

ISSN 0242-1771 00159

Spelunca

REVUE DE LA FÉDÉRATION FRANÇAISE DE SPÉLÉOLOGIE



Septembre 2020
3^e trimestre

n° **159**

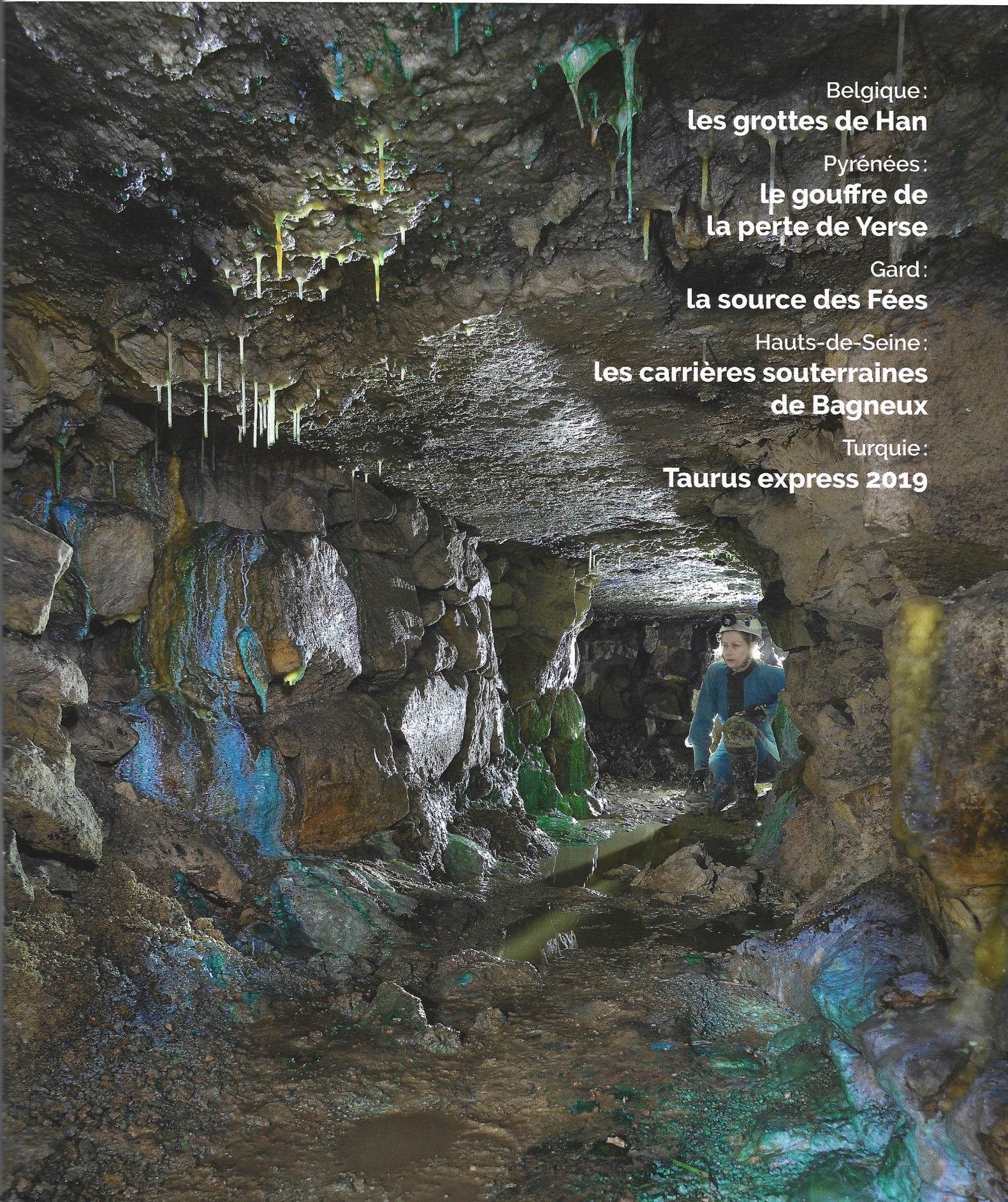
Belgique :
les grottes de Han

Pyrénées :
**le gouffre de
la perte de Yerse**

Gard :
la source des Fées

Hauts-de-Seine :
**Les carrières souterraines
de Bagneux**

Turquie :
Taurus express 2019



Sur les traces d'une pollution mystérieuse dans les carrières souterraines de Bagneux (Hauts-de-Seine)

Une enquête de Marina Ferrand¹ et Geoffroy Mesnier¹

“ La découverte de spéléothèmes verts et bleus dans un réseau jusqu'alors isolé pose ici question, car ce type de couleurs n'a jamais été rapporté dans les carrières souterraines franciliennes.

La suspicion d'une pollution des eaux infiltrées depuis la surface aura été l'occasion d'un voyage dans le temps, à la recherche des différents usages du fonds et du tréfonds de ce petit coin de banlieue. ”



SITUATION ET TOPOLOGIE

(figures 1 et 2)

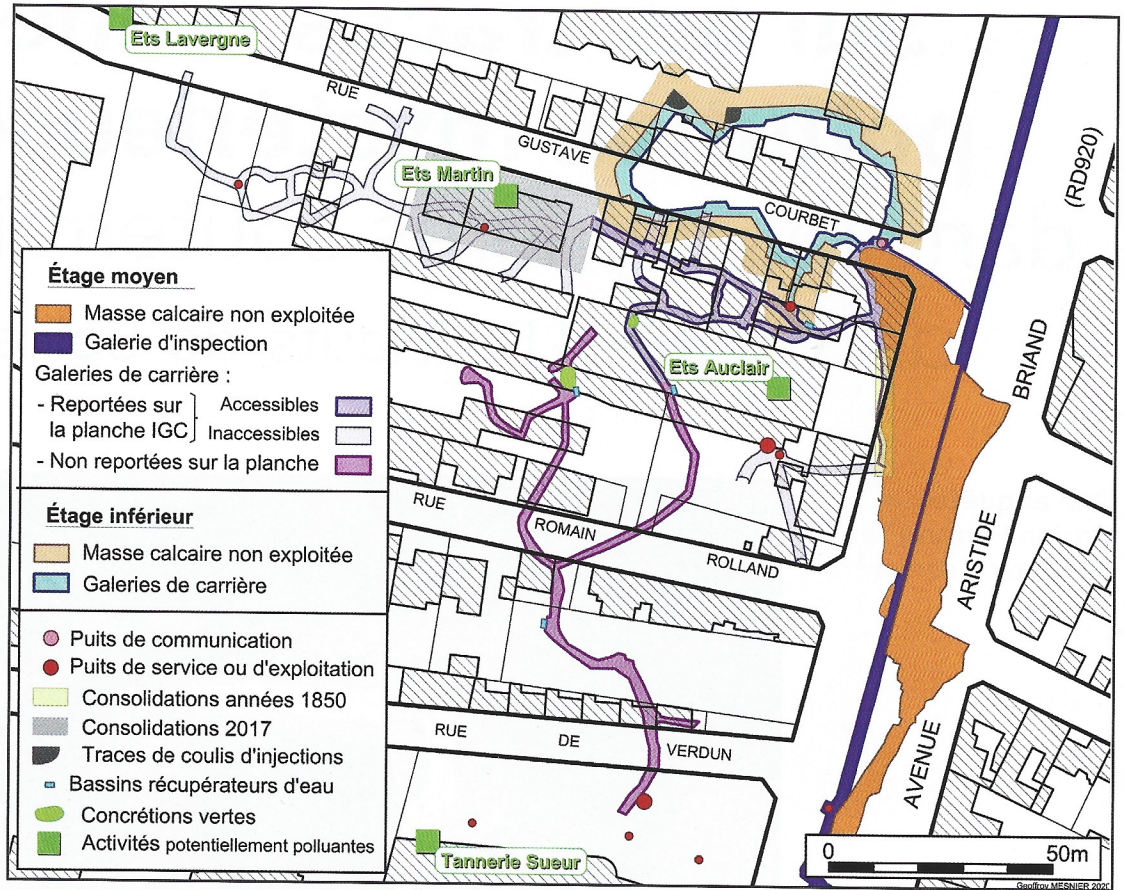
Les cavités étudiées s'étendent dans l'emprise de la planche IGC (Inspection générale des carrières de Paris) n°24-59, à l'ouest de l'avenue Aristide Briand (RD920, ex-RN20), entre les rues de Verdun (au sud) et Gustave Courbet (au nord). Les vides résiduels accessibles (galeries) étant majoritairement développés à l'aplomb de cette dernière, l'ensemble fut baptisé « réseau Courbet ».

Les puits de service ou d'exploitation débouchant en surface sont comblés. Le réseau Courbet communique avec la galerie d'inspection sous l'aqueduc du Loing et du Lunain, par une chatière de 21 m de long, vraisemblablement creusée par des cataphiles au cours de l'été 2019.

Photographie 1 : étage inférieur de la carrière.

1. EEGC : étude et exploration des gouffres et carrières <https://eegc.org/>

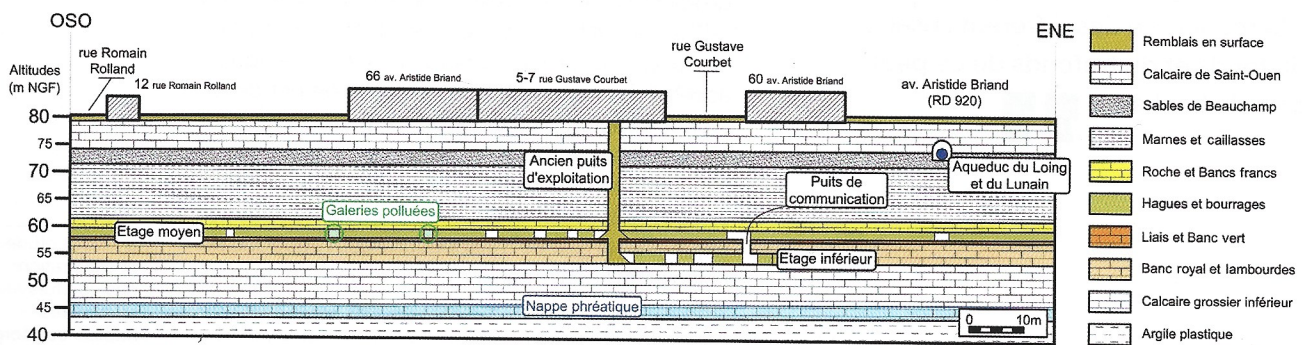
Figure 1: plan de situation du réseau Courbet. Illustration Geoffroy Mesnier, données: DGFIP, IGC Paris, Marina Ferrand, Yann Bussiére



L'exploitation combine deux étages, moyen et inférieur, respectivement situés à 21 et 25 m de profondeur. Le passage de l'un à l'autre est rendu possible par un puits de communication équipé d'une échelle métallique (photographie 2). Dans les vides accessibles, le développement dans l'étage inférieur est de 180 m, et de 460 m dans l'étage moyen dont 240 m non reportés sur la planche (Inspection générale des carrières, IGC).

Les limites de la carrière dans l'étage moyen ne sont pas connues, mise à part à l'est, par l'étau de masse calcaire modestement préservé sous la RD920. Dans l'étage inférieur, les limites sont bien définies et grossièrement circulaires, suggérant l'existence d'un puits central qui n'apparaît pas sur la planche. Les hauteurs moyennes sont d'1,6 m dans l'étage moyen, comme dans la majorité des carrières balnéolaises, et de 2 m dans l'étage inférieur (jusqu'à 3 m au niveau de plusieurs ciels tombés).

Figure 2: coupe géologique schématique du réseau Courbet. Illustration Geoffroy Mesnier, données: IGN, BRGM, IGC Paris



CARRIÈRE SOUTERRAINE

Le sous-sol de Bagneux a été exploité de manière intensive. Près des deux tiers de son territoire sont aujourd'hui sous-minés par des carrières souterraines : de gypse (Ludien) sur 45 ha, surtout, de calcaire grossier (Lutétien) sur 220 ha. Les carrières de calcaire sont en continuité avec celles des communes environnantes, à l'ouest, au nord et à l'est. Vers le sud, l'avancée a été stoppée sur une ligne marquant le passage des niveaux exploitables sous la nappe phréatique.

Les carrières de calcaire y étaient majoritairement réalisées par hagues et bourrages, dans l'étage moyen, en vue d'en retirer le liais, un banc de pierre dure, au grain fin et pouvant s'utiliser en délit. Le liais de Bagneux est cité pour ces trois qualités dans de nombreux traités de construction tout au long du XIX^e siècle.

De l'étage inférieur, les carriers tiraient deux autres bancs réputés, les lambourdes et le banc

royal. En banlieue sud, les carrières dans cet étage sont aussi rares qu'inaccessibles. La découverte du réseau Courbet est, à ce titre, exceptionnelle.

S'il n'a pas été possible de dater précisément les carrières étudiées, quelques jalons peuvent néanmoins être posés. L'exploitation du calcaire à Bagneux remonte au moins au XVII^e siècle^[1], les Balnéolais s'en plaignent dans leurs cahiers de doléances^[2], des roues de carriers sont mentionnées sur la carte des chasses^[3], au nord et au sud de la zone d'étude, et le liais de Bagneux fut employé à la réalisation des imposantes colonnes du Panthéon^[4].

Les plans cadastraux de 1841 indiquent de nombreux puits d'exploitation autour ou à l'aplomb du réseau Courbet. Des consolidations ont été retrouvées le long de la masse, en limite de la RD920. Datées de 1852 à 1855 sous l'inspectorat de Théodore Lorieux, elles suggèrent que cette partie de l'étage moyen n'était déjà plus exploitée.

En 1879, la carrière était déjà convertie en champignonnière^[5] et seules quatre exploitations de calcaire sont encore en activité à Bagneux. En 1889, elles ne sont plus que deux^[6]. Le déclin de l'extraction du calcaire en banlieue sud était annoncé^[7] par Eugène Belgrand dès 1855.

La carrière dans l'étage inférieur est probablement postérieure à celle de l'étage moyen, comme semble l'indiquer la date 1898 reportée à ce niveau sur la planche IGC. Cette exploitation aurait donc pu être ouverte dans le cadre des travaux de consolidations (1898-1899) sous le futur aqueduc du Loing et du Lunain, travaux à l'issue desquels le réseau Courbet a probablement été isolé du reste des carrières.

CHAMPIGNONNIÈRE

En surface, le paysage change progressivement au cours du XIX^e siècle. Les immenses roues de carriers ne survivent pas à la guerre de 1870 et sont remplacées^[8] par des treuils mécaniques actionnés pas des chevaux, mais surtout par les cheminées des champignonnières.

Les carrières sont massivement réutilisées pour la culture du champignon de Paris (*Agaricus bisporus*) et de nombreuses traces du passage des champignonnistes ont pu être retrouvées dans le réseau Courbet. Quelques vestiges de meules, mais surtout de nombreux objets ou outils dans un état de dégradation plus ou moins avancé : étiquettes de culture (en ardoise), bouteille de blanc de champignon (mycélium), lampe à huile (photographie 3), récipients en grès, théières, casseroles, charnières de porte, chaussures en cuir à semelle cloutée, fourches... et également un petit pic de carrier.

Le champignon de Paris était appelé champignon de couche, car il était cultivé sur des couches de fumier de cheval,

descendu dans les carrières par les puits. La culture du champignon était assortie de nombreuses contraintes, en particulier l'arrosage des couches, mais surtout, l'aération des galeries.

L'arrosage nécessitait parfois le creusement d'un puits à eau, mais dans le réseau Courbet, les champignonnistes se contentaient de récupérer les infiltrations au ciel de carrière. Quatre bassins de récupération ont été ainsi identifiés, ainsi qu'une gouttière taillée dans la masse de l'étage inférieur, à la base du puits d'exploitation.

La ventilation était rendue nécessaire pour maintenir les conditions d'hygrométrie et de température idéales à la croissance des champignons, mais aussi pour éviter l'accumulation du CO₂ dégagé pendant la phase de fermentation du fumier. À cette fin, les champignonnistes construisaient en surface des cheminées^[9] en planches de cinq mètres de haut, à l'aplomb des puits d'aération. Lorsque le tirage naturel ne suffisait pas, ils allumaient, à la base de ces puits, des braséros dont un exemplaire (photographie 4) exceptionnellement bien conservé a été retrouvé dans l'étage moyen.

Toutefois, la problématique majeure restait le contrôle des maladies, parasites ou prédateurs des champignons. Le chaulage des parois était une méthode de désinfection fréquemment employée mais aucune trace n'en a été retrouvée dans le réseau Courbet.

Au début du XX^e siècle, des maladies cryptogamiques inconnues^[10] apparaissent dans les champignonnières. À quelques exceptions près, les galeries basses des carrières de la banlieue sud, difficiles à ventiler et à désinfecter, ont probablement été abandonnées dans les années 1900 ou 1910. Les dernières inscriptions de champignonnistes relevées datent de l'année 1909. En surface, l'urbanisation s'amplifie et précipite sans doute le déclin des activités souterraines.

Photographie 2 : puits de communication entre les deux niveaux de carrières. Cliché Marina Ferrand





TANNERIE ET LINGOTS D'OR

L'urbanisation démarre timidement le long de la RD920, les seules constructions initialement présentes étant celles de la ferme de la Grange Ory^[11]. En 1873, cette dernière fait progressivement place à la tannerie Sueur^[12]. En 1894, quelques immeubles sont déjà bâtis^[13] à l'aplomb du réseau Courbet. Le percement des rues Romain Rolland et Gustave Courbet commence^[14] dans les années 1920.

En carrière, dans les remblais débouillant à la base des puits comblés, on retrouve de nombreux objets pouvant être datés des années 1910-20 : brosse à dents en os (d'un modèle distribué aux poilus en 1914-18), boîte en aluminium de mousse à raser « Colgate », bouteilles d'alcool (amer des Antilles, brasserie George du Trocadéro), déchets de fonderie, bouteille de mort-aux-rats « L. Steiner », etc.

À partir des années 1930, plusieurs industries ou activités potentiellement polluantes^[15] sont recensées de part et d'autre de ces deux rues.

En particulier les établissements Martin, en 1934, aux 5, 7, 11 et 13 de la rue Courbet. Initialement fabricants de bijoux en or et en platine, ils devinrent également affineurs et fondeurs d'or et ont produit des lingots

Photographie 3 : lampe de champignon-niste. Cliché Marina Ferrand



Photographie 4 : braséro de champignon-niste. Cliché Marina Ferrand

poinçonnés « Léon Martin », dont certains sont encore en circulation aujourd'hui^[16].

Au 32 rue Courbet, les établissements Lavergne fabriquaient du matériel médical, notamment de radiothérapie, et ont également pratiqué la récupération de métaux avec stockage sur site.

La tannerie Sueur est entièrement détruite par un incendie spectaculaire en 1960^[17] et remplacée par un parc arboré, des logements et un supermarché. Le site des établissements Martin sera repris au milieu des années 1990 par Sofra Métaux Précieux Industries, qui clôturera l'activité en 2013.

HYDROGÉOLOGIE

Les galeries du réseau Courbet sont relativement sèches et les arrivées d'eau sont, comme dans la plupart des carrières de ce type, localisées en quelques points précis, conditionnés par l'inclinaison et la fracturation du ciel de carrière. La nappe phréatique baigne la base du calcaire grossier, son niveau moyen se situe probablement^[18] 7 à 8 m sous le pied de l'étage inférieur.

Sans que l'on puisse parler véritablement de nappe, des accumulations d'eau peuvent se produire à la base des sables de Beauchamp, au contact avec les marnes et caillasses. Ce dernier terrain est suffisamment imperméable^[19] pour différer de plusieurs semaines l'arrivée des eaux d'infiltrations au niveau du ciel de carrière. La présence d'anciens puits ou forages mal rebouchés joue néanmoins un rôle d'accélérateur dans leur drainage et leur concentration.

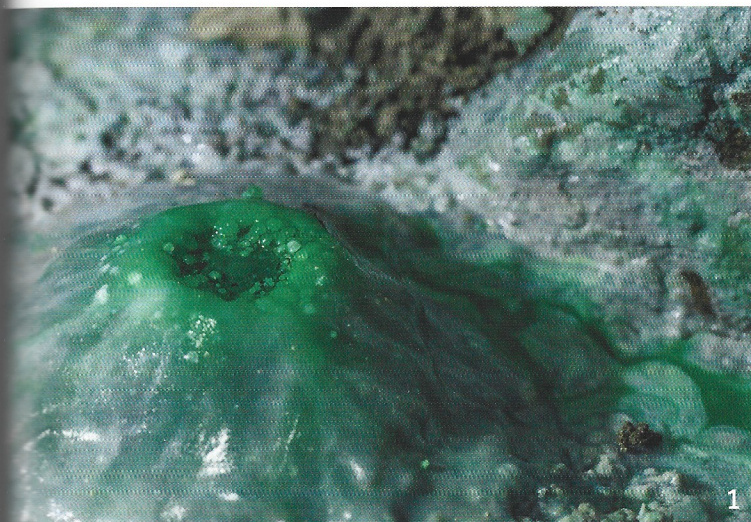
Bien que la composante soit principalement verticale, des circulations horizontales peuvent se produire dans les terrains de couverture, avant l'arrivée de l'eau en carrière. Le réseau Courbet se situe sur le flanc sud de l'anticlinal de Meudon, qui présente ici un pendage très faible de 0,5° environ. Cependant, les forages récemment réalisés^[20] à moins de 300 m au sud et à l'ouest montrent un léger contre-pendage au toit du calcaire grossier.

L'infiltration provient des eaux pluviales, de fuites de réseaux, ou d'un mélange de ces deux apports. En Île-de-France, les concrétions de calcite sont fréquentes au niveau des points d'arrivées en carrière, mais elles sont classiquement de couleur blanche à jaune/orangé, selon les quantités d'oxyde ferrique que l'eau aura lessivé pendant son trajet.

Dans le réseau Courbet, des concrétions colorées (photographies 5) en vert ou, plus rarement, en bleu ont été découvertes dans deux zones distinctes mais très proches (moins de 20 m) l'une de l'autre : simple coulée peu épaisse sur les hagues dans la première, beaucoup plus riches dans la seconde, avec de nombreuses coulées, des stalactites et une amorce de plancher stalagmitique avec des micro-gours.

POLLUTION

Les galeries dans l'étage moyen situées entre les rues Courbet et Rolland apparaissent comme étant sensiblement polluées (photographie 6). Outre la coloration



anormale des concrétions, une odeur prégnante rappelant celle de solvants et/ou d'hydrocarbures est ressentie à ce niveau.

Les couleurs vertes ou bleues des spéléothèmes font immédiatement penser à la présence de sels métalliques à l'instar de ceux de l'aven du Mont-Marcou ou de l'aven des Crozes^[21]. Les activités industrielles précédemment évoquées pourraient en être la source ; reste à comprendre quelle pourrait être la voie de transfert de cette pollution.

Des photographies^[22] de la tannerie prises dans les années 1910 montrent que certaines fosses de tannage étaient creusées à même le sol. L'incendie de 1960 et les eaux d'extinction auraient pu également jouer un rôle. Les tanneries utilisent des sels de chrome trivalent dans leurs procédés. Le site de l'ancienne tannerie est cependant relativement distant de l'aplomb de la zone polluée.

Une rapide analyse chimique^[23] des concrétions vertes a montré qu'elles contenaient une forte quantité de cuivre, sans préjuger de la présence ou de l'absence d'autres ions métalliques. La découverte d'un déchet de fonderie de bronze à la base d'un des puits remblayés pourrait conforter l'hypothèse

de l'existence d'un ou plusieurs puits partiellement remblayés par ce type de déchets, et au travers desquels les eaux d'infiltrations percolent, se chargeant ainsi progressivement en ions cuivriques.

Quant aux odeurs, elles pourraient s'expliquer par la présence actuelle, à l'aplomb du site ou à proximité immédiate, de trois garages automobiles et d'une fourrière, en particulier si des véhicules hors d'usage sont régulièrement parqués à l'extérieur, sur des surfaces non imperméabilisées.

BIOSPÉLÉOLOGIE

Les champignonnières non désinfectées et utilisant du fumier de cheval, comme celle du réseau Courbet, étaient grouillantes de vie. Cependant, les inventaires^[24] y recensaient principalement des espèces épigées et largement inféodées à la présence du fumier.

Les seules traces de matières organiques encore présentes sont celles de pièces de bois décomposées. En effet, entre chaque récolte de champignons, le fumier était remonté en surface par un treuil pour

Photographies 5 : spéléothèmes colorés (calcite colorée en vert par les ions cuivriques, parfois accompagnée d'aragonite blanche sous forme de micro-billes).

Clichés 1 et 3 : Élise Goutagny, 2 : Marina Ferrand



Photographie 6 : inspection de la zone polluée. Cliché Gaspard Duval

être revendu aux horticulteurs^[25], et de même une dernière fois à l'abandon de l'exploitation.

La découverte de la pollution a conduit à rechercher la présence éventuelle d'espèces bioindicatrices, qui permettraient de mieux circonscrire la zone impactée. Les seules espèces vivantes observées sont des collemboles (encore non identifiés). En revanche, un grand nombre de coquilles de grands luisants (*Oxychilus draparnaudi*) ont été retrouvées autour du bassin situé au sud du réseau.

Les circonstances de leur mort trouvent peut-être leur cause dans l'isolement des carrières par

le comblement des puits dans les années 1920, ou dans la présence de la pollution par solvants et/ou hydrocarbures. La présence de cuivre n'est vraisemblablement pas un facteur limitant pour le développement de la vie souterraine^[26].

PERSPECTIVES

Des investigations complémentaires sur les sols en surface, les spéléothèmes, l'eau d'infiltration ou l'air des carrières seraient nécessaires, afin de mieux cerner la nature, l'ampleur et l'origine de la pollution. La pose de piézomètres et de piézaires permettrait le prélèvement et l'analyse de l'eau des sables de Beauchamp, ainsi que des gaz du sol.

Des méthodes d'analyse plus larges et plus précises, telle que la spectrométrie de masse sur des échantillons de concrétions, pourraient confirmer la présence du cuivre et faciliter la recherche d'autres éléments-traces métalliques.

La réalisation d'un nivellement précis du ciel de carrière pourrait mettre en évidence les zones affaissées qui orientent l'écoulement des eaux d'infiltration au travers des terrains de couverture. Enfin, la pose de pièges biospéléologiques pour compléter l'inventaire de la faune souterraine, bioindicatrice ou non, est également envisageable.

Les carrières du réseau Courbet sont situées sous l'emprise de la ZAC « Ecoquartier Victor Hugo » à Bagneux et seront vraisemblablement traitées par injection de coulis à base de ciment. Leurs accès seront ainsi définitivement scellés, de même que leurs plus profonds secrets, dont celui des fameux lingots...

- [1] ACADÉMIE ROYALE D'ARCHITECTURE. *P.V. de la visite de « toutes les anciennes églises et bastimens de Paris et des environs, pour examiner la qualité des pierres dont ils sont bastis »*. Paris : Cinq cents de Colbert, 1678, vol. 262.
- [2] SEINE, Direction des affaires départementales. *État des communes à la fin du XIX^e siècle, Bagneux: notice historique et renseignements administratifs*. Montévrain : École d'Alembert, 1901.
- [3] BERTHIER, Alexandre, et al. *Carte topographique des environs de Versailles dite des Chasses impériales*. Paris : Dépôt général de la guerre, 1807.
- [4] FOY, J. *MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION*. In : *Annales Industrielles*. Paris : Duchet & Cie, 1880, 12^{ème} année, tome 2, p.37-44.
- [5] GENTIL, Ernest. *Carte des exploitations minérales du département de la Seine, avec les divisions géologiques des terrains*. Paris : Inspection générale des carrières, 1879.
- [6] MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. *Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889*. Paris, Librairie polytechnique Baudry & Cie, 1890.
- [7] BELGRAND, Eugène. Recherches statistiques sur les matériaux de construction employés dans le département de la Seine. In *Annales des Ponts et Chaussées*. Paris : Victor Dalmont, 1855, tome 10.
- [8] PICAR. *Études historiques, les carrières d'Île-de-France: les carrières de Châtillon*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <http://documentation.lutecia.fr>
- [9] LACHAUME, Jean. *Le champignon de couche, culture bourgeoise et commerciale, récolte et conservation*. Paris : Librairie agricole de la Maison rustique, 1882.
- [10] MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. *Notice sur le commerce des produits agricoles*. Paris : Imprimerie nationale, 1906, tome 1.
- [11] CADASTRE. *Plan cadastral de Bagneux*. 1841, section A, dite de la Plaine, deuxième feuille.
- [12] FRANCE TANNERIES. *Présentation*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.francetanneries.com/>
- [13] HETIER, Edmond. *Atlas du département de la Seine*. Paris : Service des Ponts et Chaussées, 1894-1900.

- [14] IGN. *Mission de photographies aériennes*. 1921 et 1926. Disponible à l'adresse : <https://remonterletemps.ign.fr/>
- [15] BRGM. *Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services (BASIAS)*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <http://infoterre.brgm.fr/>
- [16] OROBEL. *Cuvée et millésime, lingot d'or Léon Martin 1956*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.oroebel.biz/>
- [17] VILLE DE BAGNEUX. *Atelier groupe scolaire Robespierre*. 03/10/2015. [consulté le 11/05/2020].
- [18] AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE / BRGM. *Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Seine-Normandie*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <http://sigessn.brgm.fr/>
- [19] DIFFRE, Philippe. *Carte hydrogéologique de la France au 1/50 000, feuille de Paris (XXIII-14)*. Orléans : BGRM, 1970.
- [20] SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS. *Sondages géotechniques ligne 15 sud du Grand Paris Express*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.data.gouv.fr>
- [21] ENS DE LYON. *Les aragonites et les excentriques colorés de l'aven du Mont Marcou (Hérault) et l'aven des Crozes (Hérault)*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://planet-terre.ens-lyon.fr>
- [22] ECPAD. *Janvier 1918: L'issue incertaine de la fin de la guerre*. [consulté le 11/05/2020]. Disponible à l'adresse : <http://archives.ecpad.fr/>
- [23] Obtention d'un précipité bleu pâle d'hydroxyde de cuivre après traitement à l'hydroxyde de sodium.
- [24] BALAZUC, J. et al. *Biologie des carrières de la Région parisienne. Vie et Milieu*, Observatoire océanologique - Laboratoire Arago, 1951, p.301-334. hal-02529518
- [25] MARTIN, Hector. *Causerie scientifique : Champignonnistes et champignonnières. Le Journal pour tous*, 1892, 2^{ème} année, n°28.
- [26] CPEPESC. *Dalem (57) Mine de cuivre souterraine : Contribution à un premier inventaire de la faune présente (1982-2011). Scories CPEPESC*, 2016, n°472. Disponible à l'adresse : <https://www.cpepesc.org/>