Compte rendu de l'excursion géologique du 8 septembre 2013 " Les tufs quaternaires de la celle-sur-Seine " (Seine et Marne)

Médard Thiry, Jean Giraud

▶ **To cite this version:**

Médard Thiry, Jean Giraud. Compte rendu de l'excursion géologique du 8 septembre 2013 " Les tufs quaternaires de la celle-sur-Seine " (Seine et Marne). Bulletin Association Naturalistes Vallée du Loing, 2015, Centenaire de l'Association, 89 (1-2), pp.67-78. hal-01243529

HAL Id: hal-01243529

https://minesparis-psl.hal.science/hal-01243529

Submitted on 15 Dec 2015

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

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

CENTENAIRE DE L'ANVL

GEOLOGIE

COMPTE RENDU DE L'EXCURSION GÉOLOGIQUE DU 8 SEPTEMBRE 2013 « LES TUFS QUATERNAIRES DE LA CELLE-SUR-SEINE » (SEINE-ET-MARNE)

Par Médard THIRY et Jean GIRAUD

Citation proposée : THIRY M. & GIRAUD J., 2013 (2015). Compte rendu de l'excursion géologique du 8 septembre 2013 « Les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine » (Seine-et-Marne). *Bull. Ass. Natur. Vallée Loing*, **89** (1-2) : 67-78.

Mots-clés : Géologie, Tuf, Travertin, ENS, La Celle-sur-Seine.

Résumé : Si les petites carrières domestiques et les excavations du chemin de fer de Corbeil à Montereau, qui étaient visibles à la fin du XIX[e] siècle, ont disparu, on dispose actuellement d'une très belle coupe rafraichie, étudiée en détail depuis 2003 et mise en valeur et classée Espace Naturel Sensible (ENS) par le Conseil Général de la Seine-et-Marne en 2011. Le site présente une formation calcaire quaternaire exceptionnelle par sa richesse en plantes et mollusques fossiles et qui plus est contient de l'industrie humaine. Les premières études avaient saisi son intérêt et l'ANVL, consciente de l'importance locale et générale de cette coupe, y a organisé sa première excursion géologique pour en faire profiter ses membres. C'est une coupe clé pour reconstruire les environnements et le climat en Europe pendant la période interglaciaire Mindel-Riss (il y a 400 000 ans). Une attention particulière est portée ici à la sédimentologie et la géochimie des tufs calcaires. L'excursion du centenaire s'est aussi intéressée à la géomorphologie de la vallée de Seine et s'est attachée à tracer un panorama des paysages qui se sont succédés au Quaternaire sur les coteaux.

Introduction

Contexte historique

Délaissant les gisements de poudingues et de calcaires de la Vallée du Loing et les Sables et Grès de Fontainebleau, l'ANVL consacra sa première sortie géologique au site de la Celle-sur-Seine, affleurements peu spectaculaires même à cette époque et d'extension très limitée. C'est pour l'importance stratigraphique et paléo-environnementale (alors que le mot n'existait pas encore) que le site de la Celle-sur-Seine a été choisi par l'ANVL pour faire sa première sortie géologique. Comme dit le compte rendu de l'excursion de 1922 (Fig. 1) : « l'intérêt du tuf [...] justifiait une excursion en terrain briard. » [...] hors de la vallée du Loing ! Une seconde excursion de l'ANVL lui a été consacrée en 1951 (DOIGNON, 1951).

Itinéraire 2013

Le départ est fixé à la gare de Vernou-la-Celle-sur-Seine vers 9 h 30. Une trentaine de personnes y participe. La matinée fut consacrée à l'observation du tuf de La Celle-sur-Seine dans une ancienne carrière classée en Espace Naturel Sensible (ENS) par le Conseil Général de la Seine-et-Marne (Fig. 2). La formation du travertin, la morphologie des dépôts, l'influence du climat ont été expliqués devant la vaste coupe. Puis, le groupe se dirigea vers le Port de La Celle-sur-Seine où eût lieu le pique-nique. L'excursion se poursuivit par l'observation des terrasses alluviales de la Seine. La remontée vers le plateau par la route du Panorama permis d'observer des structures d'altération des coteaux calcaires par le gel. Puis, le retour se fit par La Thurelle dont le lavoir et la source de Saint Fortuné sont situés au-dessus des Argiles Vertes. La gare de Vernou-la-Celle-sur-Seine a été rejointe par le plateau.

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 pouddingue 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 Graville, 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, presqu'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 calcareux (sannoisien). Les marnes sannoisiennes peu épaisses reposent sur les argiles vertes. A l'horizon, bois de Graville, 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.

(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.

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 préhistoriciens 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'entreprenons 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 résurgeant 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 bac 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.

Fig. 1 : *Fac-simile* du compte rendu de l'excursion ANVL du 12 février 1922. Les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine (ANVL, 1922 - *Bull. Ass. Natur. Vallée Loing*, **5** (1) : 20-22).

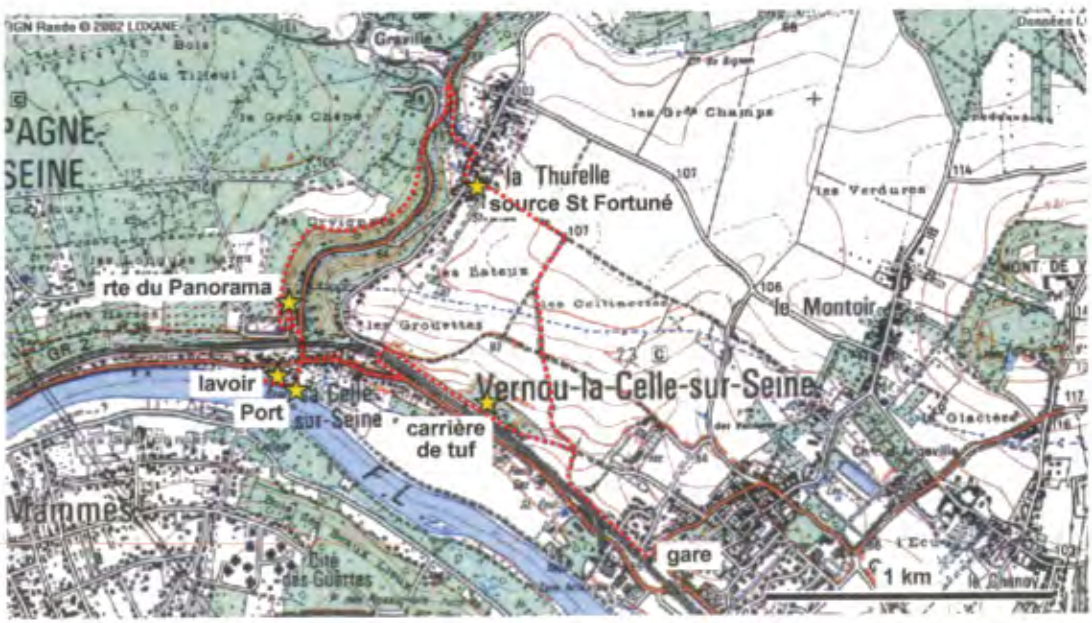

Fig. 2 : Carte de l'itinéraire emprunté par les « excursionnistes » et situation des sites visités. Extrait carte IGN 1/25 000e LOXANE 2002.

Organisation de la sortie du 8 septembre 2013

En revenant visiter ce site patrimonial, le tuf a été considéré sous une optique sédimentologique pour l'intégrer dans la reconstitution des paléopaysages de la vallée de la Seine au Pléistocène (Quaternaire). Ont successivement été envisagés les conditions de formation des tufs calcaires, les paysages dans lesquels ils se déposent, les conditions à réunir pour leur développement et leur préservation, et enfin leur signification climatique. Pour compléter la lecture des paléopaysages pleistocènes, ont également été examinées les autres formations morpho-climatiques de la vallée, en particulier les marques d'altérations par le gel et l'incision saccadée de la vallée lors des alternances climatiques. Enfin, comme à l'habitude, ou traditionnellement [?], les participants ont glané quelques éléments botaniques singuliers le long du cheminement.

Le calcaire dans les eaux continentales

Pour bien appréhender comment se sont mis en place les tufs de la Celle-sur-Seine, il est bon de rappeler quelques notions simples de « géochimie », pour comprendre pourquoi ces dépôts se sont formés à cet endroit et à cette époque.

Solubilité de la calcite

La solubilité de la calcite est avant tout réglée par le pH (acidité) et la fugacité (teneur) en CO_2 de l'eau. La calcite est soluble sous forme de bicarbonate de calcium $Ca(HCO_3)_2$, et relativement insoluble sous forme de mono-carbonate $CaCO_3$, qui est en fait la calcite. La réaction globale qui règle la dissolution et la précipitation de la calcite est gouvernée par les teneurs relatives de 3 composantes Ca^{2+}, CO_2 et évidemment H_2O :

(1) $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2\,(HCO_3^-)$

La calcite se dissout quand il y a abaissement du pH (augmentation des ions H^+) et/ou augmentation de la teneur en CO_2 (et donc du carbonate HCO_3^-) La réaction précédente se déplace vers la droite.

La calcite précipite si le CO_2 en solution dans l'eau dégaze (s'échappe sous forme de gaz dans l'atmosphère). Cela a pour conséquence de diminuer la teneur de bicarbonate dans la solution. La réaction précédente se déplace vers la gauche.

Effet de la température

Le CO_2 est plus soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude (Fig. 3). En réchauffant de l'eau, elle se dégaze et sa teneur en CO_2 diminue. L'élévation de température déplace l'équation (1) vers la gauche, conduisant à la précipitation de calcite.

Le CO_2 et les carbonates sont plus solubles dans les eaux froides que dans les eaux chaudes. Quand une eau en équilibre avec le CO_2 atmosphérique se réchauffe de 5 à 15°C, elle perd 25 % de son CO_2 dissous et 25 % de la calcite dissoute précipite (Fig. 3).

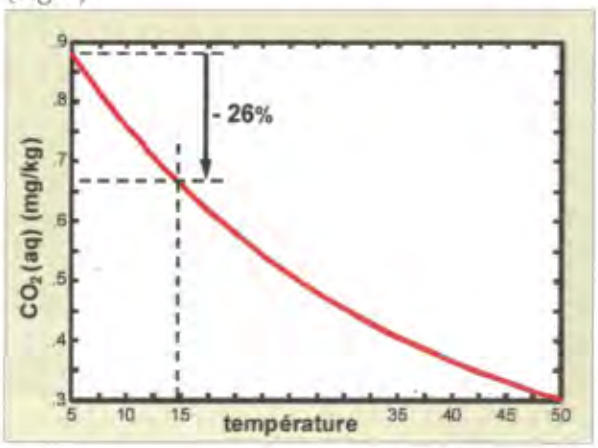

Fig. 3 : Teneur en CO_2 d'une eau en équilibre avec l'atmosphère en fonction de la température.

Le cycle continental du calcaire

Le comportement du calcaire vis-à-vis des eaux est régulé par l'atmosphère et la matière organique (respiration et décomposition) (Fig. 4).

L'eau de pluie est quasi dépourvue de cations (très faible minéralisation). Elle contient du CO_2 dissous qui, en équilibre avec l'atmosphère, est acide.

Au contact avec les sols, l'eau de pluie acquiert une charge supplémentaire en CO_2, car l'air contenu dans les pores des sols a une teneur en CO_2 plus élevée que l'atmosphère. Cet excès de CO_2 provient de la respiration de la flore et de la faune des sols et surtout de la décomposition (oxydation) de la matière organique. La teneur en CO_2 des pores des sols peut atteindre 100 fois la teneur de l'atmosphère.

Au contact de calcaire (dans les sols et/ou le sous-sol), le CO_2 dissous dans les eaux conduit à leur dissolution (déplacement de l'équilibre (1) vers la droite). Les eaux se chargent en Ca^{2+}.

A la résurgence des eaux souterraines (source), la teneur en CO_2 de l'eau se remet à l'équilibre avec l'atmosphère. Il y a dégazage du CO_2 acquis dans les sols et par conséquent précipitation de calcite.

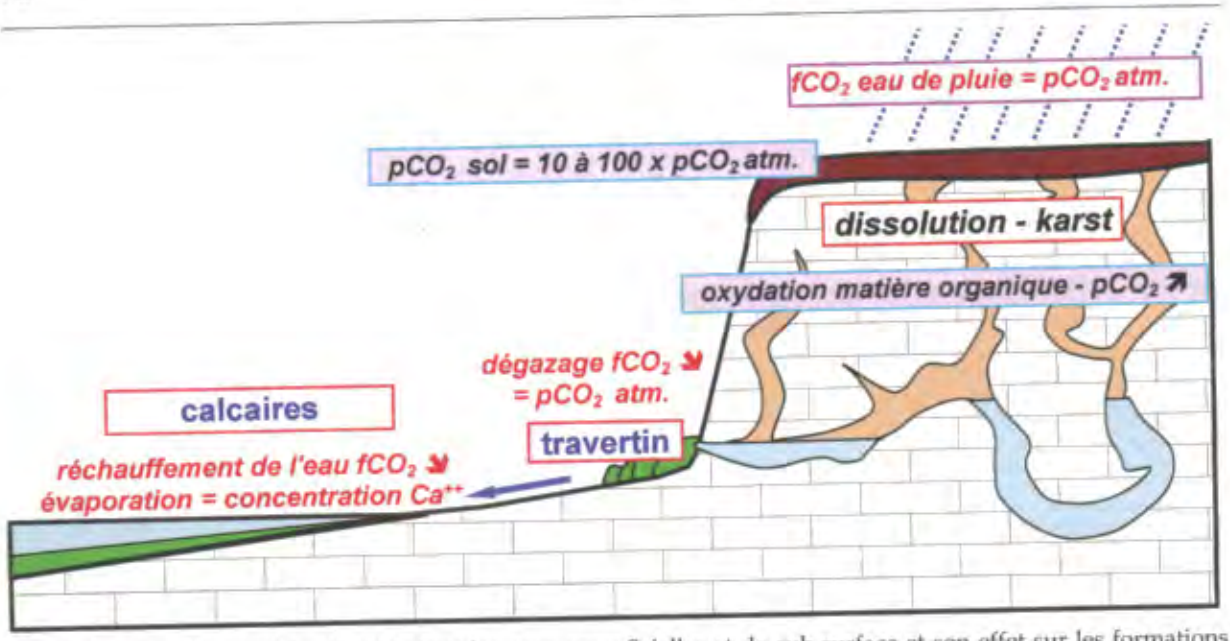

Fig. 4 : Schéma du « cycle » du CO_2 dans les eaux superficielles et de sub-surface et son effet sur les formations calcaires.

Si en même temps, l'eau se réchauffe au contact de l'air et du sol (période estivale), le dégazage de CO_2 est amplifié par cette augmentation de température, ainsi que la précipitation de calcite.

Ce sont ces mécanismes géochimiques qui conduisent à la précipitation des tufs[1] et Travertins[2] 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. Ce n'est là qu'un effet secondaire, qui peut y contribuer. Mais, si les conditions géochimiques ne sont pas réunies, il n'y a ni précipitation, ni préservation du précipité. En revanche, les algues peuvent intervenir dans le piégeage des particules de calcite précipitées par ailleurs.

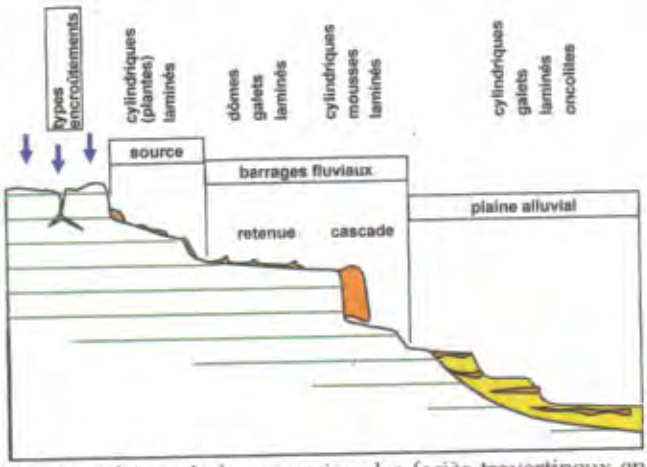

Fig. 5 : Schéma de la succession des faciès travertineux en aval d'une source.

Les travertins calcaires

Morphologies des dépôts

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 travertins précipitent aux endroits où l'eau se réchauffe, là où elle s'écoule lentement, sur une faible profondeur, voire juste le long d'un film. Les bordures des chenaux d'écoulement, les vasques à l'abri du courant, le pourtour d'obstacles tel des galets, et aussi le suintement le long d'une paroi exposée au soleil, sont des lieux favorables à la précipitation de calcite.

La morphologie des concrétions dépend du substrat (galets, végétation…) et du régime hydrique (écoulements laminaires superficiels et peu profonds, turbulences…). Les principaux faciès travertineux sont les monticules ou dômes liés à des barrages, les éventails de cascades et faciès à mousses, les encroûtements d'objets, des lamines concrétionnées sur les fonds rocheux, et les sables cimentés (Fig. 5). Les oncolites (concrétions concentriques sphériques ou cylindriques) sont des objets enrobés sur toutes leurs faces… Cela implique qu'ils bougent régulièrement (entraînés par le courant ou plus souvent remués par un clapotis).

[1] Tuf désigne une roche à structure vacuolaire, carbonatée ou volcanique.

[2] Travertin est une roche sédimentaire calcaire, concrétionnée. Travertin est le terme correct pour la roche de La Celle-sur-Seine, anciennement et traditionnellement appelée Tuf.

Les barrages en travers d'un ruisseau ou d'une rivière sont une des morphologies les plus typiques (Fig. 6). Le carbonate précipite sur un obstacle surélevé formant barrage au courant (galets ou branchages). La turbulence créée par le barrage aère l'eau et favorise son réchauffement qui conduit au dégazage du CO_2 et provoque la précipitation du carbonate. La précipitation du carbonate surélève l'obstacle et amplifie le phénomène. Cette précipitation de carbonate rehausse toutes les irrégularités initiales et finit par construire une série de murs ou terrasses, qui barrent complètement le ruisseau.

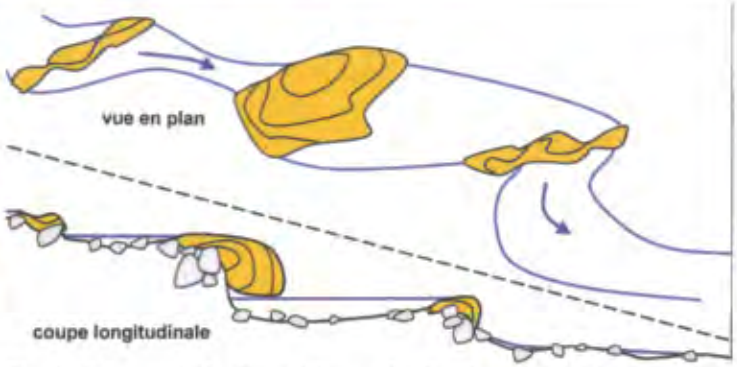

Fig. 6 : Schéma de la disposition et du développement des murs travertineux qui forment des barrages en travers du courant.

Fig. 7 : 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 crue très forte qui avait complètement érodé les concrétions anciennes. Cliché : M. Thiry.

Les barrages peuvent se développer jusqu'à former des éventails qui se mettent en surplomb et en porte-à-faux de un à plusieurs mètres selon l'ampleur de la cascade (Fig. 7). Souvent ces dépôts de cascade sont colonisés par des mousses, quelques plantes herbacées et des fougères qui sont progressivement encroûtées par les précipités de calcite… et fossilisés « vivants ». Les fossiles de mousses sont très fréquents dans les travertins et en particulier dans ceux de La Celle-sur-Seine (Doignon, 1949).

Interprétations climatiques

Des travertins se forment en climat « tempéré humide » (Nord de la France, Belgique, Allemagne), mais y restent toujours très limités en surface et en épaisseur. Ce sont des biotopes très particuliers et précieux, mais ces concrétions n'ont aucun « avenir » géologique. Elles sont trop limitées et trop superficielles pour être préservées dans les processus morphogénétiques.

En revanche, les travertins sont caractéristiques des climats méditerranéens (chauds et à pluies saisonnières). La formation de travertins est actuellement active dans le midi de la France où existent des concrétionnements de plusieurs mètres d'épaisseur, comme à Trans-en-Provence (83). Au nord de la Méditerranée, les travertins atteignent leur optimum de développement pendant les périodes à climat plus chaud. Dans les pays du sud de la Méditerranée et les pays subsahariens, le développement des travertins est lié à des phases climatiques plus humides (correspondant généralement aux périodes froides des régions septentrionales). De nombreuses séquences sont connues dans le Quaternaire. 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 reconstitutions 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 (flancs 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 spélothèmes des karsts, les tourbières, les grèzes (cailloutis gélifractés), les épisodes de lœss, les cryoturbations (déformation des sols par le gel), etc.

Le tuf de la Celle-sur-Seine

Situation

Le tuf se trouve en rive droite de la Seine, à environ 2,5 kilomètres en amont de la confluence avec le Loing, sur la commune de Vernou-La Celle-sur-Seine, au lieu-dit du cimetière de La Celle (Fig. 8).

Le dépôt de tuf s'adosse au versant taillé dans le Calcaire de Château-Landon (# Calc. de Champigny de l'Éocène supérieur). Il occupe une surface d'environ 500 x 250 mètres, et son épaisseur varie entre 8 et 15 mètres. Comme il ne forme pas une protubérance sur le coteau calcaire, cette épaisseur de formation implique qu'il remplit une entaille, plus précisément un ravin ou un thalweg taillé dans le versant de la Seine (Fig. 9).

Le gisement a été découvert en 1874. Les premières publications ont décrit la flore (Saporta, 1874 & 1876) et les mollusques (Tournuër, 1874 & 1877). Le contenu archéologique in-situ a été signalé par Collin & *al.* (1895). Par la suite, de nombreux travaux ont été publiés sur le site (Doignon, 1951 ; Limondin-Lozouet & *al.*, 2006).

Le site a récemment fait l'objet d'un programme d'étude pluridisciplinaire avec excavation de plusieurs coupes. Il a ensuite été aménagé pour le public par le Conseil Général de la Seine-et-Marne, dans le cadre de la politique de préservation et de valorisation des ENS (Espaces Naturels Sensibles) et des actions de sauvegarde du patrimoine naturel (Limondin-Lozouet & *al.*, 2006 & 2010).

Faciès sédimentaires

La coupe aménagée est de faciès meuble, très différent des faciès qui ont été exploités dans les anciennes carrières qui fournissaient des pierres à construire, visibles dans les maisons de La Celle-sur-Seine et La Thurelle. La coupe présente l'alternance de niveaux sableux meubles, lités, avec des niveaux plus riches en tufs concrétionnés et qui présentent un début de consolidation (Fig. 10). Les dépôts sableux emballent des rognons et blocs plus durs de taille décimétrique. Ce sont ces blocs qui montrent les faciès travertineux caractéristiques, avec belles empreintes foliaires (Fig. 11).

Les structures sédimentaires et concrétionnées des tufs permettent d'orienter les blocs. Il apparaît que presque tous les blocs, du moins ceux de taille décimétrique, sont en position de formation, et ne sont donc pas remaniés au sein des sables calcaires. Selon toute vraisemblance, ces blocs isolés correspondent aux murs de terrasses qui ne forment pas des dépôts couvrant la surface,

Fig. 8 : Situation du gisement de La Celle-sur-Seine dans son contexte géologique (extrait carte géologique 1/50 000e - Fontainebleau).

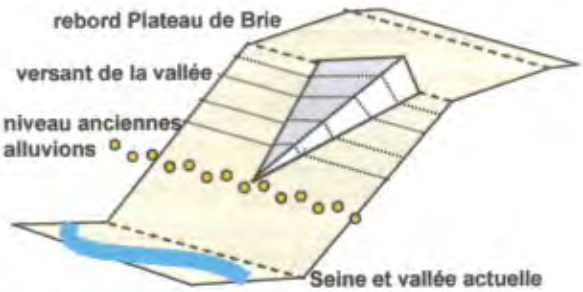

Fig. 9 : Position morpho-structurale du gisement de La Celle-sur-Seine. Le tuf remplit un thalweg qui entaille le coteau et s'appuie sur un ancien niveau d'alluvions.

mais se limitent à des constructions linéaires discontinues. Les faciès observés dans cette coupe correspondent à des dépôts de petits ruisseaux torrentiels, comme le montre aussi les nombreux ravinements. Les faciès plus massifs exploités anciennement correspondaient vraisemblablement à des faciès de cascades et d'éventails « suspendus ».

L'industrie lithique associée

La présence de silex taillés a été une découverte importante et transmise à la communauté scientifique par Collin & *al.* (1895) (Fig. 12). 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 ou les lectures ?

Contenu paléontologique

Il est dit des tufs de La Celle-sur-Seine que leur développement est plus dû aux « faibles amplitudes des 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 & *al.*, 2006). Des macaques et des hippopotames sont « remontés » jusqu'à la Seine.

La figure 13 donne un exemple des belles planches paléobotaniques de Saporta (1876). Signalons que des membres de l'ANVL ont contribué à la découverte d'empreintes de *Cratoneuron commutatum*, espèce de mousse qui n'avait pas encore été signalée dans les gisements de La Celle-sur-Seine (Doignon, 1949).

L'intérêt patrimonial

C'est un site régional d'importance internationale pour la stratigraphie du Quaternaire. Il est exceptionnel par son contenu en matériel lithique préhistorique associé à des dépôts fossilifères riches en plantes, mollusques et vertébrés. La diversité et la très bonne conservation des fossiles du tuf de La Celle-sur-Seine permettent de reconstituer la succession des paysages pendant l'interglaciaire Mindel-Riss et des climats lors de l'occupation humaine. En Europe, il n'existe que 4 sites de tufs datant du même interglaciaire et contenant des vestiges d'occupation humaine. La relative rareté de tels sites est liée aux conditions de leur dépôt. Contrairement aux dépôts sédimentaires « classiques », ils sont très locaux et d'étendue restreinte. Ce sont des dépôts liés à l'écoulement d'une source (donc d'extension initiale limitée), avec exposition sud (favorisant le réchauffement de l'eau), en bordure de vallée (c'est là que sont

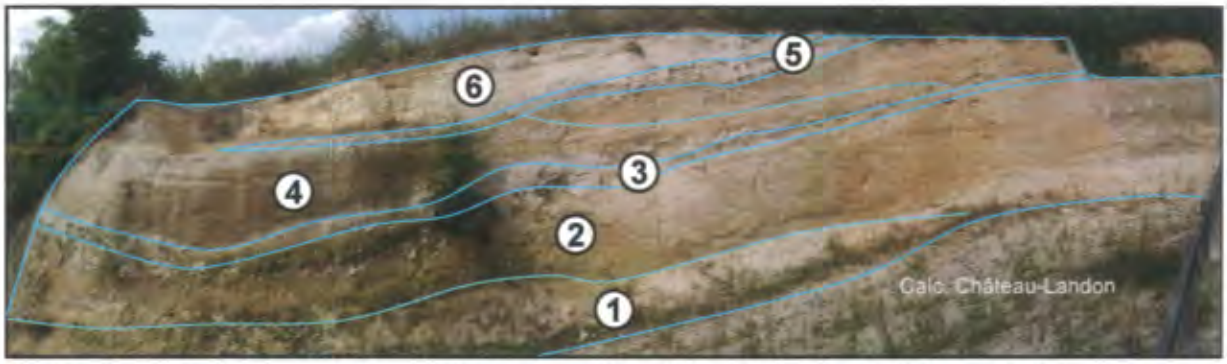

Fig. 10 : Coupe du site de La Celle-sur-Seine (vue vers l'ouest). Les dépôts sont inclinés vers la Seine et montrent de nombreuses discontinuités/ravinements sédimentaires. (1) alluvions sablo-limoneuses litées ; (2) sable calcaire grossier avec éléments de tuf, stratification marquée ; (3) blocs de tuf plus ou moins cimentées entre eux qui forment un niveau un peu plus induré, c'est le niveau à vestiges préhistoriques ; (4) tuf sableux grossier, à blocs indurés, stratification marquée ; (5) niveau à blocs de tuf abondants, subjointifs par endroit ; (6) tuf fin à structures chenalisantes. Cliché : M. Thiry.

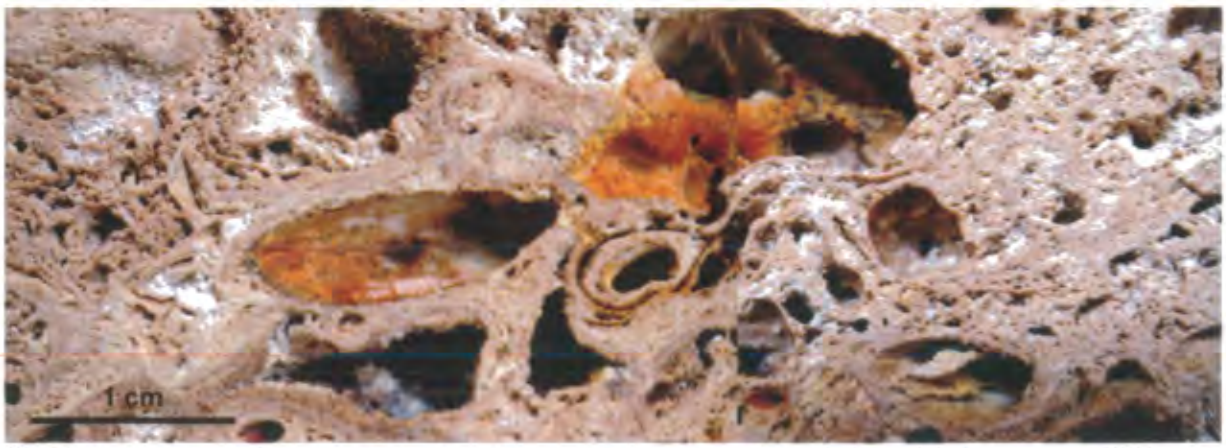

Fig. 11 : Faciès travertineux typique dans lequel on reconnaît des empreintes de feuilles et de tigès encroûtées par la calcite précipitée. Cliché : M.-N. Liron.

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 palethnologues 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 concrétionnée 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.

Le nombre total des pièces recueillies est d'environ une 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, 32 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 85 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 là 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 palethnologiques fournis par cette intéressante découverte viennent donc pleinement confirmer les conclusions tirées de l'étude stratigraphique et paléontologique du gisement de la Celle.

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.

Fig. 12 : *Fac-simile* de COLLIN & *al.* (1895) à la Revue Mensuelle de l'Ecole d'Anthropologie.

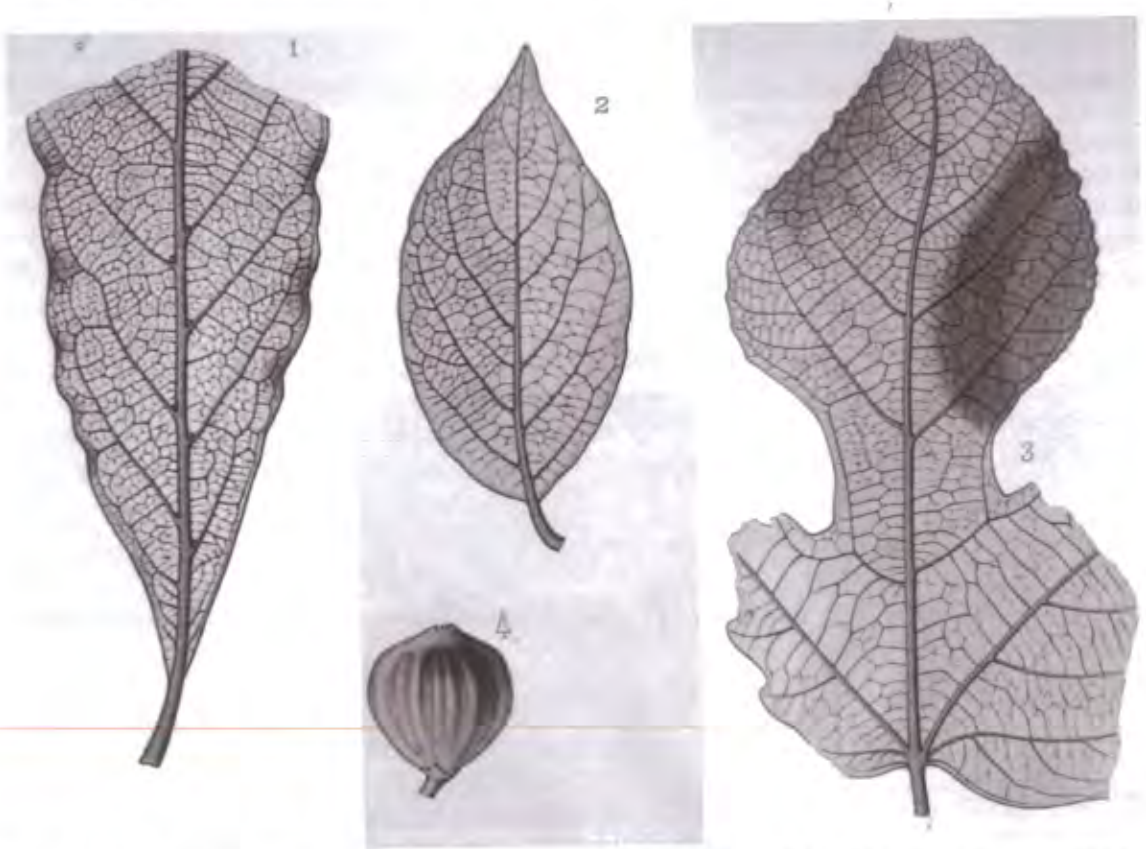

Fig. 13 : *Fac-simile* d'empreintes de laurier et figuier des tufs de La Celle-sur-Seine (MARQUIS DE SAPORTA, 1876).

les sources) et qui, de ce fait, ont toutes les chances d'êtres érodés lors de l'incision de la vallée. Ces facteurs expliquent la rareté des sites de tufs ... et plus est pour leur donner tout leur intérêt, il faut encore que l'homme ait trouvé le site accueillant et agréable pour s'y installer !

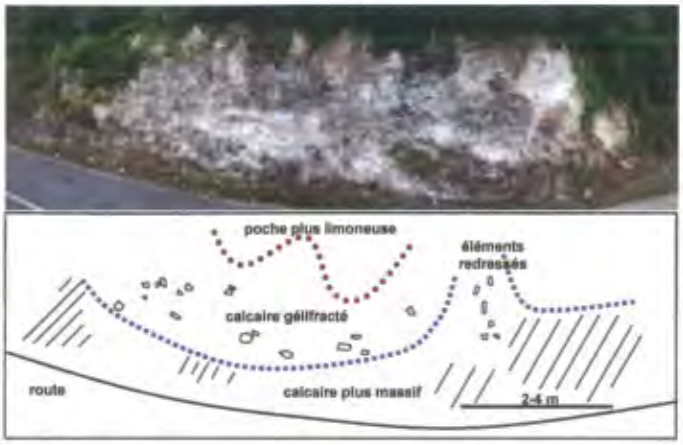

Fig. 14 : Affleurement et schéma interprétatif de l'affleurement cryoturbé visible dans le virage de la côte du Panorama à Champagne-sur-Seine. Les calcaires sont gélifractés et un début d'organisation d'une poche cryoturbée se distingue.
Cliché : M. THIRY.

Gélifraction et cryoturbations sur les flancs de la vallée de la Seine

Sur les rebords du plateau de Brie et sur les coteaux de la Seine, les calcaires de Champigny et de Brie sont toujours très fracturés et désorganisés (Fig. 14). 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 est la conséquence de leur fracturation par le gel. C'est l'eau des pores qui, en gelant, éclate le calcaire en débris anguleux (cryoclastie).

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 (Fig. 15). Les éléments grossiers redressés sont symptomatiques des cryoturbations. Ils ne peuvent être liés à des glissements et solifluxions sur pentes pour lesquels les éléments ne sont pas triés et néanmoins disposés à plat.

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

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 (Fig. 16). Une telle structure est visible un peu plus haut dans la coupe de la route du Panorama.

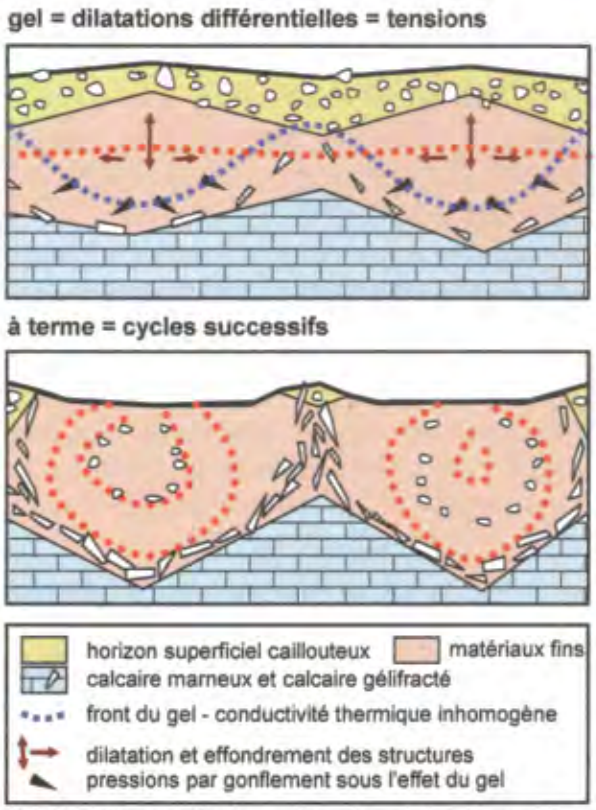

Fig. 15 : Schéma de formation des poches de cryoturbation.

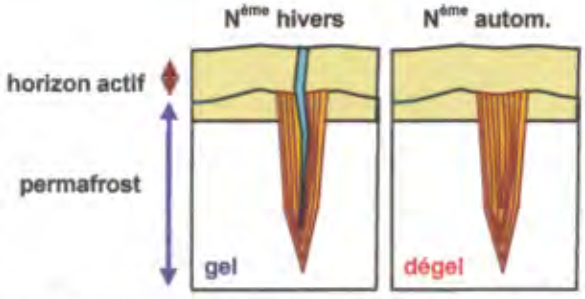

Fig. 16 : Schéma de formation des coins de glace dans les pergélisols.

Les terrasses fluviatiles

Les terrasses fluviatiles 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 :

- pendant la période glaciaire où il y a abaissement du niveau marin, augmentation de la pente de la rivière, creusement et déblaiement ; la nappe alluviale antérieure devient terrasse ;
- à la fin de la période glaciaire où 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) ;
- pendant la période interglaciaire où 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 (Fig. 17). Il faut remarquer que le creusement important des vallées, et donc l'étagement des alluvions sur 20-40 mètres, n'est pas uniquement dû à ces facteurs climatiques. Le soulèvement du bassin de Paris au cours du Plio-Quaternaire a amplifié l'étagement.

Le site du Port de La Celle-sur-Seine est situé sur la rive concave d'une boucle de la Seine. C'est cette situation qui a façonné la rive droite très étroite et raide sous Champagne-sur-Seine à l'ouest du Port. A l'est du Port, on passe au point d'inflexion avec la contre-boucle au niveau de la Centrale de Montereau. La rive droite s'étale, avec un lit majeur large qui a été exploité par les gravières. Entre les deux, le site du Port montre des terrasses fluviales anciennes qui ont été préservées de l'érosion. L'église de La Celle-sur-Seine est bâtie à cheval sur une basse terrasse, avec un mur plus haut côté Seine et presque enterrée côté rive. L'ancien village et la RD 39 sont établis sur cette basse terrasse. Il n'y a que des jardins et des constructions récentes, ou d'anciens bâtiments d'usage, qui sont construits sur la surface inférieure. La ligne de chemin de fer entaille la côte et, à l'est du village, est pour une portion établie sur un « lambeau » d'une moyenne terrasse.

La flore des coteaux calcaires

La sortie géologique fut également l'occasion d'observer quelques plantes caractéristiques des milieux calcaires. Les déterminations ont été réalisées par Jean Giraud et Michel Arluison.

Les abréviations suivantes sont utilisées :

- f. : en feuille ;
- fr. : fructifié ;
- dét. ZNIEFF : espèce déterminante de Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique.

Les noms d'auteurs ne sont donnés que pour les plantes les moins banales, en gras dans le texte.

Sur le talus faisant face à la gare de Vernou-la-Celle-sur-Seine (cf. Fig. 2), les participants observèrent quelques hampes desséchées d'*Isatis tinctoria* L., et dans les écorchures, *Sedum album*, *Acinos arvensis* et *Sempervirum tectorum* accompagnés de deux mousses acrocarpes : *Pottia lanceolata* et ***Microbryum curvicolle*** (Hedw.) R.H. Zander, cette dernière émergeant à peine du substrat (toutes deux fructifiées le 26/2/14).

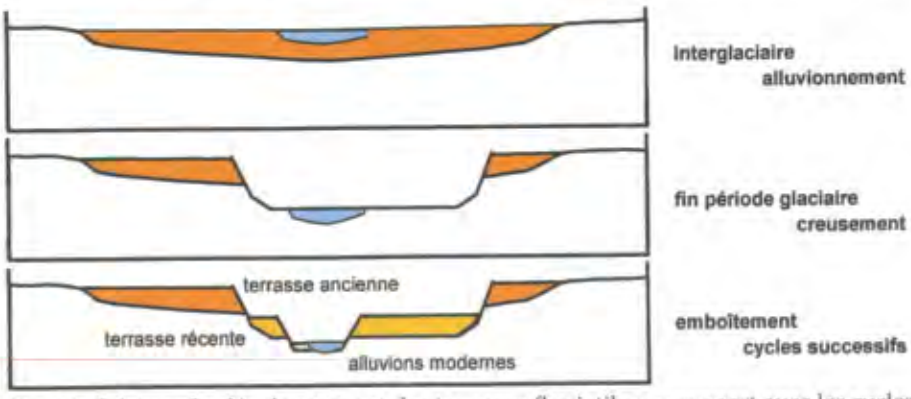

Fig. 17 : Schéma du développement des terrasses fluviatiles en rapport avec les cycles glaciaires. C'est l'augmentation des précipitations sur des sols gelés qui est à l'origine d'un fort ruissellement et donc de l'augmentation des débits des fleuves et par retour du creusement des vallées.

Eragrostis minor (fr. le 8/9/13) était abondant sur les quais de la gare et présent dans la rue de Nanchon qui se poursuit par un chemin d'exploitation parallèle à la voie ferrée, chemin qui monte sur le plateau et conduit au cimetière de La Celle-sur-Seine. Ses bermes, enrichies en azote par les cultures qu'elles longent, abritaient une flore banale : *Daucus carota, Securigera varia, Medicago sativa, Rumex obtusifolius, Campanula rapunculus, Senecio jacobaea, Dactylis glomerata*. On y remarqua : *Allium vineale* (bulbilles), *Verbascum blattaria* (fl et fr. le 8/9/13) et *Setaria glauca* (fr. le 8/9/13).

La carrière de travertin est bordée à l'ouest par des cultures et à l'est et au nord par un bosquet s'apparentant à une Ormaie rudérale. Les strates arborescente et arbustive abritent : *Acer pseudoplatanus, Prunus spinosa, Ligustrum vulgare, Ulmus minor, Cornus sanguinea, Crataegus monogyna, Sambuscus nigra, Buddleja davidii*, auxquels se mêlent *Hedera helix, Cucubalus baccifer* (fl. et fr. le 8/9/13), *Clematis vitalba* (fr. le 8/9/13) et *Rubus* gr. *fruticosus* (fr. le 8/9/13).

A l'entrée du site, on remarqua ***Odontites jaubertiana x serotinus*** (fl. et fr.le 8/9/13) avec ses bractées élargies à la base, triangulaires et dentées.

Fig. 18 : *Orobanche purpurea* Jacq. Cliché : T. Sevellec.

Signalons aussi la présence d'***Orobanche purpurea*** Jacq. (Fig. 18) parasitant *Achillea millefolium* (floraison en juin), sur le talus de la voie ferrée, en face du cimetière, sous un noyer.

Odontites vernus ssp. serotinus (fl. le 8/9/13) était présent sur le talus du chemin des Carrières qui conduit à La Celle-sur-Seine, là où les excursionnistes de 1922 débarquèrent et où eut lieu le pique-nique au lieu-dit « la plage ».

Dans l'eau, on identifia quelques phanérogames aquatiques : *Potamogeton crispus* (f. 8/9/13), *Potamogeton pectinatus* (f. 8/9/13), ***Potamogeton perfoliatus*** L. (f. 8/9/13), assez rare en Seine-et-Marne (Filoche *& al.*, 2011) et dét. ZNIEFF, ainsi que quelques Bryophytes : *Hygrohypnum luridum* (f. 8/9/13) sur les palplanches en bois au niveau de l'embarcadère ainsi que *Platyhypnidium riparoides* (= *Rhynchostegium riparoides*, f. 8/9/13 sur les mêmes palplanches et *Fontinalis antipyretica* (f. 8/9/13) sur les pierres calcaires dans le fleuve.

La visite du lavoir de La Celle-sur-Seine a encore été l'occasion de récolter quelques mousses pour la plupart hygrophiles : *Barbula convoluta* (f. 8/9/13) entre les pavés de grès humides, *Bryum radiculosum* (f. 8/9/13) sur mortier entre les pavés de grès (propagules rouges sur les rhizoïdes), *Fissidens mildeanus* (f. 8/9/13) sur la paroi verticale de l'arrivée de l'eau de la source, *Leptobryum pyriforme* (f. 8/9/13, anthéridies) sur les pavés de grès humides, *Amblystegium serpens* (f. 8/9/13) entre les pavés de grès humides et *Platyhypnidium riparioides* (= *Rhynchostegium riparioides*, f. 8/9/13).

D'autres récoltes de Bryophytes ont été faites le long du ru à ciel ouvert qui longe le lavoir : *Cratoneuron filicinum* (f. 8/9/13) sur les pierres calcaires et *Hygroamblystegium tenax* f. 8/9/13 dans l'eau calcaire du ruisseau.

Route du Panorama, la petite pelouse xérophile qui se trouve au niveau de la station de pompage abrite, entre autres, *Pimpinella saxifraga* (fl. + fr. 8/9/13) et *Quercus humilis* (f. 8/9/13).

Le retour s'effectua par le chemin des Orvignats qui mène à La Thurelle en longeant des cultures et en traversant un bois calcaire, qui a donné l'occasion de voir *Tamus communis* (fr. 8/9/13), *Torilis japonica* fl. + fr. 8/9/13 et ***Trifolium medium*** L. (fr. 8/9/13) au bord du chemin au niveau d'un champ (assez rare en Seine-et-Marne d'après Filoche (*op. cit.*), quasi menacé selon Auvert *& al.* (2011) et dét. ZNIEFF en Ile-de-France).

Remerciements

Les auteurs remercient le Conseil Général de la Seine-et-Marne pour les plaquettes de présentation du site fournies pour les participants. Ils remercient aussi Marie-Nieves LIRON pour les commentaires d'une première version de la note et T. SÉVELLEC pour son cliché (Fig. 18).

Bibliographie

ANVL, 1922. Excursion du 12 février 1922. Les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine. *Bull. Ass. Natur. Vallée Loing*, **5** (1) : 20-22.

AUVERT S., FILOCHE S., RAMBAUD M., BEYLOT A. & HENDOUX F., 2011. Liste rouge de la flore vasculaire d'Ile-de-France. Paris, 80 p.

COLLIN E., REYNIER, MORTILLET (DE) A., 1895. Découverte de silex taillés dans les tufs de La Celle-sous-Moret. *Rev. mens. Ecole Anthropologie*, **5** : 318-322.

DOIGNON P., 1949. Découverte d'une Muscinée fossile dans les tufs de La Celle-sur-Seine. *Bull. Ass. Natur. Vallée Loing*, **46** : 8.

DOIGNON P., 1951. Les tufs pléistocènes fossilifères de La Celle-sur-Seine (Seine-et-Marne). *Bull. Ass. Natur. Vallée Loing*, **27** : 71-72.

FILOCHE S., RAMBAUD M., AUVERT S., BEYLOT A. & HENDOUX F., 2011. Catalogue de la flore vasculaire d'Ile-de-France (rareté, protections, menaces et statuts). Version simplifiée. Paris, 114 p.

JODOT P., 1907. Excursion aux carrières de tufs quaternaires de La Celle-sous-Moret (Seine-et-Marne). *Bull. Soc. 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., FREYTET P., GHALEB B., JOLLY-SAAD M.-C., LHOMME V., LOZOUET P., MERCIER N., PASTER J.-F. & VOINCHET P., 2006. 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) : 5-29.

LIMONDIN-LOZOUET N., ANTOINE P., AUGUSTE P., BAHAIN J.-J., DABKOWSKI J., CHAUSSÉ C., CLARYS B., CONNET N., DEBENHAM N., DUPÉRON M., DUPÉRON J., GHALEB B., LHOMME V., LOZOUET P., MERCIER N., NICOUD E., PASTER J.-F., PINHEIRO D., SAAD M.-C. & VOINCHET P., 2010. À la découverte du tuf de La Celle-sur-Seine. Un patrimoine géologique exceptionnel. Conseil Général 77, 10 p.

SAPORTA (DE) G., 1874. Sur l'existence constatée du figuier aux environs de Paris à l'époque quaternaire. *Bull. Soc. Géol. de France*, **3** (2) : 439-443.

SAPORTA (DE) G., 1876. Sur la découverte du laurier dans les tufs de La Celle-sur-Seine et le climat des environs de Paris à l'époque du diluvium gris. Comptes rendus de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences de Clermont-Ferrand : 640-654.

TOURNOUËR R., 1874. Note sur les coquilles des tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine, près Moret (Seine-et-Marne). *Bull. Soc. Géol. de France*, **3** (2) : 443-452.

TOURNOUËR R., 1877. Note complémentaire sur les tufs quaternaires de La Celle-sur-Seine, près Moret (Seine-et-Marne). *Bull. Soc. Géol. de France*, **3** (5) : 646-671.

Souvenir de cette excursion géologique.
Cliché : M.-N. LIRON.

M. THIRY
Ecole des Mines, Géosciences, 35 rue St Honoré, 77305 Fontainebleau
<medard.thiry@mines-paristech.fr>

J. GIRAUD
12 impasse Dame-Jeanne
La Thurelle 77670 Vernou-la-Celle-sur-Seine
<thurelle@wanadoo.fr>