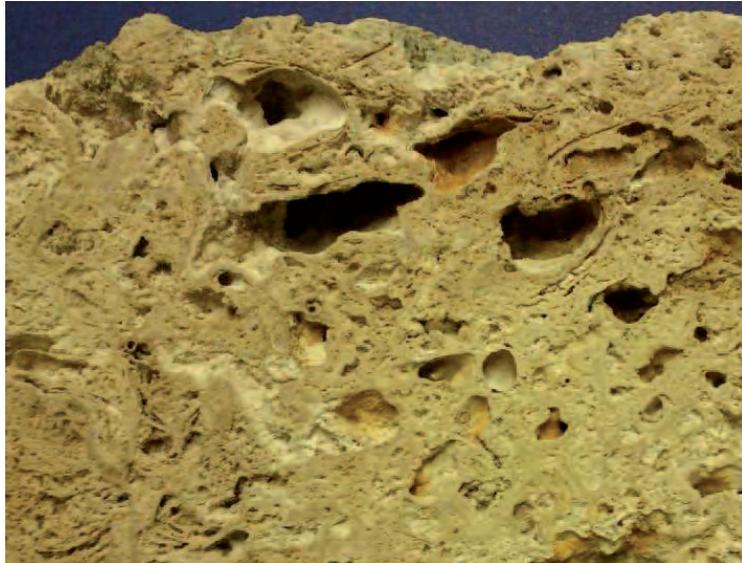


## Les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine (77)

**Sortie géologique du 08 septembre 2013**  
en commémoration de la première sortie géologique de l'ANVL, le 12 février 1922



Référence :

Thiry M. et Giraud J. (2013). Les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine (77). En commémoration de la première sortie géologique de l'ANVL, le 12 février 1922. Sortie géologique du 08 septembre 2013, livret guide, N° E130908MTHI, Centre de Géosciences, Ecole des Mines de Paris, Fontainebleau, France, 14 p.

Cette sortie géologique et le livret guide qui l'accompagne ont été élaborés dans le cadre de la diffusion des connaissances en collaboration avec l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du Massif de Fontainebleau avec la participation de l'Association des Naturalistes Parisiens.

Médard Thiry  
Jean Giraud

Septembre 2013  
No. : E130908MTHI

EQUIPE	GEOLOGIE
VISA	



Association des  
Naturalistes de la  
Vallée du  
Loing et du massif de Fontainebleau



sortie géologique du dimanche 08 septembre 2013

## Les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine (77)

en commémoration de la première sortie géologique de l'ANVL, le 12 février 1922

Médard Thiry

Mines-Paris Tech  
Centre de Géosciences  
35, rue St Honoré,  
77305 Fontainebleau

[medard.thiry@mines-paristech.fr](mailto:medard.thiry@mines-paristech.fr)  
<http://members.geosciences.ensmp.fr/medard/>

Jean Giraud

Association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du Massif de Fontainebleau

**Etat des lieux** : Si les nombreuses petites carrières domestiques et les excavations du chemin de fer de Corbeil à Montereau qui étaient visibles à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle ont disparues, on dispose actuellement d'une très belle coupe rafraîchie et ré-étudiée en détail depuis 2003 et mise en valeur et classée Espace Naturel Sensible par le CG77 en 2011.

**Historique** : Le site présente une formation calcaire quaternaire, adossée au versant de la Seine, exceptionnel par sa richesse en plantes et mollusques et qui plus est contient de l'industrie humaine. Les premières études avaient saisi son intérêt et l'ANVL consciente de l'intérêt local et général de cette coupe y a organisé sa première excursion géologique pour en faire profiter ses membres.

**Intérêt de la coupe** : C'est une coupe clé pour reconstruire les environnements et le climat en Europe pendant l'interglaciaire Midel-Riss (il y a 400 000 ans).

**Thème développé** : Une attention particulière sera portée à la sédimentologie et la géochimie des tufs calcaires.

## Compte-rendu de l'excursion ANVL de 1922

ANVL, 1922, Excursion du 12 février 1922. Les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine, 5/1, p. 20-22.

M. le Dr H. DALMON présente, avant de se rendre au but de l'excursion, un échantillon des tufs de La Celle qui porte des empreintes de mollusques divers, de feuilles de figuier, de bois, etc., etc.

### Excursion du 12 Février 1922

#### Les Tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine

Rendez-vous à la station de Saint-Mammès.

Les excursionnistes, au nombre d'une vingtaine, gagnent le bac de La Celle par le chemin vicinal ordinaire. A la croisée du chemin de la Croix de Saint-Nicaise, on remarque des blocs de grès erratiques, d'origine sparnacienne, d'après le témoignage d'un lit de silex inclus en poudingue à la base de l'un d'eux. Examen de la terrasse alluviale ancienne.

La Seine en crue légère, alors que le Loing est fort bas, est passée en bateau. Abordage au port de bois du château de Gravelle, les excursionnistes reconnaissent des pierres de tuf, en appareil, dans un mur, ces pierres sont fort dures.

Avant le déjeuner, exploration du ravin du rû du Chailly, pour obtenir la coupe des terrains abrasés par la vallée de la Seine. La carte géologique (feuille de Sens), indique schématiquement en affleurement de bas en haut : étages sparnacien, lutétien supérieur, bartonien, ludien, sannoisien. Dans la réalité, l'étage sparnacien n'a pas été reconnu, les trois étages sus-jacents forment un ensemble de calcaire siliceux, où l'absence de fossiles empêche toute distinction. Le chemin qui gagne le hameau de La Thurelle longe des excavations creusées dans la masse calcaire surmontée de marnes blanches.

Le ravin boisé, pittoresque, est dominé par les maisons du hameau. Arrêt à la fontaine de Saint-Fortuné, surmontée d'une niche avec une très ancienne statue du saint en bois. Non loin de là, le forage d'un puits en construction permet de recueillir les échantillons d'argiles vertes, presque à fleur de terre et peu épaisses et de marnes blanches sous-jacentes. L'eau est à 4 mètres environ, dans les marnes blanches.

De là, on gagne le plateau, recouvert de limon très calcaireux (sannoisien). Les marnes sannoisiennes peu épaisses reposent sur les argiles vertes. A l'horizon, bois de Gravelle, bouquets d'arbres ; très vieux et beaux poiriers dans la plaine. A l'Est, le mont de Vernou, butte témoin de sables et grès stampiens surmontés de calcaire de Beauce.

C'est un point culminant; on y jouit d'un très beau panorama.

Récolte d'*Helleborus viridis* L. [RENONCULACÉES], à la sortie de La Thurelle.

L'après midi, visite du gisement célèbre des tufs quaternaires de La Celle.

La bibliothèque de l'Association possède la bibliographie des travaux parus sur cette station : s'y reporter.

On se rappelle qu'en 1874, CHOUQUET, conducteur de travaux publics, ayant à établir un cimetière pour la commune de La Celle, mit à jour, un tuf remarquable par les empreintes végétales qu'il présentait. Les paléontologistes de l'époque et les préhistoriens étudièrent ces témoins d'une flore et d'une faune, que la découverte, en 1894, de silex chelléens et acheuléens, par A. DE MORTILLET, datait quaternaires anciennes.

Nous n'entreprendons pas de décrire la station en détail. Les naturalistes firent une ample récolte d'échantillons.

En quelques mots, les géologues montrent qu'au pied de l'escarpement de calcaire tertiaire (lutétien-bartonien-ludien) (1), la couverture morte de l'ancienne forêt quaternaire a été pétrifiée par le bicarbonate de chaux, d'eaux aujourd'hui disparues, qui s'épanchaient jadis dans la Seine préhistorique, sur un seuil d'alluvions dont nous avons encore les vestiges, non loin du passage à niveau de la ligne du P.-L.-M. (Melun-Montereau, par Héricy), à 15 mètres au-dessus du niveau actuel.

D'où venaient ces eaux ? D'une rivière souterraine résurgente du calcaire, en ce point ? L'épuisement du gîte permettrait peut-être de résoudre le problème.

Depuis l'exploitation de 1874, la carrière à l'Est du cimetière est épuisée, la carrière à l'Ouest donne encore de fort beaux échantillons, et le front net, établi en gradins, présente la coupe classique, de haut en bas :

1° Couche de tuf à concrétion calcaire avec empreinte de tiges, branches, feuilles. Espèces : figuier, buis, érable sycomore, saule cendré, laurier noble, etc. (voir les travaux de SAPORTA);

2° Tuf à *Zonites*, *Clausilia*, *Helix* (voir les travaux de JODEAU);

3° Marne rosée à *Helix*, *Cyclostoma*;

4° Tuf homogène fin avec marne verdâtre à ossements de sanglier, cerf, castor (voir les travaux de TORNOUER).

La Seine coule actuellement à 15 mètres plus bas. Sur la terrasse alluviale, nous remarquons, enfermée dans un bâtiment, la source des Pallis. Son débit est assez faible et sa minéralisation, dit M. MALHERBE, est ordinaire.

Ce n'est donc qu'un témoin très mesquin des eaux quaternaires anciennes, si témoin, il y a. Son origine doit être sparnacienne.

Une ride à peine indiquée plisse le coteau, au dessus du gîte fossilifère, qui mesure environ 300 mètres de large.

Les excursionnistes regagnent Moret par le bec de Saint-Mammès, réintégrant la Vallée du Loing. L'intérêt des tufs de La Celle, vieilles archives de la forêt quaternaire régionale, justifiait une incursion en territoire briard.

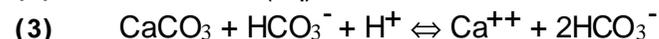
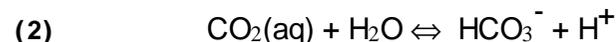
A l'exception des années précédentes, un temps sec, un peu brumeux le matin, favorisa les excursionnistes.

(1) La carte géologique situe le cimetière sur le lutétien supérieur. Cet étage aurait au plus 2 mètres d'épaisseur ; le front du gisement a 8 mètres de haut au moins.

## Solubilité de la calcite

### Influence du pH et de la fugacité de CO<sub>2</sub>

La calcite est soluble sous forme de bicarbonate (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) et relativement insoluble sous forme de mono-carbonate (CaCO<sub>3</sub>) = calcite. Trois réactions fondamentales règlent la dissolution et la précipitation de la calcite

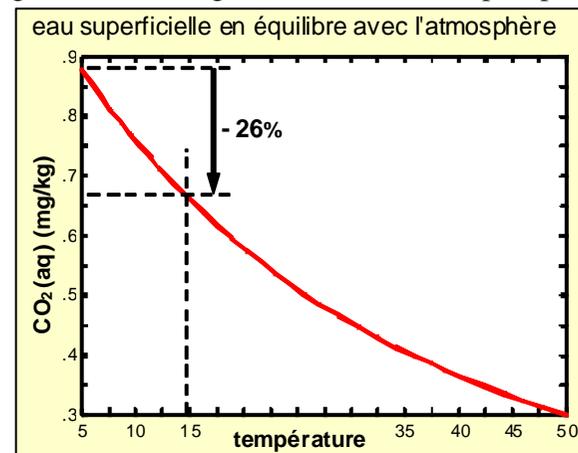


La diminution du pH (acidification) déplace les réactions (3) vers la droite, il y a dissolution de la calcite.

A pH suffisant, l'élévation de la teneur en CO<sub>2</sub> déplace successivement les équilibres (1), (2), et (3) vers la droite et entraîne la dissolution de calcite. Si l'on fait se dégager le CO<sub>2</sub>, on déplace les équilibres vers la gauche : on dissout le bicarbonate et l'on précipite le calcaire.

### Effet de la température

Le CO<sub>2</sub> est plus soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude. En réchauffant de l'eau elle se dégage. L'élévation de température déplace (1) vers la gauche et par contrecoup (3) également vers la gauche conduisant à la précipitation de calcite.



Le CO<sub>2</sub> et les carbonates sont plus solubles dans les eaux froides que dans les eaux chaudes. Quand une eau en équilibre avec le CO<sub>2</sub> atmosphérique se réchauffe de 5 à 15°C elle perd 25% de son CO<sub>2</sub> dissous et 25% de la calcite dissoute précipite.

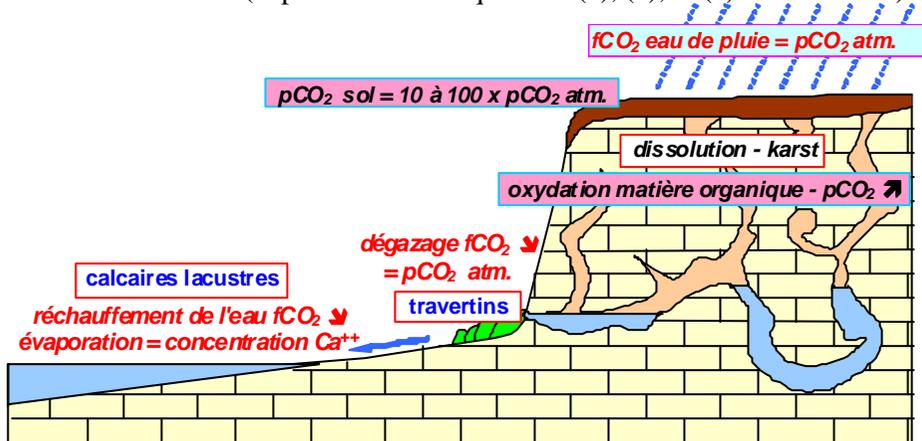
## Cycle du calcaire dans les eaux continentales

L'eau de pluie est quasi dépourvue de cations (très faible minéralisation) elle contient du  $\text{CO}_2$  dissous en équilibre avec l'atmosphère, elle est acide.

Au contact avec le sol sa teneur en  $\text{CO}_2$  augmente car l'air contenu dans les pores des sols a une teneur en  $\text{CO}_2$  plus élevée que l'atmosphère. Cet excès de  $\text{CO}_2$  provient de la respiration de la flore et de la faune des sols et surtout de la décomposition de la matière organique. La teneur en  $\text{CO}_2$  des pores de sols peut atteindre 100 fois la teneur de l'atmosphère.

En traversant les roches du sous-sol sa teneur en  $\text{CO}_2$  peut encore augmenter légèrement s'il y a oxydation de la matière organique contenue dans ces roches.

Au contact de calcaires (dans les sols et/ou le sous-sol) le  $\text{CO}_2$  dissous conduit à la dissolution du calcaire (déplacement des équilibres (1), (2), et (3) vers la droite).



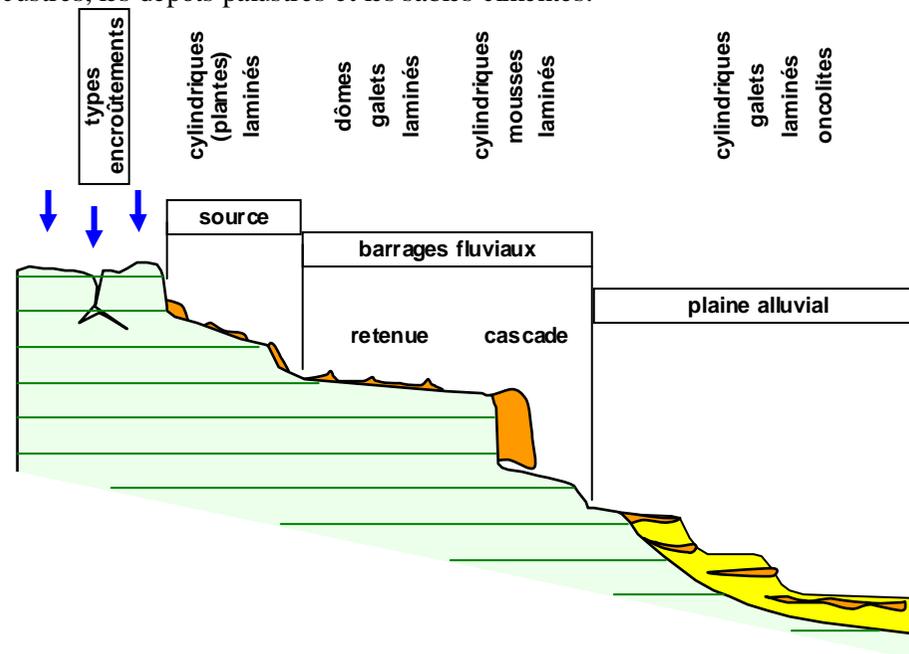
À la résurgence des eaux souterraines (source) la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'eau se remet à l'équilibre avec l'atmosphère ... il y a dégazage du  $\text{CO}_2$  ... et par conséquent précipitation de calcite. Si en même temps l'eau se réchauffe au contact de l'air et du sol (période estivale) le dégazage de  $\text{CO}_2$  est amplifié par cette augmentation de température ... tout comme la précipitation de calcite.

Ce sont ces mécanismes géochimiques qui conduisent à la précipitation des tufs et travertins calcaires au voisinage des sources en pays calcaire ... et en climats relativement chauds.

On mentionne souvent que les organismes (algues et autres) provoquent la précipitation de la calcite. Le prélèvement du  $\text{CO}_2$  de l'eau par les organismes peut induire la précipitation de carbonate. Mais ce n'est là qu'un effet secondaire, qui peut contribuer, mais si les conditions géochimiques ne sont pas réunies il n'y aura pas précipitation, ni préservation du précipité. Les algues interviennent surtout dans le piégeage des fines particules de calcite précipitée.

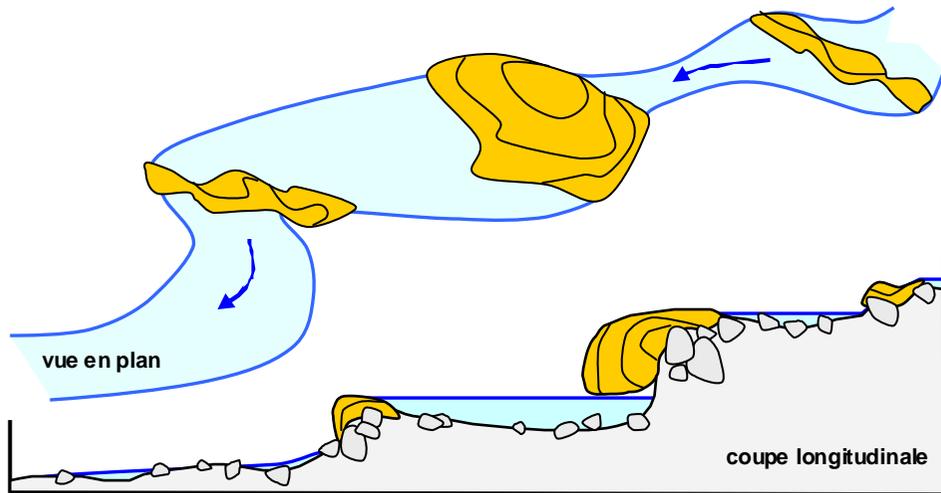
## Morphologies associées à la précipitation des travertins

Les faciès travertineux sont associés à des processus hydrologiques, géomorphologiques et climatiques spécifiques et leur reconnaissance permet de remonter aux conditions paléoenvironnementales de leur dépôt. Les principaux faciès/environnements sont les monticules ou dômes liés à des barrages, les éventails de cascades et faciès à mousses, les encroûtements fluviaux ou lacustres, les dépôts palustres et les sables cimentés.



La morphologie des concrétions dépend du substrat (galets, végétation, ...) et du régime hydrique (écoulements laminaires superficiels et peu profonds, turbulences, ...). Les oncolites (concrétions concentriques sphériques ou cylindriques) impliquent que l'objet soit enrobé sur toutes ses faces ... cela implique qu'il bouge régulièrement (entraîné par le courant ou plus souvent remué par un clapotis qui le maintient sur place).

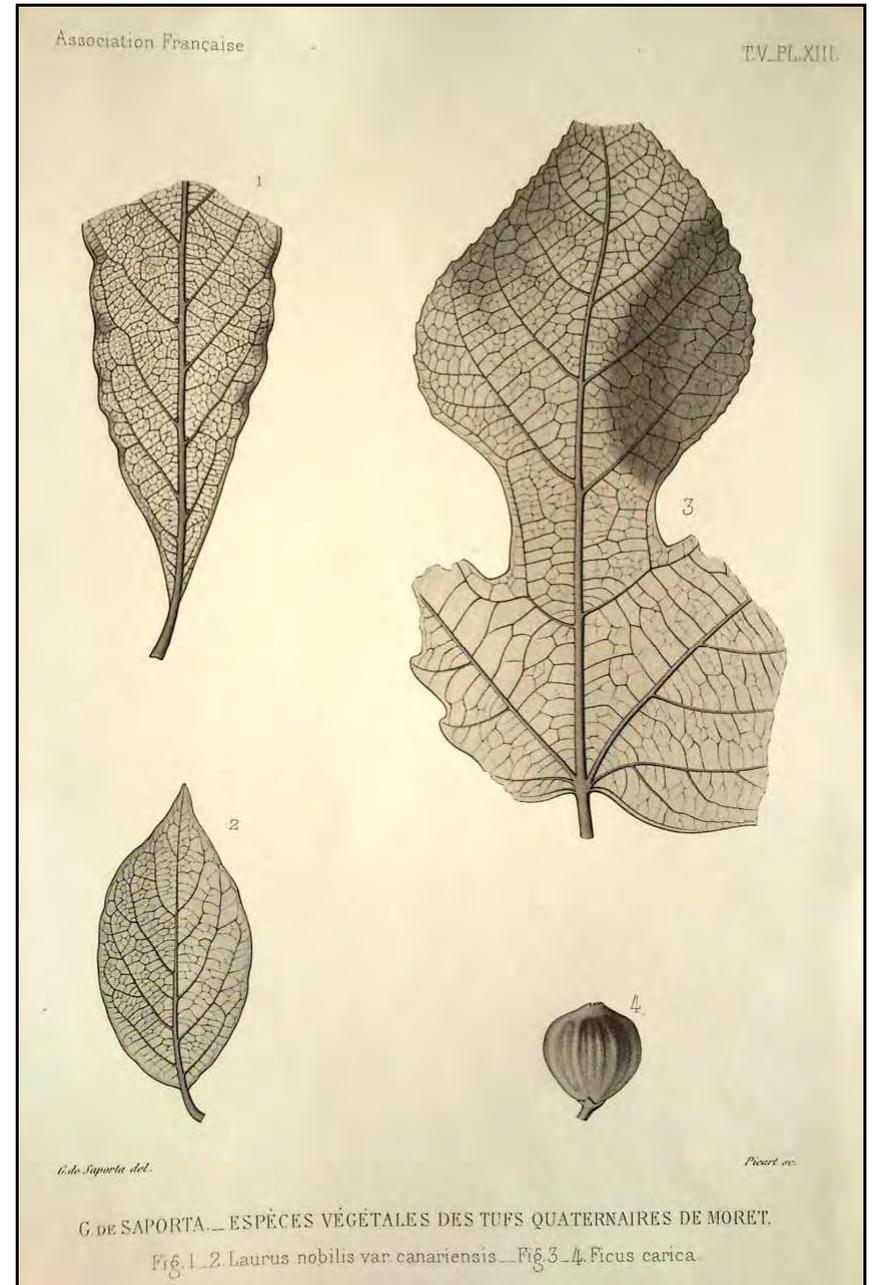
Les barrages en travers du ruisseau ou de la rivière sont une des morphologies les plus typiques. Le carbonate précipite sur un obstacle surélevé formant barrage au courant (galets ou de branchages). La turbulence créée par le barrage aère l'eau et favorise le dégazage du  $\text{CO}_2$  et provoque la précipitation du carbonate à cet endroit. Le carbonate précipite préférentiellement à cet endroit, ce qui surélève l'obstacle et amplifie le phénomène. Cette précipitation de carbonate qui rehausse toutes les irrégularités initiales finit par faire une série de murs ou terrasse, qui barrent complètement le ruisseau.



Les barrages peuvent se développer jusqu'à former des éventails qui se mettent en surplomb et porte-à-faux de un à plusieurs mètres selon l'ampleur de la cascade.



Barrages de travertin dans les Gorges de Pénafort, Le Muy (83). Les barrages visibles sur la photo se sont développés en 3 ans après une inondation très forte qui avait complètement érodé les concrétions anciennes.



G. DE SAPORTA. — ESPÈCES VÉGÉTALES DES TUFs QUATÉRNAIRES DE MORET.

Fig. 1. 2. *Laurus nobilis* var. *canariensis* — Fig. 3-4. *Ficus carica*.

Empreintes de laurier et figuier des tufs de la Celle (Marquis de Saporta, 1876)

## Interprétations climatiques

Des précipitations de travertins se font en climats "tempéré humide" (Nord de la France, Belgique, Allemagne) mais restent toujours très limitées en surface et en épaisseur. Ce sont des biotopes très particuliers et précieux, mais ces concrétions n'ont aucun avenir géologique, ils sont trop limités et superficiels pour être préservés dans les processus morphogénétiques.

Les travertins sont caractéristiques des climats méditerranéens (chauds et à pluies saisonnières). La formation de travertins est actuelle dans le midi de la France où existent des concrétionnements de plusieurs mètres d'épaisseur, comme à Trans-en-Provence (83). Dans les pays chauds, comme le sud de la Méditerranée et les pays subsahariens, le développement des travertins est lié à des phases climatiques plus humides. Au Nord de la Méditerranée, les travertins atteignent leur optimum de développement pendant les périodes à climat plus chaud. De nombreuses séquences sont connues dans le Quaternaire. Aux temps historiques l'époque romaine est caractérisée par l'expansion des formations travertineuses et le petit âge glaciaire par leur régression et leur dissolution.

Les concrétions travertineuses enregistrent aussi des variations saisonnières, avec précipitation estivale sur les falaises calcaires et arrêt des précipitations ou dissolution partielle pendant l'hiver.

Les travertins sont de précieux indicateurs pour les reconstructions paléoclimatiques, du fait des conditions physico-chimiques de leur précipitation, mais surtout par la faune et la flore qu'ils fossilisent. Ils sont d'autant plus précieux que souvent ils se forment et fossilisent les données dans des endroits qui ne sont pas forcément des secteurs de sédimentation (flanc de vallée, falaises, etc.).

Pour compléter les reconstructions paléoclimatiques il faut y associer l'étude des formations continentales superficielles correspondant aux conditions climatiques qui alternent avec les phases chaudes des travertins, tel les spéléotermes des karsts, les tourbières, les grèzes (cailloutis géoliffractés), les épisodes de less, les cryoturbations (déformation des sols par le gel), etc.

Il est dit des tufs de La Celle que leur développement est plus dû aux "faibles amplitudes de températures saisonnières, qui auraient permis à plusieurs taxons méridionaux de coloniser cette zone septentrionale, plutôt qu'à un climat plus tempéré que l'actuel" (Limondin-Lozouet et al., 2006). Mais tout de même il y a des macaques et des hippopotames qui sont "remontés" jusqu'à la Seine.

## L'industrie lithique associée

La présence de silex taillés a été une découverte importante et transmise à la communauté scientifique par Collin et al. (1895). Les auteurs ne manquent pas de souligner l'importance de l'apport des "amateurs" dans les découvertes. Victor Bezault fils "carrier intelligent", qui simple ouvrier connaissait en 1890 les silex taillés et leur intérêt ... par l'enseignement ?, par ses lectures ? ...

**Silex taillés des Tufs de la Celle-sous-Moret (Seine-et-Marne).**

PAR MM. EMILE COLLIN, REYNIER ET A. DE MORTILLET.

Les Tufs de la Celle-sous-Moret, bien connus des géologues et des paléontologues sont situés sur la rive droite de la Seine, entre le village de la Celle et celui de Vernou, à quelque distance en amont du confluent de la Seine et du Loing. Ils forment un dépôt d'au moins un quinzaine de mètres de puissance, couvrant une surface d'environ 500 mètres de longueur sur 250 mètres de largeur. Ce dépôt est plaqué contre un escarpement de calcaire lacustre tertiaire et repose sur des alluvions caillouteuses anciennes. Une partie de ces tufs fortement concrétionnés renferme de très nombreuses empreintes de végétaux et des mollusques terrestres, qui ont fourni de précieuses indications sur le climat de la vallée de la Seine à l'époque où ils se sont déposés.

MM. Chouquet, de Saporta, R. Tournouër et G. de Mortillet, qui ont étudié cet important gisement, sont d'accord pour le considérer comme appartenant à une période fort reculée des temps quaternaires, période pendant laquelle régnait une température plus tiède, plus humide et surtout plus uniforme. Bien que postérieurs au creusement de la vallée qui doit remonter à la fin du tertiaire, et un peu plus anciens que les graviers quaternaires qui leur servent de base, les tufs de la Celle sont cependant antérieurs au quaternaire moyen, ainsi qu'il résulte de l'étude de la flore et de la faune malacologique. C'est ce que semble également confirmer la trouvaille faite dans les terres qui couvrent le tuf de silex taillés parmi lesquels se trouvait une pointe évidemment moustérienne remise par M. G. de Mortillet au Musée de Saint-Germain.

Mais, dans les tufs mêmes, on n'avait encore rencontré aucun objet d'industrie humaine, lorsqu'un carrier intelligent, M. Bezault fils, découvrit dans une petite carrière ouverte au-dessous du cimetière de la Celle, en contre-bas de l'ancien chemin de Vernou, quelques instruments en silex qu'il mit de côté. L'année suivante, c'est-à-dire l'hiver dernier, il en recueillit un plus grand nombre encore. Depuis, les travaux de la ligne en construction du chemin de fer de Corbeil à Montereau ont complètement fait disparaître la carrière.

M. Victor Bezault fils a bien voulu céder à l'École d'Anthropologie les objets récoltés par lui et nous donner des renseignements sur la place qu'ils occupaient. Ils gisaient à divers niveaux, à 3 ou 4 mètres au-dessous du sommet de la carrière, sous une épaisse couche de tuf formant à sa base une roche fort dure. Plusieurs d'entre eux étaient très rapprochés les uns des autres, comme groupés. Au-dessous, il existait encore du tuf, l'exploitation n'ayant pas été poussée jusqu'au gravier.

Le nombre total des pièces recueillies est d'environ trentaine, dont 23 font aujourd'hui partie des collections de l'École d'Anthropologie. L'École des mines en possède 3 ; M. le Dr Capitan, 1 ; M. Émile Collin, 1 ; et 2 sont entre les mains d'un ingénieur, soit en total, 33 pièces.

Tous ces instruments sont du type coup-de-poing, plus ou moins taillés sur les deux faces, les uns à grands éclats, les autres un peu plus finement. Ils sont presque tous en forme d'amande, et sur la plupart d'entre eux se voit encore à la base une partie de la croûte du rognon dans lequel ils ont été taillés. Le plus grand spécimen mesure 17 centimètres de longueur, 9 de largeur et 5 d'épaisseur. Un des plus petits a 83 millimètres de long, 48 de large et 33 d'épaisseur. La majeure partie est en silex de la craie qui se voit non loin de li en allant vers Montereau. Quelques-uns pourtant semblent être en silex tertiaire pouvant provenir du Calcaire de Brie, dont il existe des gisements très voisins.

La patine blanche et mate d'un aspect tout particulier que présentent tous ces silex, les traces de concrétions tuffeuses que portent encore sur leurs deux faces plusieurs échantillons sont un sûr garant qu'ils proviennent bien des tufs.

En somme, comme formes et comme travail, ces silex paraissent appartenir à la fin de l'époque chelléenne ou au commencement de l'époque acheuléenne. Les documents paléolithologiques fournis par cette intéressante découverte viennent donc pleinement confirmer les conclusions tirées de l'étude stratigraphique et paléontologique du gisement de la Celle.

#### Discussion.

M. O. VAUVILLÉ. — Je pense devoir faire remarquer que dans les échantillons de tuf, qui nous sont présentés, il y en a de formation d'époques diverses. En voici un, avec belles empreintes, lequel a été extrait depuis longtemps ; il est tout différent de formation des autres, qui proviennent de découvertes récentes faites dans les déblais exécutés pour l'établissement d'un chemin de fer.

## Les premières et dernières références ...

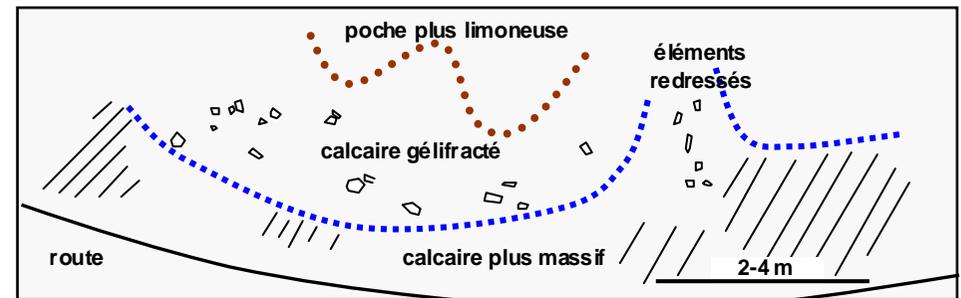
- Saporta de G., 1874 - Sur l'existence constatée du figuier aux environs de Paris à l'époque quaternaire. *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 3, t.2, 439-443.
- Toumouër R., 1874 - Note sur les coquilles des tufs quaternaires de la Celle, près Moret (Seine-et-Marne). *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 3, t.2, 443-452.
- Saporta de G., 1876 - Sur la découverte du laurier dans les tufs de la Celle et le climat des environs de Paris à l'époque du diluvium gris. *Comptes-rendus de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences Clermont-Ferrand*, 640-654.
- Toumouër R., 1877 - Note complémentaire sur les tufs quaternaires de La Celle, près Moret (Seine-et-Marne). *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 3, t.5, 646-671.
- Collin E., Reynier, Mortillet (de) A., 1895, Découverte de silex taillés dans les tufs de la Celle-sous-Moret. *Revue Mensuelle de l'École d'Anthropologie*, 5, p. 318-322.
- Jodot P., 1907 - Excursion aux carrières de tufs quaternaires de la Celle-sous-Moret (Seine-et-Marne). *Bulletin de la Société des Naturalistes Parisiens*, 4, 1-12.
- Limondin-Lozouet N., Antoine P., Auguste P., Bahain J.-J., Carbonel P., Chaussé C., Connet N., Dupéron J., Dupéron M., Falgueres C., Freyret P., Ghaleb B., Jolly-Saad M.-C., Lhomme V., Lozouet P., Mercier N., Paster J.-F., Voinchet P. Le tuf calcaire de La Celle-sur-Seine (Seine et Marne) : nouvelles données sur un site clé du stade 11 dans le Nord de la France. *Quaternaire*, 17/2, p. 5-29.

## Gélifraction et cryoturbations sur les flancs de la vallée

Sur les rebords du plateau de Brie et sur les coteaux de la Seine les calcaires de Champigny et Brie sont toujours très fracturés et désorganisés. Il est difficile de trouver un affleurement de calcaire en banc ... d'ailleurs il n'y a jamais d'exploitation conséquente de ces formations hors du plateau.

Cette désorganisation des calcaires et la conséquence d'une dislocation et bréchification sous l'action du gel. C'est l'eau des fins pores qui en gelant fait éclater le calcaire et conduit à la fragmentation de la roche en débris anguleux (cryoclastie), et à la longue à la formation d'une importante matrice fine.

La cryoclastie des calcaires et l'ébauche d'une poche de cryoturbation sont visible dans le virage de la côte du Panorama à Champagne/Seine.

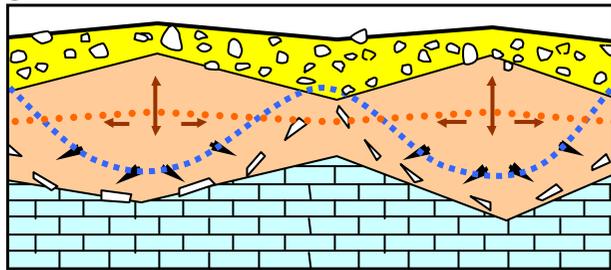


Par ailleurs, les matériaux bréchiques et les matériaux plus fins qui retiennent l'eau (sables-argileux ou marnes) ont un comportement différencié vis-à-vis de la conduction thermique. Le gel progresse plus vite dans les matériaux limoneux, saturés en eau et moins vite dans les matériaux grossiers, poreux.

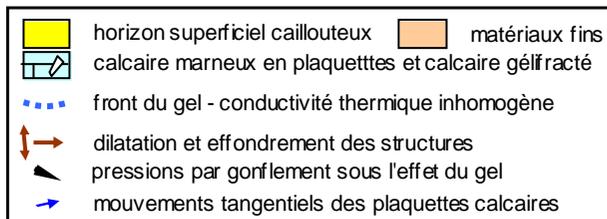
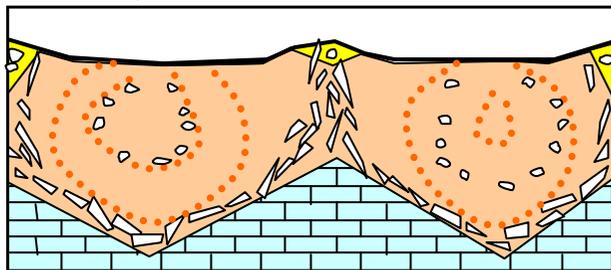
Sous l'effet du gel les matériaux limoneux se dilatent (gonflent), les pressions qui en résultent "repoussent" les fragments grossiers. Au dégel les poches de limons argileux s'effondrent et les "murs" caillouteux se maintiennent. La répétition des cycles de gel et dégel conduit au développement de poches structurées, à "stratifications emboîtées", et de "murs" armés par les cailloux qui sont en relief par rapport aux poches limoneuses.

Ce sont ces mouvements de sols qui sont à l'origine des sols polygonaux des régions périglaciaires (régions polaires et montagnes).

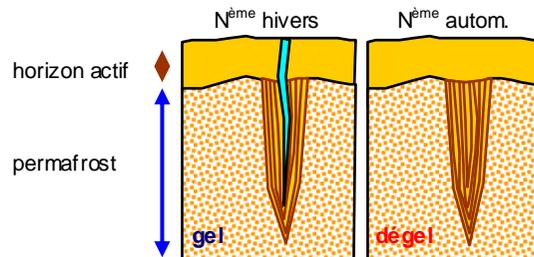
**gel = dilatations différentielles = tensions**



**à terme = cycles successifs**



Ailleurs, la contraction thermique des matériaux donne naissance à des coins de glace verticaux au sein des horizons de surface, qui au dégel se remplissent de matériaux fins provenant de la surface. Une telle structure semble également présente un peu plus haut dans la coupe de la route du Panorama.



## Les terrasses de fluviales

Les terrasses fluviales sont des morphologies et des dépôts associés au creusement des vallées. Elles constituent des marqueurs des changements climatiques "glaciaires-interglaciaires". Il y a combinaison des effets du niveau marin (lié au stockage de glace sur les continents), du régime des précipitations et du couvert végétal régulé par la température :

- 1) période glaciaire, abaissement du niveau marin, la pente de la rivière augmente, il y a creusement et déblaiement, la nappe alluviale antérieure devient terrasse ;
- 2) fin de la période glaciaire, le niveau marin remonte progressivement et les précipitations sont importantes, le sol reste gelé une partie de l'année limitant l'infiltration et favorisant le ruissellement, l'érosion des paysages est maximum (solifluction), il y a alluvionnement grossier (galets) ;
- 3) période interglaciaire, le niveau marin est haut, la pente de la rivière se réduit, le couvert végétal est dense et limite l'érosion des paysages, il a alluvionnement fin (sables-argiles).

Si ce cycle se reproduit plusieurs fois il conduit à la création d'un système de terrasses étagées, les plus anciennes étant les plus hautes par rapport au lit actuel. Le schéma ci-dessous illustre la mise en place d'une nappe alluviale et la formation d'une terrasse. Il faut remarquer que le creusement important des vallées, et donc l'étagement des alluvions sur 20-40 m, n'est pas uniquement dû à ces facteurs climatiques. Le soulèvement du bassin de Paris au cours du Plio-Quaternaire a amplifié l'étagement.

