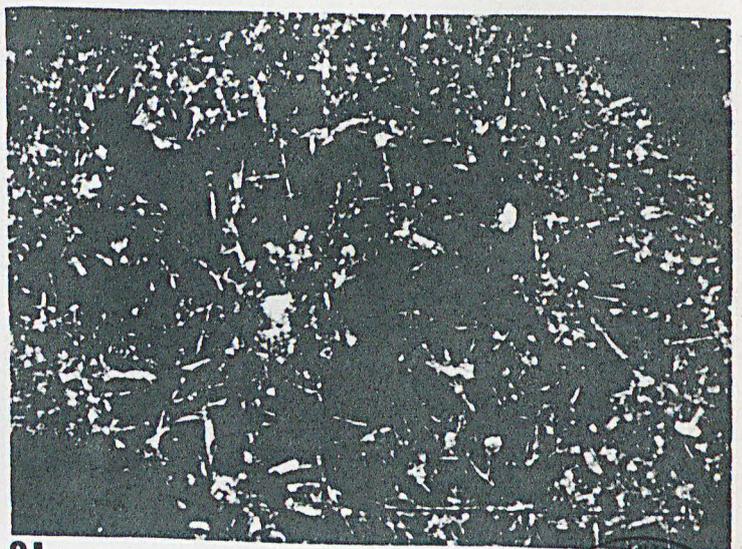
6'



7'



8'



9'



Photo n° 29

- concretions du salpêtre (Souzay).

Photo n° 30

- concretions en chou-fleurs (?).

Photo n° 31

- croute sur la paroi d'une cave dans le tuffeau.
(St Pierre en Vaux)

Photo n° 32

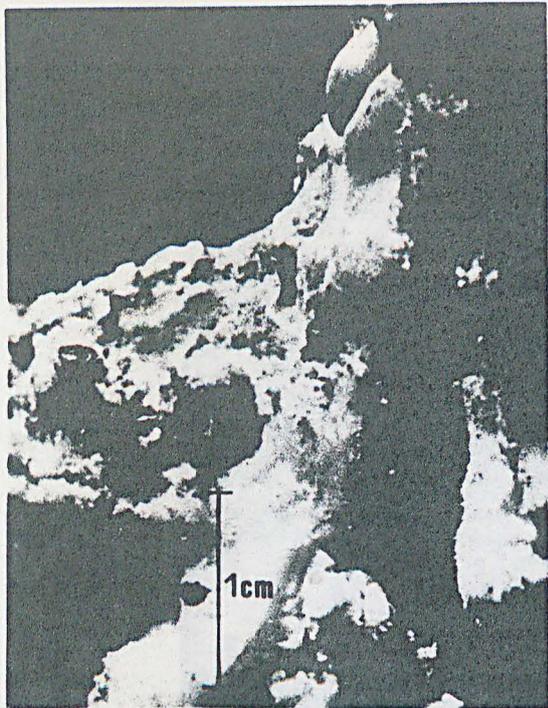
- comme n° 31

Photo n° 33

- petite poche karstique dans les faluns (la Touche).

Photo n°34

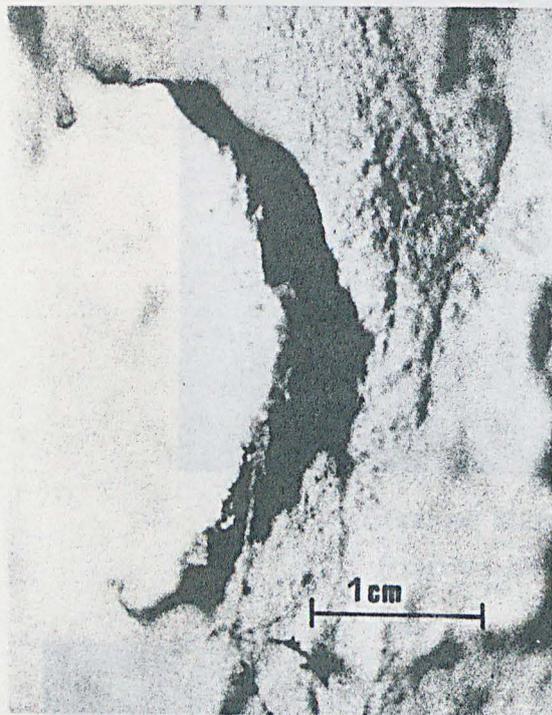
- poche karstique dans la falaise turonienne (Turquant).



29



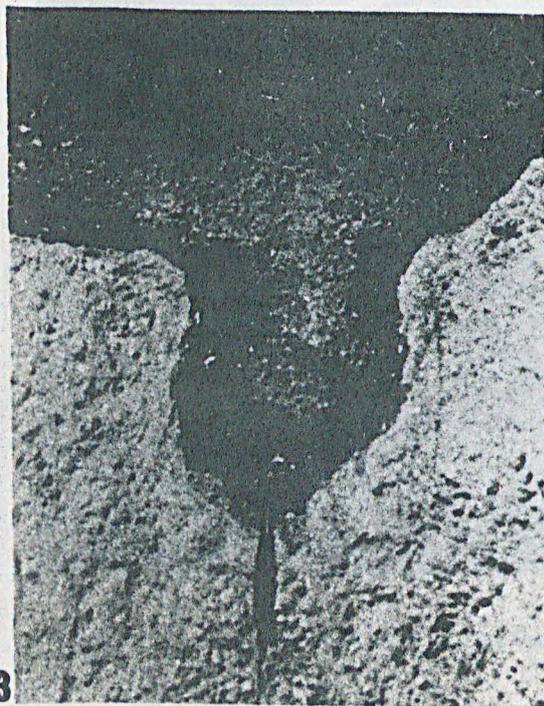
30



31



32



33



34

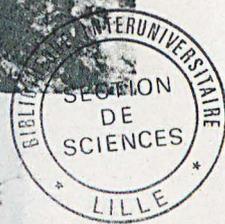




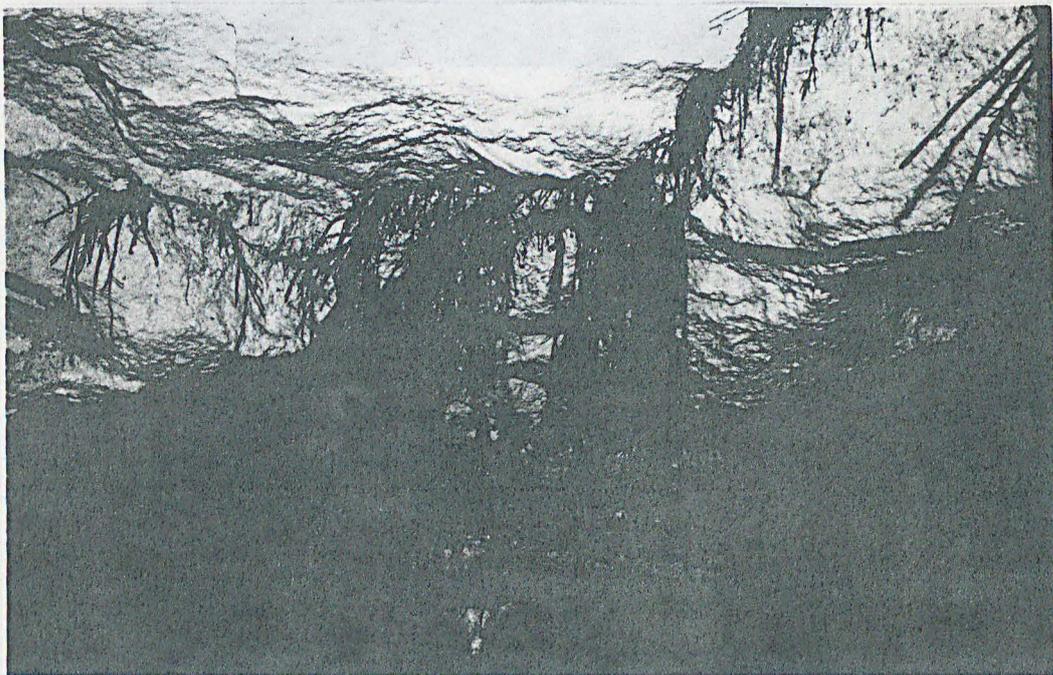


Photo n° 41

fissure dans les faluns
(oxydes de fer)



Photo n° 42



chevelu de racines- souterrain refuge

(la Cave Forte)

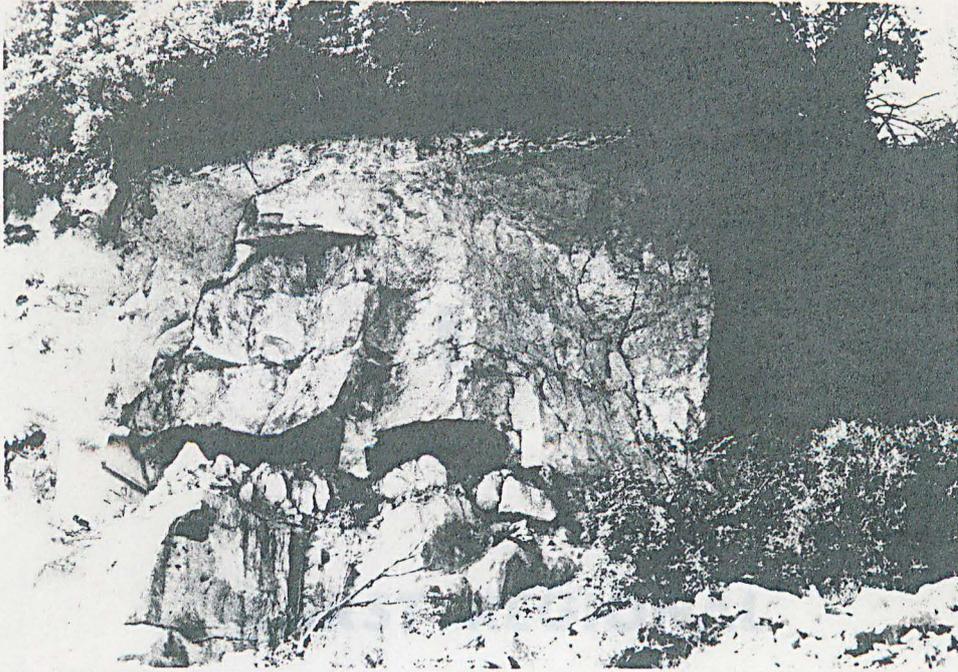




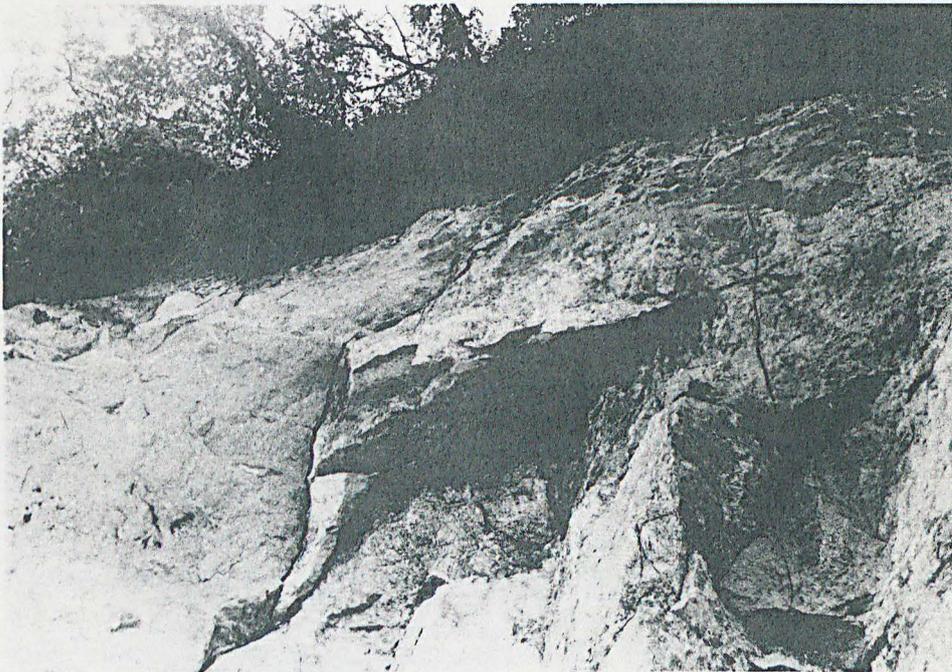
mauvais état de la falaise
Dampierre







éboulement de la falaise à Montsoreau



fissure dans la falaise éboulée
Montsoreau



La karstification des roches carbonatées est conditionnée tant par la présence d'une eau suffisamment riche en CO_2 pour attaquer les carbonates, et par l'importance quantitative des carbonates (eaux contenues dans la roche (> 75 % de CaCO_3 subir une karstification efficace).

IX

Le CO_2 peut provenir :

- de l'air, lequel contient en moyenne 0,03 % de CO_2 et près du double dans les zones humides.
- de la couverture végétale vivante ou en décomposition (il se dégage de la forêt produit en moyenne de 500 à 600 kg de CO_2 à l'heure).
- de l'humus qui produit par l'intermédiaire des racines le CO_2 biologique (acide carbonique) et surtout des bactéries du sol qui produisent près de 2 à 5 kg de CO_2 par heure (W. Schumacher 1960).
- du sous-sol rocheux en fait de nombreux processus géochimiques.

La dissolution du CO_2 dans l'eau dépend de la pression atmosphérique et surtout de la température. Plus

l'eau est froide, plus elle absorbe le CO_2 :

- à 0,5 °C, l'eau absorbe 1,01 ml/l. de CO_2 ;

- à 25 °C, l'eau absorbe 0,43 ml/l. de CO_2 .

Le rôle du CO_2 dans l'eau est très important. Les carbonates sont difficilement solubles dans l'eau pure. Le CO_2 se liant avec l'eau donne l'acide carbonique (H_2CO_3) capable de dissoudre le carbonate de chaux (voir II-3 - Hydrogéologie).



La karstification des roches carbonatées est conditionnée tant par la présence d'une eau suffisamment riche en CO_2 pour attaquer les carbonates, et par l'importance quantitative des carbonates de chaux contenus dans la roche ($> 75\%$ de la CaCO_3 Pour subir une karstification efficace).

Le CO_2 peut provenir :

- de l'air, lequel contient en moyenne $0,03\%$ de CO_2 et près du sol même 10% .
- de la couverture végétale vivante ou en décomposition (1 ha de forêt produit en moyenne de 500 à 600 kg de CO_2 à l'heure).
- de l'humus qui produit par l'intermédiaire des racines le CO_2 biologique (acide carbonique) et surtout des bactéries du sol qui produisent près de 2 à 5 kg. de CO_2 par heure (W Schumacher 1960).
- du sous-sol rocheux du fait de nombreux processus géochimiques.

La dissolution du CO_2 dans l'eau dépend de la pression atmosphérique et surtout de la température. Plus l'eau est froide, plus elle absorbe le CO_2 :

- à $0,5^\circ\text{C}$, l'eau absorbe $1,01\text{ mg/l. de } \text{CO}_2$
- à 25°C , l'eau absorbe $0,45\text{ ml/l. de } \text{CO}_2$.

Le rôle du CO_2 dans l'eau est très important. Les carbonates sont difficilement solubles dans l'eau pure. Le CO_2 se liant avec l'eau donne de l'acide carbonique (H_2CO_3) capable de dissoudre le carbonate de chaux (chap. II-3 - Hydrogéologie).

1 - KARST DANS LE TUFFEAU

Le tuffeau en Anjou contient, comme le montre le tableau n° 6, en moyenne de 40 à 60 % du CaCO_3 , ce qui le prédispose peu à subir une karstification. Mais étant donné que le Turonien dans la région enregistre de très fortes variations de faciès, il lui est possible par endroit, de connaître des phénomènes karstiques. Il est probable aussi que ce soit un karst témoignant des conditions hydrogéologiques et climatiques plus favorables pour une telle évolution que celles qui règnent aujourd'hui.

Il se peut aussi que le creusement très ancien des galeries souterraines a modifié les conditions hydrogéologiques (par assèchement) du massif rocheux et par là même stoppé la karstification.

Le Turonien dans la région porte un aquifère perché par rapport à la vallée de la Loire. De ce fait, il enregistre une circulation d'eau relativement faible, mais très régulière (chap. III-3 - Hydrogéologie).

Les formes karstiques dans le tuffeau sont relativement rares : Il faut cependant signaler quelques éléments rencontrés sur le terrain :

- Dans la carrières du "musée du champignon" à St-Hilaire, on peut apercevoir une très belle section ovoïdale de petite taille témoignant d'une ancienne circulation sous pression en conduite forcée (photo n° 6)
- Entre Saumur et Montsoreau, la falaise Turonienne présente, à Parnay, trois belles poches karstiques (photo n° 34). Elles sont assez profondes et comportent un matériel de remplissage argileux légèrement lité, clair à la base et sombre dans la partie supérieure.

A ce niveau, on remarque une circulation horizontale de carbonates passant invariablement du tuffeau à travers la poche (l'étude du matériel de remplissage reste à faire).

Il semble évident, vu l'importance des poches, que pendant le creusement des galeries, il devait se produire une "rencontre" entre le carreyeur et une poche vidant son matériel dans la galerie souterraine. Mais personnellement, je n'ai jamais rencontré de cheminées dans les toits des carrières ayant pour origine une poche karstique.

Les très beaux avens de Souzay-Champigny, malgré leur similitude avec les gouffres d'effondrement, représentent une famille karstique à part - celle de l'anthropo-karst, développé dans le chapitre VIII-1 et X-1.

Les caves de la Coulée de Nerveau (St-Pierre en Vaux) font apparaître dans le tuffeau des fissures larges de plusieurs centimètres, obliques et parfois même sub horizontales, remplies d'un matériel meuble, comprenant de très nombreux grumeaux argileux gris foncé, souvent cubiques avec des angles bien marqués.

Le tuffeau correspond ici à une gaize décrite dans le chap. VI.1.

Dans le tuffeau proche de la fissure deux minéraux argileux prédominent : la smectite et l'illite (tableau n° 13). Sur le diagramme de diffraction on note la présence de la clinoptilolite * (raie proche de 9 \AA) (diag. n° 3).

* une zéolite - alumino-silicate, calcique ou alcalin, dont la trame contient des molécules d'eau.

La clinoptilolite est signalée dans la région dans les Marnes du Cénomanién supérieur et dans le tuffeau blanc du Turonien moyen. Les auteurs * pensent que l'origine de la clinoptilolite ne se trouve pas dans un éventuel matériel pyroclastique, mais plutôt dans certaines conditions paléogéographiques et en particulier paléoclimatiques.

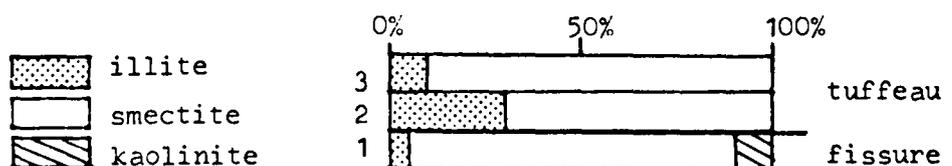
M. J. LOUAIL (1979) signale que cette zéolite a une localisation préférentielle avec les dépôts à smectites et opales (ce qui est le cas ici). Ce minéral se présente en cristaux automorphes dans les pores de dissolution. La néoformation des zéolites peut s'effectuer postérieurement au dépôt par évolution diagénétique (J. Louail 1979).

Les argiles remplissant la fissure comportent, comme la roche encaissante des smectites et des illites (diag n°1) (tableau n° 13). On note cependant la disparition de la clinoptilolite et l'apparition de la kaolinite. Ceci concorde avec l'affirmation de J. Louail (1979) que les zéolites ne sont jamais abondantes dans les échantillons riches en kaolinite.

La présence de la kaolinite confirme l'origine en partie karstique de la fissure, laquelle fut agrandie par les infiltrations d'eau. Ces infiltrations ont altérées la roche en éliminant la clinoptilolite et en apportant la kaolinite provenant de l'altération superficielle sous un climat chaud et humide.

Cependant, il reste un problème pour le moment non résolu - celui de la formation de grumeaux argileux, purs, anguleux pouvant atteindre la taille centimétrique.

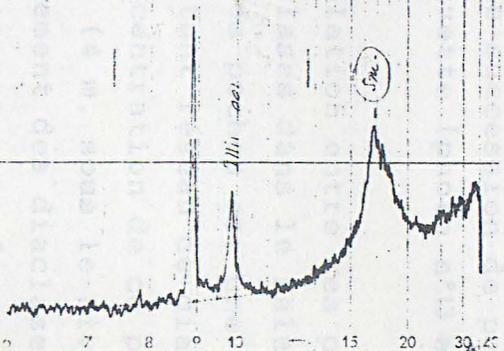
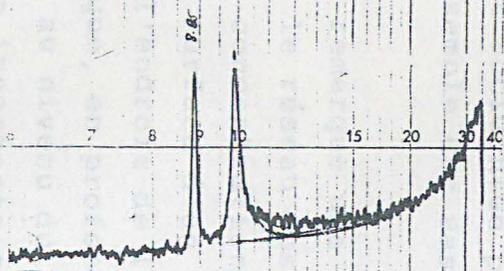
tabl n° 13



* Estéoule J; et al. (1971)

Tuffeau de la "ferme à Veche" - St Pierre en Vaux

Très calcaire - couleur argile = vert-rouille.



FRACTION ARGILEUSE
 N° ECH. B.D.
 TRAITEMENT: G.C.H.
 A.O.
 RÉGLAGE: V.B.
 DATE: 1-87

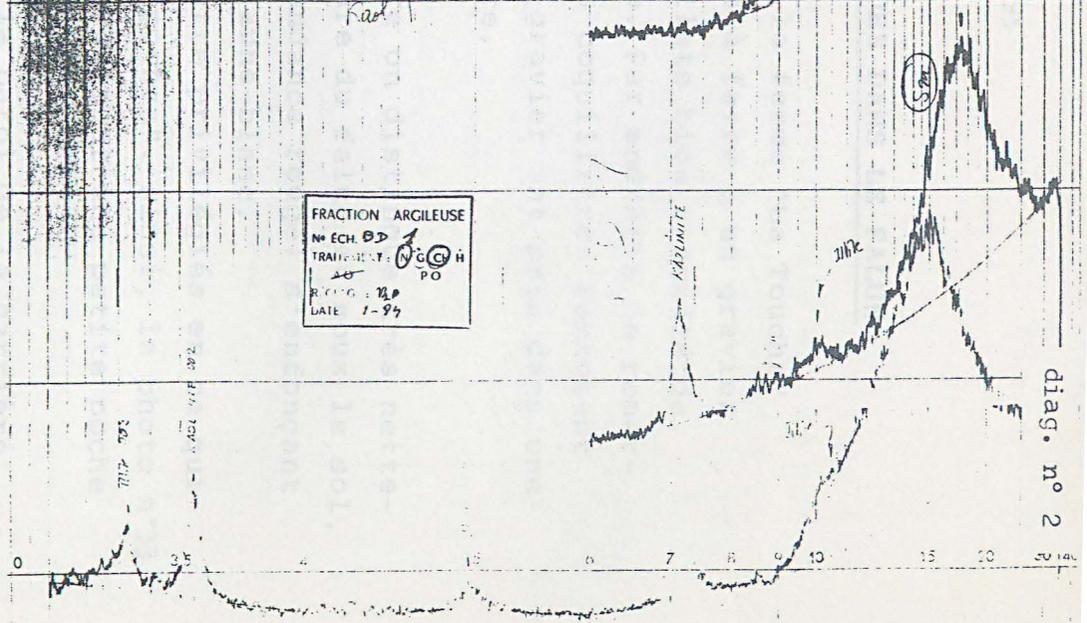
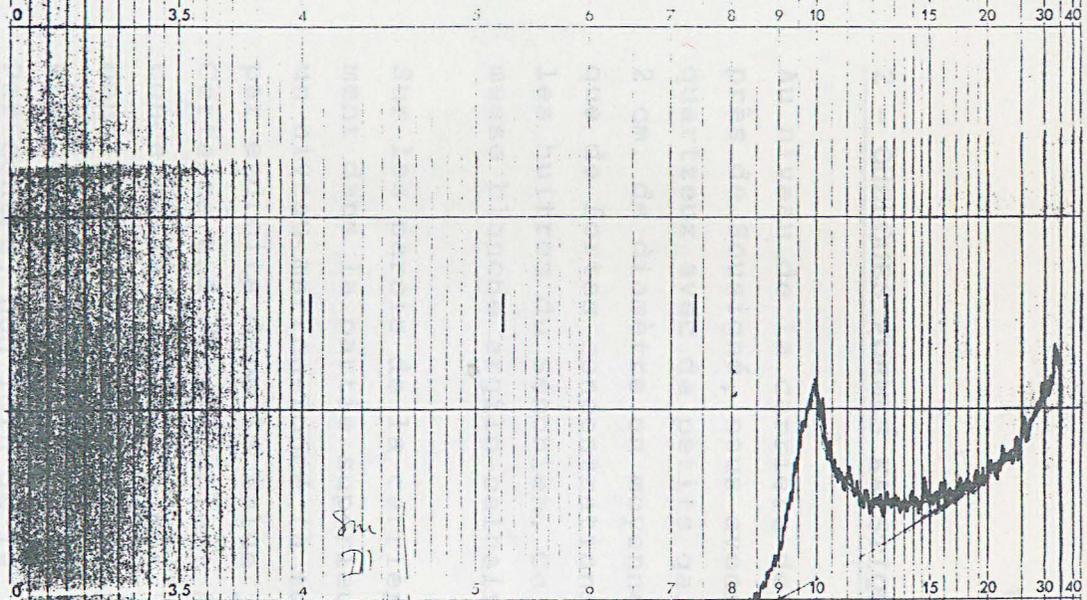
Reflexion 2θ = 3.21 [Feldsp. K.Mn]
 11.12.2012

diag. n° 3

2



Argile de Champagne
 Peu calcaire - couleur argile = beige.



FRACTION ARGILEUSE
 N° ECH. B.D.
 TRAITEMENT: G.C.H.
 A.O.
 RÉGLAGE: V.B.
 DATE: 1-97

diag. n° 2

1

2 - QUELQUES FORMES KARSTIQUES DANS LE FALUN

Au niveau de la carrière de la ferme "La Touche" près de Sousigné, nous avons à faire à un gravier quartzeux avec de petits gallets bien arrondis de 2 cm. de diamètre en moyenne. Par endroits on remarque de fortes concentrations coquillières remaniant les huitres du Sénonien. Ce gravier est pris dans une masse blanche argilo-calcaire.

Sur les parois de la carrière on distingue très nettement dans la partie supérieure du falun et sous le sol, un niveau marron-foncé (à tendance rouge) s'enfonçant par endroits dans le falun jaune-blanc. Certains endroits semblent être privilégiés en ce qui concerne la densité de ces "poches". Ainsi, la photo n°33 nous montre une paroi avec seulement une petite poche profonde de 40 cm.

Par contre, non loin de là, la paroi de la carrière est accidentée par une succession de poches formant ensemble une vaste cuvette (photo n°13 et fig n° 26).

On remarque une corrélation entre ces poches karstiques et le réseau des diaclases dans le falun. Effectivement la concentration de ces poches est une manifestation de surface d'un important réseau de diaclases.

A l'endroit de la concentration de ce phénomène Karstique, en profondeur, (4 m. sous le niveau du sol) et au niveau du croisement des diaclases, se développe une importante cavité apparue en faveur d'un éboulement du plancher de la carrière (photo n° 13)

Les diaclases de la salle effondrée se retrouvent sur le mur de la carrière pour se fondre avec les poches.

A partir de la salle principale de cette cavité (en partie effondrée) partent dans plusieurs directions de petites galeries larges de moins d'un mètre

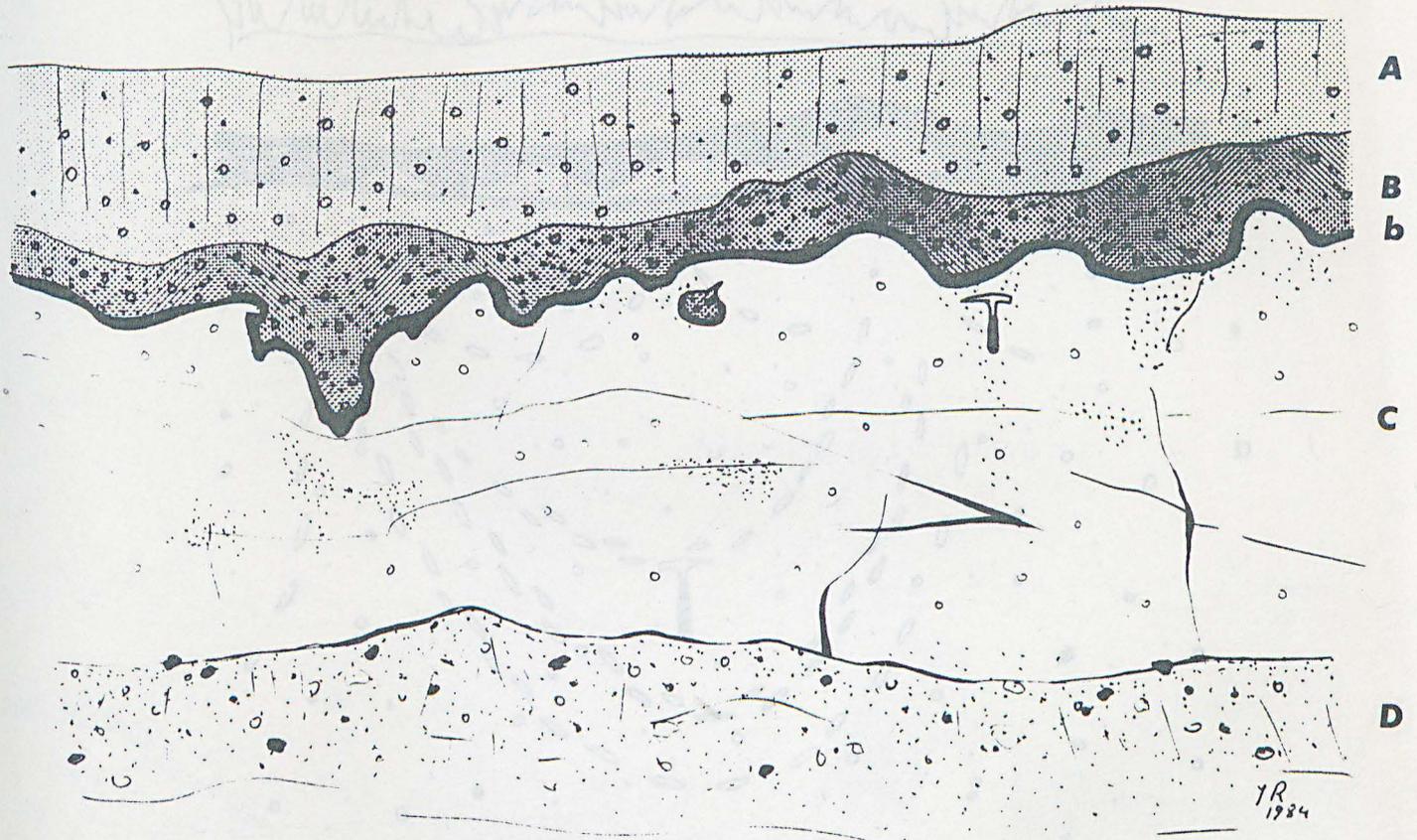
. Le sol est fortement surélevé par la présence d'un matériel détritique important et la prospection doit se faire à plat ventre.

Le falun repose ici sur une couche imperméable comme le témoigne la présence d'un étang dans une carrière voisine. Cette couche bloquant les infiltrations verticales, impose un écoulement horizontal, lequel en exploitant les zones fragilisées par le réseau des diaclases, a donné naissance à ce karst dans les faluns unique à ma connaissance.

Au niveau de poches karstiques, il faut remarquer que la plus grande partie du matériel reste en place (graviers quartzeux), il n'y a que la matrice argilo-calcaire qui subit une décalcification.

Quelques phénomènes secondaires sont à signaler dans cette carrière :

- un encroulement ferrugineux dans la partie supérieure du falun. (fig. n° 27).
- une cryoturbation quaternaire (fig. n° 27).
- présence des os fossiles, noirs, vitrifiés et roulés appartenant aux vertébrés de l'helvétien.



**COUPE DES POCHES KARSTIQUES DANS LES FALUNS
SUR UNE PAROI DE LA CARRIERE DE LA TOUCHE**

- A - Falun ayant subi une forte pédogénèse
- B - Poches karstiques (graviers rouges)
- b - La base des poches fortement rubéfié
- C - Falun (Faciès Pontilévien) fortement diaclasé
- D - Eboulis.

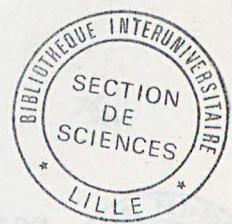
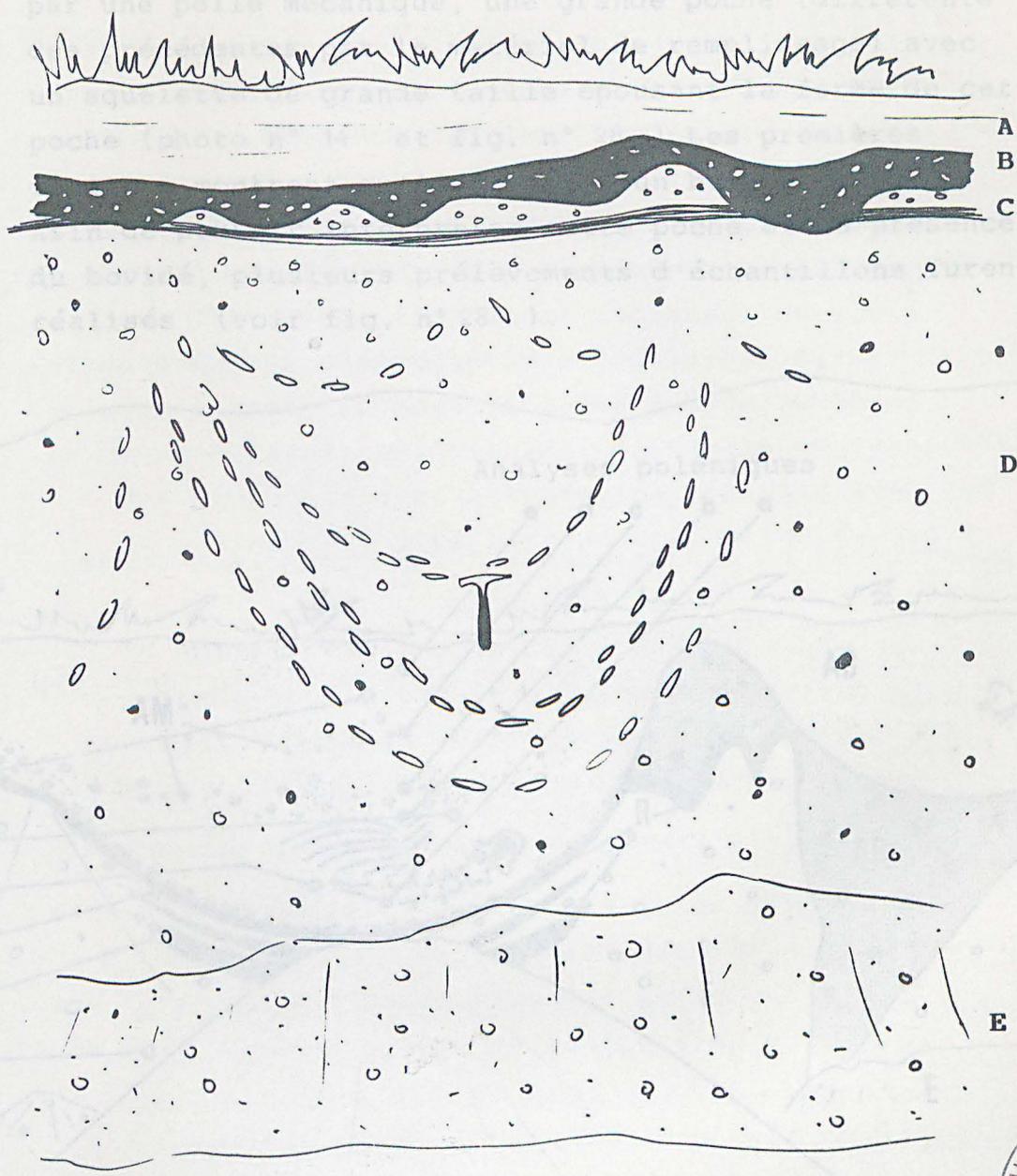


PAROI DE LA CARRIERE DES FALUNS - LA Touche -

A - Sol, B - Falun rubéfié, C - Ecroulement ferrugineux,
D - Cryoturbation quaternaire dans le falun (graviers),
E - Eboulis.

3 - UN NOYAU DANS UNE "POCHE"

Juste à l'entrée de cette carrière, est apparue, dégagée par une pelle mécanique, une grande poche (différente



J.R. 1984

COUPE DE LA POCHÉ KARSTIQUE AVEC LE SOULETTE D'UN NOYAU

Carrière de faluns de la zone "La Touche"

(fouilles 1983-84)

PAROI DE LA CARRIERE DES FALUNS - La Touche -

- A - Sol, B - falun rubéfié, C - Encroustement ferrugineux,
- D - Cryoturbation quaternaire dans le falun (graviers),
- E - Eboulis.

Bases des poches fortement rubéfiées + "croissants" rubéfiés dans les faluns.

3 - UN BOVIDE DANS UNE "POCHE"

Juste à l'entrée de cette carrière, est apparue, dégagée par une pelle mécanique, une grande poche (différente des précédentes par le matériel de remplissage) avec un squelette de grande taille épousant la forme de cette poche (photo n° 14 et fig. n° 28). Les premières fouilles montrent qu'il s'agit d'un bovidé.

Afin de pouvoir interpréter cette poche et la présence du bovidé, plusieurs prélèvements d'échantillons furent réalisés (voir fig. n° 28).

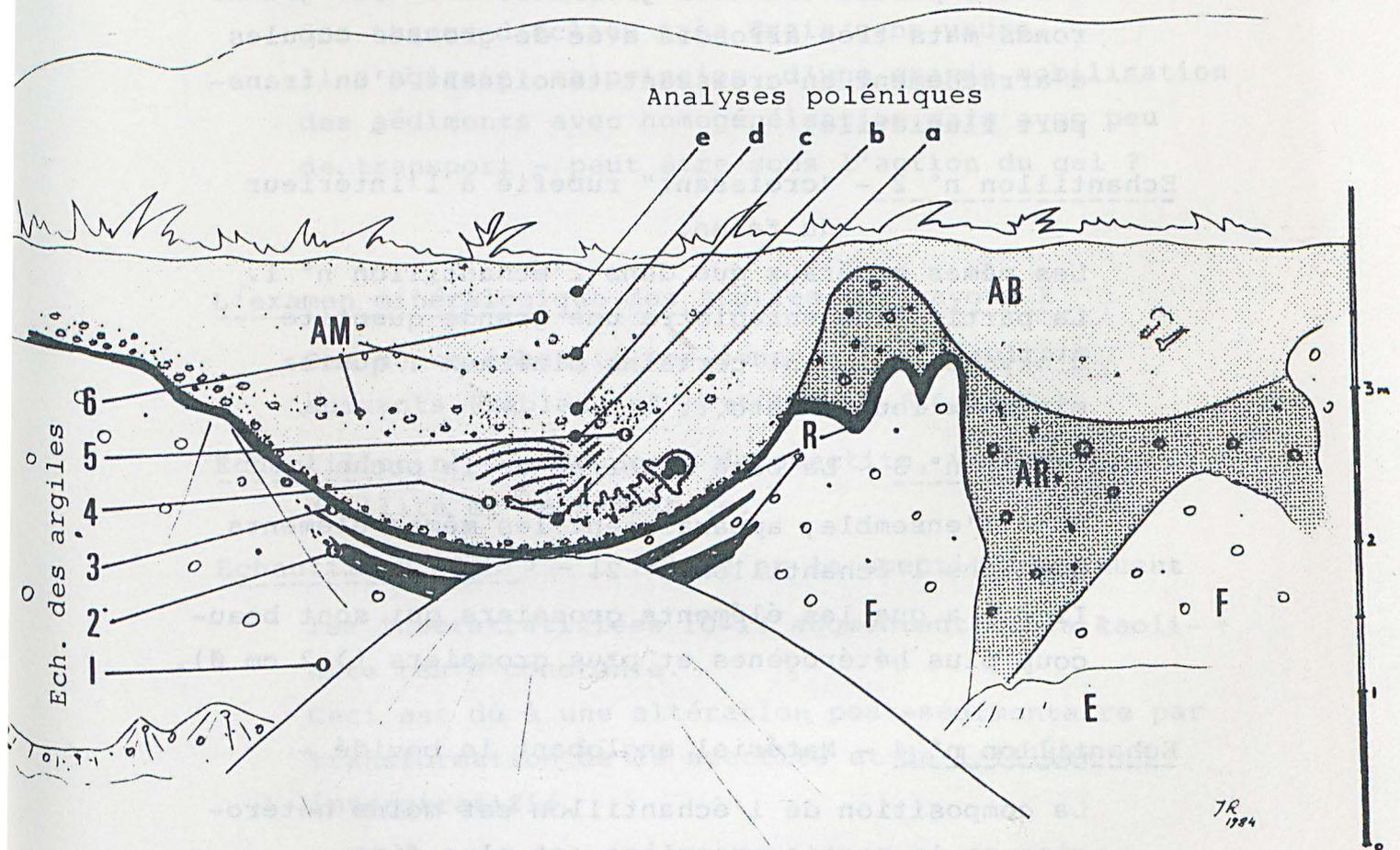


Fig.n° 28

COUPE DE LA POCHE KARSTIQUE AVEC LE SQUELETTE D'UN BOVIDE

Carrière de faluns de la ferme "La Touche"

(fouilles 1983-84)



- AB - Argiles beiges (sans galets)
- AM - Argiles marrons (avec quelques galets)
- AR - Argiles rouges englobant le matériel des faluns (graviers rouges)
- E - Eboulis.
- F - Faluns (graviers).
- R - Bases des poches fortement rubéfiées + "croissants" rubéfiés dans les faluns.

L'examen mesoscopique donne des résultats suivants :

Echantillon n° 1 - Falun en place non altéré.

Matériel essentiellement quartzeux granulométriquement divisé en deux fractions : une très fine avec des quartz émoussés, luisants ou ronds-mats, avec quelques minéraux lourds, de phyllosilicates grossiers et quelques grains de glauconite (ce qui exclu un transport important).

L'autre partie est très grossière avec des grains ronds-mats très arrondis avec de grosses cupules d'arrachement en croissant témoignant d'un transport fluvial.

Echantillon n° 2 - "croissant" rubefié à l'intérieur du falun.

Les mêmes minéraux que dans l'échantillon n° 1. La partie fine enregistre une grande quantité d'oxydes englobant certains minéraux : quartz, minéraux lourds etc...

Echantillon n° 3 - La base rubéfiée de la poche -

Dans l'ensemble, apparaissent les mêmes éléments que dans l'échantillon n° 2.

Il n'y a que les éléments grossiers qui sont beaucoup plus hétérogènes et plus grossiers (> 2 cm Ø).

Echantillon n° 4 - Matériel englobant le bovidé -

La composition de l'échantillon est moins hétérogène et la partie grossière est plus fine (< 1 cm. Ø) que dans l'échantillon précédent. La composition minérale est identique à celle des échantillons n° 2 et 3. Il n'y a que la glauconite qui est absente.

Il s'agit donc en principe d'une remobilisation ménagée du sédiment de base - destruction de la glauconite pendant le transport, mais les quartz n'enregistrent pas de cassures résultant de chocs subits pendant le transport.

Echantillon n° 5 - La même chose que le n° 4 -

Echantillon n° 6 - remplissage superficiel de la poche

Le matériel enregistre un triage granulométrique très faible. Minéralogiquement, l'échantillon est très hétérogène.

Dans l'ensemble, on retrouve les mêmes minéraux que dans l'échantillon n° 3 et 4, mais leur aspect est différent.

Les quartz sont colorés (rose ou blanc) et portent des traces d'éclats très frais sans usure.

Il s'agirait, en principe, d'une grande mobilisation des sédiments avec homogénéisation mais avec peu de transport - peut être sous l'action du gel ?

L'examen minéralogique des argiles aux rayons X

Ces mêmes échantillons donnent des résultats suivants (tableau n° 14 et diag n°4,5,6,7,8,9)

Echantillon n° 1 - Beaucoup de smectite, un peu d'illite et de kaolinite.

Echantillon n° 2-3 - L'illite et la smectite diminuent

les interstratifiées 10-14 augmentent et la kaolinite reste constante.

Ceci est dû à une altération post-sédimentaire par transformation de la smectite et de l'illite en interstratifié.

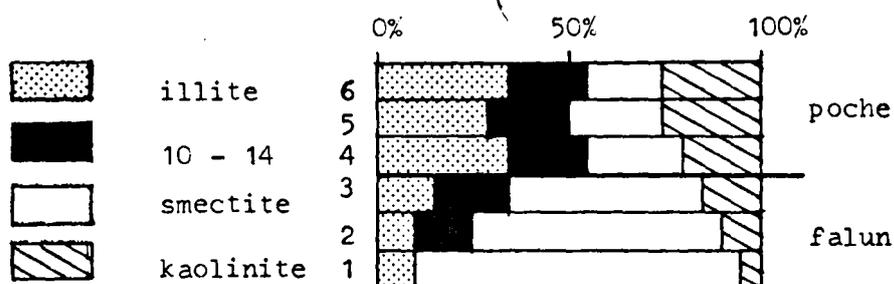
Echantillons n° 4 - 5 - 6 - La transformation de la smectite est encore plus poussée (en faveur des interstratifiés).

Indépendamment de cela, l'illite et la kaolinite augmentent (en provenance de l'altération de la roche mère ?)

Evolution des argiles dans la poche karstique du bovidé

Tableau n° 14

Echantillon	Smectite %	Illite %	kaolinite %	10 - 14 %
1	85	10	5	-
2	65	10	10	15
3	50	15	15	20
4	25	35	20	20
5	25	30	25	20
6	25	35	25	20



L'analyse palynologique du matériel de remplissage de la poche est plutôt décevante :

Echantillon_a - matériel essentiellement minéral -

Echantillon_b (n° 6 pour les argiles) - matériel avant tout minéral avec quelques "palynomorphes" non interprétables.

Echantillon_c - matériel plus riche en matière organique, mais pas de pollens.

Echantillons d et e - (n° 4 pour les argiles) -

Matériel minéral - aucune trace organique.

L'analyse polénique est un échec en raison d'un milieu fortement oxydant - éliminant les pollens.

INTERPRETATION

Deux interprétations peuvent être envisagées :

1 - S'agit-il d'une poche karstique ?

Les poches voisines résultent de la décalcification de la matrice des faluns sans déplacement du matériel graveleux. La poche du bovidé par contre, comporte un matériel de remplissage en apparence différent de celui des faluns (sans graviers).

Il présente une structure d'un dépôt sédimentaire bien stratifié (excluant en principe une intervention humaine) avec une altération du matériel croissante vers la surface.

L'enrichissement progressif vers le haut en kaolinite, illite et interstratifiés, suggère une altération in situ (tableau n° 14).

La base de la poche est soulignée par une couche du falun décalcifié et rubéfié avec une superposition de plusieurs "croissants" de même nature dans la masse même du falun blanc.

2 - S'agit d'une fosse ?

La poche du bovidé tronque très nettement la ligne du contact entre la poche décalcifiée et le falun. Son matériel de remplissage est différent de celui de l'ensemble des poches (décalcifiées) de la carrière.

Est-ce le résultat d'un creusement naturel ou anthropique ? La nature du falun sous la poche semble le démentir.

En ce qui concerne la datation dans l'état actuel des choses, la "fourchette" de l'estimation est large. N'ayant trouvé aucune trace anthropique, sauf dans la partie superficielle (quelques fragments de terre cuite non datés) et l'analyse pollinique ayant échoué il faut se référer au squelette.

Dans l'ensemble, les os donnent l'impression d'être relativement anciens, surtout que la moitié postérieure de l'animal est fortement écrasée et déformée (fig. n° 29 et photo n° 15).

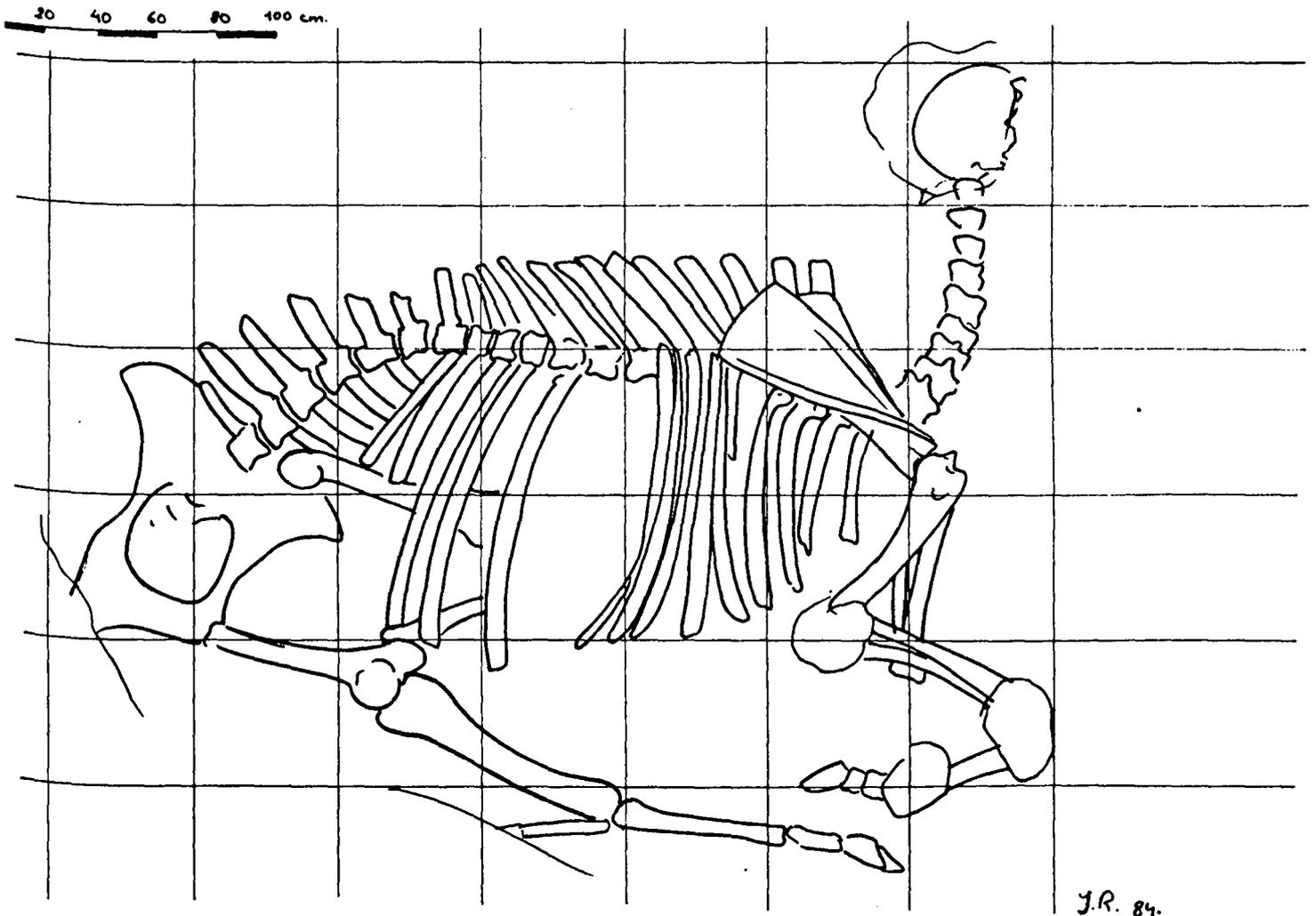
La mâchoire (cassée par la pelle mécanique) ne comporte aucune dent, (même pas de fragment), de même que les sabots sont inexistantes.

De l'autre côté, l'intérieur des os est relativement propre et ne présente aucun remplissage.

La couche superficielle (échantillon n° 6), par la présence d'éclats sur les quartz, peut faire penser à l'action du gel.

Dans ce cas, le bovidé serait du quaternaire relativement ancien. Dans cette même couche, on note la présence de quelques morceaux de terre cuite non identifiés ; ceci semble montrer que la couche superficielle est relativement récente et remanie seulement les éléments quaternaires.

Plus caractéristique pour la datation, serait l'évolution de la fraction argileuse vers le haut avec enrichissement progressif en Kaolinite et en illite, de même qu'une étude anatomique du bovidé. Mais ceci sort du cadre de cette étude.



RELEVÉ DU SQUELETTE DU BOVIDE DE LA POCHÉ KARSTIQUE DANS LE FALUN

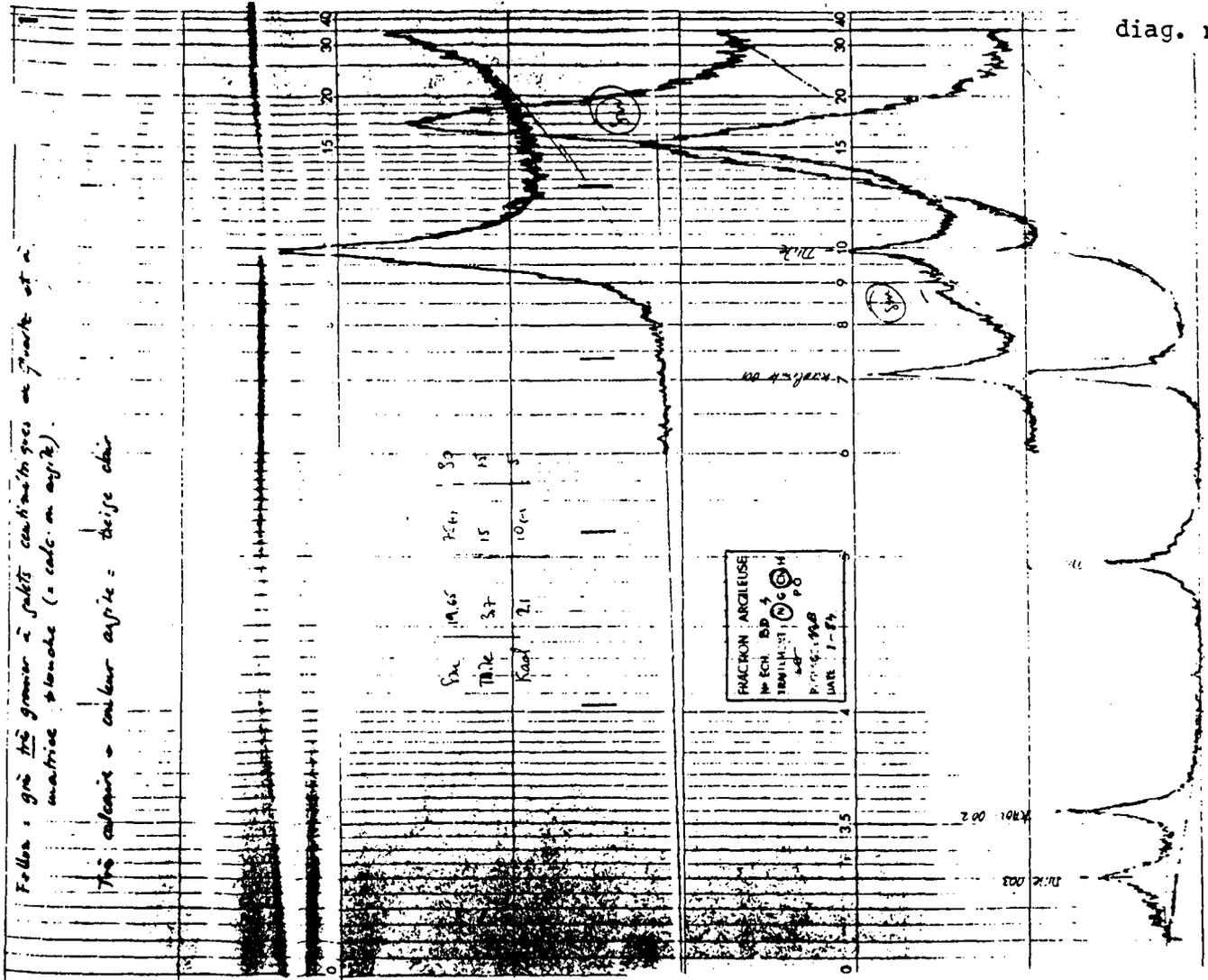
(Carrière de la Touche)

Folles : grès très grossier à sables carbonifères en fragments et en
matrices blanches (= calc. en argile).

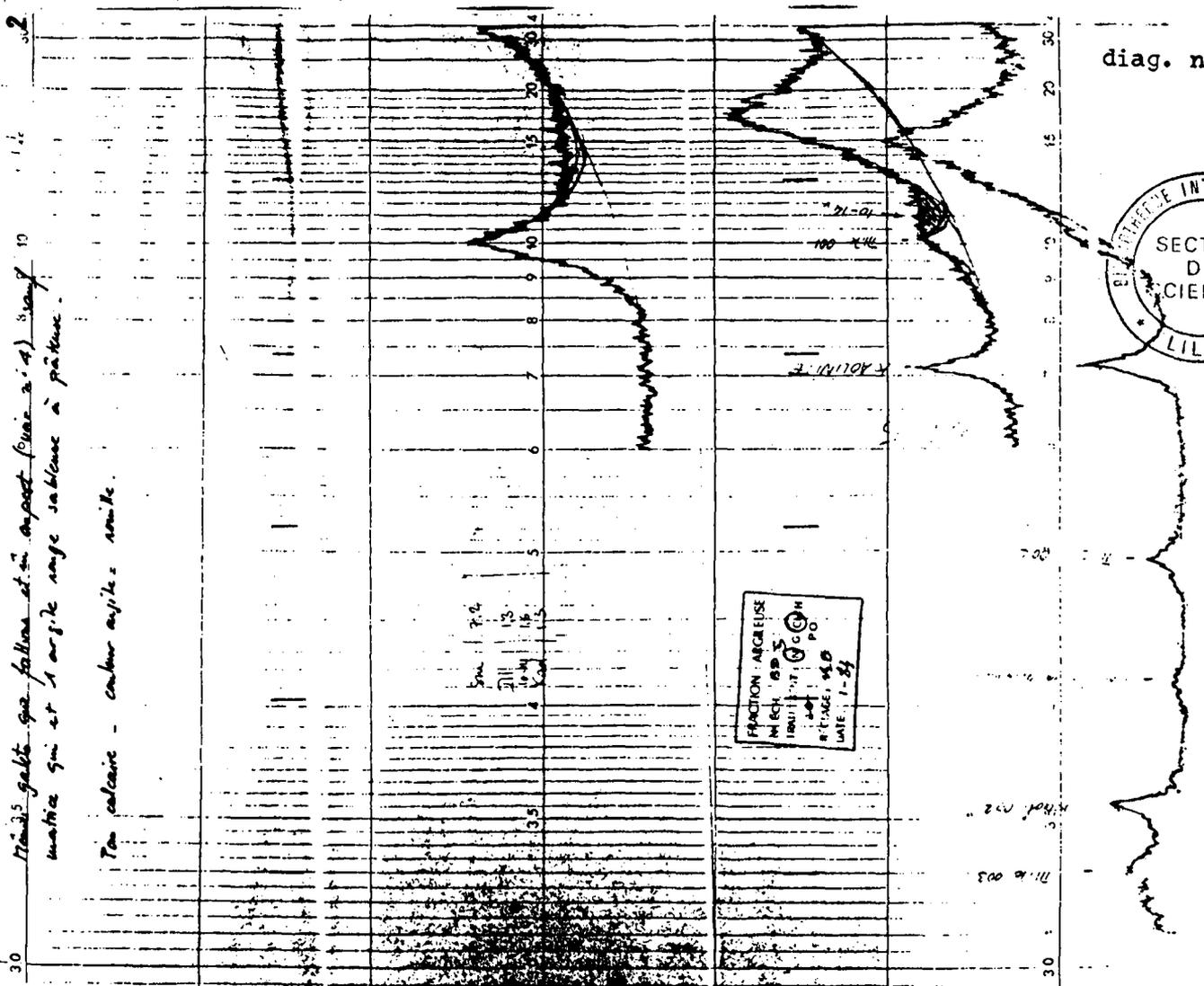
Très calcareux - couleur argile = beige clair

Très grossier - grès folieux et en fragments (sable à 1/4) sur un
matrice grise et argile rouge saumon à graineux.

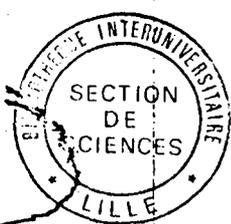
Très calcareux - couleur argile rosée.



diag. n° 4



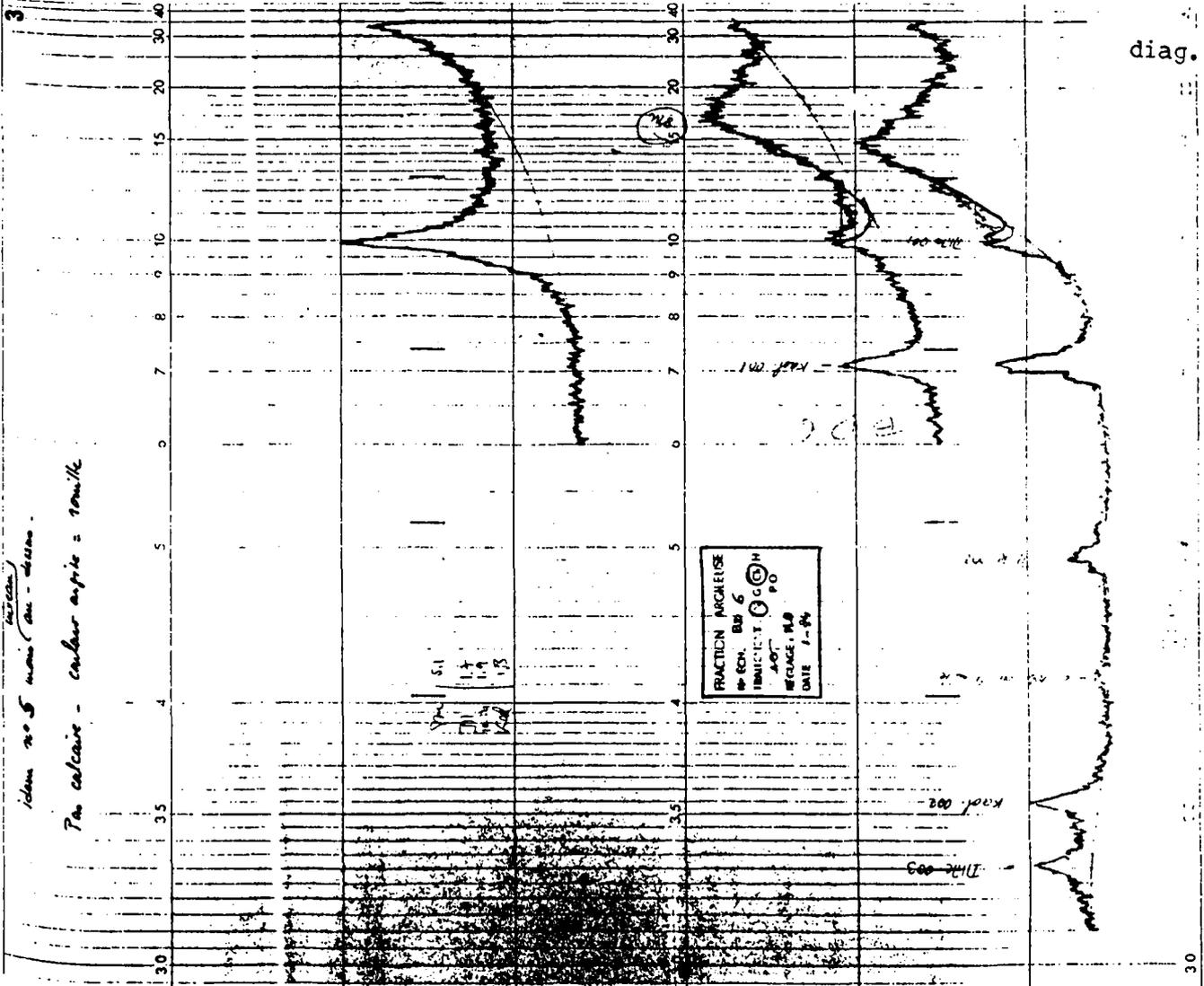
diag. n° 5





idem n° 5 mini au - desam.

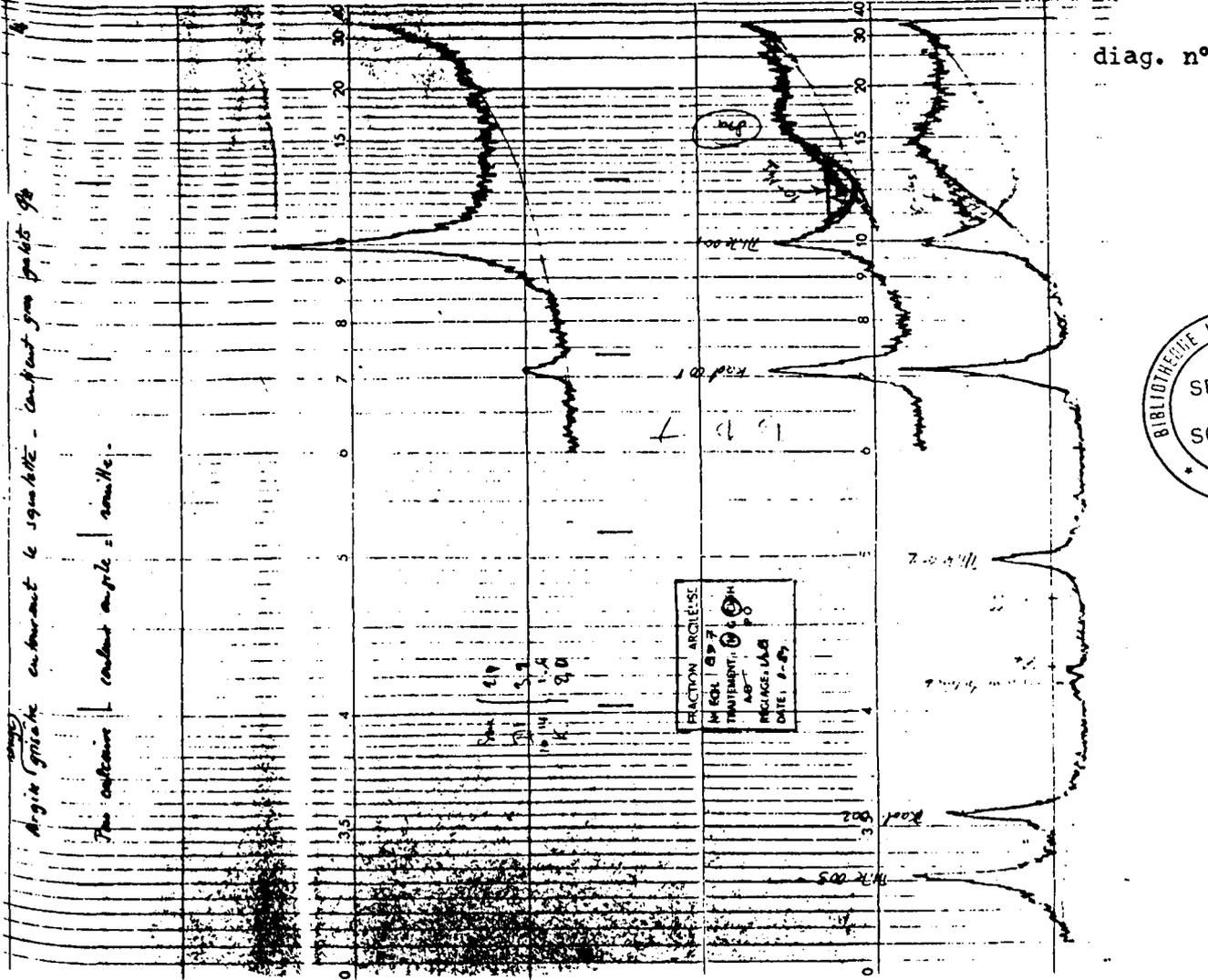
Tm calcare - carbon argyle = 10m/16



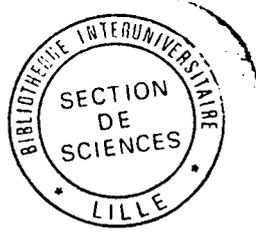
diag. n° 6

Argile grisee correspondant le squelette - compact gran finet 90

Tm calcare | carbon argyle = 10m/16



diag. n° 7



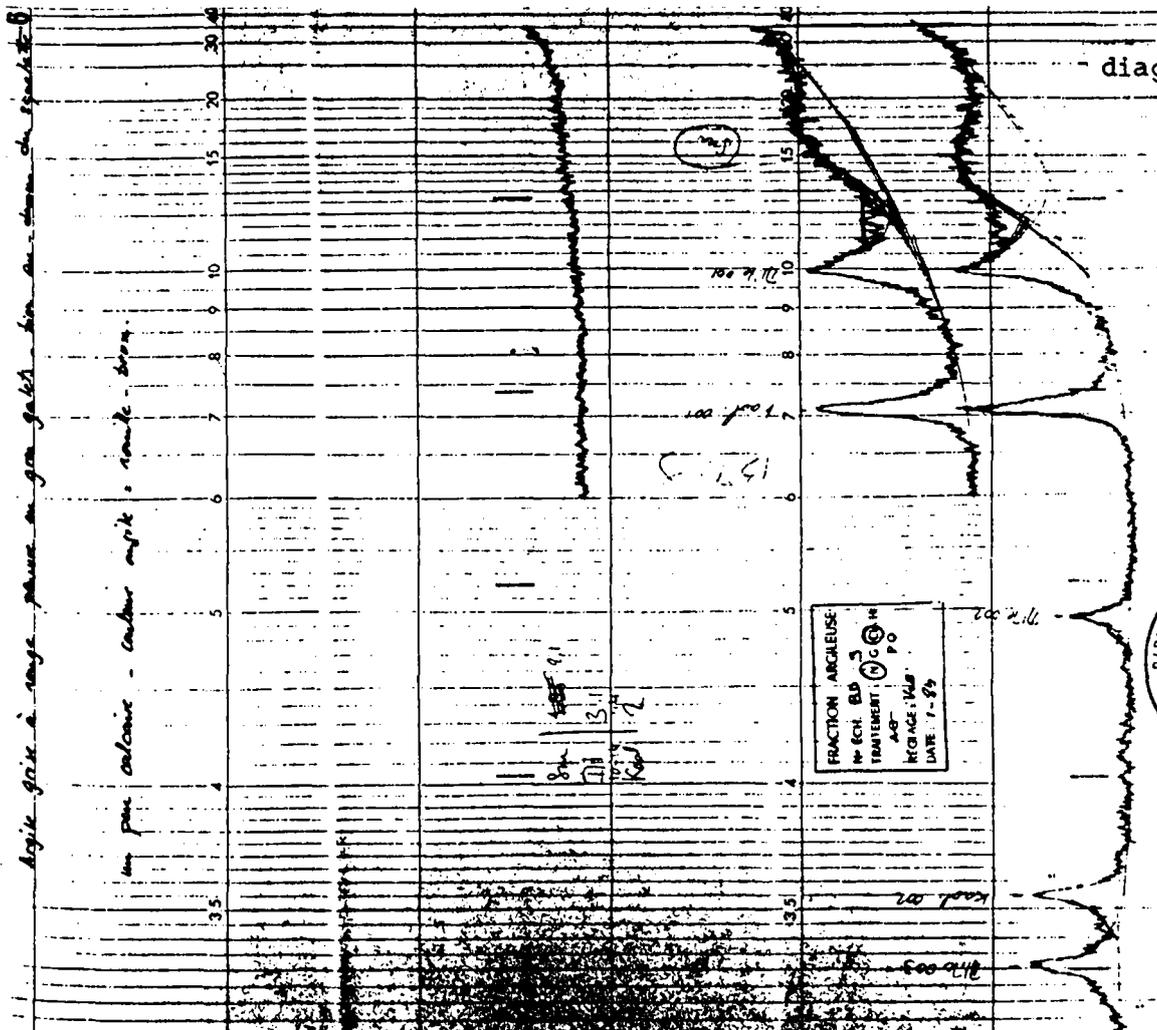
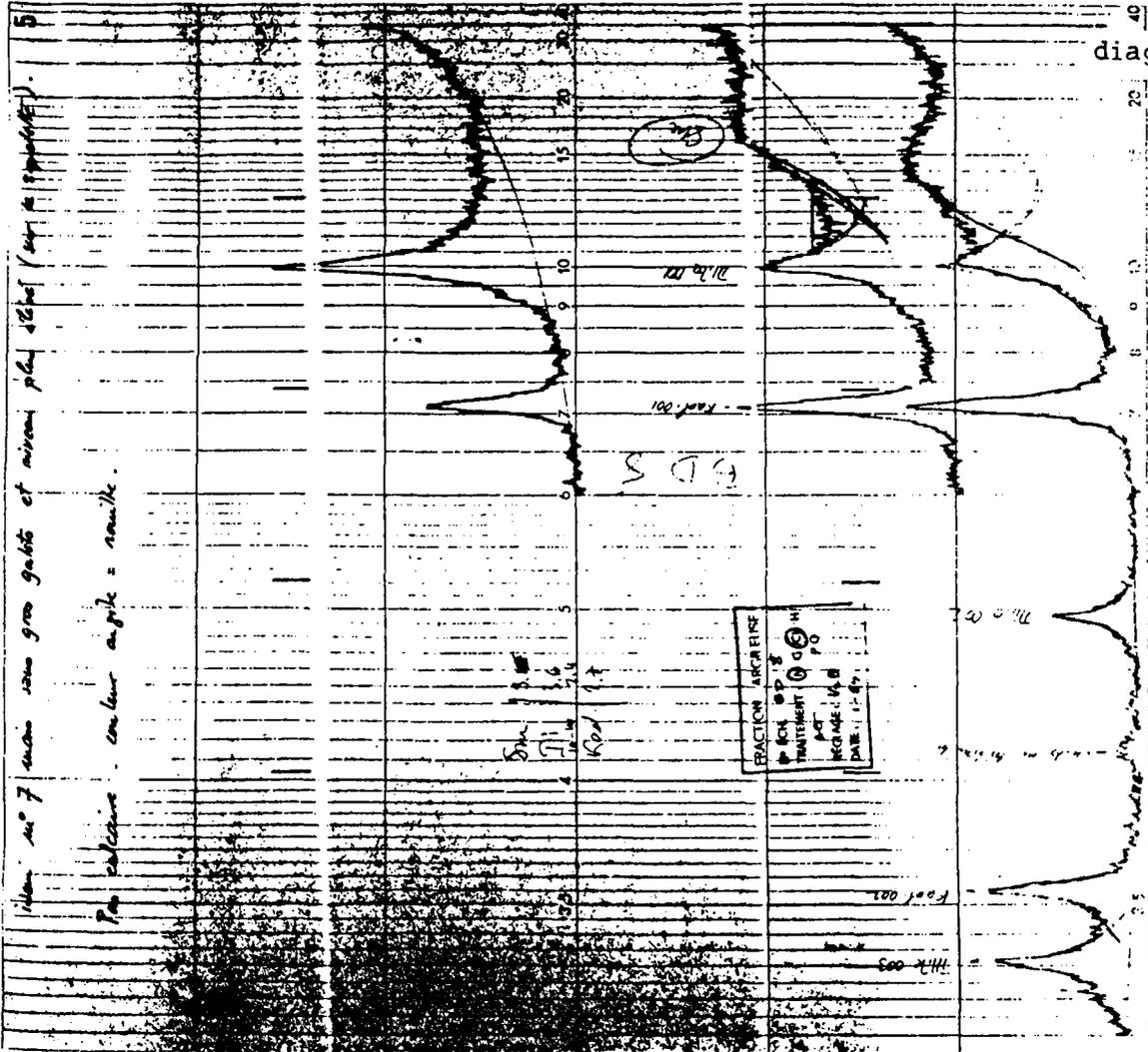


Photo n° 10

- entrée dans les carrières souterraines dans les faluns " la cathédrale" - Douces.

Photo n° 11

- entrée des carrières dans les faluns transformée en habitat - rue des Perrières Doué-la-Fontaine.

Photo n° 12

- l'intérieur des carrières dans les faluns à Douces.

Photo n° 13

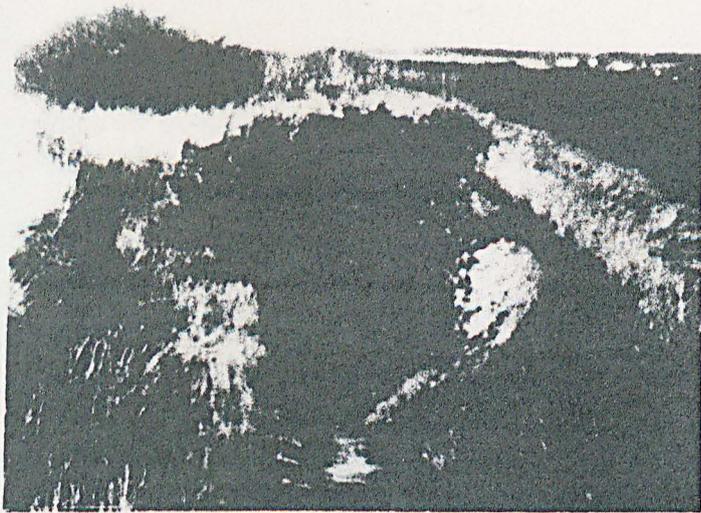
- effondrement du plancher de la carrière de faluns (graviers) à ciel ouvert, ayant fait apparaître une cavité souterraine (la Touche).

Photo n° 14

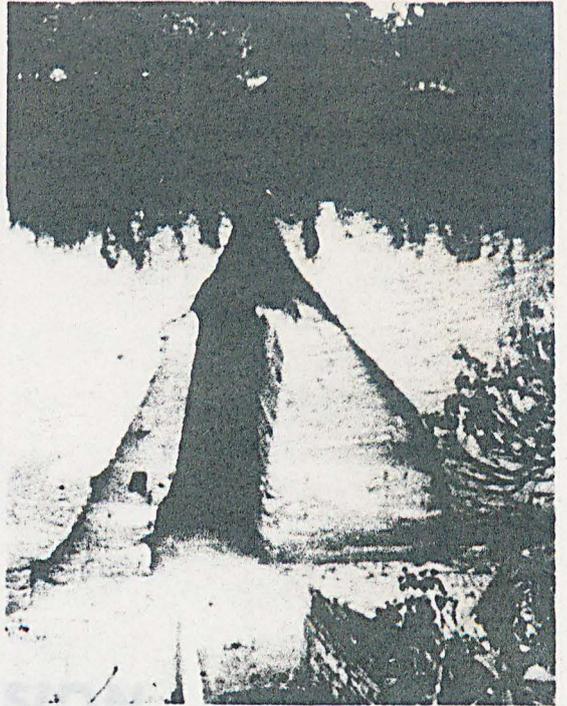
- poche karstique contenant le squelette d'un bovidé.

Photo n° 15

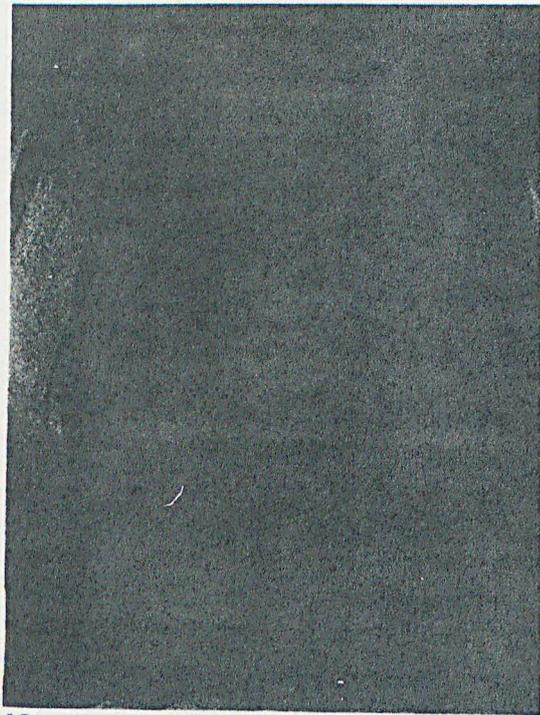
- squelette du bovidé.



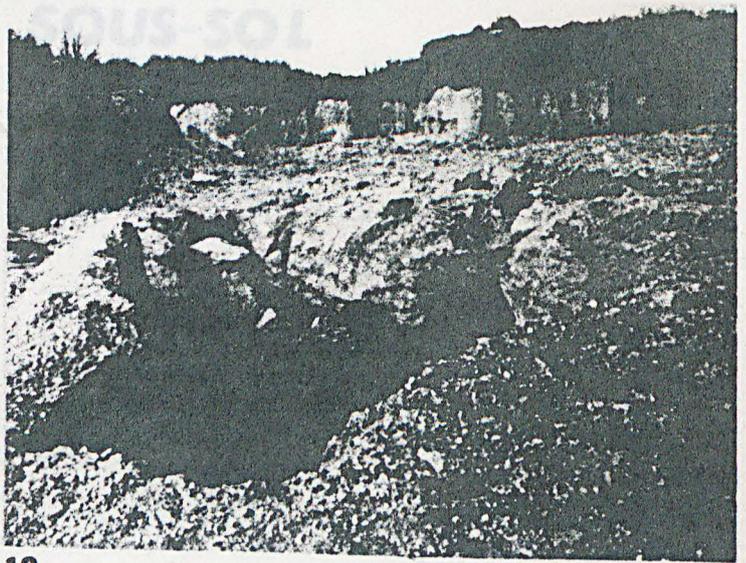
10



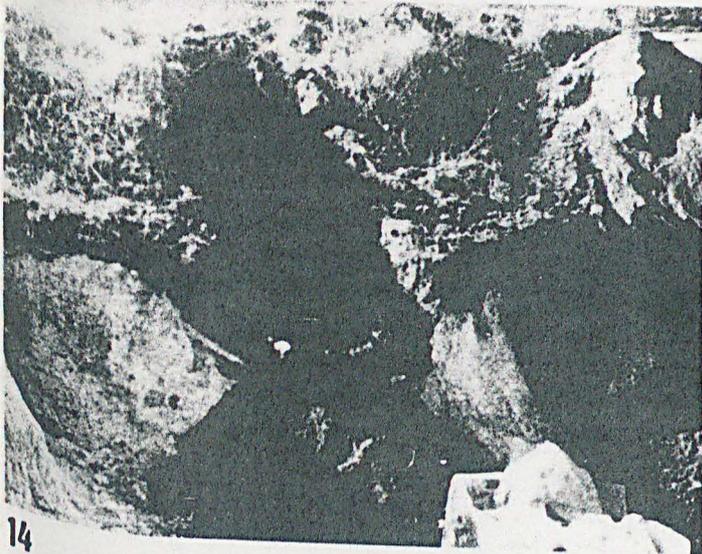
11



12



13



14



15



1 - PAYSAGE ANTHROPO-KARSTIQUE DE L'ANJOU

Le paysage angevin est fortement marqué par la présence des cavités souterraines. C'est d'ailleurs pourquoy je ne suis permis de parler d'un "anthropo-karst angevin".

X

A leur origine, du fait de leur situation (souterraine), les cavités de la région ont peu d'influence sur le paysage de surface. Les grottes souterraines sont souvent très discrètes et ne donnent pas la mesure de l'extension du réseau souterrain (photo n° 1).

REPERCUSSION

DU SOUS-SOL

SUR

LA SURFACE

La perturbation de l'équilibre des massifs rocheux apportée par le creusement des cavités souterraines a entraîné un ensemble de processus géomorphologiques, lequels a modifié rapidement le paysage de surface.

Il devrait être possible, grâce à la photographie aérienne et surtout en infrarouge, d'interpréter le paysage en fonction du sous-sol (tout comme pour les régions karstiques où pour l'archéologie aérienne).

Deux missions réalisées avec le concours de l'aéro-club d'Avrillé et de M. Leré (pilote amateur) ont été suffisantes pour faire apparaître les phénomènes recherchés (karst et d'anthropo-karst couvert).

Cependant, certaines photos font apparaître sur le plateau surplombant la Loire, des tâches ovales foncées, correspondant à la végétation, laquelle souligne les contours des coffres d'affaissement (photo n° 2).

1 - PAYSAGE ANTROPO-KARSTIQUE DE L'ANJOU

Le paysage Angevin est fortement marqué par la présence des cavités souterraines. C'est d'ailleurs pourquoi je me suis permis de parler d'un "antropo-karst Angevin".

A leur origine, du fait de leur situation (souterraine), les cavités de la région ont peu d'influence sur le paysage de surface. Les entrées des souterrains sont souvent très discrètes et ne donnent pas la mesure de l'extension du réseau souterrain. (photo n° 10).

La perturbation de l'équilibre du massif rocheux apportée par le creusement des galeries, a déclenché un ensemble de processus d'érosion physio-chimique, lequel a modifié rapidement le paysage de surface.

Il devrait être possible, grâce à la photographie aérienne et surtout en infrarouge, d'interpréter le paysage en fonction du sous-sol (tout comme pour les régions karstiques ou pour l'archéologie aérienne). Deux missions réalisées avec le concours de l'aéroclub d'Avrillé et de M. Leré (pilote musicien) ont été insuffisantes pour faire apparaître les phénomènes recherchés (karst et l'anthropo-karst couvert). Cependant, certaines photos font apparaître sur le plateau surplombant la Loire, des tâches ovales foncées, correspondant à la végétation, laquelle souligne les contours des gouffres d'effondrement (photo n° 23)

C'est là, au niveau de la falaise Turonienne, à Souzay-Champigny, que le paysage anthropo-karstique est le plus spectaculaire (fig. n° 30).

Nous avons ici, un ensemble de caves, de passages souterrains, de carrières et d'avens jadis habités et conservant encore une infrastructure villageoise. L'immensité du réseau, la beauté du paysage faisant alterner souterrains et avens, et l'originalité de l'habitat intégré dans cet ensemble, donnent au site un caractère unique.

Le plan morphologique d'une partie de Souzay (Carte n° 12) montre le contact réalisé par l'intermédiaire de la falaise, entre le plateau et la vallée. Sur ce plateau, à proximité de cette falaise, apparaît un nombre important de gouffres d'effondrement de toute taille (photos n° 23 et 26).

Certains, proches de cette falaise, s'ouvrent sur la vallée en donnant au coteau un tracé sinueux.

Les cadastres anciens (carte n° 13) comparés à ceux d'aujourd'hui (carte n° 14), témoignent d'une relative stabilité de l'édifice rocheux. Depuis 1813 (carte n° 13), il n'y a pas eu beaucoup de modifications notables dans le dessin de la falaise et au niveau des avens.

En ce qui concerne la plaine Douesienne et ses carrières dans le falun, les gouffres d'effondrement sont quasiment inexistantes, en raison d'une remarquable stabilité des voûtes, résultant de leurs formes en "bouteille". (chap. VIII 1)

A petite échelle, les paysages peuvent être localement marqués par la présence de petites cuvettes semblables à des mini dilines et résultant de l'affaissement des toits des cavités souterraines (chap. VIII 1).

Elles sont parfois soulignées par une végétation herbacée plus importante.

Le réseau souterrain par le fait d'une circulation d'air et d'une éventuelle possibilité d'abaissement du niveau piézométrique de la nappe phréatique, participe à un certain assèchement du sol le dominant.

Une étude précise, qui reste à réaliser, pédologique et celle de la couverture végétale, devrait pouvoir donner quelques indications à ce propos.



MODELE ANTHROPO - KARSTIQUE
(Bouray - Giennois)

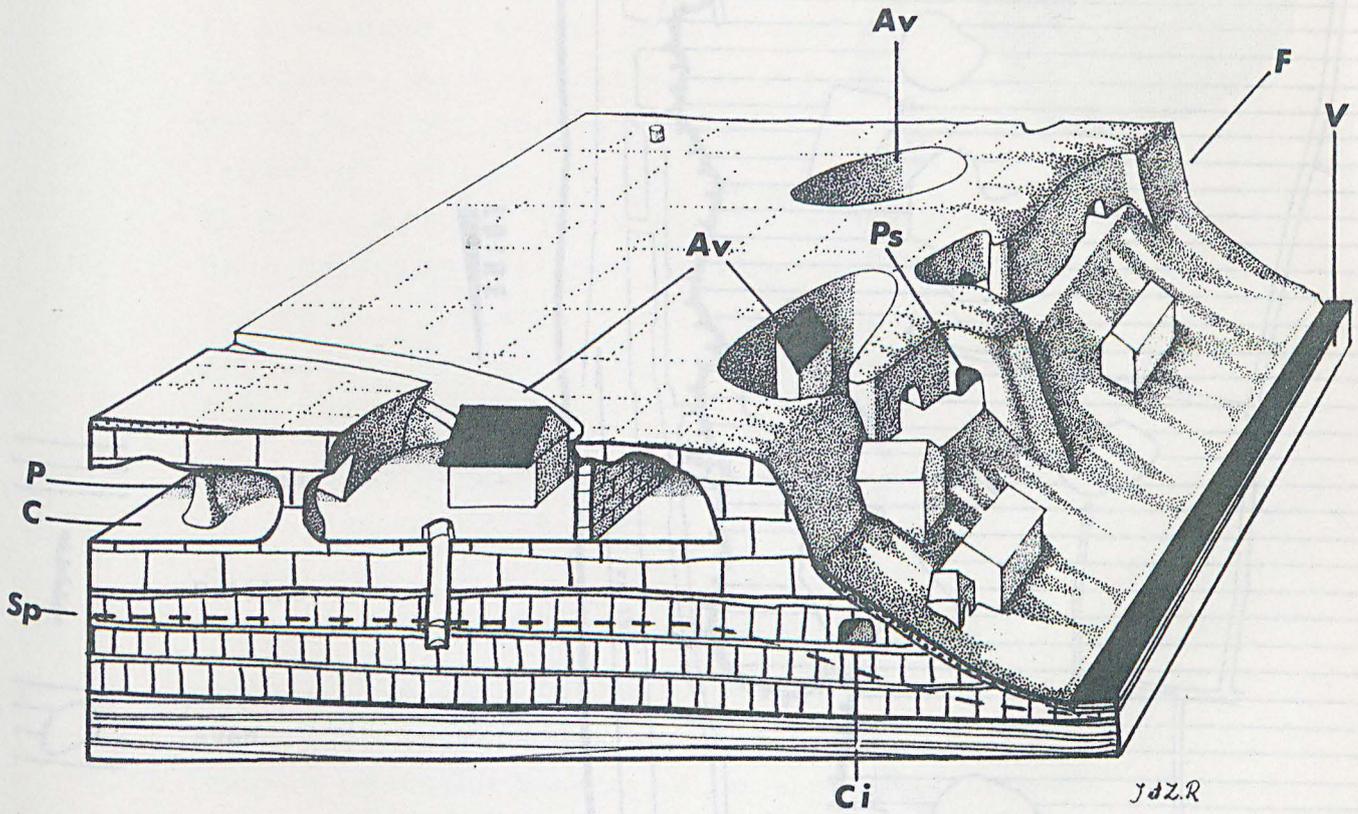
- AV : aven
- C : Caves (anciennes salles)
- CI : Caves individuelles
- P : stalactites "Turonienne"
- P. : Piliers de soutènement
- PS : Passages souterrains
- SP : Surface piézométrique
- V : Vallée de la Loire.



1:25000

0 20 40 60 80 100 m

SCHEMA MORPHOLOGIQUE



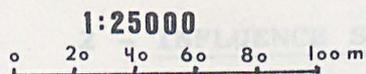
MODELE ANTHROPO - KARSTIQUE
(Souzay-Champigny)

- AV : aven
- C : Carrières (anciennes salles)
- Ci : Caves individuelles
- F : Falaisaise "Turonienne"
- P : Piliers de soutènement
- PS : Passages souterrains
- SP : Surface piézométrique
- V : Vallée de la Loire.





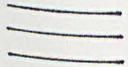
SOUZAY-CHAMPIGNY



SCHEMA MORPHOLOGIQUE

LOIRE

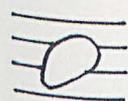
rn 147



Plateau



Falaise



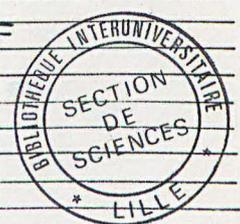
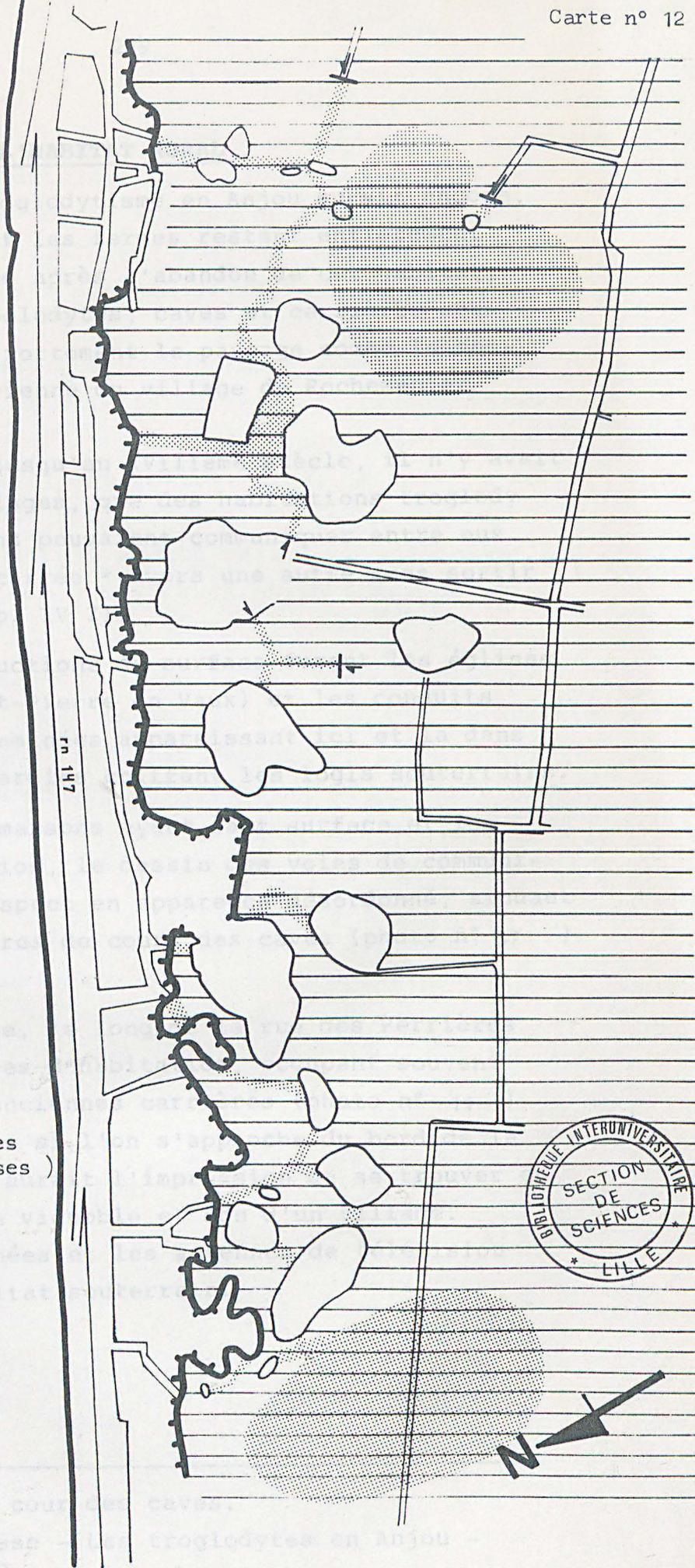
Aven



Chemins souterrains



Carrieres souterraines
(sans limites precises)



* la carrière ou Souzay-Champigny caves.
 ** J. et G. Prayzac - Les troglodytes en Anjou
 Tome II p. 40.



2 - INFLUENCE SUR L'HABITAT RURAL

Aujourd'hui, le troglodytisme en Anjou survit encore, bien que rares sont les fermes restant entièrement en caves. Mais même après l'abandon de cet habitat, le phénomène : troglodytes, caves et carrières souterraines, marque fortement le paysage comme le confirme la photo aérienne du village de Rochemenier (photo n° 37).

Au moyen âge, et jusqu'au XVIIIème siècle, il n'y avait dans certains villages, que des habitations troglodytiques. Les voisins pouvaient communiquer entre eux en passant d'une carrée * vers une autre sans sortir à la surface** (chap. IV 2).

Les seules constructions de surface furent les églises (Rochemenier et St-Pierre en Vaux) et les conduits extérieurs des cheminées apparaissant ici et là dans les prés et les jardins coiffant les logis souterrains.

Aujourd'hui, les maisons ayant fait surface et les rues leur apparition, le dessin des voies de communication prend un aspect en apparence désordonné, sinuant entre les ouvertures de cours des caves (photo n° 37)

A Doué-la-Fontaine, le long de la rue des Perrières (Douces), les caves d'habitation, occupant souvent les entrées des anciennes carrières (photo n° 11) n'apparaissent que si l'on s'approche du bord de la route. Sinon, on aurait l'impression de se trouver en plein milieu d'un vignoble et non d'un village. Seules les cheminées et les antennes de télévision trahissent l'habitat souterrain.

* la carrée ou cour des caves.

** J et C Fraysse - Les troglodytes en Anjou - Tome II p. 40.

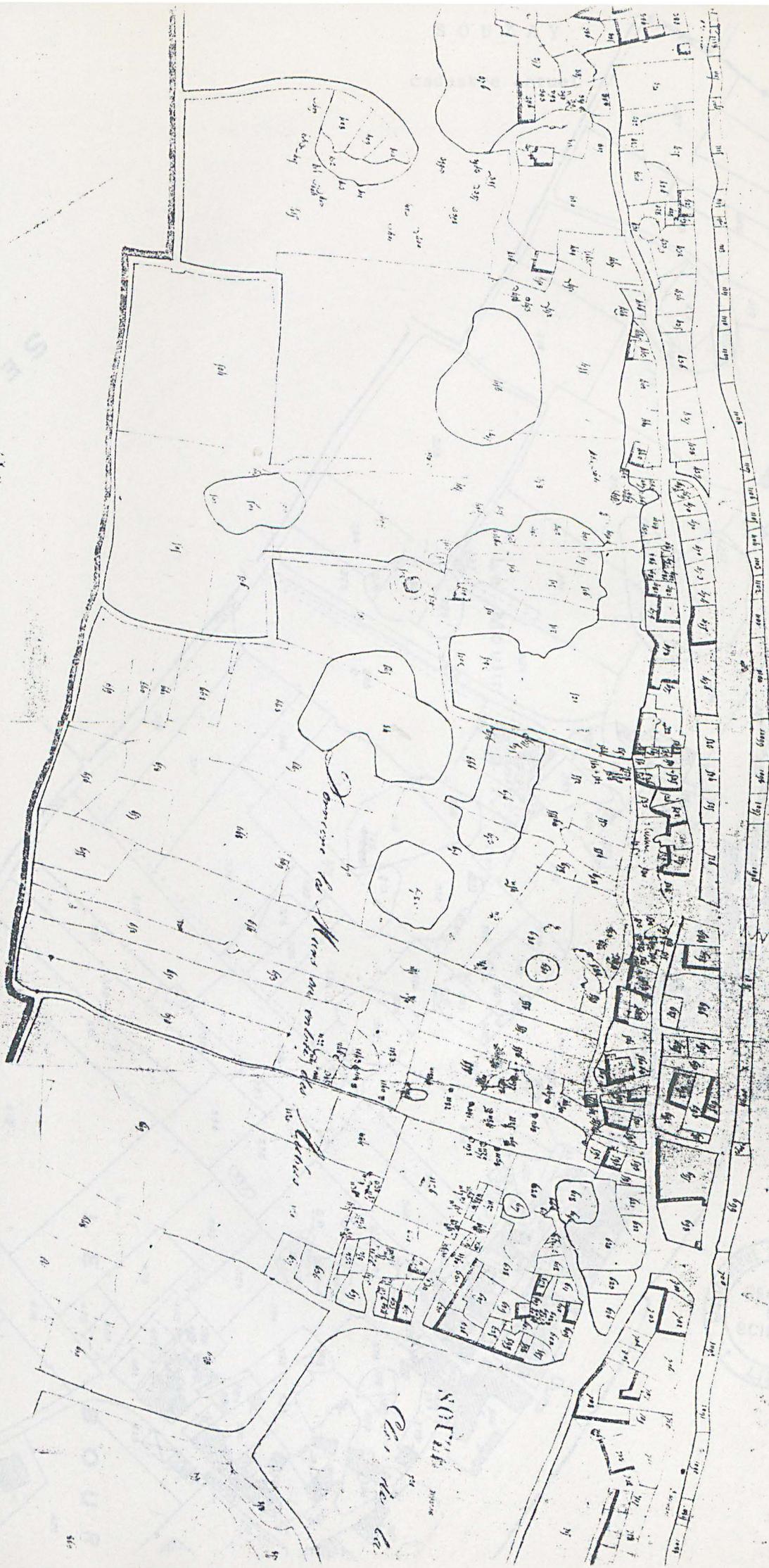
Dans le paragraphe précédent, nous avons évoqué le cas de Souzay-Champigny qui intègre parfaitement l'habitat rural dans un paysage pseudo-karstique. Les fermes construites (surtout récentes) occupent les centres des avens pour avoir le maximum d'ensoleillement (photo n° 24).

Les habitations troglodytiques et semi-troglodytiques (abandonnées), longent la falaise ou se regroupent autour des avens.

En suivant la route touristique (N 147) de Chinon par Saumur vers Angers, on passe par Souzay sans supposer l'existence d'un site unique dans son genre, d'autant plus qu'aucun guide touristique ne le mentionne.

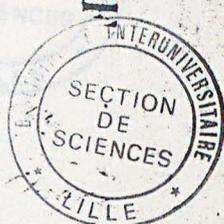
En ce qui concerne les petits hameaux du type - la Coulée de Nervaux à St-Pierre en Vaux, la comparaison entre l'ancien et le nouveau cadastre (carte n° 15 et 16) nous montre le caractère relativement récent du troglodytisme, en même temps qu'une parfaite intégration dans le milieu en fonction de la topographie (chap. V 1). La photo n° 36 montre qu'après l'abandon des caves, la nature reprend ses droits et peu de choses attestent aujourd'hui d'un ancien habitat.

SOUZAY
cadastre de 1813



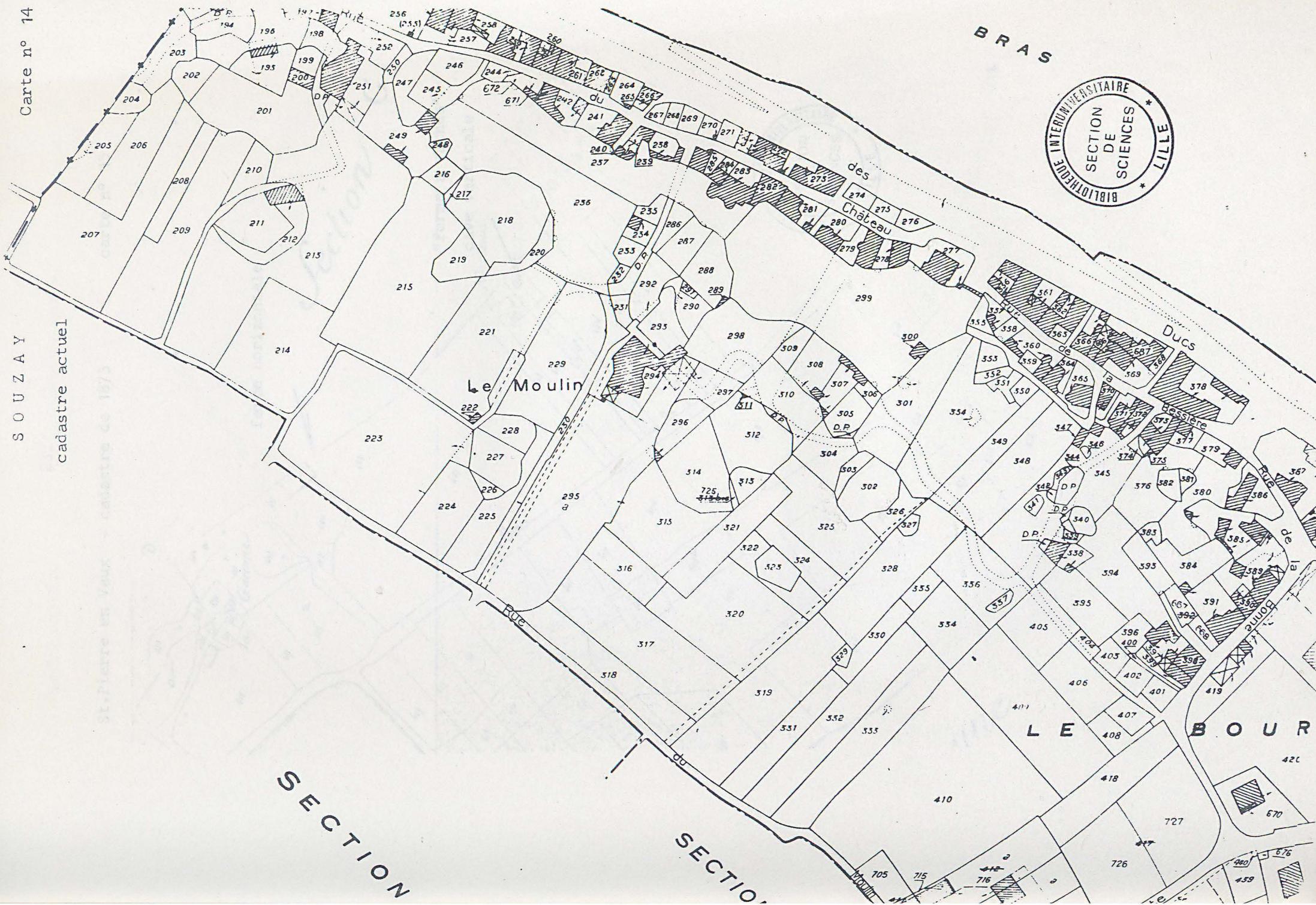
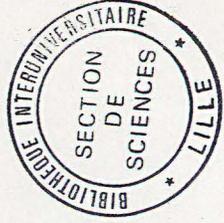
Division des terres au cadastre de 1813

1 -
Château de Souzay
Château de Souzay
Château de Souzay



NOTA
Par la loi





SECTION

SECTION

BRAS

des
Château

Ducs

Le Moulin

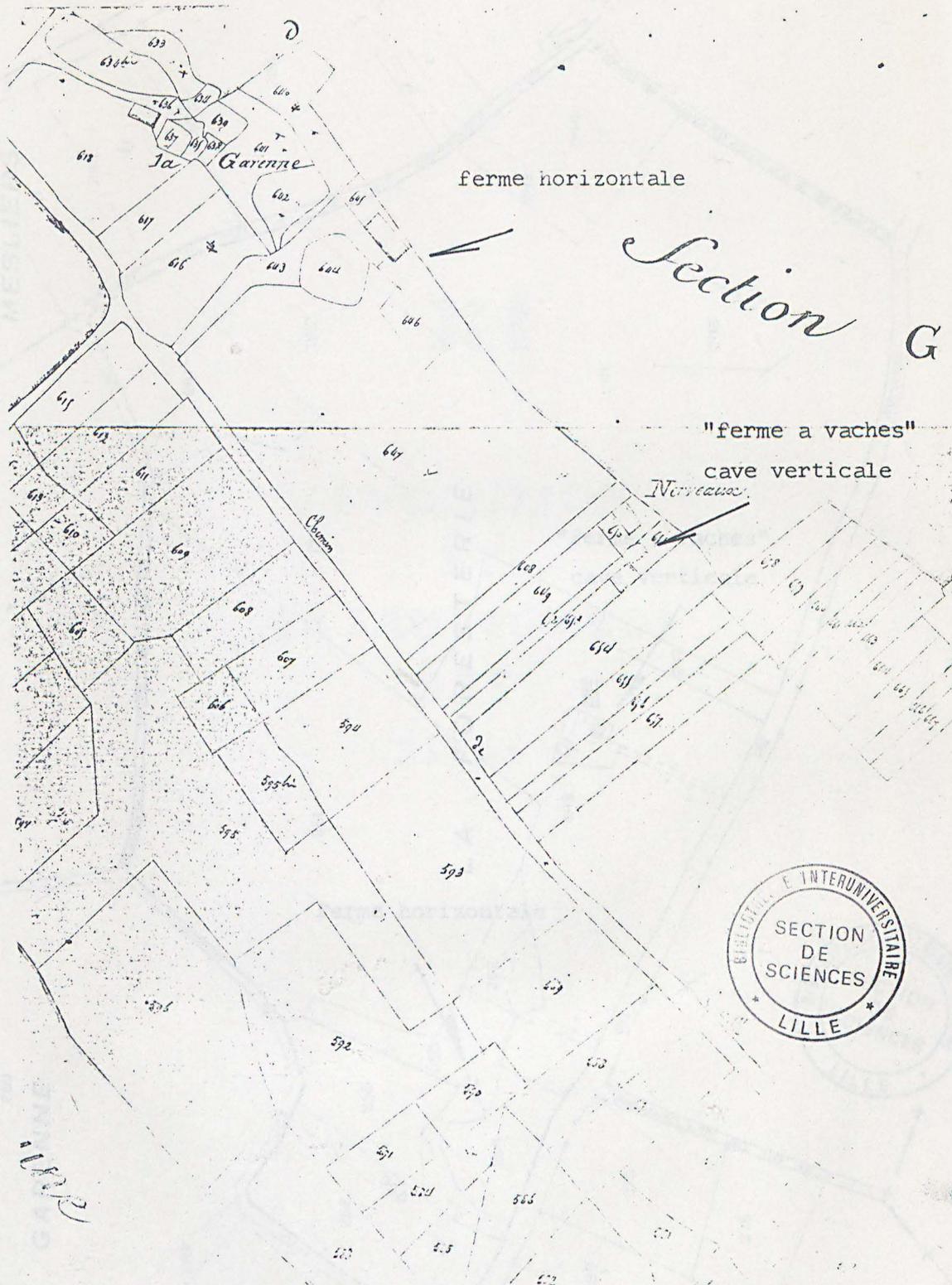
LE BOUR

cadastre de 1973

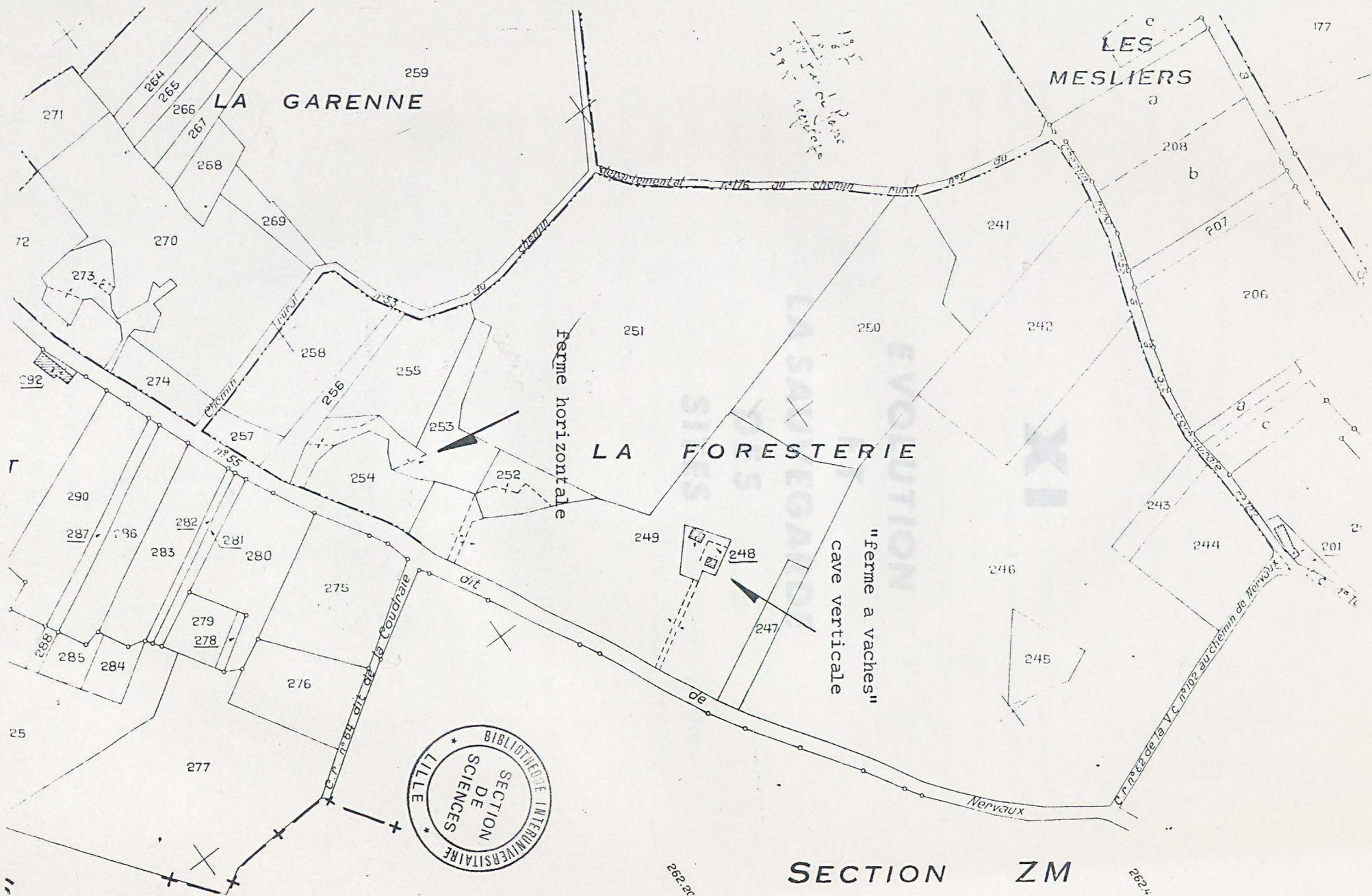


St. Pierre en Vaux - cadastre de 1873

carte n° 15







St. Pierre en Vaux

237

cadastre actuel

carte n° 16

SECTION ZM

1 - PROTECTION DES SITES -

L'importance du phénomène troglodyte, la beauté des sites et leur intérêt ethnographique demandent une surveillance voire une stabilisation de l'érosion pour protéger ce patrimoine.

XI

Pour certaines caves à protéger ou à surveiller, il faudrait envisager une étude poussée sur la stabilité des terrains autour d'elles (cela aussi en fonction des aménagements de surface). Pour cela on peut prendre exemple sur l'étude d'inspection des Carrières Souterraines de l'arrondissement du Nord. Cette étude propose deux approches du sujet :

EVOLUTION ET LA SAUVEGARDE DES SITES

- approche par "calcul" d'une "carrière" - Celle-ci permet de calculer d'une façon théorique le "coefficient de sécurité".
- approche expérimentale - repose sur le comportement des terrains mesurés au niveau des déformations : fissures, fracturations, etc.

Parmi les premières mesures à faire dans cette étude expérimentale, il y a celles réalisées sur des piliers qui conditionnent la stabilité des carrières. L'écrasement doit être mesuré verticalement - convergence et transversalement - expansion (fig. n° 31).

Mesures de stabilité des cavités

Fig. n° 31



A - affaiblissement des voûtes, B - tassement des piliers, C - expansion des piliers



1 - PROTECTION DES SITES -

L'importance du phénomène troglodyte, la beauté des sites et leur intérêt ethnographique demandent une surveillance voire une stabilisation de l'érosion pour protéger ce patrimoine.

Pour certaines caves à protéger ou à surveiller, il faudrait envisager une étude poussée sur la stabilité des terrains autour d'elles (ceci aussi en fonction des aménagements de surface). Pour cela on peut prendre exemple sur l'étude du Service de l'Inspection des Carrières Souterraines du Département du Nord.

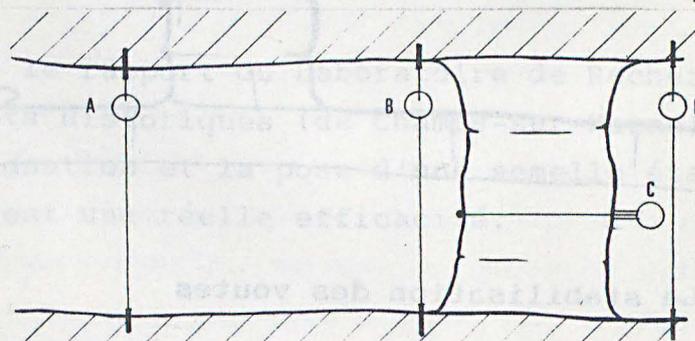
Cette étude propose deux approches du sujet :

- approche par modèle - basée sur la coupe d'une carrière - Celle-ci permet de calculer d'une façon théorique le "coefficient de sécurité".
- approche expérimentale - elle repose sur le comportement des terrains mesurés au niveau des déformations, fissures, fracturations, etc

Parmi les premières mesures à faire dans cette étude expérimentale, il y a celles réalisées sur des piliers qui conditionnent la stabilité des carrières. L'écrasement doit être mesuré verticalement - convergence et transversalement - expansion (fig. n° 31).

Mesures de stabilité des cavités

fig. n° 31



A - affaissement des voutes. B - tassement des piliers. C - expansion des piliers.

Ces déformations sont en principe de l'ordre de 1/100^e de millimètre sur des bases de plusieurs mètres. Cette précision peut être envisagée que grâce à la stabilité thermique du milieu.

Quand les piliers ont peu d'efficacité, il faut envisager la construction de piliers de soutènement. Dans certaines caves anciennes, les renforcements furent réalisés par des belles voûtes en tuffeau (photo n° 38).

Dans le cas des déformations du type écaillage ou foisonnement (séparation des strates le long des discontinuités), il est possible d'envisager le boulonnage qui représente une solution de soutènement rapide et économique (fig. n° 32).

Dans le cas d'un développement important des cloches et donc du risque d'un effondrement (aven, fronti), on peut réaliser une suspension du plafond par boulonnage sur une poutre enterrée à la surface (fig. n° 32).

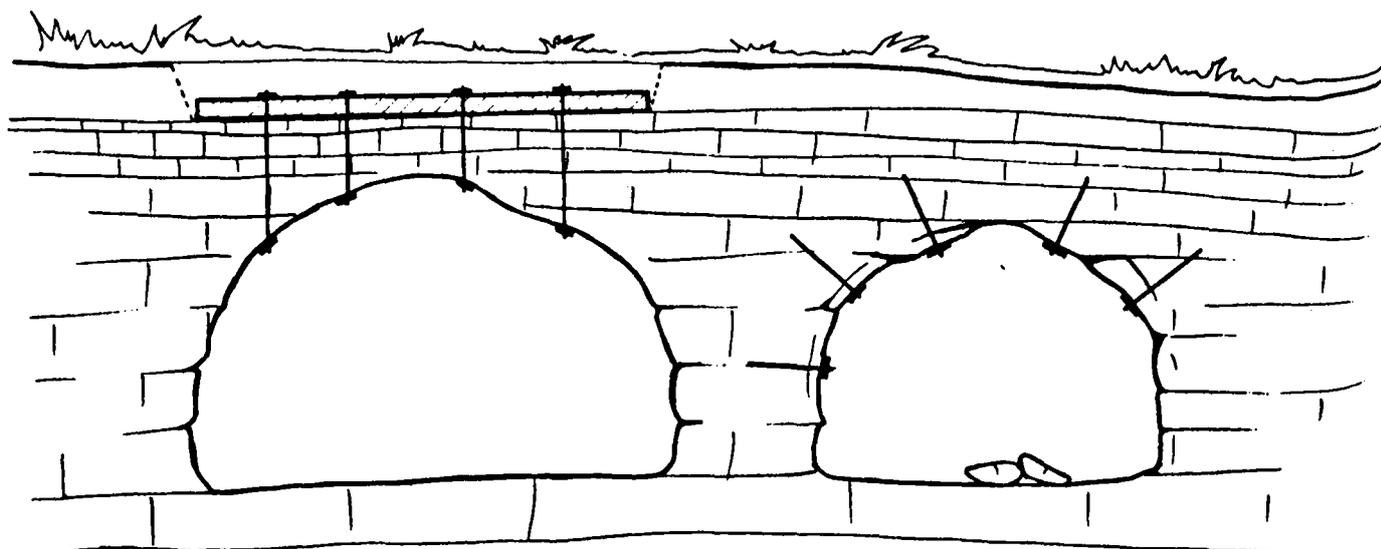


Fig. n° 32 -La stabilisation des voutes

par suspension

par boulonnage

Une méthode particulière de stabilisation des caves fut répandue dans la région par un ingénieur des Mines de Chinon - Mr J. Smigielski. Il s'agit d'un boulonnage en fibre de verre. Une fibre de verre est capable de soutenir 13 tonnes et à l'avantage sur l'acier, de ne pas rouiller. Sur les parois boulonnées, est projeté, ensuite, un produit (Celtapro) à base de résine armée de fibre de verre. D'une épaisseur de 1 à 2 cm., sa résistance est équivalente à 7 cm. de béton. Ayant une certaine porosité, ce produit permet au tuffeau de respirer.

Les altérations à plus petite échelle, appelées couramment "les maladies de la pierre" résultent avant tout des contraintes chimiques. Il s'agit alors de lutter principalement contre l'humidité.

Pour lutter contre les remontées d'eau capillaire, plusieurs possibilités peuvent être envisagées :

- siphons atmosphériques - drains permettant une circulation d'air et un assèchement de la roche.
- électroosmose - mise en court-circuit de la différence du potentiel entre le mur et le sol.
- imprégnation de la roche par des résines.
- injection à la base du mur d'une semelle étanche dans une pente préalablement sciée (de préférence dans un joint de stratification).

D'après le rapport du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (de Champs-sur-Marne), seule l'imprégnation et la pose d'une semelle étanche présentent une réelle efficacité.

Un procédé relativement simple permettant l'assèchement des parois consiste dans une aération efficace réduisant le degré de l'hygrométrie de l'air.

C'est d'ailleurs un procédé naturel de conservation des habitations souterraines. On y gardait toujours un demi battant de porte ouvert et dans la cuisine un feu de cheminée était toujours allumé aussi bien pour le chauffage que pour la cuisine.

Le tirage d'air dans la cheminée associé aux ouvertures sur l'extérieur provoquaient une circulation continue de l'air et donc l'élimination de l'humidité.

Une fois la cave-demeure abandonnée, l'humidité fait son apparition et les dégradations commencent.

A Denezé-sous-Doué dans la "cave sculptée" l'humidité associée aux problèmes d'aération a failli complètement altérer ce site unique dans son genre.

Il s'agit d'une cave sculptée au XVIème siècle par une confrérie des tailleurs de pierre. Elle présente plusieurs centaines de personnages souvent caricaturaux taillés dans le tuffeau (photo n° 39 et 40).

La cave était effondrée quand elle fut découverte par M. et Mme Fraysse. En 1977, après les premiers travaux de dégagement, la cave fut recouverte d'un toit transparent. Aussitôt un processus rapide d'altération s'est engagé.

Sous la couverture transparente, l'effet de serre a provoqué de fortes variations thermiques, l'augmentation et la persistance de l'humidité et l'échauffement de la roche. Ce dernier favorisant les remontées d'eau et les concentrations de nitrates de potassium (salpêtre) et des sulfates de calcium (gypse).

La lumière du jour a favorisé un développement rapide des végétaux : mousses, algues vertes et même les diatomées

L'érosion a fortement endommagé les sculptures au point d'en faire disparaître certaines.

Depuis 1982, le site est recouvert par une dalle de béton et le travail de M. et Mme List - Conservateurs de la cave a permis de sauver ce témoignage de l'art populaire du XVIème siècle.

Cependant, l'érosion n'est pas encore entièrement stoppée. Il faudrait rendre le plafond davantage imperméable, instaurer un bon drainage des eaux de surface et peut être même dans la roche, poser une semelle étanche à la base des panneaux sculptés et surtout réaliser une bonne ventilation de la cave. Une ventilation efficace permettrait d'abaisser l'hygrométrie de l'air laquelle est constamment proche de 100 %.

Il ne faudrait pas cependant introduire directement de l'air de surface, car celui-ci, ayant une hygrométrie correspondant aux conditions de surface (tableau n° 15 - F. Trombe 1977), provoquerait, en se refroidissant, une importante condensation de la vapeur d'eau.

tabl n° 15

**Grammes d'eau contenus dans 1 m³ d'air
à différentes températures
et pour différents degrés d'humidité**

Température °C	- 5	0	+ 5	10	15	20	25	30
Vapeur saturante 100 % d'humidité.....	3,38	4,83	6,79	9,36	12,83	17,15	22,83	30,08
95 %.....	3,21	4,59	6,45	8,89	12,19	16,29	21,69	28,58
85 -.....	2,87	4,11	5,77	7,96	10,91	14,58	19,41	25,57
75 -.....	2,54	3,62	5,09	7,02	9,62	12,86	17,12	22,56
65 -.....	2,20	3,14	4,41	6,08	8,34	11,15	14,84	19,55
55 -.....	1,86	2,66	3,73	5,15	7,06	9,43	12,56	16,54
45 -.....	1,52	2,17	3,06	4,21	5,77	7,72	10,27	13,54
35 -.....	1,18	1,69	2,38	3,28	4,49	6,00	7,99	10,53
25 -.....	0,85	1,21	1,70	2,34	3,21	4,29	5,71	7,52
15 -.....	0,51	0,72	1,02	1,40	1,92	2,57	3,42	4,51
5 -.....	0,17	0,24	0,34	0,47	0,64	0,86	1,14	1,50
Pression de vapeur saturante de l'eau (mm de Hg).....	3,16	4,58	6,54	9,21	12,79	17,54	23,76	31,82

Dans une journée estivale, l'air de surface peut avoir une température de 30° et une hygrométrie de 75 %.

Dans la cave, la température est voisine de 10°C et l'hygrométrie supérieure à 95 %.

Ceci nous donne, dans un calcul de saturation basé sur le tableau n° 15 , pour l'air de surface :

$$\frac{25,57 \times 75}{100} = 19,17 \text{ g. d'eau pour 1 m}^3 \text{ d'air}$$

et pour l'air de la cave :

$$\frac{8,89 \times 95}{100} = 8,44 \text{ g. d'eau pour 1 m}^3 \text{ d'air.}$$

Chaque mètre cube d'air pénétrant dans la cave devra dans ces conditions déposer environ 11 g. d'eau.

Ce phénomène est à l'origine d'une importante circulation d'eau dans des karst bien aérés comme aussi certainement, mais dans une moindre mesure, dans certains réseaux des grandes caves.

Pour éviter cela, il faudrait assécher l'air avant de l'introduire dans la cave.

Un autre élément de l'érosion est représenté par la végétation de surface. Il n'est pas nécessaire d'insister sur la puissance de la poussée racinaire, ni sur les processus chimiques qui l'accompagnent. Insistons par contre sur les infiltrations d'eau favorisées par la couverture végétale.

Quand la surface au-dessus des cavités devient le domaine d'une végétation aux racines profondes (arbres, buissons), ces derniers en pénétrant dans le rocher tracent les voies pour des infiltrations importantes. Il va de même quand la végétation de surface disparaît, l'eau n'étant plus retenue dans le sol, s'infiltré rapidement dans la roche.

Les habitants des troglodytes savaient cela et ils entretenaient sur leurs "toits" une végétation appropriée.

2 - EVOLUTION ACTUELLE

Aujourd'hui, la plupart des troglodytes et une partie très importante des galeries des carrières souterraines sont laissés à l'abandon.

Non entretenues, les voûtes et les galeries s'effondrent et la végétation associée souvent aux déblais et plus rarement aux ordures, obstrue les entrées et l'intérieur de certaines caves se trouve parfois cloisonnée par des murs correspondants à l'affirmation moderne de la propriété privée.

D'une manière générale, trois types d'évolution s'affirment liés surtout à la topographie :

- au niveau de la plaine, les excavations correspondantes au troglodytisme vertical ont tendance, dans certaines régions à être comblées (Sousigné).
- La falaise fragilisée par la présence des cavités recule rapidement. Chaque éboulement met à jour l'intérieur des habitations, tout en ensevelissant ceux des étages inférieurs (Montsoreau).
- Là, où l'exode rural a fait beaucoup de ravages, la végétation reprend ses droits (coulée de Narveau).

Les habitations troglodytiques sont plus sensibles à l'action de l'érosion que les carrières souterraines en raison de leur position presque superficielle par rapport à l'ensemble de l'édifice rocheux.

Les troglodytes verticaux (Rochemenier) mais aussi horizontaux dans les escarpements à faible dénivellation, sont très proches de la surface et donc très sensibles au niveau de leur toit, à l'altération pédologique, aux infiltrations et à la poussée racinaire.

Les caves de la Coulée de Narveaux à St-Pierre en Vaux (fig. n° 8) illustrent bien cette fragilité surtout au niveau de la poussée racinaire (photo n° 3 et 36) et de la décalcification de la couche correspondante du toit d'une cave (accélérée probablement depuis le creusement de celle-ci au XVIIIème siècle).

Les façades subissent aussi de grands dommages car les charges qu'elles supportent augmentent considérablement avec le temps.

Les façades furent construites après le creusement des caves pour fermer celle-ci, afin d'emménager un habitat (caves - troglodytes mais aussi les entrées des carrières emménagées en habitations souterraines). Il est évident qu'au moment de la construction de la façade, celle-ci ne porte pas.

Le massif rocheux déséquilibré par l'apparition du vide, se fissure, certains blocs s'affaissent, se reposent sur la façade et font de celle-ci un mur porteur. (G. Guyomard).

Celui-ci, en surcharge, se fissure pour céder un jour si les contraintes le dépassent.

3 - TOURISME AU SECOURS DES TROGLODYTES -

L'Anjou, région touristique par excellence, ajoute depuis une dizaine d'années à ses richesses traditionnelles (paysages, monuments, climat ...), son patrimoine souterrain prestigieux, mais longtemps tombé dans l'oubli.

Le réveil du "souterrain angevin" semble coïncider avec l'essor du tourisme à la campagne (camping à la ferme, gîtes ruraux ...), l'attrait grandissant pour la France profonde et le développement des loisirs des populations urbaines régionales.

Depuis les années 1970, les caves et troglodytes participent de plus en plus activement au développement touristique de la région et à la diversification de ses activités de loisirs. Un rôle non négligeable dans cette voie a été joué depuis 1975 par le "carrefour Anjou-Poitou-Touraine" (Association pour le développement du milieu rural), qui s'est efforcé de valoriser le patrimoine troglodytique très riche du Sud-Saumurois.

Deux types d'aménagements touristiques sont pratiqués:

- 1) reconstitution des fermes ;
- 2) réutilisation des carrières.

Dans le premier cas, il s'agit de reconstituer et de sauvegarder le patrimoine rural régional. Parmi les toutes premières réalisations, il faut signaler la ferme-musée de Rochemenier (musée Paysan). Ouverte au public depuis 1964, elle est propriété de la commune de Louresse-Rochemenier.

Depuis 1979, dans la commune de Denezé-sous-Doué, on peut visiter "la Fosse" un ensemble de fermes parfaitement remises en état et habitées en permanence par les propriétaires. Habitant en troglodytes et faisant vivre en caves les animaux de ferme, les propriétaires permettent aux visiteurs de vivre pleinement le milieu troglodytique.

L'aménagement touristique des caves du Val de Loire est différent. Il s'agit avant tout des carrières souterraines dans le coteau aménagé en musées (Montsoreau, St-Hilaire). Il faut signaler à Montsoreau la visite de cultures de champignons installées dans les carrières qui abritent aussi un musée de la pêche et des poissons ouvert depuis.

A St-Hilaire-St-Florent fonctionne depuis 1977 le "musée du champignon". Il présente un panorama complet des possibilités muséographiques des souterrains.

A côté de ces quelques sites aménagés pour le tourisme et qui par là même conservent le patrimoine régional, il faut insister sur l'immensité du potentiel touristique lié au monde souterrain qui reste totalement inexploré, laissé à l'abandon et en voie de destruction.

On peut signaler par exemple, dans le coteau de Souzay-Champigny, un ensemble de caves, passages souterrains, carrières et avens (gouffres d'effondrement) jadis habités et conservant encore aujourd'hui une infrastructure villageoise.

La constitution de skansen, sur les modèles de ceux rencontrés dans l'Europe du Nord, ou d'un village artisanal pourrait donner à cette commune des bords de Loire une valeur touristique capable de compléter les richesses dues à la présence de l'abbaye de Fontevraud ou à celle des Châteaux de la Loire.

Etant donné l'étendue du site et l'importance de l'érosion (accélérée par l'abandon), une telle action nécessiterait des moyens financiers importants. Les retombées économiques résultant de l'activité touristique de ce lieu compenseraient les investissements utilisés pour l'aménagement du site. La valorisation du patrimoine architectural et culturel lié au troglodytisme donnerait au Sud-Saumurois une originalité certaine. (J. Rewerski 1983).

L'utilisation touristique de ce phénomène naturel doit dépasser le stade d'une simple conservation muséographique. Le troglodytisme n'est pas un phénomène marginal et peut participer activement à la vie économique régionale. Ceci pose le problème de la participation financière des collectivités locales dans la revalorisation et la défense de l'habitat souterrain.

Photo n° 35

- vue aeriennne de la Coulée de Nerveau (St Pierre en Vaux).

Photo n° 36

- ferme troglodytique horizontale (abandonnée) de la Coulée de Nerveau.

Photo n° 37

- vue aeriennne de Rochemenier.

Photo n° 38

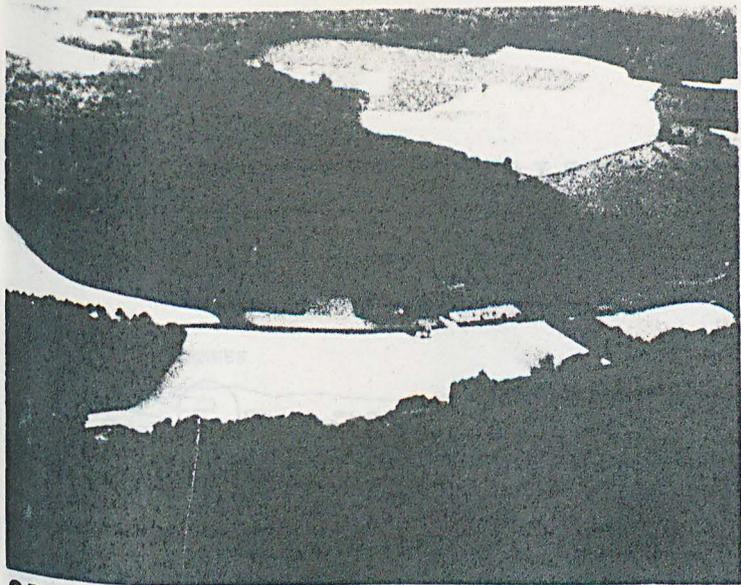
- cave principale de la ferme verticale de la Coulée de Nerveau
(voûtes de soutennement à l'entrée de la cave).

Photo n° 39

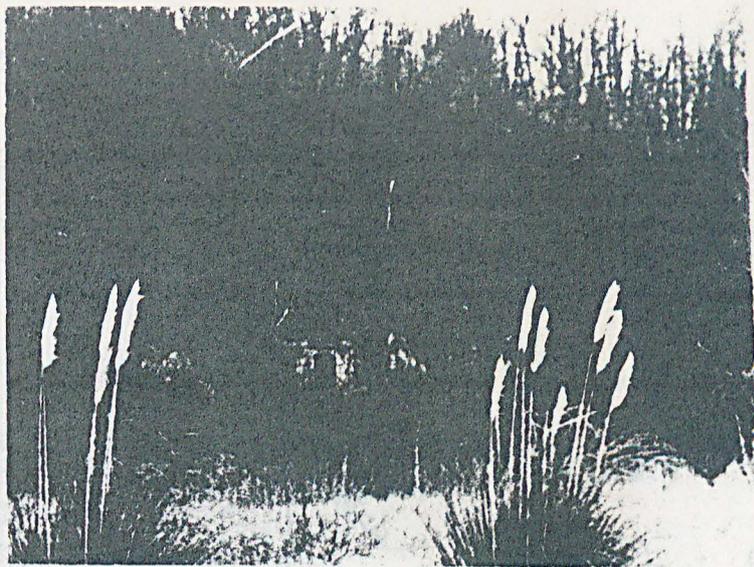
- la cave sculptée de Denezé - alteration des sculptures.

Photo n° 40

- sculptures de la cave sculptée de Deneze.



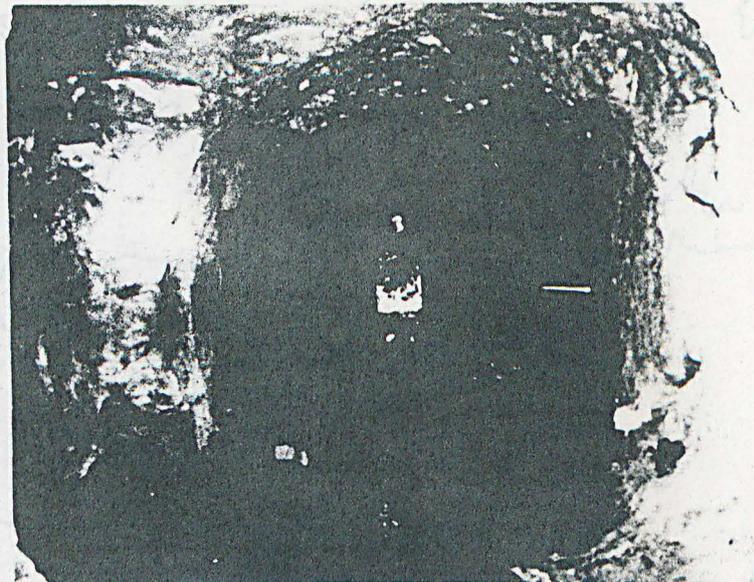
35



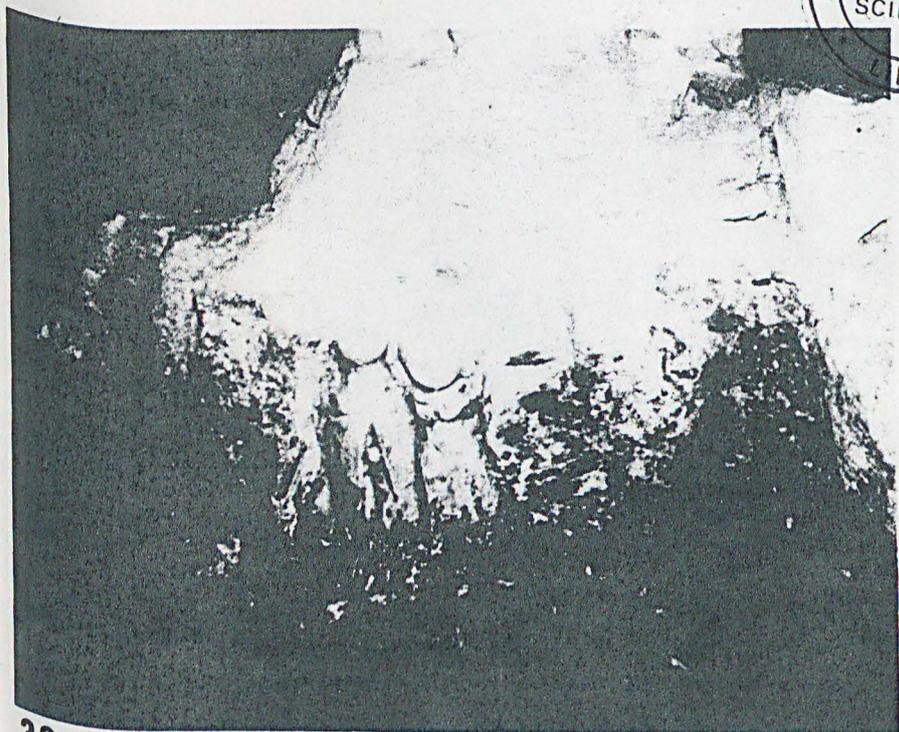
36



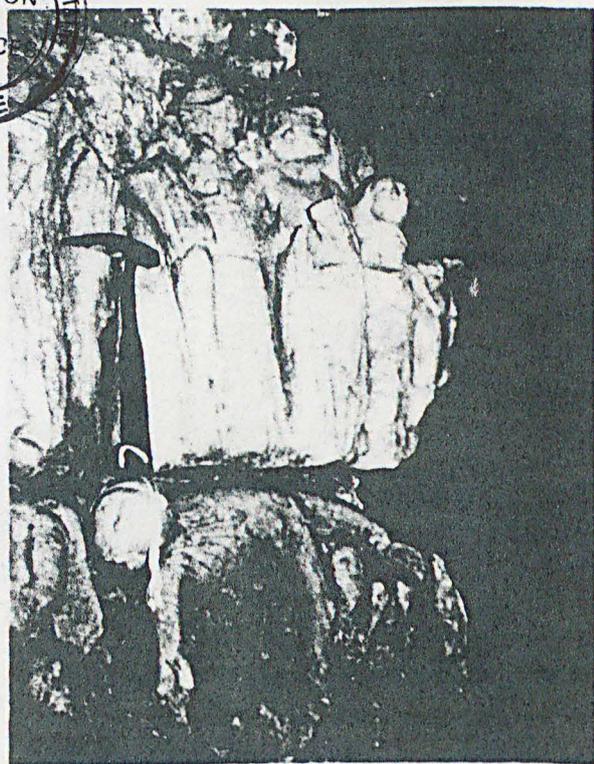
37



38



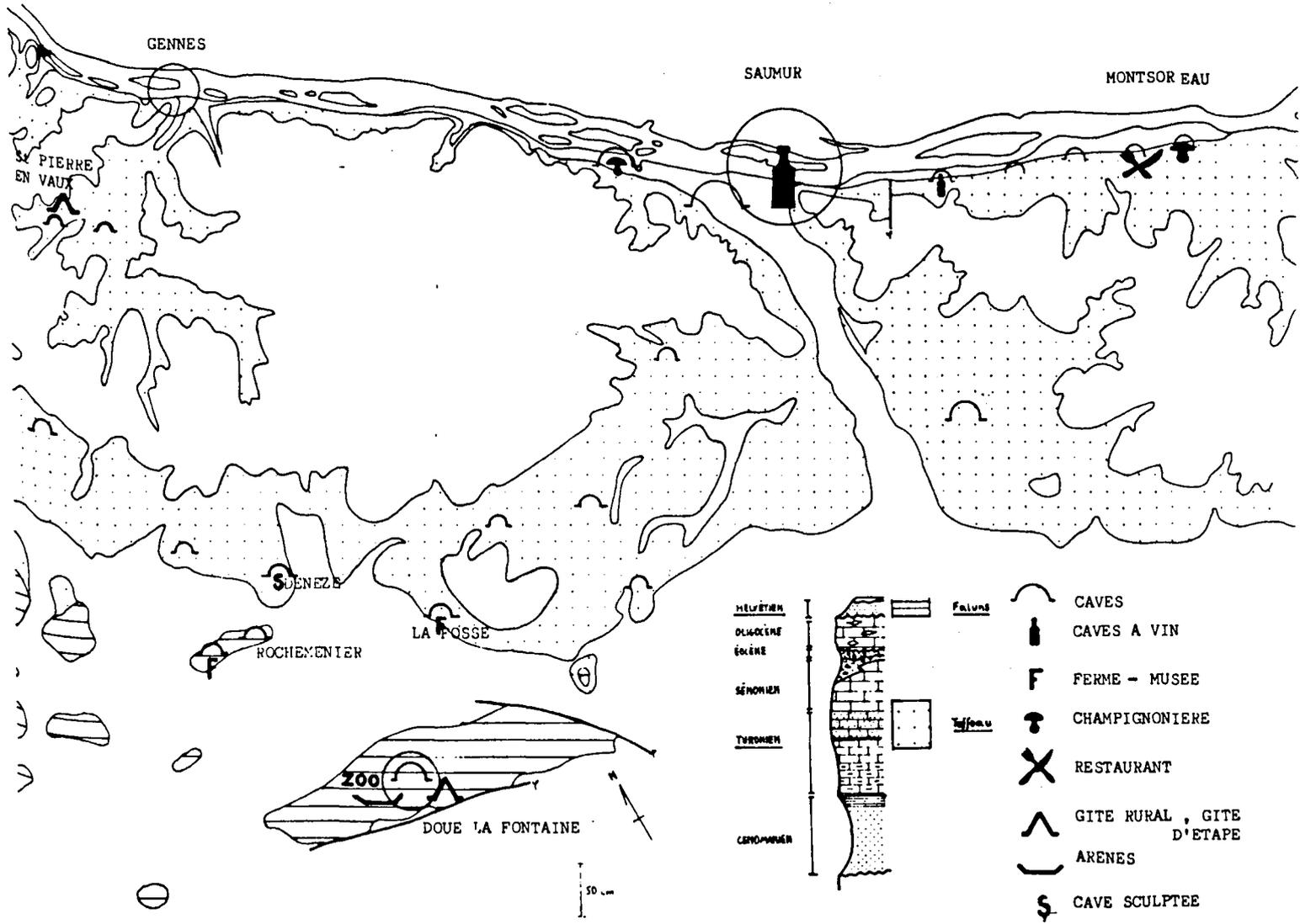
39



40



Carte du **TOURISME SOUTERRAIN** en Anjou
(Saumurois)



(J. Rewerski 1983).





PATRIMOINE HISTORIQUE - POTENTIEL TOURISTIQUE

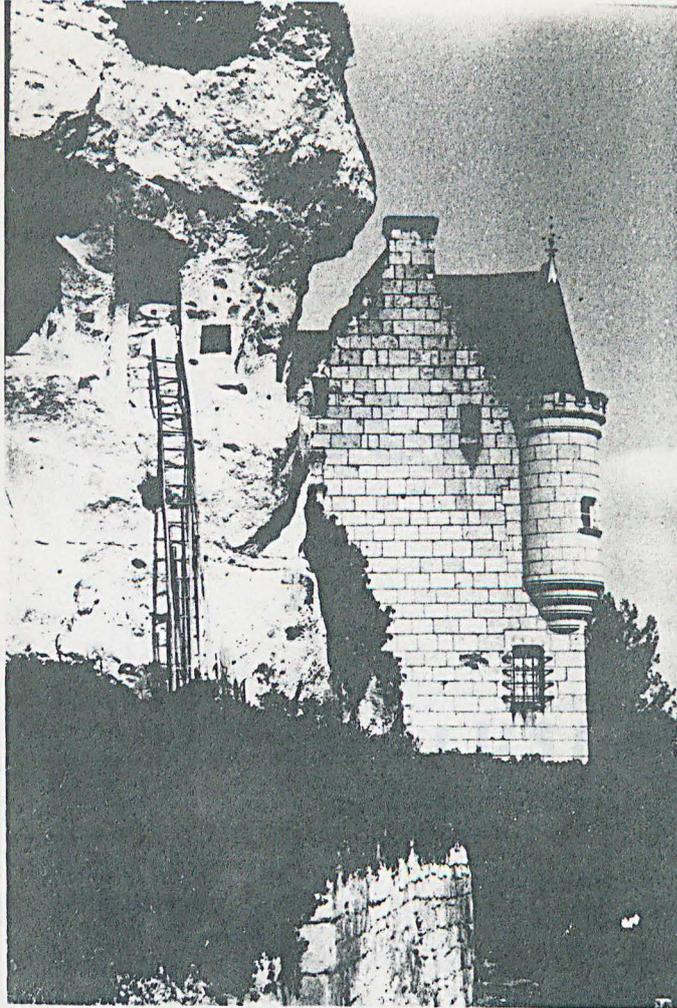
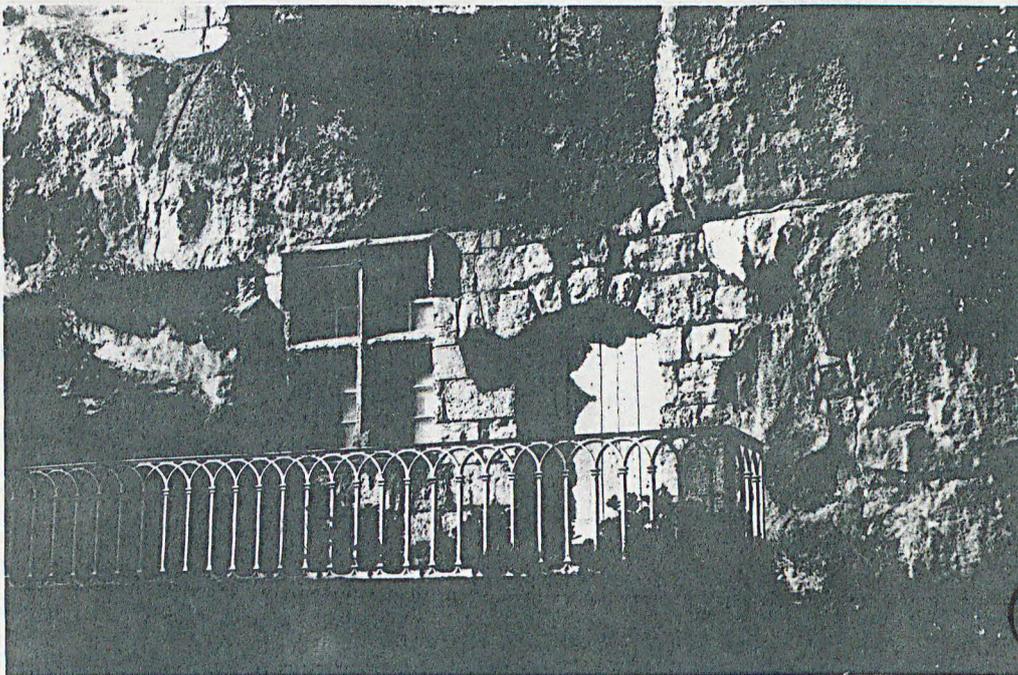


photo n° 46

partie aeriene du chateau semi-troglodytique
de Souzay - Champigny.



partie troglodytique du chateau de Souzay photo n° 47

BU
LILLE

XII

CONCLUSION

Je me suis attaché à présenter l'Anthropo-karst Angevin en tant qu'ensemble des cavités creusées par l'homme souvent dans un temps relativement ancien (moyen-âge), évoluant aujourd'hui par le biais de l'érosion d'une façon comparable à celle d'un karst naturel.

L'importance quantitative de ces souterrains (près de 2 000 km. de galeries d'anciennes carrières, plus un nombre innombrable de caves et habitations troglodytiques) et leur relative fragilité se répercute parfois à la surface d'une façon spectaculaire (Souzay-Champigny. fig. n° 30).

L'évolution de ces cavités est conditionnée par la nature de la roche, la forme et la taille des cavités, par l'épaisseur du toit de celle-ci et par d'autres facteurs du milieu, tel que la couverture végétale, l'hydrogéologie, la stabilité tectonique etc....

Etant donné que les faciès du tuffeau et des faluns varient énormément, il est impossible de donner un modèle d'évolution pour l'ensemble. Cependant, on remarque que les cavités dans le falun sont relativement stables du fait de la forme en ogive donnée aux toits de ces souterrains, permettant une meilleure répartition des forces. En plus, ce falun, (au moins celui des grandes carrières de Doué-la-Fontaine) est très résistant et subit difficilement une décalcification en raison de l'origine biologique de ces carbonates.

L'apparence massive du tuffeau a permis de donner aux cavités creusées dans cette roche, des toits plats et surtout des salles très vastes. Les contraintes physiques additionnées à l'érosion chimique (les carbonates du tuffeau sont surtout d'origine chimique) déclenchent une érosion très active, dont les effets les plus spectaculaires sont représentés par les gouffres d'effondrement de Souzay et par les écailles de décompression de Dampierre.

Ces considérations sont valables aussi bien pour les carrières souterraines que pour les habitations troglodytiques. Ces dernières se détériorent souvent plus rapidement que les carrières, car il s'agit soit des cavités peu profondes, donc victimes au niveau du toit des altérations pédologiques accompagnées de poussées racinaires, soit des aménagements des entrées des carrières (falaise turonienne) qui supportent des charges très importantes qui augmentent avec le temps.

L'abandon des troglodytes est aussi un facteur de l'accélération de l'érosion. Une fois le foyer éteint (au sens propre et au sens figuré), l'humidité, qui est l'ennemi numéro un du tuffeau, s'installe et érode les parois.

* * *

Aujourd'hui le troglodytisme en Anjou survit encore, peut être sans vraiment se rendre compte, mais surtout sans que les gens de l'extérieur ne se rendent compte de son existence. En un seul mot, les troglodytes meurent silencieusement.

Il faut réaliser que le troglodytisme ne présente pas seulement un patrimoine régional, mais qu'il est une richesse universelle, sans parler du fait, que c'est un mode de vie qui influence fortement l'environnement et les mentalités.

La sauvegarde de ce patrimoine fragile s'impose, mais comment faire ?

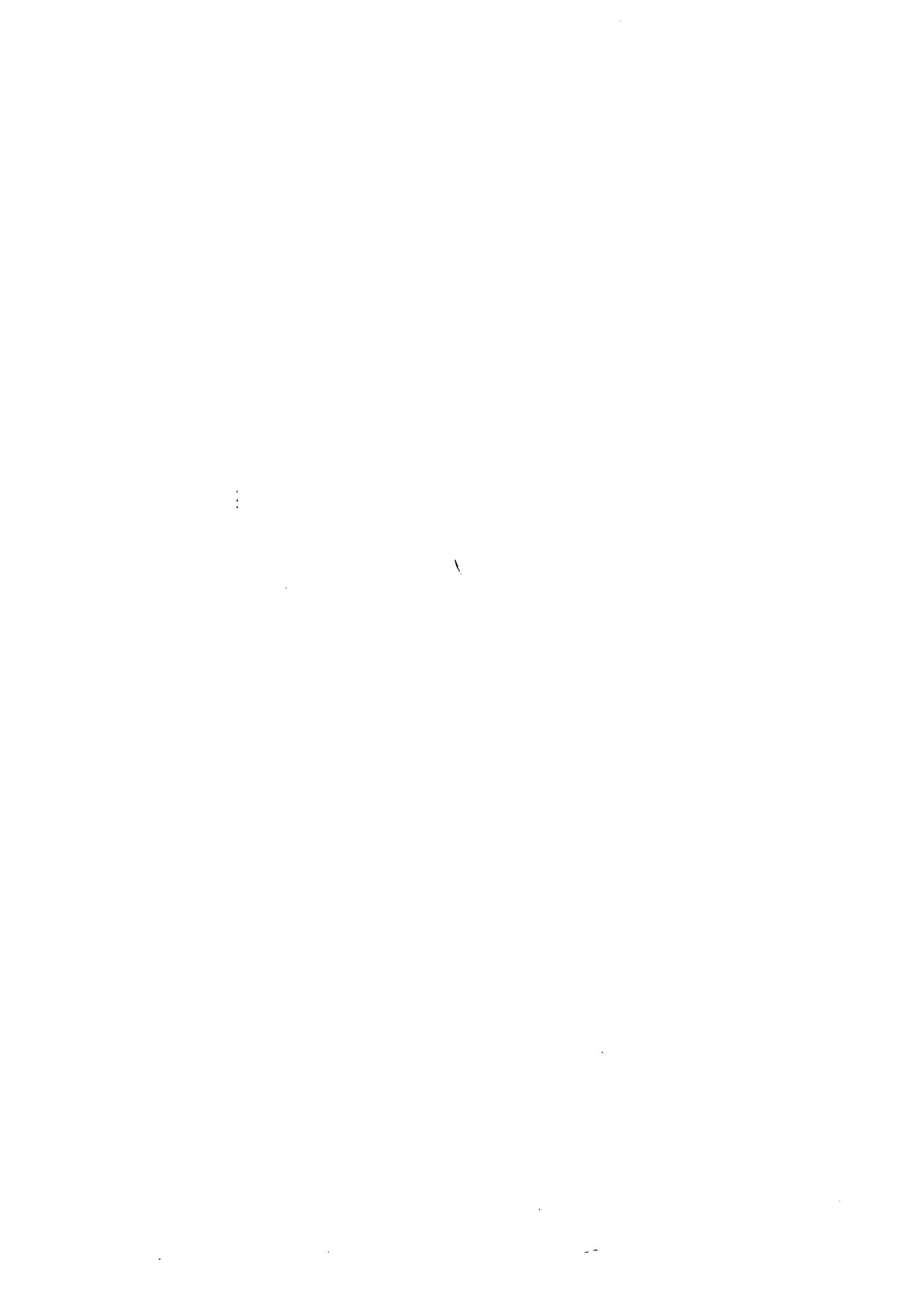
Les moyens techniques pour limiter l'érosion existent : assèchement de la roche et de l'air des cavités, boulonnage des parois, suspension des voutes, construction de piliers etc....

Ce sauvetage peut s'accompagner par la suite, d'une réintroduction de la vie sous une nouvelle forme.

L'utilisation touristique de ce phénomène est la seule apte à le sauver, mais elle doit dépasser le stade d'une simple conservation muséographique.

Le troglodytisme n'est pas un phénomène marginal, il peut participer activement à la vie économique régionale. Ceci pose le problème de la participation financière des collectivités locales dans la revalorisation et la défense de l'habitat souterrain, mais surtout celle de l'état au niveau de la promotion après une action du sauvetage.

* * *



T A B L E A U D E S F I G U R E S

n°		page
1	Habitation troglodytique de la Fosse de Sauné	11
2	Tableau stratigraphique	47
3	Coupe géologique du plateau turonien du Saumurois	49
4	Regularisation de l'écoulement souterrain	57
5	Effondrement du plafond d'une galerie	58
6	Exemple d'un relevé d'eau	60
7	Coupe de l'abri sous roche de Roc-en-Pail	79
8	Les fermes troglodytiques de la Coulée de Nerveau	89
9	Ferme troglodytique de Rochemenier	93
10	Carrières souterraines dans le falun - Douces	95
11	Tuffeau en lames minces	111
12	Variations des facies dans les faluns	113
13	Stratification entrecroisée dans les faluns	119
14	Relévés thermiques de Bordeaux-Merignac	129
15	Plan de la ferme de la Coulée de Nerveau	133
16	Flechissement du toit d'une galerie (foisonnement)	139
17	La mécanique des poutres	139
18	Formation d'un aven (fontis)	140
19	Flechissement du toit d'une cavité superficielle	141
20	Eboulement de la falaise à Montsoreau	145

n°		page
21	Principe d'extraction de la pierre dans les faluns	163
22	Entrée d'une carrière dans les faluns (Douces)	165
23	Calcin cristallisé	170
24	Concretions en chou-fleurs	171
25	Cristallisation du salpêtre	173
26	Coupe des poches karstiques dans les faluns	197
27	Paroi de la carrière des faluns	199
28	Coupe de la poche karstique avec le squelette	201
29	Relevé du squelette du bovidé	207
30	Modèle anthropo-karstique	225
31	Mesures de la stabilité des cavités	241
32	Stabilisation des voutes	242
33	Macro - fossils	121

* *

T A B L E D E S T A B L E A U X

n°		page
1	Prelevements d'eau	69
2	Moyennes thermiques régionales	73
3	Moyenne thermique mensuelle d'Angers (1921-50)	73
4	Moyenne d'ensoleillement a Angers	75
5	Granulometrie des tuffeaux	102
6	Calcimétrie des tuffeaux	103
7	Calcimétrie et diffractométrie des tuffeaux	104
8	Rupture des tuffeaux	105
9	Absorption de l'humidité par les tuffeaux	106
10	Lithologie du Turonien (carte géol)	107
11	Lithologie du Turonien (F.Robaszynski)	109
12	Données micro-climatiques	131
13	Analyse des argiles - fissure dans le tuffeau	192
14	Evolution des argiles - poche karstique-bovidé	204
15	Hygrométrie et saturation de l'air	245

T A B L E D E S C A R T E S

n°		page
1	Carte topographique du Saumurois	25
2	Dampierre-sur-Loire , Souzay-Champigny	27
3	Montsoreau	29
4	St. Hilaire	31
5	St. Pierre en Vaux	33
6	Louresse - Rochemenier	35
7	Schema hypsométrique du Saumurois	41
8	Carte géologique du Saumurois	51
9	Schema geologique du Saumurois	54
10	Schema hydrogeologique du Saumurois	67
11	Les rivages de la mer des faluns	117
12	Schema morphologique de Souzay-Champigny	227
13	Cadastre de Souzay de 1813	231
14	Cadastre de Souzay d'aujourd'hui	233
15	Cadastre de St. Pierre en Vaux de 1873	235
16	Cadastre de St. Pierre en Vaux d'aujourd'hui	237
17	Tourisme souterrain en Anjou	255

* *

TABLEAU DES DIAGRAMMES

n°		page
1	Agressivité d'eau (Tillmans-Trombe)	71
2	Diffractometrie des argiles d'une fissure (tuffeau) ..	193
3	Diffractometrie des argiles du tuffeau (fissure)	193
4	Diffractometrie des argiles de la poche karstique avec le bovidé	209
5	" "	
6	" "	
7	" "	
8	" "	
9	" "	213

* *

TABLEAU DES PHOTOS

Photo n°		page
1	interieur d'une habitation trogloditique	23
2	troglydite - " l'homme moderne des cavernes "	"
3	interieur d'une habitation troglodyfrique abandonnée	"
4	sables varvés	65
5	détail des varves	"
6	conduite forcée naturelle	"
7	glissement des sables varvées	"
8	cristaliation de la calcite sur une nappe d'eau	"
9	nappe phreatique dans les faluns	"
4'	microscope polarisant - Bb - tuffeau sableux	177
5'	" " - Ba - tuffeau dure	"
6'	" " - An - surface oxydée	"
7'	" " - Ba - details	"
8'	" " - Ag - coupe d'une croute	"
9'	" " - Ac - cristaliation du calcin ...	"
10	entrée d'une carriere dans les faluns	217
11	entrée d'une carriere transformée en habitat	"
12	interieur d'une carriere dans les faluns	"
13	effondrement du plancher de la carriere "la Touche"	"
14	poche karstique avec le squelette	"
15	squelette du bovidé	"
16	effondrement souterrains à Dampierre	149
17	petit gouffre d'effondrement à Dampierre	"
18	dégradation du tuffeau (vers la surface)	"
19	decompression - Dampierre	"
20	ecrasement d'un pilier	"

21	M.E.B. - spherules d'opale - tuffeau sain	167
22	M.E.B. - " - tuffeau alteré	"
23	vue aeriennne de Souzay-Champigny	161
24	plateau de Souzay - ferme dans un aven	"
25	effondrement recent	"
26	un aven	"
27	eboulement par decompression	"
28	eboulement de la falaise à Montsoreau	"
29	concretions du salpêtre	177
30	concretions en chou-fleurs	"
31	croute	"
32	"	"
33	petite poche karstique dans les faluns	"
34	poche karstique dans la falaise turonienne	"
35	vue aeriennne de la Coulée de Nerveau	253
36	ferme troglodytique horizontale	"
37	vue aeriennne de Rochemenier	"
38	cave principale de la "ferme à vaches"	"
39	sculptures de Deneze	"
40	"	"
41	fissure interne dans les faluns	179
42	chevelu de racines	"
43	instabilité de la falaise	183
44	eboulement de Montsoreau	185
45	fissure de l'eboulement	"
46	chateau troglodytique de Souzay	257
47	" "	"

TABLE DES MATIERES

	Page
Avant-propos	5
I - <u>Introduction</u>	7
Pourquoi les troglodytes et les caves de l'Anjou ?	9
II - <u>Présentation du sujet</u>	13
1. Localisation et définition	15
2. Méthodologie	17
3. Une pointe d'ethnographie	19
III - <u>Présentation du milieu</u>	37
1. La topographie	39
2. Schéma géologique de l'Anjou	43
3. L'hydrogéologie	53
4. Le climat	73
IV - <u>Historique de l'utilisation du sous-sol régional</u>	77
1. La pierre - richesse régionale	79
2. L'habitat souterrain	82
V - <u>Typologie des cavités</u>	85
1. Typologie topographique	87
2. Typologie géologique	91
3. Typologie fonctionnelle	92
VI - <u>Présentation des matériaux et de leurs propriétés</u>	97
1. Le Tuffeau	99
{ a - position stratigraphique	
{ b - Définition	
{ c - Description pétrographique ..	
{ d - Description minéralogique	
et chimique	
{ e - propriétés physiques.	
2. Les faluns	113
VII - <u>Micro-climat des cavités souterraines</u>	123

VIII - <u>Les altérations physico-chimiques</u>	135
1. Mouvements de masse	137
2. Erosion superficielle, dépôts et concrétions	169
IX - <u>Karst régional</u>	187
1. Karst dans le tuffeau	192
2. Quelques formes karstiques dans le falun ...	195
3. Un bovidé dans "une poche"	201
X - <u>Répercussion du sous-sol sur la surface</u>	219
1. Paysage anthropo-karstique de l'Anjou	221
2. Influence sur l'habitat rural	229
XI - <u>Evolution et la sauvegarde des sites</u>	239
1. Protection des sites	241
2. Evolution actuelle	247
3. Le tourisme au secours des troglodytes	249
XII - <u>Conclusion</u>	259
Table des cartes, schémas, figures, graphiques .	265
Table des matières.....	273
Bibliographie	275

B I B L I O G R A P H I E

- AGACHE R** (1962) - Vues aériennes de la Somme et recherche du passé. 72 pages, 93 figures n° spécial du bulletin de la Société de la préhistoire du Nord Amiens.
- ALCAYDE G.** (1976) - Val de Loire Anjou, Touraine, Orléans Berry - 189 p. Guides Géologiques régionaux. Masson.
- ALCAYDE G. et al.** (1970) - Nouvelles observations sur la géologie de Saumur. Bull. B R G M n° 2 p. 69 - 81.
- BARING S.** (1911) - Cliff Castels and Cave Dwellings of Europe London Seeley and co. Limited.
- BLANCHET A.** (1923) - Les souterrains refuges de la France 323 p. 17 planches - Paris - Auguste Picard.
- BLOOM A.L.** (1980) - The surface of the Earth. 230 p. P.A.N. Wayszawa.
- BODELLE J. & MARGAT J.** (1980) L'eau souterraine en France 206 pages, 26 tableaux, 77 figures Masson.
- BOLELLI & LAKSHMAN** (1965) - Aperçu sur les limites d'application de la géophysique à la reconnaissance des Karsts - Chr. Hydv . 7, III-114.
- BOIVIN D.J.** (1982) - Géographie, aménagement et espace souterrain. L'espace Géographique n° 2 page 143-151 - Paris VI.
- BROENS M.** (1976) - Ces souterrains ... refuges pour les vivants ou pour les esprits. 149 pages 20 figures, 21 planches. A. Picard - Paris.
- BROSSE R.** (1978) - Les Faluns et les graviers supérieurs du Layon : stratigraphie, sédimentologie et origine. Bull. Soc. Sc. Anjou. N-S, T.X p. 61 - 71.
- CHAMPTIER G.** (1973) - La Chimie Générale - Q.S.J. n° 207 P.U.F.
- CHARNEAU N. & TREBBI J.CH.** (1981) - Maisons creusées, maisons enterrées - 212 pages. Editions alternatives, coll. Architecture.

- CHEVALIER** (1849) - Emploi du sable falun en agriculture. Ann. Soc. d'agriculture, Sc. d'Indre et Loire - XXIX p. 65 - 77.
- COUFFON** (1903) - Les faluns de l'Anjou et de la Touraine dans le Saumurois. Bull. Soc. Et. Sc. Angers. N.S. ann. 33 p. 216-223.
- CAUTRU** - Tuffeau de Touraine - étude de son altération 42 p. 20 pl. 49 photos - BNGM Orléans.
- DEBELMAS J.** (1974) - Géologie de la France - T.1 293 p. 138 fig. Doin Editeurs - Paris.
- DELMARE-DEBOUTTEVILLE C.** (1970) - La Vie dans les grottes. 124 p. Q.S.J n° 1430 P.U.F.
- DION R.** (1978) - Le Val de Loire. 735 p. 78 fig. 59 pl. - Laffitte Reprints - Marseille.
- ESTEIOULE-CHOUX J. et LOUAIL J.** (1972) - Etude sédimentaire et minéralogique des faluns d'Anjou dans le Bassin du Layon et du Thouet. Act. 97 Congrès des soc. sav. Nantes + II p. 101 à 102.
- FAUCAULT A. & RAOULT J.F.** (1980) - Dictionnaire de Géologie. 233 p. Masson.
- FEUGUEUR L. & SOYER R.** (1959) - Contrôle Géologique des souterrains de la région ouest de la SNCF.- Bull. Soc. Géd. Fr.(7), 1, 1959, P. 485 - 492 -
- FRAYSSE J & C.** (1963) - Les troglodytes en Anjou à travers les âges.
 T.1 - Folclore - 146 pages.
 T.2 - Habitat permanent, monuments religieux 165 pages.
 T.3 - Habitat temporaire, souterrains - refuges - 187 pages.
 Imprimerie FARRE & FILS - CHOLET.
- GINSBURG L. et al** (1979) - Découverte d'une faune de Mammifères terrestres d'âge vallésien dans le falun miocène de Doué-la-Fontaine.
 - Soc. Géol. Fr. Fasc. 5-6 p. 223-227.

- GINSBURG L.** (1982) - Age des faunes de mammifères contenues dans les faluns de la Touraine et de l'Anjou.
9ème réunion ann. des Sc. de la Terre. Paris SGF.
- GUYOMARD G.** - TROGLODYTES - Mémoire d'Architecture - Nantes.
- GRAS J.** (1968) - De la Vallée de l'Anjou au plateau du Baugeois - Mémoires et documents vol. 8 100 p. CNRS.
- HILL C.A.** - Origin of Cave Salpeter. Département of Geology, University of New Mexico.
- JATON C. & ORIAL G.** (1979) - Etat des recherches sur les traitements des pierres. 86 pages - Laboratoire de Recherche des monuments historiques - Champs-sur-Marne.
- KLIMASZEWKI M.** (1978 - Geomorfologia - 1097 pages P.A.N. Warszawa.
- LAKSHMAN** (1963) - Reconnaissance des cavités dans le sous-sol - Sols - Soils p. 9-13.
- LETOURNER J. & MICHEL R.** (1971) - Géologie du Génie civil. 687 pages, 7 planches - Collection U Armand Colin.
- LECOINTRE G.** (1978) - La Touraine - 244 pages 49 fig. Ed. Herman.
- LOMBARD A.** (1956) - Géologie Sédimentaire - 722 pages, 180 figures - Masson.
- LOUAIL J.** (1978) - Origine et signification des réalités dans le dépôts cénomaniens de la bordure sud-Est du Massif Armoricaïn. Clay Minéraux 14. p. 67 - 85.
-
- MECZENSKI Z.**(1953) - Poradnik budowlany dla architektów - 380 pages P.W.T. Warszawa.
- MILLON R.**(1963) - Essai de diverses méthodes géophysiques sur des cavités souterraines.
Chr. Hydv. 2 page 59-63.

- MORET L.** (1953) - Les maladies des pierres et leurs remèdes. Ann. Inst. Polytechn. Grenoble p.2-3.
- MORLANT R.** (1975) - Pédologie et utilisation agronomique appliquées au vignoble. 111p. + annexes. Thèse de 3ème cycle de Géologie - Poitiers.
- NEBOIT R.** (1983) - L'homme et l'érosion - 183 pages 23 figures - 12 tableaux - 6 planches - Université de Clermont Ferrand II.
-
- PULINA M.** (1974) - Denudacja chemiczna na obszarach krasu węgłowego. 150 pages P.A.N. Instytut Géografii - wroclaw.
- RENAULT F.** (1970) - La formation des cavernes - Q.S.J. n° 1400 P.U.F..
- REWERSKI J.** (1983) - Les loisirs et le monde souterrain en Anjou - NOROIS n° 120 pages 565-570.
-
- ROBASZYNSKI** (1982) - Le Turonien de la région type. 67 pages, 18 planches - Bul. Centre de recherche, Explor. Prod. Ecf-Aquitaine volume 6 n° 1.
- TALOBRE J.A.** (1967) - La mécanique des roches - 439 pages - DUNOD Paris.
- TROMBE F.** (1977) - Les eaux souterraines - 124 pages Q.S.J. n° 455 - P.U.F.
- TROMBE F.** (1973) - La spéléologie - Q.S.J. n° 709 P.U.F.
- VATAN A.** (1967) - Manuel de sédimentologie. 397 pages Editions Technip. Paris.
- WYNS R.** (1977) - Tectonique récente dans l'ouest du bassin de Paris. Bull. Soc. Géol. France 1977 t.XIX n° 5 - P.1093 - 1101.

**LA GEOLOGIE AU SERVICE DE L'ARCHEOLOGIE - LES MALADIES
DE LA PIERRE DE LA CAVE AUX SCULPTURES DE DENEZE-SOUS-
DOUE.** (1981) - Minéraux et Fossiles - Mars 1981
n° 74 - Pages 23-43.

LES PARAMETRES DU CLIMAT SOUTERRAIN (1983)
Le Moniteur - 15 avril 1983 -
pages 91 - 95.

SUBTERNA - Bulletin de la Société Française d'étude
des souterrains.

TELEDETECTION AEROSPATIALE - 27 pages - Commission des
Communautés Européennes.

LA PHOTOGRAPHIE INFRAROUGE ET SES APPLICATIONS -
81 pages Kodak 1983.

RUPTURE DES ROCHES ET MASSIFS ROCHEUX (1975) -
Annales Tome XCV SGN Villeneuve d'Ascq

ATLAS DES EAUX SOUTERRAINES DE LA FRANCE (1970) -
D.A.T.A.R., B.R.G.M.





C A R T E S

Carte touristique

n° 106 - I.G.N., 1 : 250000 - Val de Loire. 1980.
n° 25 - I.G.N., 1 : 100000 - Angers Chinon. 1975.

Carte topographique

n° 3-4 Saumur. I.G.N. 1:25000. 1962.
n° 7-8 Saumur. I.G.N. 1:25000. 1962.
n° 1623 W. Doué-la-Fontaine. I.G.N. 1:25000. 1979
n° 1723 W. Bourgueil. I.G.N. 1:25000. 1980.

Carte géologique

n° XVII-23 Chinon. B.R.G.M. 1:50000. 1972.
n° XVI - 23 Saumur. B.R.G.M. 1:50000. 1969.
n° XVI - 22 Longué. B.R.G.M. 1:5000. 1973.

Cadastres

Souzay-Champigny
St-Pierre en Vaux.

TALBOH et al. (1971) - Bassin de l'Authion -
Carte et la notice. B R G M.

